



Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento

Documentos

ISSN 1516-781X
Junho, 2002

180

II CONGRESSO BRASILEIRO DE **SOJA**

03 a 06 de Junho de 2002 Foz do Iguaçu - PR

MERCOSOJA 2002

**PERSPECTIVAS DO
AGRONEGÓCIO
DA SOJA**

ANAIIS

Embrapa



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

Fernando Henrique Cardoso
Presidente

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO

Marcus Vinícius Pratini de Moraes
Ministro



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Conselho de Administração

Márcio Fortes de Almeida
Presidente

Alberto Duque Portugal
Vice-Presidente

Dietrich Gerhard Quast
José Honório Accarini
Sérgio Fausto
Urbano Campos Ribeiral
Membros

Diretoria-Executiva da Embrapa

Alberto Duque Portugal
Diretor-Presidente

Dante Daniel Giacomelli Scolari
Bonifácio Hideyuki Nakasu
José Roberto Rodrigues Peres
Diretores

Embrapa Soja

Caio Vidor
Chefe-Geral

José Renato Bouças Farias
Chefe-Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento
Alexandre José Cattelan
Chefe-Adjunto de Comunicação e Negócios
Vania Beatriz Rodrigues Castiglioni
Chefe-Adjunto de Administração

As informações contidas neste documento somente poderão ser reproduzidas com a autorização expressa do Comitê de Publicações da Embrapa Soja

Documentos 180

Anais do II Congresso Brasileiro de Soja e Mercosoja 2002

03 a 06 de junho de 2002

Organização:

Odilon Ferreira Saraiva
Embrapa Soja

Clara Beatriz Hoffmann-Campo
Embrapa Soja

Foz do Iguaçu, PR
2002

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Soja

Rodovia Carlos João Strass - Acesso Orlando Amaral
Caixa Postal 231
86001-970 - Londrina, PR
Fone: (43) 371-6000
Fax: (43) 371-6100
Home page: <http://www.cnpsso.embrapa.br>
e-mail (sac): sac@cnpsso.embrapa.br

1ª Edição

1ª impressão 06/2002: tiragem: 2000 exemplares

Diagramação

Neide Makiko Furukawa Scarpelin

Capa

Neide Makiko Furukawa Scarpelin

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

CIP-Brasil. Catalogação-na-publicação.
Embrapa Soja.

Congresso Brasileiro de Soja (2. : 2002 : Foz do Iguaçu, PR)
Anais do II Congresso Brasileiro de Soja e Mercosofja
2002. -- Londrina: Embrapa Soja, 2002.
379p. - - (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 1516-
781X; n.180)

Mercosofja 2002.

Organizado por Odilon Ferreira Saraiva, Clara Beatriz
Hoffmann-Campo.

1. Soja-América do Sul. I.Título. II.Série.

CDD 633.34098

© Embrapa 2002
Conforme Lei 9.610 de 19.02.98

Comissão Organizadora



Presidente
Décio Luiz Gazzoni

Vice-Presidente
Rubens José Campo

Presidente da Comissão Técnico-Científica
José Renato Bouças Farias

Vice-Presidente da Comissão Técnico-Científica
Norman Neumaier

Presidente da Comissão de Análise de Trabalhos
Clara Beatriz Hoffman-Campo

Editor de Resumos
Odilon Ferreira Saraiva

Tesoureiro
João Armelin Filho

Secretário
Amélia Dall'Agnol

Marketing
José das Graças Maia Andrade

Comissão Técnico-Científica
Alexandre Nepomuceno
Álvaro Manoel Rodrigues Almeida
Áureo Francisco Lantmann
Beatriz Spalding Correia Ferreira
Carlos Alberto Arrabal Arias
Dionísio Luiz Pisa Gazziero
João Flávio Veloso da Silva
José de Barros França Neto
Mariângela Hungria
Mercedes Concórdia Carrão Panizzi

Apresentação

O II Congresso Brasileiro de Soja tem como tema o principal componente do agronegócio brasileiro, com o maior valor de produção na propriedade e o maior valor agregado. Em 2002, a produção estimada de 41 milhões de toneladas foi obtida em aproximadamente 15 milhões de hectares. A soja só não é cultivada no Pantanal, no semi-árido Nordestino e no Litoral. Na Amazônia, embora o seu cultivo seja tecnicamente viável em grandes áreas, ele é desestimulado pelo custo do desmatamento, pelos impactos negativos que poderia ter sobre o meio ambiente e pela má imagem que produziria do Brasil junto à comunidade internacional. É tolerado, no entanto, em áreas com pastagens degradadas ou em manchas de solo sob vegetação de Cerrado.

O valor intra-porteira da soja brasileira ultrapassa os US\$ 5 bilhões e os benefícios gerados pela extensa cadeia produtiva da oleaginosa supera os US\$30 bilhões. Cerca de 250 mil propriedades plantam soja no País, gerando emprego e renda para mais de dois milhões de brasileiros: um universo familiar de oito milhões de pessoas. O superávit da balança comercial brasileira deve ser integralmente creditado aos produtos derivados do agronegócio – com destaque para a soja - que geraram em 2001, um superávit de US\$19 bilhões.

A produção comercial de soja no Brasil iniciou-se pelo Rio Grande do Sul, em parceria estratégica com o trigo, com quem divide os custos fixos da lavoura. De cultura secundária, a soja rapidamente estabeleceu-se como a principal alternativa econômica da agricultura brasileira, impulsionada por picos de preços originados pela falta de estabilidade da oferta de outras fontes de proteína para elaboração de rações para animais ou para consumo humano.

O generoso pampa gaúcho, logo seguido por todo o Sul do Brasil, ficaram pequenos para o grão gigante. Porém, uma muralha aparentemente intransponível parecia impedir a sua trajetória rumo ao norte do Brasil, caracterizado por climas tropicais e baixas latitudes. Próximo ao Equador, 200 milhões de hectares de Cerrado virgem aguardavam quem os fecundasse.

A criação da Embrapa em 1973 e da Embrapa Soja em 1975,

propiciou ao País a oportunidade de constituir uma equipe de cientistas dedicados exclusivamente à pesquisa de soja. Essa equipe, cujo expoente científico é o Dr. Romeu Afonso de Souza Kihl, apoiada por uma rede de pesquisadores de organizações públicas e privadas, debruçou-se sobre os mistérios da soja, decidida a vencer o desafio de domesticá-la em todo o território nacional. Coube a esse grupo o mérito de romper as comportas tecnológicas e permitir que o Cerrado se inundasse com soja. Essa genialidade criativa pôs um fim ao conceito vigente até os anos 60, de que soja só se cultiva em climas temperados e sub-tropicais. A liderança dessa equipe possibilitou a implementação de uma rede de melhoramento de soja, responsável pelo desenvolvimento das cultivares mais importantes em uso no País. Aproximadamente 60% da área cultivada com soja do Brasil, utiliza-se de sementes oriundas de cultivares desenvolvidas no âmbito dessa parceria.

Depois de dominados os mecanismos genéticos que controlam o início da floração da soja, viabilizando o seu cultivo em regiões tropicais, os cientistas brasileiros aprimoraram os sistemas de produção da soja, permitindo a expressão de seu potencial. A tecnologia de produção de soja *made in Brazil*, permitiu um aumento de produtividade da cultura de mais de 100% nos últimos 40 anos, feito inédito no plano mundial.

Realizando uma análise prospectiva da soja em nível global, é possível prever um crescimento sustentado, que transformará a soja em cultura líder da agricultura mundial. Mantido o ritmo de crescimento dos últimos anos e considerando-se a atual produção de quase 190 milhões de toneladas, estima-se para 2006 uma produção mundial próxima das 220 milhões de toneladas, com perspectivas de manter-se crescendo até meados deste século. É uma oportunidade sob medida para o Brasil, que já demonstrou ser capaz de responder rapidamente a eventuais aumentos de demanda do mercado.

A saga da soja pelo Centro-Oeste brasileiro transformou em metrópoles cidades de porte médio e fez surgir cidades do nada ou de pequenos conglomerados urbanos, transformando a paisagem e a economia dos estados da região. O Mato Grosso, para dar um exemplo, em apenas 25 anos, viu a soja transformar-se de uma curiosidade botânica, para o principal negócio do Estado. Na esteira da soja, o milho, o algodão, as frutas e a agroindústria atraem não apenas brasileiros, porém investidores de outros países, impulsionando o desenvolvimento regional.

A realização do II Congresso Brasileiro de Soja ocorre em momento marcante da trajetória da cultura no Brasil. O evento propicia oportunidade de reflexão acerca das ameaças que pairam sobre a expansão acelerada da oleaginosa e que provoca movimentos contrários dos competidores. Renomadas lideranças do agronegócio nacional e autoridades do Governo brasileiro colhem o ensejo para discutir e propor as mudanças necessárias no plano interno, como o redirecionamento da política agrícola, o financiamento da produção, o investimento em infra-estrutura, as reformas tributária e fiscal, que são empecilhos ao aproveitamento integral da oportunidade de expansão do quinhão brasileiro no mercado da soja. Consta da pauta do Congresso a discussão sobre as barreiras para-fiscais e os subsídios dos países ricos, entraves preponderantes no caminho da liderança brasileira no mercado mundial da soja.

O mercado expande-se pela ampliação da demanda vegetativa associada ao crescimento populacional; pelo incremento da renda global; pelo ingresso no mercado de países grandes consumidores, como a China, da Indonésia e de outros países com poder de alterar o equilíbrio do mercado; e pela expansão do uso da soja para atender mercados não tradicionais, como biodiesel, tintas e vernizes entre outros. A diferenciação do mercado, como o dueto soja transgênica ou não transgênica, o nicho da soja orgânica, a especialização da soja destinada à produção de alimentos ou a busca de uma soja melhor adaptada à ração animal, são alguns dos assuntos que se impõem na pauta do Congresso, pela sua magnitude e momentaneidade. A temática selecionada e a elevada qualificação dos prelecionistas e participantes são a garantia que o II CBSoja se transformará em marco histórico da saga da soja no Brasil.

Caio Vidor
Chefe Geral
Embrapa Soja

Décio Luiz Gazzoni
Presidente da Comissão Organizadora do II
CBSoja

Sumário

PROGRAMAÇÃO	xiii
GLOBAL FOOD PROJECTIONS TO 2020: THE ROLE OF SOYBEANS	1
ENTRAVES À COMPETITIVIDADE DA SOJA	3
A INDÚSTRIA DE SEMENTES NO BRASIL	5
GENETICALLY MODIFIED CROPS AND THE FUTURE OF AGRICULTURE.	8
SEED PRODUCTION SYSTEM OF GENETICALLY MODIFIED SOYBEANS IN THE UNITED STATES	12
IMPACTO DE LA PRODUCCION DE LA SEMILLA DE SOJA TRANSGENICA EN LA ARGENTINA	14
O IMPACTO DA SOJA NA BIODIVERSIDADE DO CERRADO: DESAFIOS PARA A SUSTENTABILIDADE	24
USO AGRÍCOLA DAS ÁREAS DE AFLORAMENTO DO AQUÍFERO GUARANI E IMPLICAÇÕES NA QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA	36
ASPECTOS GERAIS DA SUSTENTABILIDADE DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA	43
MELHORAMENTO GENÉTICO DA SOJA PARA RESISTÊNCIA A insetos: UMA REALIDADE PARA AUMENTAR A EFICIÊNCIA DO CONTROLE INTEGRADO DE PRAGAS E VIABILIZAR A SOJA ORGÂNICA	52
RESTRIÇÕES AO USO DO CONTROLE BIOLÓGICO NO BRASIL	61

PERSPECTIVAS E RESTRIÇÕES AO USO DE OGMS NO MANEJO DE PRAGAS	65
GENOMIC APPROACHES TO MOLECULAR BREEDING OF RESISTANCE TO SOYBEAN SUDDEN DEATH SYNDROME AND CYST NEMATODE IN ELITE CULTIVARS	70
RESISTÊNCIA AOS NEMATÓIDES DAS GALHAS, MELOIDOGYNE spp. EM AMENDOIM SILVESTRE: SEU POTENCIAL PARA MELHORAMENTO DE PLANTAS E PARA BIOTECNOLOGIA.	72
INVESTIGACION Y DESARROLLO DE VARIEDADES E IMPACTO EN LA PRODUCCION COMERCIAL DE SOYA EN BOLIVIA DURANTE 1970-2001 (GLYCINE MAX (L.) MERRIL)	79
EVOLUCION DE LA INVESTIGACIÓN Y PRODUCCIÓN DE LA SOJA EN EL PARAGUAY	81
EVOLUCION Y PERSPECTIVAS DE LA PRODUCCION Y DE LA INVESTIGACION EN SOJA EN ARGENTINA	84
SITUAÇÃO ATUAL E PERSPECTIVAS DA PRODUÇÃO E DA PESQUISA DE SOJA NO BRASIL.	96
IMPACTO AMBIENTAL DE INSETICIDAS AGRÍCOLAS	102
PRAGAS-DE-SOLO: LIMITAÇÕES E PERSPECTIVAS DE MANEJO EM SOJA	113
A SOJA E SEUS PRODUTOS: CIÊNCIA, REGULAMENTAÇÃO E CONSUMIDOR	125
CONTRIBUIÇÃO DE RESÍDUOS VEGETAIS PARA A FERTILIDADE E CONSERVAÇÃO DO CARBONO DO SOLO NO PLANTIO DIRETO	129
CARBON SEQUESTRATION IN SOIL MANAGEMENT AND PLANT ROTATION SYSTEMS	131
NO-TILLAGE AS A SUSTAINABLE SOIL MANAGEMENT SYSTEM FOR SOYBEAN CROPPING IN THE CERRADO	138
EVITANDO O INGRESSO DE NOVAS PRAGAS	150

INTELIGÊNCIA QUARENTENÁRIA E TRÂNSITO DE MATERIAL DE PROPAGAÇÃO VEGETATIVA.	154
INNOVATIVE NON-FOOD USES OF SOYBEAN OIL	156
SITUAÇÃO ATUAL DAS DOENÇAS POTENCIAIS NO CONE SUL.	171
ESTRATÉGIAS DE MELHORAMENTO PARA O CONTROLE DA FERRUGEM DA SOJA	188
AGRICULTURA DE PRECISÃO: MUDANÇA DE PATAMAR TECNOLÓGICO E OPORTUNIDADES PARA A PESQUISA AGRÍCOLA.	197
FATORES RESTRITIVOS À ADOÇÃO DA AGRICULTURA DE PRECISÃO	221
A AGRICULTURA DE PRECISÃO AO ALCANCE DOS PEQUENOS E MÉDIOS PRODUTORES.	230
IMPACTOS DE SISTEMAS AGROPECUÁRIOS NA ATIVIDADE ENZIMÁTICA E BIOMASSA MICROBIANA DOS SOLOS DE CERRADO.	246
ASPECTOS BÁSICOS E APLICADOS DA FIXAÇÃO SIMBIÓTICA DO NITROGÊNIO	258
A NOVA LEI AGRÍCOLA DOS EUA E OS SUBSÍDIOS PARA A SOJA	269
COERÊNCIA TECNOLÓGICA NA PROPRIEDADE RURAL	271
SISTEMA DE PLANTIO DIRETO & CERTIFICAÇÃO DE PRODUÇÃO ORGÂNICA IBD	277
LIMITATIONS RESULTING FROM ABIOTIC FACTORS, ESPECIALLY INADEQUATE WATER, ON SOYBEAN YIELD IN LOW-LATITUDE AREAS	280
ESTRATÉGIAS DE REDUÇÃO DE ESTRESSE NA CULTURA DE SOJA (GLYCINE MAX (L.) MERRIL)	292
IMPACTOS SÓCIO-ECONÔMICOS DOS TRANSGÊNICOS	303

BIOTECNOLOGIA NA AGRICULTURA: QUESTÕES ÉTICAS E DE BIOÉTICA ENVOLVENDO A SOJA GENETICAMENTE MODIFICADA	305
BIOLOGIA DE PLANTAS DANINHAS NA CULTURA DA SOJA.	309
INFLUÊNCIA DA PALHA NO MANEJO DE PLANTAS DANINHAS.	320
MECANISMO DE AÇÃO DE HERBICIDAS E A RESISTÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS	331
CAMBIOS EN LA FLORA DE MALEZAS COMO CONSECUENCIA DEL CAMBIO TECNOLÓGICO EN ARGENTINA MALEZAS "NOVEDOSAS" QUE PUEDEN AFECTAR AL CULTIVO DE SOJA	346
IMPORTÂNCIA DOS MICRONUTRIENTES NA FIXAÇÃO BIOLÓGICA DO NITROGÊNIO	355
IMPACTO DO USO DE MICRONUTRIENTES NA PRODUTIVIDADE DA SOJA.	367
OFERTA E DEMANDA TECNOLÓGICA EM MICRONUTRIENTES DA SOJA NO PARANÁ	379

Programação Científica do II Congresso Brasileiro de Soja e Mercosoja 2002

Perspectivas do agronegócio da soja

03 de junho 2002

8:00 - 9:10 horas

— C O N F E R Ê N C I A —

Demanda e Consumo de Soja no Mundo: Uma Perspectiva para 2020

♦ Dra. Rajul Pandya-Lorch
Coordenadora do Projeto 2020 Vision Initiative
International Food Policy Research Institute - IFPRI

9:30 - 12:00 horas

— M E S A R E D O N D A —

Produção de Sementes de Soja de Cultivares Modificados Geneticamente e os Quesitos de Qualidade Exigidos

Coordenador: Dr. José de Barros França Neto
Pesquisador da Embrapa Soja

1. Sistema de produção de sementes de soja modificada geneticamente nos Estados Unidos
Dr. Hamer Paschal
Monsanto EUA

2. Impacto da produção de semente de Soja Transgênica na Argentina
Dr. Rodolfo Luis Rossi
NIDERA Semillas

3. Identificação de cultivares de soja modificada geneticamente através de marcadores morfológicos e moleculares
Dra. Édila Vilela de Resende von Pinho
UFLA- Universidade Federal de Lavras

Impacto da Produção Agrícola: Desafio à Sustentabilidade Ambiental

Coordenador: Dr. João Flávio Veloso Silva
Pesquisador da Embrapa Soja

1. Impacto da soja na biodiversidade do Cerrado: desafios para a sustentabilidade
Dr. José Felipe Ribeiro
Pesquisador da Embrapa Cerrados
2. Uso agrícola de áreas de afloramento do Aquífero Guarani e implicações na qualidade da água
Dr. Marco Antônio Ferreira Gomes
Pesquisador da Embrapa Meio Ambiente
3. Aspectos gerais da sustentabilidade dos sistemas de produção agrícola
Dr. Clayton Campanhola
Pesquisador da Embrapa Meio Ambiente

Fatores Limitantes e Perspectivas do Manejo de Pragas - Parte I

Coordenadora: Dra. Clara Beatriz Hoffmann Campo
Pesquisadora da Embrapa Soja

1. Limitações do uso de cultivares resistentes
Dr. Manoel Albino Coelho de Miranda
Instituto Agronômico de Campinas
2. Restrições ao uso do controle biológico
Dr. José Roberto Postali Parra
Professor da ESALQ/USP, Piracicaba
3. Perspectivas e restrições ao uso de OGMs no manejo de pragas
Dra. Eliana Maria Gouveia Fontes
Pesquisadora da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia

14:00 - 15:10 horas

— C O N F E R Ê N C I A —

Perspectivas de Processamento de Soja em Escala Global

- ♦ Dr. Carlo Fellippo Maximiliano Lovatelli
Presidente da Associação Brasileira das Indústrias de Óleo Vegetal

15:30 - 18:00 horas

— M E S A R E D O N D A —

Manejo de Doenças e Estratégias de Controle

Coordenador: Dr. Álvaro Manoel Rodrigues Almeida
Pesquisador da Embrapa Soja

1. Manejo e controle de doenças de soja, com ênfase no sistema de plantio direto
Dr. X. B. Yang
Department of Plant Pathology, Iowa State University
2. Busca de genes de resistência a nematóides do gênero
Meloidogyne
Dr. Soraya C. M. Leal-Bertioli
Pesquisadora da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia.

Evolução e Perspectivas da Produção e da Pesquisa de Soja no Cone Sul

Coordenador: Dr. Amélia Dall'Agnol
Pesquisador da Área de Comunicação Empresarial da
Embrapa Soja

1. A situação da Bolívia
Dr. Hugo Spechar
Empresário representante da Embrapa na Bolívia
2. A situação do Paraguai
Dr. Wilfrido Morel Paiva
Pesquisador do Centro Regional de Investigacion Agrícola - CRIA
3. A situação da Argentina
Dr. Hector Baigorri
Pesquisador do INTA - AR

4. A situação do Brasil

Dr. Caio Vidor

Chefe Geral da Embrapa Soja

**Fatores Limitantes e Perspectivas do Manejo de Pragas -
Parte II**

Coordenadora: Dra Clara Beatriz Hoffmann Campo

Pesquisadora da Embrapa Soja

**1. O papel dos inseticidas no manejo de pragas durante a próxima
década**

Robert Sehn

Diretor da Syngenta Crop Protection, Basel, Switzerland

2. Impacto ambiental de inseticidas agrícolas

Dra. Jussara Borges Regitano

Pesquisadora do CENA/USP

3. Insetos de solo

Dr. José Roberto Salvadori

Pesquisador da Embrapa Trigo

04 de junho 2002

8:00 - 9:10 horas

CONFÉRENCIA

**A Importância do Setor Privado e Público no
Desenvolvimento Tecnológico da Soja**

- ♦ Dr. Ivo Marcos Carraro

Diretor Executivo da Cooperativa Central Agropecuária de Desenvolvimento Tecnológico e Econômico - COODETEC e Presidente da Associação Brasileira de Obtentores Vegetais-BRASPOV

- ♦ Dr. Ruy de Araújo Caldas

Diretor do Mestrado em Biotecnologia da Católica de Brasília

9:30 - 12:00 horas

— M E S A R E D O N D A —

A Soja como Alimento Funcional e seu Efeito na Saúde Humana

Coordenador: Dr. José Marcos Gontijo Mandarino

Pesquisador da Embrapa Soja

1. Soja e seus produtos: ciência, legislação e consumidor

Dr. Franco Lajolo

Faculdade de Ciências Farmacêuticas - USP, São Paulo

2. A soja no controle e prevenção de doenças crônico-degenerativas

Dr. Álvaro Armando Carvalho de Moraes

Escola de Medicina da Santa Casa de Misericórdia de Vitória,
Espírito Santo

3. A soja e a mulher

Dr. Paulo Roberto Clementino Moreira

Professor do Departamento de Ginecologia e Obstetrícia da
Universidade Estadual de Londrina

Manejo do Solo e Sustentabilidade

Coordenador: Dr. Eleno Torres

Pesquisador da Embrapa Soja

1. Indicadores de qualidade do solo para alta produtividade

Dr. Julio Cesar Franchini

Pesquisador da Embrapa Soja

2. Efeito do manejo do solo e do sistema de plantio sobre o seqüestro de carbono

Dr. Wayne Reeves

Research Agronomist & Lead Scientist - USDA

3. O plantio direto como manejo do solo sustentável para a cultura da soja no Cerrado

Dr. Dimas Vital Siqueira Resck

Pesquisador da Embrapa Cerrados

14:00 - 15:10 horas

C O N F E R Ê N C I A**Política Comercial Agrícola**

- ♦ Dr. Roberto Rodrigues
Presidente da Asssociação Brasileira de Agribusiness - ABAG

15:30 - 18:00 horas

M E S A R E D O N D A**Perigos Sanitários na Fronteira de Expansão da Soja**

Coordenador: Dr. Décio Luiz Gazzoni
Pesquisador da Embrapa Soja

1. Evitando o ingresso de novas pragas

Dr. Odilson Ribeiro da Silva
Diretor do Departamento de Defesa e Inspeção Vegetal do MAPA

2. Inteligência quarentenária e trânsito de material reprodutivo

Dra. Maria Regina Vilarinho
Pesquisadora da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia

3. Certificação fitossanitária de origem e traçabilidade

Dr. Rogério Dias
Coordenador de Proteção de Plantas do DDIV/MAPA

Novos Usos da Soja

Coordenadora: Dra. Mercedes Concórdia Carrão Panizzi
Pesquisadora da Embrapa Soja

1. Inovações na utilização não alimentar da soja

Dra. Sevim Z. Erhan
Pesquisadora Líder do Departamento de Alimentos e Óleos Industriais do "National Center for Agricultural Utilization Research", USDA/Agricultura Research Service, Peoria, IL, USA

2. Soja como matéria prima para produção de bio-diesel

Dr. Paulo Suarez
Professor da Universidade de Brasília

3. Soja: uma história de parcerias

Dr. Terry C. Nelsen
Assistant Director -Midwest Area - ARS - USDA

05 de junho 2002

8:00 - 9:10 horas

— C O N F E R Ê N C I A —

Entraves à Competitividade da Soja Brasileira

- ♦ Dr. José Aroldo Gallassini
Presidente da Cooperativa Agropecuária Mourãoense Ltda -
COAMO

9:30 - 12:00 horas

— M E S A R E D O N D A —

Doenças Potenciais da Soja no Cone Sul: Riscos e Soluções

Coordenador: Dr. Carlos Alberto Arrabal Arias
Pesquisador da Embrapa Soja

1. Situação atual das doenças potenciais no Cone Sul

Dr. José Tadashi Yorinori
Fitopatologista da Embrapa Soja

2. Ferrugem da soja: epidemiologia e controle

Dr. X. B. Yang
Department of Plant Pathology, Iowa State University

3. Estratégias de melhoramento para o controle da ferrugem da soja

Dr. Natal Antonio Vello
Professor da ESALQ/USP, Piracicaba

Agricultura de Precisão

Coordenador: Dr. João Flávio Veloso Silva
Pesquisador da Embrapa Soja

1. Agricultura de precisão: mudança de patamar tecnológico

Dr. Ariovaldo Luchiari
Embrapa LABEX - USA

2. Fatores restritivos à adoção da Agricultura de Precisão

Dr. José Paulo Molin
Professor da ESALQ/USP

- 3. A agricultura de precisão ao alcance do agricultor de porte médio**
Dr. Arci Mendes
Gerente de marketing da AGCO do Brasil

Associações microbianas em sistemas agrícolas com a soja

Coordenadora: Dra. Mariangela Hungria
Pesquisadora da Embrapa Soja

- 1. Potencial de microrganismos endofíticos e associativos como biofertilizantes**
Dr. Fábio de Oliveira Pedrosa
Universidade Federal do Paraná
- 2. Impactos de sistemas agropecuários na atividade enzimática e biomassa microbiana dos solos de Cerrado**
Dr. Ieda Carvalho Mendes
Embrapa Cerrados
- 3. Aspectos básicos e aplicados da fixação simbiótica do nitrogênio**
Dra. Mariangela Hungria
Pesquisadora Embrapa Soja

14:00 - 15:10 horas

C O N F E R Ê N C I A

A Indústria de Sementes no Brasil

- ♦ Dr. João Lenine Bonifácio e Sousa
Presidente da ABRASEM

15:30 - 18:00 horas

M E S A R E D O N D A

Política Agrícola e Gestão da Propriedade Rural

Coordenador: Dr. Antônio Carlos Roessing
Pesquisador Embrapa Soja

- 1. Política agrícola brasileira**
Dr. Sávio Pereira
Secretaria de Política Agrícola do MAPA
- 2. Coerência tecnológica na propriedade rural**
Dr. Ricardo de Souza Sette
Professor da Universidade Federal de Lavras

3. Tecnologia agrícola: fundamento para competição no mercado globalizado

Dr. Eliseu Roberto de Andrade Alves
Assessor da Presidência da Embrapa

Soja Orgânica: Situação Atual e Perspectivas

Coordenadora: Dra. Beatriz Spalding Correa Ferreira
Pesquisador Embrapa Soja

1. Legislação e sistema de fiscalização de agricultura orgânica

Dr. Rogério Dias
Coordenador de Proteção de Plantas do DDIV/MAPA e
Coordenador do Colegiado Nacional de Produtos Orgânicos

2. Certificação da produção de soja orgânica

Dr. Dennis Ditchfield
Presidente do Instituto Biodinâmico

3. Situação atual da produção do mercado e demandas tecnológicas

Dr. Paulo Mayer
Técnico da Assessoar

Restrições Abióticas à Produtividade Potencial da Soja

Coordenador: Dr. José Renato Bouças Farias
Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento da
Embrapa Soja

1. Fatores abióticos limitantes à expressão do potencial produtivo da soja

Dr. Thomas Sinclair
Pesquisador do ARS/USDA - University of Florida

2. Estratégias de redução de impactos

Dr. Durval Dourado Nets
Professor da ESALQ/USP

3. Análise de risco e seguro agrícola

Dr. Luiz Antonio Rossetti
Técnico do CER/PROAGRO/MAPA

06 de junho 2002**8:00 - 10:30 horas****M E S A R E D O N D A****Possíveis Impactos Econômicos, Ecológicos e Sociais dos Novos OGMs**

Coordenador: Dr. Alexandre Lima Nepomuceno

Pesquisador da Embrapa Soja

1. Impactos sócio- econômicos dos transgênicos

Dr. Elibio Leopoldo Rech Filho

Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia

2. Ética

Dra. Cristina de Albuquerque Possas

Secretaria Executiva do CTNBio

3. A comercialização de soja transgênica, o cenários mundial e brasileiro

Dr. Paulo Borges

Assessor da DDIV e Representante Titular do MAPA

Manejo de Plantas Daninhas

Coordenador: Dr. Dionísio Luiz Pisa Gazziero

Pesquisador da Embrapa Soja

1. Ecologia de plantas daninhas

Dr. Robinson A. Pitelli

Professor da UNESP, Jaboticabal

2. Influência da palha no manejo de plantas daninhas

Dr. Edvaldo Velini

Professor da UNESP, Botucatu

3. Mecanismo de ação de herbicidas e a resistência das plantas daninhas

Dr. Pedro Christoffoleti

Professor da ESALQ/USP, Piracicaba

4. Cenário de mudanças com o uso de soja transgênica: o exemplo da Argentina

Ing. Agr. Juan C. Papa
Técnico de la EEA Oliveros

Impacto do uso de micronutrientes e da inoculação na produtividade da soja

Coordenador: Dr. Áureo Francisco Lantmann
Pesquisador da Embrapa Soja

1. Importância dos micronutrientes na fixação biológica do N₂

Dr. Rubens José Campo
Pesquisador da Embrapa Soja

2. Importância dos micronutrientes na produtividade da soja

Dr. Alfredo Scheid Lopes
Professor da Universidade Federal de Lavras - UFLA

3. Oferta e demanda tecnológica em micronutrientes da soja no Paraná

Dr. Joaquim Mariano Costa
Cooperativa Agropecuária Mourãoense Ltda - COAMO

10:45 - 12:10 horas

— — — C O N F E R Ê N C I A — — —

Novos OGMs no Futuro da Agricultura Mundial

- ♦ Dr. Maarten J. Chrispeels
Professor da University of Cálifornia at San Diego e Membro da National Academy of Sciences - USA

Eventos paralelos

Ferrugem da soja

Coordenador: José Tadashi Yorinori
Embrapa Soja

04 de junho 2002

Manhã

8:00 - 8:10 Abertura

8:10 - 9:00 Situação mundial da ferrugem da soja
Dr. X. B. Yang
Iowa State University, Ames, Iowa

9:00 - 9:50 Situação da ferrugem da soja no Zimbabwe e outros países da África
Dr. Clive Levy
Commercial Farmers Union of Zimbabwe,
Commodities Technical Team

9:50 - 10:10 Intervalo

10:10 - 11:00 Conhecimento atual sobre a variabilidade patogênica (raças) e molecular entre isolados de *Phakopsora meibomiae* e *P. pachyrhizi*
Dr. Reid D. Frederick
USDA/ARS, Foreign Disease-Weed Science Research Unit, Fort Detrick Maryland

11:00 - 11:30 Situação da ferrugem da soja no Paraguai
Dr. Wilfrido Morel Paiva
Centro Regional de Investigacion Agricola - CRIA,
Capitan Miranda, Itapua, Paraguai

11:30 - 12:00 **Situação da ferrugem da soja em Mato Grosso do Sul, na safra 2001/02**

Dr. Paulino José Melo Andrade

Embrapa Agropecuária Oeste/Fundação Chapadão,
Chapadão do Sul, MS

Tarde

13:30 - 14:00 **Situação da ferrugem da soja no Brasil**

Dr. José Tadashi Yorinori

Embrapa Soja, Londrina, PR

14:00 - 14:30 **Discussão Geral**

14:30 - 14:45 **Intervalo**

14:45 - 18:00 **Elaboração de um Programa de Cooperação
Internacional sobre a Ferrugem da Soja**

Soja na alimentação animal

04 de junho 2002

Manhã

Painel: Soja na produção animal: a abordagem tecnológica

8:10 - 9:00 **Soja e seus subprodutos na alimentação de suínos e aves**

Dr. Gustavo J. M. M. de Lima

Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

9:00 - 9:30 **Soja e seus subprodutos na alimentação de gado de corte**

Dr. Luiz Roberto Santhiago

Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS

9:30 - 10:00 Utilização do farelo, da casca e da soja como forragem para alimentação de bovinos
Dr. Armando de Andrade Rodrigues
Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, SP

10:00 - 10:30 Soja na dieta de bezerros e vacas em lactação
Dr. Leovegildo Lopes de Matos
Embrapa Gado de Leite, Núcleo Sul, Londrina, PR

10:30 - 11:00 Coffee Break

11:00 - 12:00 Debate
Moderador: Dr. Leovegildo Lopes de Matos
Embrapa Gado de Leite

12:00 - 14:00 Almoço

Tarde

14:00 - 15:30 Palestra "Ingredientes derivados do processamento de soja aplicados na nutrição animal"
Dr. Fábio Goldflus
ADM Bio Products

15:30 - 16:00 Coffee Break

16:00 - 17:30 Painel "Soja na produção animal: a visão do mercado e do consumidor"

Moderador: Dr. Amélio Dall'Agnol
Embrapa Soja

Participação: Representante do MAPA

Representante da COAMO

Dr. Julio Henrique Emrich Pinto
Purina

Dr. Fábio Goldflus
ADM Bio Products

Transferência de tecnologia para produção de soja: Conquistas e desafios

05 de junho 2002

Manhã

- 9:30 - 9:40 **Introdução e apresentação**
Dr. Lineu Alberto Domit
Pesquisador da Embrapa Soja
- 9:40 - 10:15 **Estações Experimentais privadas como pólo de transferência de tecnologia**
Dr. Joaquim Mariano Costa
Chefe da Estação Experimental da COAMO
- 10:15 - 10:50 **Grandes eventos e sua importância na transferência de tecnologia**
Dr. Jorge Luiz Knebel
Gerente do Centro Tecnológico Coopavel.
- 10:50 - 11:25 **Transferência de tecnologia para produção de soja orgânica**
Antônio Wünsch
Presidente da Cotrimaio
- 11:25 - 12:30 **Treino & Visita como instrumento de transferência de tecnologia**
Dr. Lineu Alberto Domit
Pesquisador da Embrapa Soja
Dr. Milton Dalbosco
Copacol - Cafelândia, PR

Tarde

15:30 - 16:05 Projeto Grãos

Dr. Fernando Adegas

Extensionista da Emater-PR

16:05 - 16:40 A experiência das Fundações parceiras da Embrapa na transferência de tecnologia

Dr. Luiz Carlos Miranda

Pesquisador da Embrapa Serviço de Negócios para Transferência de Tecnologia

16:40 - 17:25 Os desafios da transferência de tecnologia na fronteira de expansão da agricultura brasileira

Camilo Placido

Chefe da Unidade Lapa - MT

17:25 - 18:00 Uso de novas ferramentas computacionais para transferência de tecnologia

Sérgio Cruz

Pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária

GLOBAL FOOD PROJECTIONS TO 2020: THE ROLE OF SOYBEANS

R. PANDYA-LORCH Head, 2020 Vision for Food, Agriculture, and the Environment Initiative International Food Policy Research Institute (IFPRI) 2033 K Street, NW, Washington, DC 20006, USA
Tel: 1-202-862-8185 * Fax: 1-202-467-4439 Email: r.pandya-lorch@cgiar.org Web: www.ifpri.org/2020/welcome.htm * Web: www.ifpri.org/2020conference

A growing and urbanizing population with rising incomes will substantially increase global demand for food in coming decades. IFPRI's global food model, the International Model for Policy Analysis of Commodities and Trade (IMPACT), projects that global demand for cereals will increase by 35 percent between 1997 and 2020 to reach 2.5 billion tons and demand for meat will increase by 57percent to 327 million tons. Within this global food system, demand for soybeans is projected to increase by 55 percent to reach 227 million tons. Over two-thirds of the increase in demand will take place in developing countries.

Within the developing world, Latin America is expected to remain the largest consumer of soybeans, with demand increasing by 66 percent between 1997 and 2020 to reach 68 million tons. However, East Asian demand is growing very rapidly and is projected to double during this period to reach 41 million tons in 2020. South Asian demand for soybeans is also projected to double, albeit from a much lower level. Overtaking Brazil's dominant position, China will emerge as the largest consumer of soybeans in the developing world by 2020.

At a projected 95 million tons, the United States will contribute over two-fifths of the world's supply of soybeans in 2020, down from 49 percent in 1997. Latin America's share is projected to increase from 31 to 36 percent, with Brazil followed by Argentina leading the pack. Notable production increases of over 75 percent are also forecast in East Asia.

Two-thirds of the global increase in production will be accounted for by increases in productivity, and one-third by acreage expansion. With a projected annual average rate of 1.6 percent, yield increases

in developing countries will outstrip those in developed countries such that by 2020 the gap in yields between developed and developing countries is forecast to narrow from 0.7 tons per hectare to 0.4 tons per hectare.

While the gap between demand and production in East Asia is forecast to widen from 6 million tons in 1997 to 14 million tons in 2020, Latin America is expected to be able to meet its growing demand from increased domestic production with a surplus left over of over 14 million tons for trade by 2020. With this growing surplus, Latin America will increasingly become a major exporter of soybeans. However, the United States will remain predominant with projected exports of 32 million tons by 2020. The primary market for soybeans will remain the European Union, as the gap between domestic production and demand widens from 15 million tons in 1997 to 19 million tons in 2020. However, as noted earlier, East Asia, essentially driven by China, will emerge as the major new importer.

Soybean prices are projected to remain steady at about \$247 per ton throughout the projections period of 1997-2020. In comparison, wheat prices are projected to decline by 8 percent and rice prices by 11 percent while maize prices remain steady.

Keywords: Agriculture, Demand, Supply, Trade, Food Security

ENTRAVES À COMPETITIVIDADE DA SOJA

J.A.GALLASSINI. Cooperativa Agropecuária Mourãoense Ltda. – Coamo, Caixa Postal 460, CEP 87308-445, Campo Mourão, PR, E-mail: coamo@coamo.com.br

A cultura da soja teve um grande desenvolvimento nas últimas três décadas no Brasil. Por tratar-se de um produto de alta proteína, tornou-se a maior fonte de proteína vegetal no mundo e passou a fazer parte da importação de quase todos os países. É um produto que gera recursos a milhares de produtores brasileiros, tem sido responsável pelo superávit da balança comercial do Brasil. Existem porém, entraves à competitividade da soja brasileira: Problemas: Antes da porteira - que são custos de insumos; produtos geneticamente modificados; e falta de recursos para pesquisa. Dentro da porteira - insuficiência de assistência técnica; baixo nível tecnológico em boa parte dos produtores; e parque de máquinas deficitário. Para obter maior renda com a soja é necessário desenvolver a pecuária como aves, suínos e bovinos. Existe uma brutal falta de capacidade de gerenciamento da propriedade. Após a porteira temos o maior nível de entraves. Entre eles: alto custo do frete; péssima logística brasileira; despesas portuárias (mais cara do mundo); impostos proibitivos; subsídios agrícolas dos países desenvolvidos; barreiras tarifárias e sanitárias dos países importadores; falta de recursos a juros compatíveis com a atividade; falta de uma reforma tributária adequada; reforma da CLT (Consolidação das Leis Trabalhistas de 1944); reforma política; e a necessidade de um projeto industrial para a pecuária (aves, suínos, bovinos de corte e leite), visando agregar mais valor aos produtos brasileiros. A comercialização é outro entrave importante na cadeia produtiva da soja. Além da dificuldade de termos uma Bolsa de Futuros no Brasil, temos ainda dificuldades em operar na Bolsa de Chicago. O que mais nos preocupa é a capacidade técnica dos operadores nacionais. As empresas nacionais são pequenas e sem possibilidades de investir em recursos humanos, de modo que agem como fornecedoras das grandes multinacionais. Esperamos que nosso trabalho leve a cada participante, subsídios para que possam analisar e procurar contribuir para a solução dos graves problemas que aqui citamos. Cada um deve ajudar na sua área de atuação para que tenhamos no futuro um empresário agrícola moderno, com renda

adequada para que toda a cadeia produtiva faça com que o Brasil seja altamente produtivo, rentável e competitivo.

Palavras-chaves: redução de custos, alta tecnologia, aumento da produtividade, administração empresarial, comercialização eficiente, reformas estruturais.

A INDÚSTRIA DE SEMENTES NO BRASIL

JOÃO LENINE BONIFÁCIO E SOUSA Presidente da ABRASEM

Em 1956, o Governo do Estado de São Paulo, através do Instituto Agronômico de Campinas e a Secretaria da Agricultura, criou o Serviço do Milho Híbrido. No ano seguinte, instituiu a certificação do mesmo no Estado e regulamentou as normas de produção, foi o início de um processo de estruturação, que motivou quase 10 anos depois, os Estados do Rio Grande do Sul, do Paraná, e de Santa Catarina a criarem as Comissões Estaduais de Sementes de Trigo.

Estes movimentos, quase sempre foram apoiados pelo Governo Federal, inclusive com intercâmbio entre as Universidades Americanas, tiveram seu reconhecimento com a edição da Lei 4.727 de 13.07.65 e do Decreto 57.061 de 10.10.65, que instituiu a fiscalização do comércio de sementes e mudas em todo o território nacional.

Outra importante demonstração de reconhecimento da importância do setor sementeiro, foi a instituição, em 1967, do Plano Nacional de Sementes – PLANASEM e do Programa de Apoio Governamental à Implantação do PLANASEM - AGIPLAN e, dez anos depois, em 1977, a atual Lei de Sementes, que hoje está em processo de reformulação no Congresso Nacional.

As diretrizes da época estavam baseadas na criação de condições favoráveis ao desenvolvimento da produção, comércio e fiscalização e também, da própria indústria particular de sementes e mudas.

Aquela nova orientação da política do governo determinava, entre outras prioridades, que se promovesse e incentivasse, especialmente, a organização dos agricultores em Entidades de Classe, para a produção de sementes e mudas e sua comercialização, foi neste período que surgiram as associações estaduais de produtores de sementes e mudas as quais formam, hoje, o Sistema Brasileiro de Produção de Sementes.

Sistema coordenado pela Associação Brasileira dos Produtores de Sementes – ABRASEM, que congrega 07 Associações Estaduais (Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso, Goiás e mais recentemente Bahia e Rio Grande do Norte). Esta estrutura reúne 458 Produtores de Sementes; 42.300 Agricultores Cooperantes; 937 Unidades Armazenadoras; 222 Laboratórios; 2.650 Profissionais de Nível Superior; 2.118 Técnicos

envolvidos; 1.700 Vendedores. Gerando mais de 28.465 empregos diretos; e 179.000 empregos indiretos.

Entretanto, na última década, o volume de sementes industrializadas foi reduzido quase à metade (1,3 milhões de ton. em 2001), bem como, o número de Produtores de Sementes, do Sistema ABRASEM, que chegou próximo aos 900 associados no final da década de 80, e tem hoje, apenas, 458.

Numa primeira análise esta redução foi motivada pela mudança do comportamento do Governo Federal em relação ao setor, retirando apoios alguns apoios, como por exemplo:

Isentando a obrigatoriedade da aquisição de sementes certificadas para obtenção de crédito rural;

Redução dos investimentos nas áreas de pesquisa e desenvolvimento para o melhoramento genético vegetal;

Desestruturação do Sistema Brasileiro de Extensão Rural - EMBRATER;

Burocratização do processo de acesso ao crédito oficial para o beneficiamento e comercialização de sementes (EGF – Semente);

Privatização do comércio de semente de trigo com o fim do CETRIN, e a extinção da CETRIN.

Apesar disto o Agronégocio Sementes, que apesar da aparente tímida participação no PIB Agrícola, é um dos grandes responsáveis pelos repetidos aumentos no volume total da safra de grãos, mais de 100 milhões de toneladas em 2001/02.

Este importante papel está representado pelo exemplo da Soja que com um pouco mais de 700 mil toneladas de sementes, produzem mais de 40 milhões de toneladas de grãos, algo em torno de R\$ 13 bilhões.

Tal proporcionalidade não seria possível sem o abnegado esforço dos produtores de sementes que contam, por sua vez, com um dos melhores quadros técnico-científicos nas áreas de melhoramento vegetal do mundo, e que apesar das dificuldades e limitações político-administrativas, não se deixam abater.

Assumida esta responsabilidade, que exige do setor alta competitividade e seletividade, os agricultores mudaram de comportamento e identidade e passaram a pensar e se comprarem com industriais, ou melhor, "agroindustriais", incorporando pontos de vista idênticos aos observados nos produtores de medicamentos ou de automóveis.

Neste cenário, com o aumento da demanda por mais quantidade e qualidade dos alimentos, o agricultor estar obrigado a buscar melhores índices de produtividade e, com isso, se defronta com a necessidade de novas tecnologias, seja na área biológica, seja na logística, o que exige do governo uma política clara de investimentos e, da sociedade, uma novo comportamento de consumo.

Vale ressaltar que a sociedade, representada pelo Congresso Nacional, já está dando sua parcela de contribuição debatendo a nova Lei de Proteção de Cultivares, a Lei de Sementes e a dos transgênicos, instrumentos necessários para assegurar os direitos deste abnegados empresários, cientistas e profissionais que, ao longo dos últimos dez anos, acreditaram no reconhecimento dos seus esforços pessoais, financeiros e científicos, e disponibilizaram ao agribusiness brasileiro, dezenas de novos cultivares.

Insumo, que no início dos anos noventa correspondia com mais de 12% do custo de produção, e hoje, quando muito, chega aos 8%.

Entretanto, apesar dos avanços tecnológicos, políticos e operacionais ainda temos grandes barreiras à continuidade deste trabalho, visto que a pirataria, que também chegou a agricultura, tem colocado em xeque a elaboração dos planos de expansão agroindustrial (logística, campos de produção e financiamentos) das agroindústrias sementeiras; e levado o setor a se questionar sobre a necessidade de dispor de instrumentos administrativos, técnicos, legais e institucionais que defendam os interesses da classe produtora e, consequentemente, da sociedade brasileira.

A ABRASEM, por sua vez, tem tentado combater e coibir a esta ação ilegal, porém sem o apoio da classe produtora, que tanto se beneficia com os produtos certificados; dos profissionais que atuam no setor; e, por que não, da sociedade brasileira, muito pouco podemos fazer.

Se você tiver dúvidas sobre a legalidade na comercialização de sementes.

DISK-ALERTA 0800 70 40 228

GENETICALLY MODIFIED CROPS AND THE FUTURE OF AGRICULTURE.

MAARTEN J. CHRISPEELS Division of Biology, University of California San Diego **Mchrispeels@ucsd.edu**

Abstract. This paper will discuss the future directions of crop biotechnology including genetically engineered crops and the constraints to the diffusion of this technology

Feeding the world's people has in the past depended on expanding the crop area, creating genetically improved varieties and improving agronomic practices that favorably modify the crop environment (better nutrition, less pests and diseases). We are likely to follow the same recipe in the future although the expansion of the crop area has essentially come to a halt. As the population continues to rise to 9 billion there will be competing demands on the Earth's resources and we face a much greater need to make agriculture both more productive and more sustainable. That means that our agricultural practices should have less environmental impact. In the past, agriculture has been the biggest driver of environmental change causing pollution, loss of biodiversity and ecosystem degradation.

Starting some 50 years ago, biotechnology became a major tool of the plant breeder as induced mutations, plant tissue culture, molecular markers, gene cloning and plant transformation were added to the toolbox of the breeder. There is little doubt that this trend of perfecting and adopting new technologies will continue even if the goals of plant breeders and the institutions that employ them collide with the goals and concerns of other groups in society. It is truly unfortunate that so much emotional capital is being expended on the issue of GM crops so that rational debate has become difficult. The issues will not go away and all scientists, but especially those in public institutions must take personal responsibility for educating the public at large. The challenges before us are enormous and we have to help people understand that "GM or no GM" is not the issue. The real issue is sustainability of larger scale agriculture, food production for rural development in subsistence farming areas and ecosystem preservation everywhere.

Where is crop biotechnology going? The use of simple transgenes – often from other organisms – exemplifies the earliest stages of crop biotechnology. It is indeed a convenient way to create a genotype that matches a desired phenotype (The dream of every plant breeder!). Gene silencing by interference RNA will routinely complement the overexpression of transgenes. These approaches will undoubtedly continue for some time to come, and a number of products are now in the pipeline. A particularly interesting one is the creation of hypoallergenic soybeans. But what about more general goals of crop biotechnology. How will molecular technologies be used in the future?

The use of marker assisted selection will accelerate crop improvement using traditional plant breeding methods. As the costs for developing molecular markers and for creating the needed linkage maps decreases, we will have critical molecular information for most of humanity's crops, including the so-called orphan crops of low resource farmers. This knowledge and information from expression profiling will make it much easier to identify important QTLs that can then be introduced into elite cultivars. Single nucleotide polymorphism (SNP) technology will greatly accelerate this development. We can also expect that the genomes of a number of crops with genomes that are of moderate size will be completely sequenced.

Gene replacement or homologous allelic recombination is not yet routinely available, but when this technology emerges it will be a major leap forward. Progress in molecular biology will allow us to identify the active sites of proteins and the regulatory regions of genes. Replacing relative small segments of genes will allow us to change the proteins and the regulatory regions of the genes. Such changes will leave no footprints. Only the outcome of the experiment will tell us that it has occurred. In many cases we will change the sequence in an elite cultivar to a sequence found in a wild accession. Chimeroplasty is already changing genes one nucleotide at a time.

The creation of sentinel plants that monitor the biotic and abiotic environment and relay this information to the farmer. Such plants would be present in the field but would not necessarily be harvested. They would have reporter genes (a fluorescent protein, perhaps) driven by a number of different inducible promoters that could

monitor nitrogen nutrition, soil water status, or the presence of disease organisms.

Seeds without sex, or locking in hybrid vigor by engineering apomixis. Many plants in nature can reproduce by seeds that are formed without any fusion of egg cell and sperm cell. We are just beginning to research the genetic basis of this phenomenon. Seed formation requires the development of both the nutritive endosperm and the embryo. The impact of this development will be widespread in agriculture and the seed industry. It will make possible locking in incremental increases in hybrid vigor and the seed propagation of vegetatively propagated crops.

The recent completion of the Agrobacterium genome will lead to a much deeper understanding of the molecular mechanisms of plant transformation and will permit many researchers to efficiently transform many different crop species.

Putting transgene expression in the hands of the farmer. An extension of the much maligned "terminator" technology, which can be used to limit the germination of the harvested seed or the persistence of the transgene in the transgenic crop could also be used to activate transgenes at the time desired by the farmer.

It is not always necessary that the transgene be active in the part of the plant that is eaten. Thus a gene that enhances photosynthetic rate in soybean leaves need not be active in the seeds. Gene activity can be driven by a leaf-specific promotor. However, the DNA is still present in the seeds, even if the gene is not active. A new possibility is to make non-transgenic food from transgenic plants. It is possible to excise the gene in an organ or tissue specific manner so that the part of the plant that is harvested does not contain the DNA. Such excision need not leave a foot print in the DNA. Making non-transgenic food from transgenic plants. It is also possible to excise the transgene.

Will any of this actually happen or are these the pipe dreams of genetic engineers? Although GM crops and foods are rigorously tested significant barriers to their adoption have been created in many countries. These barriers are not scientifically based but reflect the uneasiness of the citizens, aided and abetted by "environmental" groups, about the use of technologies that affect the food supply and about the power of multinational corporations. In many cases developing countries lack the expertise to create the organizations

that can make adoption decisions on a case by case basis. By examining the principles behind technology adoption we can begin to understand how barriers to the diffusion of this technology might be lowered.

SEED PRODUCTION SYSTEM OF GENETICALLY MODIFIED SOYBEANS IN THE UNITED STATES

E. H. PASCHAL II, Monsanto Company, 703 East Benton Street, Oxford, Indiana 47971, USA, e.h.paschal@monsanto.com

The importance and utilization of transgenic varieties and hybrids of important crop species has increased dramatically recently. This technology holds great promise for benefiting farmers, consumers, and the environment in general through soil saving measures such as conservation tillage and through reducing pesticide load in the environment.

The area planted to transgenic crops has grown 30 fold from 1.7 million hectares in 1996 to 53 million hectares in 2001. Four countries accounted for 99 percent of the area planted to transgenic crops: USA, Argentina, Canada, and China with 35.7, 11.8, 3.2, and 1.5 million hectares, respectively. According to the International Service of Ag-Biotech Applications (ISAA), there are 5.5 million farmers in 13 countries employing transgenic crop technology. The principal crops in which transgenic varieties or hybrids have been commercialized are soybeans, corn, cotton, and canola with 33.3, 9.8, 6.8, and 2.7 million hectares, respectively.

The only widely commercialized transgenic trait in soybeans at this time is the Roundup Ready™ trait in which soybeans have been transformed to resist the action of Roundup™ herbicide. First commercialized in 1996, the area planted to Roundup Ready™ soybean varieties has grown from 0.5 to 33.3 million hectares worldwide (a 67 fold increase). In the USA 75 percent of the soybean crop is transgenic, and in Argentina 95 percent is transgenic. Countries where transgenic soybean varieties are grown commercially include USA, Argentina, Canada, Mexico, South Africa, Romania, and Uruguay. Reports indicate that Brazil also has significant commercial production of transgenic soybeans, which arises from illegal, contraband seed.

The best interests of seed developers and their customers are served by the delivery of high quality, pure planting seed. Genetic purity has long been a priority of the seed industry. No seed lot is 100

percent genetically pure. Regulations have been developed over the years by national and regional agencies to establish standards for acceptable levels of adventitious presence in seed lots. The advent of transgenic traits and the concern exhibited in some camps over their impact on safety, health, and the environment has given added impetus to the issue of adventitious presence. It bears pointing out that Roundup Ready™ soybeans have gained virtual global acceptance into food and feed channels. There has been, therefore, no need for establishing standards related to commodity soybeans.

In this presentation I will detail the developmental steps of a transgenic variety including transformation, trait development, trait integration, breeding, breeder seed, pre-foundation, foundation, commercial seed, and commercialization, highlighting the measures taken to ensure the purest genetic constitution possible. The objective of these measures is to deliver to the farmer all of the genetic potential bred into the variety by the plant breeder.

IMPACTO DE LA PRODUCCION DE LA SEMILLA DE SOJA TRANSGENICA EN LA ARGENTINA

R. L. ROSSI - Nidera Semillas S.A. Departamento de Investigación Soja. Ruta 8 Km 366. Venado Tuerto. Santa Fe. Argentina; E Mail: rrossi@nidera.com.ar

En la Argentina se desarrollaron programas de investigación genética con soja transgénica desde principios de la década del 90. Los trabajos más relevantes fueron: la selección de eventos con tolerancia al herbicida glifosato, la puesta en marcha de los programas de creación de variedades que poseen el evento 40-3-2, con adaptación a las principales áreas del país y el desarrollo de la tecnología más apropiada para el manejo a campo.

El 25 de marzo del año 1996 la Secretaría de Agricultura, Pesca y Alimentación, en base a los dictámenes de la Comisión Nacional de Biotecnología Agropecuaria, autorizó la producción y comercialización del evento 40-3-2 y sus líneas derivadas.

La industria de semilla, representada por el programa de la empresa Nidera, lanzó ese mismo año las primeras variedades a sus semilleros multiplicadores. Así los productores argentinos accedieron a esta tecnología, denominada RR™ en simultaneidad con USA.

Son múltiples y diversos los beneficios que se pueden contabilizar, debido a la incorporación de las variedades transgénicas. El más espectacular es que permitió, en conjunto con modernas prácticas de manejo, la duplicación de la superficie del cultivo de soja en la Argentina. Más aún ese crecimiento sé dió en las regiones submarginales, permitiendo una verdadera expansión de las fronteras agrícolas y un fortalecimiento de la agroindustria.

El crecimiento ha sido horizontal a nivel país y vertical dentro de la empresa agropecuaria.

La adopción de las variedades RR™ por parte de los productores fue extraordinaria, llegando en la actualidad a representar más del 95% de la superficie cultivada.

Se facilitó el cultivo, se mejoró el control de malezas, se redujeron los costos, permitió mayor incorporación de prácticas conservacionistas, y otros tantos beneficios, que en definitiva producen mayor rendimiento unitario. El rendimiento promedio de la soja a nivel nacional se incrementó más del 15% desde la introducción de las variedades transgénicas.

Hubo modificaciones en varios aspectos que hacen a la producción, y a los aspectos comerciales relacionados. La comercialización del grano transgénico se ha realizado sin inconvenientes y la Argentina continúa colocando el 95% de la producción en variados mercados del exterior. Más aún se ha convertido en el primer exportador de subproductos en los últimos años.

La industria agroquímica se vio muy afectada negativamente ya que se dejaron de consumir decenas de principios activos, y esto determinó una transformación significativa de la misma.

Las primeras variedades lanzadas al mercado pertenecieron a los grupos medios y largos de madurez, siendo posterior la introducción de los precoces. El rendimiento potencial, fue similar a las convencionales en las de ciclo más largo y algo inferior en los más precoces. En la actualidad no se observan diferencias, y la renovación varietal se ha vigorizado con materiales de altísimo rendimiento. En este aspecto los programas de Mejoramiento Genético aumentaron sus inversiones, en todas las regiones sojeras de la Argentina y trabajaron fuertemente en dotar a las nuevas variedades transgénicas de resistencias a las principales enfermedades y plagas. El mejor ejemplo es la resistencia al Cancro del Tallo.

La proporción de los diferentes grupos de madurez, se balanceó hacia los grupos más precoces, tendencia que se venía observando previamente.

A nivel varietal, es una tecnología que redujo la "interacción genotipo- ambiente", permitiendo la incorporación de genotipos de alto rendimiento en situaciones más limitantes.

La comercialización de la semilla se realiza de varias formas siendo variable en función de las empresas que desarrollan la genética.

Una de las bases del sistema de producción de semilla es la adhesión de los obtentores y semilleros al sistema ARPOV, uno de cuyos objetivos es hacer transparente el comercio de semillas, con el fin de mantener los programas de investigación genética y recuperar las inversiones de las empresas.

En la Argentina la semilla transgénica se ha valorizado más que la contraparte convencional. El Valor Agregado del gen RR™ se encuentra incluido en el precio. La valoración y el respeto a la Propiedad Intelectual en Semillas en Argentina, si bien está contemplada en la Legislación, no es el adecuado. El volumen de semilla certificada anualmente es bajo relativamente al uso propio y

al comercio ilegal. La semilla certificada cubre solamente un 26% de la semilla necesaria para sembrar. Nuevas metodologías comerciales se están introduciendo para modificar positivamente estos aspectos. Uno de ellos es el denominado Regalía Extendida.

Los aspectos técnicos de la producción de semilla están siendo abordados con mayor intensidad, debido al mayor volumen absoluto producido, y a la expansión del área sojera. Las condiciones agroecológicas de las nuevas áreas son más limitantes para la producción de semilla de calidad y las condiciones climáticas más adversas de los últimos años unido a la reducción en el ciclo de las variedades, que maduran tempranamente plantean a los semilleros nuevos desafíos.

Una encuesta realizada a propósito de esta conferencia, ha permitido conocer diferentes aspectos de la producción de semilla.

Entre los datos y conclusiones más relevantes podemos citar:

La superficie sembrada con soja transgénica en la campaña 2001-2002 es el 99,6 % de la superficie total.

El 85% de los semilleros producen una superficie superior a las 100 hectáreas.

El 50% de la superficie sembrada para la producción de semilla se realiza en campo propio o alquilado, y un 32% se realiza en convenios con productores.

Los lotes de producción se encuentran cercanos a la plantas de proceso, estando ubicados el 70% de los mismos a menos de 50Km. Los semilleros destacan los siguientes puntos como ventajas de las sojas transgénicas: Facilidad de producción, reducción de costos, mayor rentabilidad, y mayor producción.

La renovación varietal, entendiéndose a la superficie con variedades nuevas cada año, oscila entre el 20 y el 50%.

Los factores que determinan el recambio varietal son los mismos que determinan la variedad a sembrar: Rendimiento, resistencia a enfermedades. Adaptación general y otros de menor importancia.

El 64% de los semilleros tienen protocolos para el aseguramiento de la calidad y el 92% de los encuestados dice haber diseñado personalmente la planta y el sistema de proceso. El 23% posee mesa de gravedad y muy pocos poseen secadoras.

Los tratamientos con fungicidas sobre el cultivo, cubren un 34% de los lotes y el 38% de la semilla se trata en planta.

El 87 % de los semilleros contrata la cosecha de la semilla.

Solo el 15% de los semilleros poseen laboratorio de semillas inscriptos, derivando los análisis a laboratorios privados y oficiales.

Los problemas que los semilleros denuncian como condicionantes de la calidad de la semilla son: daño por humedad(32%), demoras en la cosecha (24%) y daño mecánico (22%).

La mayoría de los semilleros producen semilla de otros cultivos, siendo el 67% productores de soja y trigo.

La producción de semilla se comercializa en su mayoría (64%) dentro de la zona en la que está ubicado el semillero.

Existen grandes zonas del cultivo con escasa a nula presencia de semilleros.

La soja transgénica en la Argentina ha producido uno de los mayores cambios tecnológicos en la historia de la agricultura moderna.

Palabras claves: soja transgénica, glifosato, sojas RR™, producción de semilla, encuesta, agroquímicos.

MR 303 - IDENTIFICAÇÃO DE CULTIVARES DE SOJA MODIFICADA GENETICAMENTE ATRAVÉS DE MARCADORES MORFOLÓGICOS E MOLECUALES.

ÉDILA VILELA DE RESENDE VON PINHO – Departamento de Agricultura - Universidade Federal de Lavras – UFLA – 37200000- Lavras/ MG,email: edila@ufla.br

O agronegócio de sementes no mundo movimenta aproximadamente 60 bilhões de dólares, sendo que essa movimentação foi triplicada entre os anos de 1970 e 1994. Dois terços da semente comercializada no mundo se restringe à dezesseis países, sendo que aqueles da Europa comercializam 34% do total, seguidos pelos da América do Norte e Central com 31%. Os países da América do Sul participam com apenas 3% desse mercado, existindo dessa forma um grande potencial para o comércio de sementes. O mercado de sementes de soja tem expandido nos últimos anos principalmente devido ao desenvolvimento de cultivares mais produtivas e com outras características de interesse do agricultor como a tolerância a doenças, insetos, herbicidas, dentre outras. Algumas dessas características têm sido alcançadas por meio da tecnologia do DNA

recombinante. Essa tecnologia desenvolvida em 1973 permite a transferência do material genético de um organismo para outro, efetiva e eficientemente. Ao invés de promover o cruzamento entre organismos relacionados para obter uma característica desejada, pode-se identificar e inserir, no genoma de um determinado organismo, um único gene responsável pela característica em particular. Isto permite que as alterações no genoma do organismo sejam precisas e previsíveis, ao contrário do melhoramento clássico, que consiste na transferência de genes de um organismo para outro por meio de cruzamentos, misturando todo o conjunto de genes dos dois organismos em combinações aleatórias. Com a técnica de engenharia genética, qualquer gene de qualquer organismo pode ser isolado e transferido para o genoma de qualquer outro ser vivo por mais divergente ou distante que seja na escala evolucionária. Os genes que são inseridos artificial e intencionalmente no genoma de um organismo são denominados transgenes e têm a capacidade de conferir ao organismo uma característica desejada. Desse modo, plantas transgênicas poderiam ser definidas como organismos que tiveram seu material genético alterado por métodos que não aqueles naturais, considerando-se como métodos naturais em plantas o acasalamento sexual e a recombinação genética. Na transgenia as seqüências introduzidas são previamente conhecidas e serão adicionadas ao genoma previamente escolhido. Esse aspecto é importante uma vez que nessa tecnologia está embutida a possibilidade da aplicação de leis de propriedade industrial que permite o patenteamento das seqüências engenheiradas, bem como do processo de transgenia. Na transgenia, sequências de DNA podem ser removidas de um organismo, modificado ou não ligadas a outras seqüências, incluindo as regulatórias, e inseridas em outros organismos. A fonte desses genes pode ser qualquer organismo vivo como microrganismos, planta, animal ou vírus. Assim a soja RR transgênica, resistente ao Roundup, herbicida à base de glifosato, contém material genético de pelo menos quatro diferentes organismos: vírus do mosaico-da-couve flor, petúnia e duas derivadas de *Agrobacterium*. Como já abordado o surgimento da tecnologia do DNA recombinante, na qual os transgênicos estão inseridos, possibilitam manipulações de organismos até então não obtidas por meio de processos envolvendo a compatibilidade de cruzamentos. Consequentemente, sua utilização, é uma opção viável, como ferramenta fundamental para adição de valor agregado

aos produtos agropecuários. Atualmente os produtos disponíveis estão associados à produção de plantas transgênicas contendo características que conferem valores às plantas, como genes de tolerância a herbicidas e resistência à pragas. Existem tendências ainda de geração de plantas com características relacionadas à manipulação dos teores de óleos, vitaminas e minerais essenciais, bem como a utilização de plantas que produzem anticorpos e vacinas. O desenvolvimento de uma planta transgênica envolve basicamente as seguintes etapas: a disponibilização da característica (o gene); a introdução do gene na planta de interesse; a obtenção do evento (planta transgênica expressando a característica desejada e na forma desejada); a introdução no programa de melhoramento; a obtenção do evento elite; a seleção; a produção de sementes e o lançamento das novas cultivares no mercado. Em 1996, aproximadamente 2.8 milhões de hectares foram cultivados comercialmente com plantas transgênicas no mundo, em áreas nos Estados Unidos, Canadá, Austrália, China, Argentina, México e África do Sul. Atualmente, a área global cultivada comercialmente com plantas transgênicas é de aproximadamente 40 milhões de hectares, sendo que a maior parte dessa área é cultivada com cultivares de soja transgênica tolerante à herbicidas. A tolerância aos herbicidas permitem com que as plantações cresçam com menos ou nenhum preparo do solo, desse modo conservando o solo, o combustível e a água. Pode ainda reduzir o número de herbicidas que os agricultores precisam utilizar para controlar as ervas daninhas em suas plantações. A soja resistente ao herbicida pode ser mantida livre de plantas daninhas com apenas metade da quantidade de herbicida normalmente aplicada. As técnicas biotecnológicas mais recentes, em particular, abrirão enormes possibilidades de melhorar rapidamente a quantidade e qualidade dos alimentos disponíveis. O uso dessas técnicas não resulta em alimentos que sejam inherentemente menos seguros para humanos ou para o meio ambiente que aqueles produzidos pelos meios convencionais. Na última década foram observados enormes progressos a partir de sistemas biológicos derivados do DNA recombinante, com o desenvolvimento de cultivares contendo várias características de interesse dos agricultores. As características de cultivares as quais foram alcançadas nos programas de melhoramento por meio da técnica do DNA recombinante deverão ser mantidas durante o processo de multiplicação das sementes. Consequentemente,

empresas produtoras de sementes têm investido no controle da qualidade, monitorando todas as fases da produção objetivando a chegada ao agricultor das características desejadas, o que atesta a importância da manutenção da pureza genética, em todas as fases de produção. Diferentes aspectos relativos à propriedade intelectual, principalmente as patentes e proteção de cultivares, estão em íntima correlação com as plantas transgênicas, bem como todas as etapas para o seu desenvolvimento até a sua comercialização. As patentes dos genes, seqüências reguladoras e processos de obtenção de transgênicos regulamentam sua utilização. Uma vez obtido o evento elite, o programa de melhoramento deverá produzir uma cultivar que deverá ser protegida, por meio dos mecanismos previstos em lei. Alguns métodos têm sido utilizados para a identificação e proteção de cultivares de soja modificada geneticamente, assim como para certificação da pureza genética dessas sementes. O tratamento de pré-emergência no teste de germinação para determinar a presença do gene que confere a tolerância ao Roundup Ready em sementes de soja foi desenvolvido na Universidade de Iowa nos Estados Unidos. Nesse teste a presença das sementes tolerantes ao herbicida é avaliada pela comparação das características das plântulas provenientes de várias sementes de um lote. As sementes são embebidas em uma solução com 2% de Roundup, cuja formulação contém 41% do ingrediente ativo. Duzentas sementes para cada lote são colocadas em papel toalha umedecido com a solução contendo o herbicida. As sementes embebidas são colocadas para germinar e a avaliação é realizada após sete dias. As plântulas tolerantes ao herbicida se desenvolvem normalmente e as intolerantes apresentam anomalias ou se apresentam como mortas. Esse teste pode ser realizado ainda pulverizando-se as plântulas com o herbicida. Como desvantagens do teste deve ser considerado o período gasto para a condução do mesmo que é de sete dias. Seu uso tem sido limitado à detecção de sementes tolerantes aos herbicidas Rondup e Liberty Link. Esse teste é considerado simples e barato com um custo de aproximadamente \$30 por amostra. Nesse teste são utilizados equipamentos comuns já existentes no laboratório e os níveis de detecção dependendo do tamanho da amostra utilizada pode ser de 0.5%. da amostra. Esse teste pode ser realizado ainda na presença de um outro herbicida específico e tem sido usado extensivamente nas empresas produtoras de sementes. Outros testes baseados na proteína codificada pelo gene introduzido nas plantas também podem

ser utilizados para a identificação e certificação da pureza genética de cultivares de soja modificada geneticamente. Sabe-se que os genes que são introduzidos durante a transformação se expressam produzindo proteínas. O teste Elisa (Enzyme Linked Immunosorbent Assay) tem sido utilizado para detectar a presença dessas proteínas. O mesmo tem sido utilizado para detectar a proteína CP4EPSPS em sementes de soja transgênica. A proteína CP4EPSPS é produzida por um gene derivado da *Agrobacterium sp.* CP4. Esse gene tem sido incorporado em várias culturas para tolerância ao herbicida Roundup . Nesse teste a proteína específica codificada pelo gene introduzido é reconhecida por um anticorpo. São usados anticorpos para identificar uma proteína alvo em sementes ou em tecido de plantas ou seja, é testado para a presença da proteína específica que o DNA modificado geneticamente produz na planta. Quando a proteína está presente, a reação química ocorre, criando uma mudança de cor na solução teste. Quando a proteína não está presente, a cor da solução teste permanece inalterada. Existem versões diferentes do método Elisa usado para detecção de OGM. Esse teste pode ser realizado em duas horas e o custo é em torno de \$10 por teste. Outros kits desse teste têm sido desenvolvidos e tem sido possível detectar 0.1% de proteínas em sementes de soja tolerante ao Roundup Ready em um período de 5-10 minutos à um custo de \$3,50 por teste. Esse teste é qualitativo ou seja indica a presença ou ausência de sementes de soja com o gene para tolerância ao Roundup. O teste fornece alguma indicação da quantidade de OGM na amostra testada. A quantidade da proteína presente é indicada pela intensidade da cor da solução. Outras técnicas envolvendo proteínas específicas são os testes denominados de "dipstick", também chamados de testes da tira os quais permitem uma avaliação rápida da presença ou ausência de OGM. Nesse teste utiliza-se um anticorpo duplo no formato sanduíche. Anticorpos específicos para a proteína CP4 EPSPS são acoplados a um reagente colorido e incorporado em uma tira. Quando uma pequena quantidade do extrato do tecido da planta que contenha a proteína CP4 EPSPS e colocada em contato com a tira, ocorre a formação de duas linhas coloridas indicando a presença de OGM. O teste Elisa de uma maneira geral exige pouco treinamento e não exige equipamento sofisticado. No entanto, testes múltiplos são requeridos para traços múltiplos ou seja quando mais de um gene é incorporado na planta . Existem variações quanto às metodologias utilizadas nas

empresas produtoras de sementes, podendo se utilizar sementes individuais, em bulk ou mesmo tecido de plântulas. É possível ainda que os testes para genes diferentes possam ser combinados na mesma tira no teste Elisa. Uma outra técnica mais sofisticada para a verificação de cultivares transgênicas em sementes de soja é chamada de PCR ou Reação da Polimerase em Cadeia. Essa técnica pode ser usada para detectar o material genético específico o qual foi introduzido no DNA da planta. Nesse caso um par de primers é utilizado para amplificar um segmento específico do DNA gerando milhões de cópias. Os fragmentos amplificados são separados de acordo com o tamanho em um gel de agarose. A presença de fragmento indica que o gene estava presente no organismo do qual o DNA foi extraído, e a ausência indica que o gene específico não estava presente no organismo. Existem diferentes primers para a amplificação de DNA presente em muitos organismos modificados geneticamente, como o promotor 35S de CaMV e o terminator NOS do plasmídeo de *Agrobacterium tumefaciens*. Dessa forma, a detecção desses elementos pode servir como um diagnóstico de uma grande quantidade de plantas transgênicas. Essa técnica pode ser utilizada para determinar a presença de OGM chamada PCR qualitativa ou ainda a porcentagem de OGM em uma amostra a qual refere-se à análise quantitativa. Como já mencionado a presença ou quantidade de OGM podem ser detectados usando marcadores derivados dos promotores e terminadores. Esse teste é realizado em um período de 2 – 10 dias e o custo é de \$200 - \$450 por teste. É uma técnica mais sensível que o método Elisa e pode detectar 0.1% de contaminação em uma amostra. Tem a vantagem ainda de ser facilmente adaptado para o DNA de diferentes genes modificados geneticamente como o milho Bt, milho RR ou milho com alto teor de lisina. Vale ressaltar, no entanto, que à medida que o número de traços de OGM aumenta, torna-se mais caro identificar as cultivares de soja transgênicas, uma vez que cada gene diferente introduzido requer um teste separado. Devido ao crescente desenvolvimento de cultivares de soja geneticamente modificada torna-se cada vez mais importante o desenvolvimento de métodos para a identificação de cultivares e para a certificação da pureza genética das sementes. É necessário ainda uma reestruturação nos programas de controle de qualidade das empresas produtoras de sementes de soja tornando os laboratórios aptos para a realização desses testes.

LITERATURA CONSULTADA

- CHEN, H.; VIERLING, R.A. Polymerase chain reaction. Seed technologists training manual. Society of comercial Seed technologists. p.63-68, 2000.
- GUTORM SON, T. Herbicide trait testing. Seed technologists training manual. Society of comercial seed technologists. p.13-24, 2000.
- LIN, W., CHAMBERS, W.; HARWOOD, J. Biotechnology: U.S. Grain hand lers Look Ahead. Economic Reasearch Service. p.29-34. 2000.
- TOZZINI, A.C.; MARTINEZ, M.C.; LUCCA, M.F.; ROVERE, C.V.; DISTÉFANO, A.J. Semi-quantitaive detection of genetically modified grains basead on CaMV35S promoter amplification. Eletronic Journal of Biotechnology. V.3, n.2, 2000. p.1-5.
- SCHMIDT, M.A.; PARROTT. Quantitative detection of transgenes in soybena (*Glycine max* (L.) Merrill) and peanut (*Arachis hypogaea* L.) by real-time polymerase chain reaction. Plant Cell Rep. V.20 p.422-428. 2001.
- SALEMA, R. Biotecnologia vegetal: algumas técnicas e aplicações. Boletim de Biotecnologia. p.30-39. 2000.
- BRASILERIO, A.C.M.; DUSI, D.M.A. Transformação genética de plantas In: TORRES, C.T.; CALDAS, L.S.; BUSO, J.A. (ed.). Cultura de Tecidos e Transformação Genética de Plantas. Brasília: EMBRAPA-SPI. 1999. 864p.

O IMPACTO DA SOJA NA BIODIVERSIDADE DO CERRADO: DESAFIOS PARA A SUSTENTABILIDADE

J. F. RIBEIRO e C. J. S. BARROS Embrapa Cerrados BR 020 KM 18
RODOVIA BRASÍLIA - FORTALEZA C. P. 08228 CEP: 73301-970
PLANALTINA/DF felipe@cpac.embrapa.br
Apóio DFID Reino Unido

Projeto Caracterização e Manejo da Biodiversidade do Bioma Cerrado
Muito se discute a respeito do impacto do cultivo de grãos e em particular a soja sobre a biodiversidade do Cerrado. Este texto objetiva apresentar sinalizações acerca desse impacto na biodiversidade natural do bioma e apontar alternativas à sua sustentabilidade. Os objetivos específicos são: inicialmente, caracterizar aspectos da riqueza e da biodiversidade do bioma, em seguida apresentar um rápido panorama da ocupação do Cerrado, a partir da segunda metade do século XX e mostrar o papel dos grãos, da soja em especial, como elemento propulsor de alterações nos meios de vida das populações humanas, no uso do solo, na definição de políticas públicas, nos planos governamentais e, finalmente, discutir previsões futuras do impacto, assumindo o ritmo atual e perspectivas de uso sustentável.

Caracterização da Biodiversidade

A idade geológica da formação do bioma, provavelmente já estabelecido como um protótipo no Cretáceo, e as mudanças dinâmicas do quaternário, levaram à enorme biodiversidade hoje presente no bioma Cerrado. Dias (1992) estima que o número de espécies de plantas, animais e microorganismos deve ultrapassar o valor de 160.000. O número de plantas vasculares apontado por Mendonça et al. (1998) chega a 6.429 onde 33% delas ocorre apenas nos ambientes ribeirinhos. O impacto ambiental na biodiversidade do bioma foi melhor estudado no Cerrado sentido amplo (Cerrado Denso, Típico, Ralo e Campo Sujo) e nas Matas de Galeria. Dados disponíveis sobre a flora lenhosa do Cerrado sentido amplo indicam que a diversidade alfa (diversidade local) pode chegar a 150 espécies/ha enquanto outros atingem apenas 10, como as áreas concentradas na Amazônia e Venezuela (Ratter et al 2000). A análise biogeográfica realizada por Castro et al. (1999) Ratter et al. (1996) permitiu a identificação de padrões onde foram reconhecidos os grupos Sudeste (São Paulo e S. Minas Gerais), Este-sudeste

(principalmente Minas Gerais), Central (Distrito Federal, Goiás e porções de Minas Gerais), Centro-oeste (a maior parte de Mato Grosso, Goiás e Mato Grosso do Sul), e Norte (principalmente Maranhão, Tocantins e Pará), assim como um grupo de cerrado disjunto na Amazônia. A diversidade tende a ser menor nos sítios com solos relativamente mais férteis, onde existe a dominância de espécies indicadoras como *Callisthene fasciculata*, *Magonia pubescens*, *Terminalia argentea* e *Luehea paniculata*. A análise de 98 sítios (Ratter et al. 1996) mostra evidências da intensa heterogeneidade entre os sítios (diversidades beta e gama), fato também encontrado por Felfili & Silva Júnior (1993). A análise está sendo estendida para 316 sítios e evidencia que 213 espécies (29,3%) ocorreram em apenas um, enquanto apenas 23 estiveram presentes em mais de 50 %. *Qualea grandiflora* foi a mais freqüente, presente em 77% dos sítios analisados. Essa intensa heterogeneidade florística local e regional tem consequências importantíssimas nos planos de conservação e estabelecimento de Unidades de Conservação. É necessário proteger muitas áreas menores no sentido de representar adequadamente a biodiversidade (Ratter et al 1997). Comportando mais de 30% das espécies de plantas vasculares (Felfili et al. 2001), as Matas de Galeria têm extrema importância na riqueza desse bioma pois são responsáveis diretas pela quantidade e qualidade da água que corre nos cursos d'água do Brasil Central, apesar de apenas representarem pouco mais de 5% da área do Bioma. Ademais, muitos são os elementos itinerantes da fauna das outras fitofisionomias do bioma Cerrado que dependem dessa flora para alimentação, reprodução e moradia. A adaptação e a distribuição de espécies parece ser mais relacionada às condições hídricas que com a fertilidade natural (Araújo & Haridasan, 1988, Haridasan et al., 1997). A distribuição localizada das espécies nas matas (zonação) pode depender da resposta das sementes e plântulas ao encharcamento do solo, como discutido em Ferreira e Ribeiro (2001). Correlacionar topografia, material de origem, características do solo e altura do lençol freático com a distribuição local das espécies têm sido objetos de estudos de variações da vegetação entre Matas de Galeria e dentro delas. Walter (1995) e Schiavini (1997) sugeriram estratificação do ambiente sob Matas de Galeria. O ambiente é não inundável se o lençol freático é baixo ou é inundável se o lençol é mais alto, independente se está na borda externa, no meio da mata ou próxima

ao córrego. A forma natural de ocupação do espaço pelas espécies e sua associação com as características ecológicas encontradas nas Mata de Galeria, Matas Seca e Cerradão, Schiavini et al (2001), definiram grupos de espécies exclusivas das Matas de Galeria, (*Calophyllum brasiliense*, *Talauma ovata*, *Protium heptaphyllum* e *Inga vera* ssp. *affinis*.) das frequentes, porém não exclusivas (*Copaifera langsdorffii*, *Faramea cyanea*, *Tapirira guianensis* e *Dendropanax cuneatum*); e as eventuais (*Acacia glomerosa*, *Anadenanthera colubrina* var. *cebil*, *Roupala brasiliensis*, *Alibertia sessilis* e *Coussarea hydrangeifolia*). Todo esse conhecimento é muito útil no momento de decidir localização e tamanho de Unidades de Conservação, já que apesar da sua grande biodiversidade e endemismo, a estimativa de antropização (incluindo urbanização, agricultura e áreas pouco perturbadas utilizadas como pastagem nativas) era em 1995 de 40% (Alho & Martins 1995) e em 1999 de cerca de 70%, (Cavalcanti 1999).

Panorama da ocupação

O Cerrado, segunda maior diversidade ecológica do planeta, possui 204 milhões de hectares, sendo 127 milhões aráveis, o que corresponde a 62% do total (Embrapa Cerrados, 1999). Das terras aráveis, 49 milhões (38%) estão ocupadas por pastagens cultivadas, 10 milhões com culturas anuais (7,8%) e 2 milhões com culturas perenes e florestais (1,5%). Dos 10 milhões de hectares plantados com culturas temporárias, 5.600 milhões são de soja, o que representa 56% do total plantado (tabela 01).

Tabela 01 - Soja - Comparativos de área plantada por região e no Brasil - safras 2000/01 e 2001/02

REGIÕES	ÁREA (em mil ha)			% em relação ao Brasil	
	U.F.	2000/01	2001/02	2000/01	2001/02
Norte	RO	25,0	28,6	0,18	0,18
	PA	0,70	2,7	0,01	0,02
	TO	47,3	51,1	0,35	0,33
TOTAL		73,00	82,4	0,53	0,53
Nordeste	MA	187,6	210,1	1,37	1,34
	PI	62,0	82,5	0,45	0,53
	BA	690,6	800,0	5,05	5,11
TOTAL		940,2	1.092,6	6,87	6,98
Sul	PR	2.764,7	3.207,1	20,20	20,49
	SC	194,6	241,3	1,42	1,54
	RS	2.954,9	3.220,8	21,59	20,58
TOTAL		5.914,2	6.669,2	43,22	42,61
Sudeste	MG	642,0	719,0	4,69	4,59
	SP	513,8	542,6	3,75	3,47
TOTAL		1.155,8	1.261,6	8,45	8,06
Centro Oeste	MT	2968,0	3487,40	21,69	22,28
	MS	1.064,5	1.181,6	7,78	7,55
	GO	1.534,5	1.841,4	11,21	11,76
	DF	35,0	37,3	0,26	0,24
TOTAL		5.602,0	6.547,7	40,93	41,83
	BRASIL	13.685,2	15.653,5	100	100

Fonte Conab (2002)

Com isso, o Cerrado responde por 41,83% de toda a produção de soja brasileira (tabela 02). É importante considerar que dos 49 milhões de hectares ocupados por pastagens, estima-se que 30 milhões estejam degradados, sendo solos, teoricamente, potenciais para a reincorporação ao sistema produtivo. Infelizmente, apenas 1,5% da área do Cerrado se encontra hoje protegida por Unidades de Conservação. Contudo, o contexto da soja no Cerrado merece ser vista a partir da dinâmica de ocupação do Centro-Oeste. A produção agrícola no Centro-Oeste, até a década de 50, era pouco expressiva e meramente de subsistência, a indústria não existia e apenas a pecuária bovina apresentava relevância na região. Este panorama, no entanto, sofreu alterações provenientes da abertura da fronteira agrícola nacional e do consequente fluxo migratório em direção ao oeste brasileiro.

Tabela 02 - Soja - Comparativos produção e produtividade por região e no Brasil - safras 2000/01 e 2001/02

		Produção (em mil t)		% em relação ao Brasil		Produtividade (kg/ha)	
REGIÕES	U.F	2000/01	2001/02	2000/01	2001/02	2000/01	2001/02
Norte	RO	76,5	90,1	0,21	0,22	3.060	3.150
	PA	1,5	6,3	0,00	0,02	2.100	2.350
	TO	106,4	117,5	0,29	0,28	2.250	2.300
TOTAL		184,4	213,9	0,50	0,51	2.526	2.596
Nordeste	MA	425,9	504,2	1,14	1,21	2.270	2.400
	PI	142,6	198,0	0,38	0,48	2.300	2.400
	BA	1.450,3	1.920,0	3,90	4,62	2.100	2.400
TOTAL		2.018,8	2.622,2	5,42	6,31	2.147	2.400
Sul	PR	8.294,1	9.460,9	22,29	22,78	3.000	2.950
	SC	521,5	614,1	1,40	1,48	2.680	2.545
	RS	6.914,5	5.845,8	18,58	14,07	2.340	1.815
TOTAL		15.730,1	15.920,8	42,26	38,33	2.660	2.387
Sudeste	MG	1.444,5	1.833,5	3,88	4,41	2.250	2.550
	SP	1.335,9	1.465,0	3,59	3,53	2.600	1.700
TOTAL		2.780,4	3.298,5	7,47	7,94	2.406	2.615
Centro Oeste	MT	9200,80	10915,60	24,72	26,28	3.100	3.310
	MS	3.087,1	3308,50	8,29	7,96	2.900	2.800
	GO	4.143,2	5155,90	11,13	12,41	2.700	2.800
	DF	73,5	104,10	0,20	0,25	2.100	2.790
TOTAL		16504,60	19.484,1	44,35	46,90	2.946	2.673
	BR	37.218,3	41.539,5	100	100	2.720	2.654

Fonte Conab (2002)

Em 1950 a população total do Centro-Oeste era de 1.736.965 habitantes. Ao final da década, em 1960, a população da região era de 2.942.992 habitantes. Isto significa dizer que durante a década de 50 a população do Centro-Oeste cresceu em torno de 70%. Um aumento real de 1.206.000 pessoas. Entre 1960 e 1970 a população aumentou ainda mais, quando se verificou crescimento de 72% no período. Assim, em 1970 o Centro-Oeste totalizava 5.073.259 habitantes. Na década de 80 o crescimento foi menor, refletindo a queda acentuada da taxa anual de crescimento populacional (2,9%), a mais baixa desde a década de 50. Em 1980 a população do Centro-Oeste era de 7.544.795 habitantes. De 1986 a 1991 o Centro-Oeste recebia o segundo maior fluxo migratório do país (21%), proveniente, majoritariamente, das Regiões Sul e Nordeste. De 1991 a 1996 o Centro-Oeste recebia apenas 18% do

contingente migratório circulante no país, o que evidencia a diminuição e possível estabilização do crescimento populacional dos seus municípios. E finalmente, em 2000, o contingente populacional da região já era de 11.363.728 (IBGE, 2000). O fator que mais contribuiu para a desaceleração do crescimento demográfico da região foi o esgotamento da capacidade de atração migratória da fronteira agrícola regional, com exceção do norte do Mato Grosso, o que corrobora a idéia de que as alterações sobre o uso do solo no Cerrado, provocadas pelo fluxo migratório da década de 50 até 90, tem relação direta com as atividades agropecuárias aí desenvolvidas. Contudo, a região do Cerrado vem desempenhando o papel de provedor de produtos agropecuários e matérias-primas, ressaltando-se a relevância das culturas de exportação que vieram concorrer pelo espaço agrário da pecuária, historicamente a maior atividade econômica da região. Desde então o Cerrado vem cumprindo importante função na política de comércio exterior do país, no sentido de maximizar a geração de divisas. Basta considerar que o complexo soja envolve US\$ 32 bilhões por ano, o que significa 16% de todo o montante dos agronegócios brasileiros e 6% do Produto Interno Bruto – PIB nacional. As transformações na economia do Cerrado devem-se principalmente ao caráter privado da colonização, no que diz respeito a expansão da produção agropecuária por grandes empresas do setor ou proprietários capitalizados. A economia agrícola fragilmente articulada, em termos setoriais e espaciais, cedeu espaço para o capital monopolista e para uma economia exportadora, especializada no fornecimento de produtos alimentícios e matérias-primas, onde a soja foi o elemento propulsor do processo de mudança. Por outro lado, a ação direta do governo com a política de interiorização do país e abertura da fronteira agrícola do Centro-Oeste brasileiro, conseguiu redefinir uma economia que era fundamentalmente baseada na pecuária extensiva e na agricultura de subsistência. A ação estatal se fez sentir em vários momentos. Primeiro, na implantação de infra-estrutura, em especial no sistema rodoviário e nos incentivos fiscais estimuladores do povoamento, ainda nas décadas de 50 e 60. As ações mais decisivas nesse momento foram as construções das rodovias Cuiabá - Porto Velho, Cuiabá - Santarém e Belém - Brasília, abrindo, definitivamente, caminhos de penetração econômica para o Centro-Oeste, rumo ao norte do país; o estabelecimento de programas como o POLOCENTRO - Programa de Desenvolvimento dos Cerrados, que

teve como meta a incorporação de áreas do cerrado à atividade agrícola em pólos previamente selecionados; e o PRODECER – Programa Nipo-Brasileiro de Cooperação para o Desenvolvimento Agrícola da Região do Cerrado, decorrente do acordo assinado em 1974, durante o governo Geisel. Recentemente a ação do Estado é a de indutor da manutenção da soja como elemento de exportação brasileiro, na medida em que investe em transporte com os corredores multimodais e em pesquisa, por meio da Embrapa. A indústria vai ser também gerada em função da sua dinâmica agregada ao setor agrícola, a partir da formação de complexos agro-industriais no processamento de produtos de origem animal e vegetal, a exemplo das indústrias sucroalcooleiras, de derivados de leite e de beneficiamento da soja. O caráter industrial que a agricultura brasileira assumiu, possibilitou a produção em larga escala de culturas, cuja obtenção de preços altos no mercado garante lucro certo. Na década de 60, a soja produzida no Brasil era de apenas 400 mil toneladas por ano. Em 1997 a produção nacional superou 25 milhões de toneladas e segundo estimativas da Conab para a safra 2001/02, este montante pode chegar a 41 milhões de toneladas (tabela 02). Dos 27 estados brasileiros, 15 produzem soja. A Região Sul era a maior produtora do país até meados da década de 90. Na safra 2000/01, o sul respondeu com 42,26% da safra nacional, enquanto o Centro-Oeste já produziu 44,35%. Estimativas para a safra de 2001/02 apontam que a produção no Centro-Oeste tende a crescer chegando a 19 milhões de toneladas, o que significaria 46,90 de toda a produção de soja do país. A participação da Região Nordeste cresceu bastante entre 1997 e 2001, quando apresentou percentuais de 3% e 6,87%, respectivamente, com ênfase para o estado da Bahia que responde por cerca de 70% da produção local.

Produção futura e sustentabilidade

Entende-se por sustentabilidade a tendência dos ecossistemas à estabilidade, ao equilíbrio dinâmico, à homeostase, baseado na interdependência e complementaridade de formas vivas (cf. Pires, 1998). Associa-se a este conceito as cinco dimensões da sustentabilidade propostas por Sachs (1993), quais sejam: a social (uma civilização com equidade na distribuição dos bens), a econômica (gestão eficiente dos recursos e fluxo regular de investimento público e privado), a ecológica (utilização dos recursos potenciais com o mínimo de danos aos sistemas, limitação do

consumo de combustíveis fósseis e de outros produtos esgotáveis ou ambientalmente prejudiciais), a espacial (voltada para o equilíbrio urbano-rural) e o cultural (respeito às especificidades sistêmicas e culturais locais). O cultivo de soja no Cerrado tem características próprias que apresentam desafios à sustentabilidade do bioma. Estrutura-se em grandes e médias propriedades com extratos variando entre 100 e mais de 1.550 ha, com média de 300 ha, resultando em forte processo de concentração fundiária. O produtor de soja normalmente apresenta bom nível econômico e dispõe de um grande número de maquinários e implementos agrícolas (pessoal ou da cooperativa), condição indispensável para o retorno econômico da atividade. Dados da Empresa Matogrossense de Pesquisa, Assistência e Extensão Rural - S/A – EMPAER, permitem avaliar o montante de maquinário na agricultura do Cerrado, no caso específico, do Mato Grosso. Em 1985, no estado do Mato Grosso haviam 19.534 tratores, maioria dos quais com potência superior a 100 cv. Em 1996 o número de tratores no estado era de 31.182, o que aponta a ascensão de tecnificação na produção agrícola regional. O uso de agrotóxicos e fertilizantes químicos é intenso constituindo potencial de periculosidade ambiental, sobretudo se considerarmos a possibilidade de contaminação dos recursos hídricos superficiais. Outro desafio à sustentabilidade é que a intensa mecanização exigida por esta lavoura resulta na pequena capacidade de geração de emprego. No Maranhão, por exemplo, segundo informações da CPATU/Embrapa, a relação atinge um trabalhador para 167 hectares. Aponta-se para a necessidade de mudança no setor de transportes com a construção de três corredores multimodais, visando facilitar o escoamento da produção para o mercado exterior. Tais corredores estão em fase estudos que já apontam danos irreversíveis aos cursos d'água e à ecologia aquática. A soja tem sido plantada sem zoneamento agroecológico do Cerrado, o que faz com que as diferenças ambientais das mais diversas regiões pouco consideradas, principalmente no que diz respeito às condições hídricas e térmicas. Historicamente, a soja foi plantada no Brasil e especificamente no Cerrado sem o devido manejo do solo. Assim, apesar de ocupar apenas 2,7% de toda a área do Cerrado, o cultivo da soja provoca substituição de ecossistemas naturais por agroecossistemas que alteraram arbitrariamente a paisagem do Cerrado e comprometem: a heterogeneidade da diversidade de fauna e principalmente da flora, a permanência de espécies endêmicas; a

manutenção dos ciclos hidrológicos. Desta maneira, a sustentabilidade do Cerrado deve depender de um conjunto de ações com a própria soja, no sentido de aumentar a produtividade das áreas plantadas, incorporar áreas degradadas no sistema produtivo e utilizar técnicas menos impactantes como o plantio direto e manejo integrado de pragas. Além disso, existe a troca para outras culturas, onde seria importante disponibilizar alternativas tecnológicas que estimulassem a incorporação de maior de mão de obra, a utilização de espécies perenes e a preservação do ambiente. Assim, segundo dados da Embrapa Cerrados, a média de produtividade de soja no Cerrado é de 2,7 t/ha, mas bons produtores já conseguem produtividade máxima de 4,5 t/ha enquanto a pesquisa na Embrapa Cerrados já chegou a 8,0 t/ha. Um exercício permite estimar que para a área plantada hoje no Centro-Oeste, por exemplo, que é de mais 6.547 milhões de hectares, com produção média de 3,0 t/ha, a colheita de grãos seja da ordem de 19 milhões de toneladas. Considerando o potencial produtivo apontado pela Embrapa (8,0 t/ha), nesse mesmo espaço plantado, o Centro-Oeste pode chegar a produzir até 63% mais, chegando à marca de 30 milhões de toneladas sem a necessidade de incorporação de nenhuma nova área. Esse número pode ser exagerado se admitirmos que a pesquisa usa equipamento e mão de obra especializada, mas mesmo assim essa produtividade pode ser ampliada ao nível dos bons produtores. Se considerarmos ainda que as áreas degradadas, outrora ocupadas por pastagens, podem ser incorporadas ao sistema produtivo, teríamos ainda, sem a necessidade de desmatamento e incorporação de novas áreas, mais 30 milhões de hectares disponíveis, fazendo com que a produção total do Cerrado chegassem a 135 milhões de toneladas de grãos de soja, considerando a média dos bons produtores. Como técnicas menos impactantes estariam o plantio direto, a rotação de culturas, manutenção da cobertura do solo, manejo integrado de pragas, conservação da água e diminuição dos processos erosivos. Concluindo, apesar de economicamente rentável para alguns e de ocupar apenas 2,7 % da área do bioma, a baixa sustentabilidade (sentido amplo) da cultura da soja no Cerrado acontece devido à ocupação de grandes áreas contíguas em ambiente único (chapadas em Latossolo), intensa mecanização, transporte pesado e uso intensivo de agrotóxicos e fertilizantes químicos.

Palavras chaves: caracterização, Matas de Galeria, endemismo, conservação

Referencias

- ALHO, C.J.R. & MARTINS, E.S. (1995). *Bit by bit the Cerrado loses space*. WWF: Brasília, DF, Brazil.
- ARAÚJO, G. M.; HARIDASAN, M. A comparison of the nutritional status of two forest communities on mesotrophic and dystrophic soils in Central Brasil. Communications in Soil Science and Plant Analysis, New York, v. 9, n. 7/12, p. 1075-1089, 1988.
- CASTRO, A.A.J.F., MARTINS, F.R., TAMASHIRO J.Y., & SHEPHERD, G.J. (1999). How rich is the flora of Brazilian Cerrados? *Annals of the Missouri Botanical Garden* 86: 192-224.
- CAVALCANTI, R.B. (scientific co-ordinator)(1999). *Ações prioritárias para conservação da biodiversidade do Cerrado e Pantanal*. Brasília, DF, Brazil: Ministério do Meio Ambiente, Funatura, Conservation International, Fundação Biodiversitas, Universidade de Brasília.
- DIAS, B.F.S. (1992). Cerrados: uma caracterização. In Dias, B.F.S., co-ord., *Alternativas de desenvolvimento do cerrado: manejo e conservação dos recursos naturais renováveis*, pp. 11-25. Brasília, DF, Brazil: FUNATURA-IBAMA.
- EMBRAPA CERRADOS. Conhecimento, tecnologia e compromisso ambiental. Planaltina: Documentos Embrapa Cerrados, nº 4, dezembro de 1999
- FELFILI, J. M.; MENDONÇA, R. C. de; WALTER, B. M. T.; SILVA JUNIOR., M. C. da; NÓBREGA, M. G. G.; FAGG, C. W.; SEVILHA, A. C.; SILVA, M. A.. Flora fanerogâmica das Matas de Galeria e Ciliares do Brasil Central. In: RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L. da; SOUSA-SILVA, J. C. (Ed.). Cerrado: caracterização e recuperação de matas de galeria. Planaltina: Embrapa Cerrados; Brasília: MMA, 2001. p. 195-263.
- FELFILI, J.M., & SILVA JÚNIOR, M.C. (1993). A comparative study of cerrado (*sensu stricto*) vegetation in Central Brazil. *Journal of Ecology* 9: 277-289.
- FERREIRA, J. N.; RIBEIRO, J. F.. Ecologia da inundação em Matas de Galeria. In: RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L. da; SOUSA-SILVA, J. C. (Ed.). Cerrado: caracterização e recuperação de matas de galeria. Planaltina: Embrapa Cerrados; Brasília: MMA, 2001. p. 425-451.
- HARIDASAN, M.; FELFILI, J. M.; SILVA JUNIOR., M. C.; REZENDE, A. V.; SILVA, P. E. N. Gradient analysis of soil properties and

phytosociological parameters of some gallery forests on the Chapada dos Veadeiros in the Cerrado region of central Brazil. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ASSESSMENT AND MONITORING OF FORESTS IN TROPICAL DRY REGIONS WITH SPECIAL REFERENCE TO GALLERY FORESTS, 1996, Brasília, DF. Proceedings. Brasília: University of Brasília, 1997. p. 259-275.

IBGE. Censo Demográfico 2000. Disponível em: <http://www.ibge.net/ibge/estatistica/populacao/censo2000>, acesso em 27/03/2002

Mendonça, R.C., Felfili, J.M., Walter B.M.T., Silva Júnior, M.C., Rezende, A.V., Filgueiras, T.S., & Silva, P.E.N. (1998). Flora vascular do cerrado. In Sano, S.M., & Almeida, S.P., eds., *Cerrado: ambiente e flora*, pp. 288-556. Planaltina, DF, Brazil: EMBRAPA-CPAC.

PIRES, Mauro. A trajetória do conceito de desenvolvimento sustentável na transição paradigmática. In: DUARTE, Laura Maria (org.) *Tristes Cerrados. sociedade e biodiversidade*. Brasília: Editora Paralelo 15, 1998. P. 63 a 92.

RATTER, J.A., BRIDGEWATER, S., ATKINSON, R., & RIBEIRO J.F., (1996). Analysis of the floristic composition of the Brazilian cerrado vegetation II: Comparison of the woody vegetation of 98 areas. *Edinburgh Journal of Botany* 53: 153-180.

RATTER, J.A., RIBEIRO J.F. & BRIDGEWATER, S. (1997). The Brazilian cerrado vegetation and threats to its biodiversity. *Annals of Botany* 80: 223-230.

RATTER, J.A., RIBEIRO J.F. & BRIDGEWATER, S. (2000). Woody flora distribution of the Cerrado biome: Phytogeography and conservation priorities. In: Cavalcanti, T. B. & Walter B. M. T org. *Tópicos Atuais em Botânica: Palestras convidadas do 51 Congresso de Botânica. Sociedade Botânica do Brasil e Embrapa Recursos Genéticos* p. 340-342.

SCHIAVINI, I. Estrutura das comunidades arbóreas de Mata de Galeria da Estação Ecológica de Panga (Uberlândia, MG).. 1992. Tese (Doutorado) – Campinas, UNICAMP.

SCHIAVINI, I.; RESENDE, J. C. F.; AQUINO, F. de G. Dinâmica de populações de espécies arbóreas em Mata de Galeria e Mata Mesófila na margem do Ribeirão Panga, MG. In: RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L. da; SOUSA-SILVA, J. C. (Ed.). *Cerrado: caracterização e recuperação de matas de galeria*. Planaltina: Embrapa Cerrados; Brasília: MMA, 2001. p. 267 - 299.

WALTER, B. M. T. Distribuição espacial de espécies perenes em uma mata de galeria inundável no Distrito Federal: florística e fitossociologia., 1995. Tese (Mestrado) – Brasília, Universidade de Brasilia. www.conab.gov/politica-agricola/safra/avalia.html, acesso em 18/03/2002

USO AGRÍCOLA DAS ÁREAS DE AFLORAMENTO DO AQÜÍFERO GUARANI E IMPLICAÇÕES NA QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA

M. A. F. GOMES²; H. F. FILIZOLA²; C. A. SPADOTTO Embrapa Meio Ambiente. Rod. SP 340 Km 127,5 Cx Postal 96, Jaguariúna/SP. 13.820-000 E-mail: gomes@cnpma.embrapa.br

A atividade agrícola no Brasil tem expandido sua fronteira de forma desorganizada, atingindo áreas frágeis do ponto de vista ambiental. Uma dessas áreas inclui os conhecidos "pontos de recarga ou de afloramento" de aquíferos, bastante vulneráveis à contaminação por agroquímicos.

Estudos desenvolvidos ao longo de quatro anos (1995-1998) pela Embrapa Meio Ambiente em uma área de afloramento do Aquífero Guarani no Estado de São Paulo, revelaram a presença de agrotóxicos como tebuthiuron, hexazinone e ametrina em níveis crescentes de um ano para o outro na água subterrânea, considerando como ponto de amostragem um poço semi-artesiano localizado dentro da área de estudo. Todavia, os níveis encontrados estavam abaixo daqueles considerados críticos pela Organização Mundial de Saúde para os padrões de potabilidade, mas com tendências de aumento principalmente para o tebuthiuron. Foi verificada também uma tendência no aumento dos teores de nitrato na água subterrânea no mesmo período de quatro anos. Como os solos dessas áreas normalmente possuem alta permeabilidade, a aplicação anual e cumulativa de produtos, sejam pesticidas sejam fertilizantes, que contêm moléculas ou elementos de alta mobilidade, aumenta sensivelmente o risco de contaminação do Aquífero Guarani nessa região (EMBRAPA, 1998 ; PESSOA et al, 1998; PESSOA et al, 1999).

As áreas de recarga do Aquífero Guarani no Brasil encontram-se nos Estados de São Paulo, Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, evidenciando a existência de diversos sistemas de produção agrícola implantados, já que as vocações do setor são distintas entre os estados envolvidos, com diferenças também nos aspectos relacionados aos solos, morfologia e clima, o que permitiu a classificação dessas áreas em *Domínios Pedomorfoagroclimáticos*, conforme constam dos quadros 1 a 8 a seguir:

Quadro 1. Características climáticas e tipos de culturas predominantes nos três domínios pedomorfoagroclimáticos das áreas de recarga do Estado de São Paulo.

Domínio pedomorfoagro-climático	Faixas	Culturas predominantes	Precipitação Média Anual (mm)	Temperatura Média Anual (°C)
Planalto Médio Paulista	Faixa norte	Cana-de-açúcar	1.550	22,4
	Faixa Central	Cana-de-açúcar/ citros, arroz irrigado e pastagem	1.700	21,6
	Faixa Centro-sul	Cana-de-açúcar e pastagem	1.650	20,3

Obs. Dados médios de precipitação e temperatura obtidos de Estação do IAC- Ribeirão Preto, ESALQ-piracicaba e UNESP- Botucatu, respectivamente, referentes ao período 1990-1998.

Quadro 2. Características climáticas e tipo de culturas predominante no

domínio pedomorfoagroclimático das áreas de recarga do Aquífero Guarani no Estado de Minas Gerais.

Domínio pedomorfo-agroclimático	Culturas predominantes	Precipitação Média Anual (mm)	Temperatura Média Anual (°C)
Borda Ocidental da Mantiqueira	Pastagem	1.580	20,9

Fonte: Informações obtidas "in loco" junto aos municípios de São Sebastião do Paraíso, Capetinga, Claraval, Monte Santo de Minas, Ibiraci e São Tomás de Aquino.

Quadro 3. Características climáticas e tipos de culturas predominantes

no domínio pedomorfoagroclimático das áreas de recarga do Aquífero Guarani no Estado de Goiás.

Domínio pedomorfoagro climático	Culturas predominantes	Precipitação Média (mm)	Temperatura Média(°C)
Nascentes do Araguaia	Soja e pastagem	1.863	22,6

Obs. Dados climáticos obtidos do Mosteiro Beneditino (Mineiros-GO) no período entre 1995 e 2000.

Quadro 4. Características climáticas e tipos de culturas predominantes

no domínio pedomorfoagroclimático das áreas de recarga do Aquífero Guarani na porção leste do Estado de Mato Grosso.

Domínio pedomorfoagro climático	Culturas predominantes	Precipitação Média Anual (mm)	Temperatura Média Anual (°C)
Nascentes do Araguaia	Soja/milho	1.830 a 2.130	22,3

Dados obtidos da EMATER-GO no período de 1994-1998 e de produtores rurais "in loco".

Quadro 5. Características climáticas e tipos de culturas predominantes no domínio pedomorfoagroclimático do Alto Taquarí, Estado de Mato Grosso do Sul.

Domínio pedomorfoagro climático	Culturas Predominantes	Precipitação Média Anual* (mm)	Temperatura Média* (°C)
Alto Taquarí e Coxim	Pastagem nativa	1.460	23,5
	Pastagem cultivada		

*Média de 5 anos, considerando medidas realizadas em Coxim- MS (informações obtidas do COINTA).

Quadro 6. Características climáticas e tipos de culturas predominantes

no domínio pedomorfoagroclimático das áreas de recarga do Aquífero Guarani no Estado do Paraná.

Domínio pedomorfoagroclimático	Faixas	Culturas predominantes	Precipitação Média (mm)	Temperatura Média (° C)
Médio Planalto Paranaense	Centro- norte	Pastagem	1.380	19,0
	Centro- sul	Soja/milho e pastagem	1.300	18,5

Fonte: IAPAR (2002).

Quadro 7. Características climáticas e tipos de culturas predominantes no domínio pedomorfoagroclimático das áreas de recarga do Aquífero Guarani no Estado de Santa Catarina.

Domínio pedomorfoagroclimático	Culturas predominantes	Precipitação Média Anual (mm)	Temperatura Média Anual (° C)
Médio Planalto Catarinense	Pastagem	1.250	17,5
	Maçã		

Fonte: EPAGRI (1997); INSTITUTO DE PLANEJAMENTO AGRÍCOLA (1999).

Quadro 8. Características climáticas e tipos de culturas predominantes nos diferentes domínios pedomorfoagroclimáticos das áreas de recarga do Aquífero Guarani no Estado do Rio Grande do Sul.

Domínio pedomorfoagroclimático	Culturas dominantes	Precipitação Média* Anual (mm)	Temperatura Média* Anual (°C)
Serra Gaucha/encosta inferior nordeste	Uva	2.470	< 18
Borda do Planalto Médio/Missões	Pastagem	2.000	18 a 22
Campanha	Arroz irrigado/pastagem	1.190	20 a 24

Fonte: MINISTÉRIO DA AGRICULTURA (1973).

Uma seleção de áreas críticas realizada por GOMES et al (2000) em propriedades situadas em áreas de recarga do Aquífero Guarani e

próximas às nascentes do Rio Araguaia, evidenciou a fragilidade das mesmas, tanto sob o aspecto de contaminação do lençol freático quanto de erosão. Este último, poder ser bem evidenciado por meio dos diversos processos de assoreamento de cursos d'água da região.

Diante do cenário exposto, torna-se premente a necessidade de um planejamento efetivo do uso da terra para as áreas de recarga do Aqüífero Guarani, dentre as quais se incluem: seleção de culturas, controle do uso de agrotóxicos, controle do uso de fertilizantes, práticas de conservação e manejo do solo e da água, entre outras, fundamentais no processo de gestão visando a manutenção do potencial qualitativo e quantitativo do Aqüífero Guarani que, sem dúvida, será estratégico para as futuras gerações do Cone Sul.

PALAVRAS-CHAVE: lixiviação; herbicidas; sistemas de produção; risco de contaminação; zoneamento agroam-biental.

LITERATURA CONSULTADA

ARAÚJO, L.M.; FRANÇA, A.B.; POTTER, P.E. Aquífero gigante do Mercosul no Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai: mapas hidrogeológicos das Formações Botucatu, Pirambóia, Rosário do Sul, Buena Vista, Misiones e Tacuarembó. UFPR/Petrobrás, Curitiba, 1995. 16. (9 mapas).

EPAGRI. Zoneamento agroambiental. 1997. (Ed. CD-ROM)

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA."Impacto Ambiental e Implicações Sócio-Econômicas da Agricultura Intensiva em Água Subterrânea". Embrapa, Jaguariúna, 1998. 26 p (Relatório final de projeto).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. "Uso agrícola das áreas de afloramento do Aqüífero Guarani e implicações na qualidade da água subterrânea". Embrapa, Jaguariúna, 1999. 22 p. (Relatório parcial de projeto).

GOMES, M. A. F.; SPADOTTO, C.; LANCHOTTE, V. L. Ocorrência do herbicida tebuthiuron na água subterrânea da microbacia do

Córrego Espraiado, Ribeirão Preto-SP. **Pesticidas: R. Ecotoxicol. e Meio Ambiente, v. 11.** p. 65-76. 2001.

GOMES, M. A. F.; FILIZOLA, H.F.; MARIA DE PAULA, M.; DIOGO, A.; CERDEIRA, A. L. Áreas críticas nas porções de recarga do Aquífero Guarani localizadas nas nascentes do Rio Araguaia. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. 16p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 18).

GOMES, M. A .F.; NEVES, M.C.; SPADOTTO, C. A ; LUIZ, A .J.B. Mapeamento expedito dos potenciais de infiltração e de escoamento superficial da água para os solos da microbacia do Córrego do Espraiado em Ribeirão Preto-SP. In: Anais do XIII Congresso Latino-Americano de Ciência do Solo. SBCS/ESALQ. Águas de Lindóia, 1996. 04 p .(Editado em CD-ROM).

IAPAR. Caracterização da estrutura de produção agropecuária do Estado do Paraná. (Informe Técnico 01/2002). 01p.

INSTITUTO DE PLANEJAMENTO E ECONOMIA AGRÍCOLA. Síntese anual de agricultura de Santa Catarina – 1998 – 1999. Florianópolis, 1999. 159p.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul. Recife, 1973. 431p. (Boletim Técnico nº 30).

PESSOA, M.C.P.Y.; GOMES, M .A . F.; DORNELAS DE SOUSA, M.; NICOLELLA, G.; CERDEIRA, A .L.; MONTICELLI, A . Simulação do movimento de herbicidas utilizados no monocultivo de cana-de-açúcar em Areia Quartzosa da área de recarga do Aquífero Guarani em Ribeirão Preto,SP. **Rev.Cient. Rural, v.3,nº2,** p. 11-19. 1998.

PESSOA, M.C.P.Y.; GOMES, M A F.; DORNELAS DE SOUSA, M.; NICOLELLA, G.; CERDEIRA, A .L.; MONTICELLI, A . Simulação do movimento de herbicidas utilizados no monocultivo de cana-de-açúcar em Latossolo Vermelho-Escuro da área de recarga do Aquífero Guarani em Ribeirão Preto, SP. **Rev .Cient. Rural, v. 4,nº 1;** p. 15-24. 1999.

ROCHA,G.A. Mega reservatório de água subterrânea do Cone Sul:
bases para uma política de desenvolvimento e gestão. **UFPR/IDRC,**
Curitiba, 1996. 25 p.

ASPECTOS GERAIS DA SUSTENTABILIDADE DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA

C. CAMPANHOLA¹; G.S. RODRIGUES¹ Embrapa Meio Ambiente, Caixa Postal 69, CEP 13820-000, Jaguariúna, SP; e-mail: clayton@cnpma.embrapa.br

O conceito de sustentabilidade não apresenta unanimidade quanto ao seu entendimento, sendo muitas vezes utilizado de modo impróprio, apenas para satisfazer interesses ou para qualificar inadequadamente algumas iniciativas de desenvolvimento. Raramente utiliza-se a sustentabilidade no seu sentido amplo. Tampouco leva-se em conta que os meios e fins da sustentabilidade variam conforme as condições ecológicas, econômicas, sociais e culturais, tanto nos âmbitos regionais como locais (Brooks, 1992). Em outras palavras, o que é sustentável em um país, região ou local, em um determinado período de tempo e em um certo estágio de desenvolvimento, não necessariamente será sustentável em outras condições. O contexto deve ser caracterizado e as iniciativas de sustentabilidade devem ser adaptadas às necessidades e capacidades particulares.

Quanto ao enfoque ambiental, Gardner & Roseland (1989) relatam que a interpretação de desenvolvimento sustentável enfatiza que as comunidades devem definir e desenvolver suas próprias soluções para os problemas ambientais e de desenvolvimento, e que aqueles que estão mais próximos ao meio ambiente conhecem melhor como preservá-lo e como protegê-lo. Em um prazo mais longo, essa estratégia aumentará a capacidade das comunidades locais em adaptar-se e a responder às mudanças das condições ambientais, sociais e econômicas.

Em nosso país, predominam os instrumentos legais de controle ambiental, cuja eficácia é muito baixa devido aos elevados custos administrativos e às dificuldades de fiscalização. No meio rural, em particular, praticamente a única atividade que tem sido controlada pela exigência de estudo de impacto ambiental (EIA/RIMA) é a instalação de usinas hidrelétricas, como determina a Lei Nacional de Meio Ambiente vigente.

Em muitos casos, as avaliações de impacto ambiental (AIA) são vistas como meras imposições de agências financeiras externas, cujo objetivo parece ser muito mais favorecer o meio ambiente do

que o desenvolvimento, colocando essas duas vertentes em posições antagônicas. Ademais, o foco dessas avaliações tem sido em variáveis de estado (indicativas da qualidade) do meio ambiente e dos recursos naturais, e como elas têm sido afetadas pelas atividades econômicas.

As avaliações não levam em conta muitas mudanças econômicas, sociais e culturais que podem ocorrer nas comunidades envolvidas direta e indiretamente no empreendimento, tais como: distribuição de renda, acesso à educação, acesso a serviços básicos, padrão de consumo, acesso a esporte e lazer, conservação do patrimônio histórico e artístico, qualidade do emprego, segurança e saúde ocupacional, oportunidade de emprego local qualificado e participação comunitária, entre outras. Contudo, são estas mudanças que efetivamente afetam o desenvolvimento local e a qualidade de vida na comunidade, sendo que sua consideração nas AIAs permitiriam estabelecer a necessária conexão entre avaliação de impacto e sustentabilidade, no seu sentido amplo.

Muitos conflitos significativos ainda persistem em relação à interação apropriada de formas e iniciativas de sustentabilidade. Ainda mais desafiador é se definir critérios e métodos que procurem padronizar minimamente as avaliações *ex-ante* e *ex-post* da sustentabilidade de programas e projetos de desenvolvimento rural. A dificuldade está também em se definir critérios e indicadores integrados que considerem não apenas a avaliação do impacto ambiental de projetos específicos, mas de todo o conjunto de atividades que estão sendo ou vão ser desenvolvidas em um determinado território ou local.

Na prática, a sustentabilidade pode ser avaliada por um conjunto de parâmetros ou indicadores ecológicos (referentes aos meios biótico e abiótico dos ecossistemas), combinados com variáveis agronômicas, econômicas e sociais, embora não haja medidas de sustentabilidade que sejam singulares e definitivas. Deve-se considerar ainda a dimensão do tempo, que vai exigir constantes monitoramentos e avaliações, e mesmo o redirecionamento das estratégias e atividades programadas.

Os indicadores têm as seguintes funções: sintetizar grandes quantidades de dados; mostrar a situação atual em relação ao objetivo almejado; demonstrar progresso em relação às metas estabelecidas e comunicar o estado atual aos usuários (cientistas,

formuladores de políticas públicas e sociedade) de modo a orientar a tomada de decisões (Mitchell et al., 1995).

Segundo Cornforth (1999), os indicadores devem:

ser sensíveis e responder às variações nas condições de manejo;

correlacionar-se bem com os processos do ecossistema;

ser cientificamente aceitos;

ser de conceito simples;

ser de quantificação fácil e a baixo custo;

fundamentar-se em dados disponíveis ou de fácil obtenção.

Os indicadores podem ser de três naturezas, segundo Bosshard (2000): de pressão (ou causa), de estado (ou condição) e de resposta (ou sintoma). Por exemplo, o critério erosão pode ser avaliado pela "estabilidade de agregados do solo", que é um indicador de estado ou condição do grau de erosão. Um indicador de resposta para avaliar o mesmo critério erosão pode ser a "coloração de água em período chuvoso" e um indicador de pressão ou causal pode ser o "número de vezes por ano em que o solo é arado e gradeado para plantio". Os indicadores de pressão têm a vantagem de poderem ser usados diretamente para a adoção de medidas contra situações indesejadas. Porém, os indicadores mais usados são os de estado e de resposta.

Neste ponto, é importante apontar a convergência entre os princípios das avaliações de sustentabilidade e da avaliação de impacto ambiental (AIA). Por definição, as AIAs devem sempre ser realizadas *ex ante*, visando-se o abatimento dos efeitos ambientais, econômicos e sociais negativos que podem ocorrer após a implantação de uma determinada atividade econômica. Portanto, as AIAs sempre têm uma conotação social, pois levam em conta as alterações que serão causadas pela atividade na comunidade envolvida. Por isso, em geral os métodos de AIA podem ser usados como uma proxy para a avaliação da sustentabilidade.

Vários métodos são utilizados na avaliação do impacto ambiental de projetos, programas, planos e atividades econômicas, a saber: métodos "ad hoc", listas de verificação, matrizes, sobreposição de mapas, redes de interação, diagramas de sistemas, e modelos de simulação (Rodrigues, 1998). Segundo o IBAMA (1995), as listas de verificação servem para ordenar, as matrizes e diagramas servem para agrregar, os modelos de simulação e a análise multicritérios visam quantificar e a sobreposição de mapas, as matrizes e os diagramas servem para representar graficamente as informações

geradas nos estudos. Cada método apresenta vantagens e desvantagens, podendo-se assumir que a sua escolha depende dos objetivos da avaliação.

As matrizes e as listas de verificação simples são os métodos de avaliação de impacto ambiental mais utilizados (Bisset, 1983). As matrizes são essencialmente modificações de listas de verificação, ou seja, em adição à listagem vertical das tipologias de impacto - aumento do escoamento superficial, modificação do regime de nutrientes, etc. - organizadas sob os principais componentes (água, ar, solo, etc.), as matrizes contêm uma lista horizontal das ações do empreendimento, que vão desde o planejamento até as fases operacionais do projeto. Este esquema facilita a observação da relação entre as ações específicas do empreendimento e os tipos específicos de impacto (Erickson, 1994).

As matrizes permitem não somente a identificação de possíveis impactos, mas também podem incorporar a sua quantificação, com a entrada de números que representem a intensidade dos impactos, sendo denominadas matrizes escalares. Quando essas estimativas são realizadas anteriormente à implantação do empreendimento, elas têm caráter preventivo e se fundamentam na percepção do avaliador e na subjetividade; e quando são realizadas com o empreendimento já em funcionamento, pode-se mensurar e caracterizar melhor a intensidade do impacto ambiental causado pelas diferentes ações (Erickson, 1994).

A "matriz de Leopold" (Leopold et al., 1971) tem sido uma das mais utilizadas nos EIA/RIMA realizados no Brasil, sendo freqüentemente tomada como o método padrão para a elaboração desses estudos (IBAMA, 1985).

Esta matriz consiste da união de duas listas de verificação. Uma lista de ações ou atividades é mostrada horizontalmente, enquanto uma lista de componentes ambientais aparece verticalmente. A inclusão dessas duas listas de verificação em uma matriz ajuda a identificar os impactos, uma vez que os itens de uma lista podem ser sistematicamente relacionados a todos os outros itens da outra lista, com o objetivo de identificar os possíveis impactos. Isto é feito por meio da incorporação de roteiros para caracterizar os impactos em termos de magnitude e importância em uma escala de 1-10, onde 1 representa a menor magnitude ou importância e 10, a maior.

A magnitude de um impacto é tomada como a expressão de sua escala de ação, por exemplo, a área geográfica do impacto. A

importância refere-se à significância do impacto: por exemplo, se um impacto visual ocorre em uma área com baixa qualidade de paisagem, um valor de 2 ou 3 pode ser dado, enquanto que em uma área com alta qualidade de paisagem o mesmo nível de impacto teria um valor de 8 ou 9.

Há também as listas de verificação escalares que contêm a ponderação dos diferentes impactos, mas por serem mais complexas são usadas com menor freqüência. Um exemplo típico desse método é aquele desenvolvido por Dee et al. (1973), chamado de Sistema de Avaliação Ambiental (SAA), que consiste de uma estrutura hierárquica que classifica os efeitos ambientais em quatro categorias principais - ecológicas, poluição ambiental, estéticas e interesse humano. Essas categorias são subdivididas em componentes - por exemplo, a categoria "poluição ambiental" é subdividida em poluição da água, poluição do ar, poluição do solo e poluição por ruídos. Estes, por sua vez, são subdivididos em parâmetros indicadores. No caso da poluição da água, tem-se os seguintes indicadores: perda hidrológica da bacia, demanda bioquímica de oxigênio, oxigênio dissolvido, coliformes fecais, carbono inorgânico, pH, agrotóxicos, temperatura, turbidez, total de sólidos em suspensão, etc. A cada parâmetro é alocado um peso numérico que reflete a sua importância relativa.

Para cada um dos 78 parâmetros considerados é construída uma "função de valor" que relaciona a estimativa do parâmetro com a qualidade ambiental. Assim, assume-se que o estado de qualidade de cada parâmetro pode ser expresso em uma escala arbitrária de 0-1, onde 1 representa "alta qualidade" e 0 representa "baixa qualidade". A avaliação final é obtida pelo somatório dos valores individuais da qualidade ambiental de cada parâmetro multiplicados por seu respectivo peso, obtendo-se um índice geral de qualidade ambiental. Com isso, pode-se escolher entre diferentes projetos, programas, ou tecnologias, e mesmo identificar medidas corretivas que devem ser incorporadas quando da implantação de um determinado projeto, programa ou tecnologia.

Apesar dos avanços observados, a avaliação da sustentabilidade ainda é colocada por muitos autores como um desafio. É o caso de Stockle et al. (1994), que ressaltam que: "Atualmente não há critérios científicos para avaliar a sustentabilidade de sistemas agropecuários específicos". Os autores propõem um esquema para avaliar a sustentabilidade relativa de um sistema agropecuário

usando nove atributos: lucratividade, produtividade, qualidade do solo, qualidade da água, qualidade do ar, eficiência energética, habitat de peixes e vida selvagem, qualidade de vida e aceitação social. Pelo método, cada atributo é pontuado e depois ponderado de modo subjetivo e dependente do julgamento da equipe de avaliação. Alguns atributos podem ser quantificados por meio de medições diretas, como é o caso daqueles referentes a: lucratividade, produtividade, qualidade da água e eficiência energética. Atributos que não podem ser prontamente medidos precisam de outras técnicas de avaliação, tais como a opinião de especialistas e modelos de simulação computadorizados.

Neste caso, nenhum método explícito foi proposto, nem validado por estes autores, que simplesmente promovem uma discussão e orientação sobre os indicadores de sustentabilidade, sem incluir critério de pontuação. Por exemplo, com relação à lucratividade há somente duas orientações de critérios a serem usados: aumento da renda da propriedade e diminuição da dependência de crédito. Quanto à qualidade de vida, os autores referem-se aos seguintes critérios: aumento ou alta incidência de substâncias químicas indesejáveis nos produtos agrícolas, diminuição do padrão de vida nas comunidades agrícolas e decréscimo do nível de renda.

Rodrigues et al. (2000) desenvolveram um sistema de avaliação de impactos ambientais de projetos de pesquisa e desenvolvimento tecnológico agropecuário que permite ao pesquisador e sua equipe realizarem uma avaliação prospectiva de impactos ambientais de seu projeto de pesquisa. O procedimento de avaliação envolveu o preenchimento, pelos pesquisadores responsáveis pelos projetos de pesquisa, de um questionário especificamente elaborado para a avaliação de indicadores de qualidade ambiental de cada tecnologia em desenvolvimento nos projetos.

Esses mesmos questionários foram então preenchidos por um painel de cinco especialistas (*ad hoc*), com base em leitura dos relatórios técnicos dos projetos. Posteriormente, foi realizado um *workshop* onde estabeleceu-se um consenso entre os participantes sobre as respostas dadas em cada questionário. Da análise desses questionários foi possível estabelecer os limites de ocorrência de valores de cada parâmetro ambiental (eficiência para a conservação de insumos e recursos naturais) para o conjunto de projetos avaliados, sendo esses valores utilizados para balizar a avaliação de novos projetos. O questionário original foi então elaborado na forma

de planilhas eletrônicas, que compõem o Sistema de AIA de Projetos de Desenvolvimento Tecnológico Agropecuário.

O método descrito acima apoia-se em uma lista de controle (ou de verificação) escalar, que possibilita a valoração de indicadores de qualidade ambiental de tecnologias agropecuárias. Entretanto, o método se restringe a critérios ou parâmetros ambientais, não trata de questões socioeconômicas e considerou apenas as práticas e tecnologias de produção agropecuárias desenvolvidas nos projetos de pesquisa, não se preocupando com uma avaliação mais ampla dos sistemas de produção. A experiência acumulada na formulação e aplicação desse método, porém, facilitou a composição de planilhas que compõem um sistema de avaliação ambiental da inovação tecnológica agropecuária (AMBITEC-AGRO), que está sendo utilizado em várias Unidades de Pesquisa da Embrapa, mas que também se restringe a critérios ou parâmetros ambientais. Cabe ressaltar que a avaliação deve sempre tomar como referência a situação anterior.

Como exemplo, propõe-se um conjunto de quatro aspectos, com seus respectivos indicadores, para compor um sistema de avaliação da sustentabilidade da cultura da soja, a saber: a) eficiência tecnológica - uso de agroquímicos e de energia de origem fóssil; b) qualidade dos recursos naturais: capacidade produtiva do solo - erosão, matéria orgânica, nutrientes, compactação e fitopatógenos; água - demanda bioquímica de oxigênio, turbidez, assoreamento - e biodiversidade - vegetação natural, corredores de fauna e variedades e espécies caboclas; c) qualidade de vida - acesso à educação, acesso a serviços básicos, padrão de consumo, qualidade do emprego, segurança e saúde ocupacional e acesso a esporte e lazer; d) valores econômicos - renda líquida (valor, estabilidade, segurança), distribuição de renda, endividamento corrente, valor da propriedade e qualidade da moradia. Para os dois últimos aspectos, deve-se separar os efeitos gerados nas famílias dos proprietários ou responsáveis e dos empregados permanentes. O sistema de avaliação pode estabelecer uma escala de pontuação ponderada para cada indicador, obtendo-se um índice parcial para cada aspecto considerado, bem como um índice geral de sustentabilidade para cada caso avaliado.

Uma medida complementar à avaliação de impacto ambiental é a adoção de *Códigos de Conduta* para sistemas de produção agrícola e pecuária, que se fundamentam em princípios técnicos e éticos, a exemplo do que aconteceu para o turismo no meio rural, onde este

procedimento foi adotado por muitos governos (Sun & Walsh, 1998). Outras iniciativas apropriadas consistem em introduzir restrições ou proibições na prática de atividades agrícolas e pecuárias em certos locais ou habitats mais vulneráveis à degradação, bem como a emissão de licenças ou a certificação ambiental para a sua prática. Nesses casos, a fiscalização e os custos administrativos geralmente dificultam a obtenção da eficácia desejada.

Cabe destacar que, tanto a seleção do conjunto de indicadores a serem utilizados em um processo de licenciamento, como os padrões de sustentabilidade que se quer atingir com a implementação de atividades produtivas no meio rural devem ser definidos por meio de um processo participativo. Nesse processo, devem ser envolvidos grupos de interesse e representantes da sociedade civil para decidirem o quanto estão dispostos a tolerar em relação aos níveis de impactos ambientais gerados pelas atividades econômicas. A participação é muito importante, pois a sustentabilidade deve ser encarada como um processo dinâmico, com esquemas claros de monitoramento, acompanhamento e avaliação. Ela exige constantes revisões e adaptações que se tornam mais legítimas na medida em que o envolvimento da comunidade é maior. Nesse sentido, e à guisa de conclusão, cita-se a assertiva de Bosshard (2000, p.40): "A avaliação não pode ser delegada a especialistas, pois a tarefa não é apenas uma questão de conhecimento e fatos, pois os fatos são resultado de atitudes e experiências que devem ser compartilhadas e projetadas no âmbito de toda a comunidade".

Palavras-chaves: avaliação, indicadores, impacto ambiental, soja.

Referências Bibliográficas

- BISSET, R. Methods for assessing direct impacts. Dordrecht, Holland: D. Reidel Publishing Company, p. 195-212, 1983.
- BOSSHARD, A. A methodology and terminology of sustainability assessment and its perspectives for rural planning. Agriculture, Ecosystems and Environment. v. 77, p. 29-41, 2000.
- BROOKS, H. The concept of sustainable development and environmentally sound technology. In: Environmentally sound technology for sustainable development. Advanced technology assessment system. New York: United Nations, n.7, p.19-25, 1992.

- CORNFORTH, I.S. Selecting indicators for assessing sustainable land management. *Journal of Environmental Management*, v. 56, p. 173-179, 1999.
- DEE, N.; BAKER, J.; DROBNY, N.; DUKE, K. An environmental evaluation system for water resource planning. v. 9, n. 3, p. 523-535, 1973.
- ERICKSON, P.A. A Practical Guide to Environmental Impact Assessment. San Diego, CA: Academic Press, Inc., p. 266, 1994.
- GARDNER, J.; ROSELAND, M. Thinking globally: the role of social equity in sustainable development. *Alternatives*. v. 16, n. 3, p. 26-49, 1989.
- IBAMA. Avaliação do Impacto Ambiental: Agentes Sociais, Procedimentos e Ferramentas. Brasília, DF: IBAMA, 1995.
- LEOPOLD, L.B.; CLARKE, F.E.; HANSHAW, B.B.; BALSLEY, J.R. A procedure for evaluating environmental impact. Washington D.C.: U.S. Geological Survey, 1971.
- MITCHELL, G.; MAY, A.; MCDONALD, A. PICABUE: a methodological framework for the development of indicators of sustainable development. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*. v. 2, p. 104-123, 1995.
- RODRIGUES, G.S. Avaliação de impactos ambientais em projetos de pesquisas: Fundamentos, princípios e introdução à metodologia. Jaguariúna, SP: EMBRAPA-CNPMA, p. 66, 1998.
- RODRIGUES, G.S.; BUSCHINELLI, C.C. DE A.; IRIAS, L.J.M.; LIGO, M.A.V. Avaliação de impactos ambientais em projetos de desenvolvimento tecnológico agropecuário II: avaliação da formulação de projetos - versão 1.0. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. 28p. (Boletim de Pesquisa 10).
- STOCKLE, C.O., PAPENDICK, R.I., SAXTON, K.E., CAMPBELL, G.S., van EVERT, F.K. A framework for evaluating the sustainability of agricultural production systems. *American Journal of Alternative Agriculture*, v. 9, n.1-2, p. 45-51, 1994.
- SUN, D.; WALSH, D. Review of studies on environmental impacts of recreation and tourism in Australia. *Journal of Environmental Management*, v.53, n.2,3, p.323-338, 1998.

MELHORAMENTO GENÉTICO DA SOJA PARA RESISTÊNCIA A insetos: UMA REALIDADE PARA AUMENTAR A EFICIÊNCIA DO CONTROLE INTEGRADO DE PRAGAS E VIABILIZAR A SOJA ORGÂNICA

MIRANDA, M.A.C. DE; LOURENÇO, A.L Instituto Agronômico de Campinas (IAC). Av. Barão de Itapura nº 1481, Campinas, SP CEP 13001-970. Caixa Postal 28. e-mail tosami@terra.com.br

1) Histórico. O programa de melhoramento de soja do IAC teve início em 1936, quando Neme A. Neme, da antiga Seção de Cereais e Leguminosas, introduziu uma coleção de cultivares dos USA e coletou junto à colônia japonesa genótipos de soja. Após experimentação, foram lançadas as cultivares Abura para a indústria e Otootan como forrageira. Em 1947, também em material coletado entre imigrantes, foi lançado o cultivar Mojiana. Em 1951, novas introduções de materiais que se destacaram nos ensaios (uniform group test) dos grupos de maturação VII e VIII americanos: Acadian, Pelican, Improved Pelican, Yelnando, Volstate, N46-2652 e D49-772 foram avaliadas no programa de melhoramento do IAC. Em 1952 tiveram início as hibridações entre os genótipos mais adaptados, resultando os cultivares IAC-1, IAC-2, Santa Rosa (L-326) e Industrial (L-356). Nova reestruturação foi efetivada em 1969 com hibridações e introduções de populações segregantes, resultando em IAC-3, IAC-4, e IAC-5. O passo seguinte, em 1974, foi a incorporação da característica juvenilidade, encontrada em Hill e na PI 240664, que alterou a pronta resposta fotoperiódica do germoplasma até então disponível e possibilitou a obtenção de cultivares com período juvenil longo (IAC-6, IAC-7, IAC-8, IAC-9, IAC-10 e IAC-11), que interagiam menos em relação à época de semeadura e a diferentes latitudes, no que diz respeito à estatura de planta, contribuindo de maneira significativa para a expansão da soja nos cerrados do Brasil. A utilização da PI 274454, primeiramente como fornecedora de genes para juvenilidade e depois como fonte de resistência a percevejos resultou no lançamento de IAC-12, IAC-13, IAC78-2318 e de IAC-100. Estes dois últimos genótipos também apresentam resistência a insetos mastigadores porque descendem da PI 229358. Em seguida, surgiram as cultivares IAC-14, com tegumento da semente menos permeável, (semente dura), e IAC-15 também com período juvenil bem definido. A IAC-16 foi lançada por

ser mais resistente ao nematóide de galha (*Meloidogyne javanica*) do que a IAC-Foscarin-31, primeira cultivar destinada a rotação cana-de-açúcar X soja. Nas cultivares IAC-17, IAC-18 e IAC-19, já se buscava a incorporação de resistência a insetos da linhagem D72-9601 (originada de dois retrocruzamentos para Bragg tendo como fonte a PI 229358). A IAC-20, de crescimento indeterminado, também foi lançada para a rotação soja-cana, por ser resistente ao acamamento e por apresentar boa qualidade de semente. A cultivar IAC-22, é resultante do cruzamento de FT-2 por IAC-12, apesar de ter em sua constituição a PI 274454, não tem mostrado em condições de campo tolerância ao ataque de percevejos. A IAC-23 apresenta resistência a insetos mastigadores e ao complexo de percevejos, é o terceiro retrocruzamento para Bragg. A IAC-24 que, além da PI 229358, tem em sua genealogia a PI 227687, provavelmente incorpore novos fatores de resistência. Assim fica demonstrado que é possível a utilização de genótipo exótico desde que se faça vários retrocruzamentos e haja condições favoráveis para a descrição dos atributos desejados.

2) Pesquisa visando a obtenção de resistência a insetos. Em estudos realizados no IAC, as PIs 274453, 274454 e as linhagens IAC73-228, IAC78-2318, IAC80-596-2 e IAC80-4228 mostraram resistência aos percevejos pentatomídeos *Nezara viridula*, *Piezodorus guildinii* e *Euschistus heros*. (Miranda et al., 1979; Rossetto et al., 1986; Lourenço et al., 1987). A linhagem americana D72-9601-1, selecionada para resistência a *Pseudoplusia includens*, mostrou-se resistente a *Anticarsia gemmatalis* nas condições de São Paulo (Rezende et al., 1980). Em dois anos de estudo em condições naturais, a linhagem IAC78-2318 foi apenas levemente injuriada pelo ataque da broca dos ponteiros *Epinotia aporema* (Lourenço e Miranda, 1983). As PIs 274453 e 274454 e a IAC78-228 mostraram danos irrisórios em áreas com altas populações de lagarta enroladeira, *Omiodes indicata*, que causou severos danos nos demais genótipos (Lourenço et al. 1985). A PI 227687 mostrou resistência aos coleópteros *Diabrotica speciosa* e *Colaspis* sp em comparação com cultivares comerciais (Rezende et al., 1980). Em relação à mosca branca, *Bemisia tabaci*, as PIs 171451 e 229358 mostraram resistência do tipo não preferência para oviposição (Rossetto et al. 1977 e; Lourenço & Yuki, 1982). A colonização por essa mosca branca também foi reduzida nestas duas introduções bem como na linhagem IAC78-2318 (Lourenço & Miranda, 1987). Os genótipos

PI 227687, PI 274453, IAC73-228, IAC80-1177, IAC80-1191, IAC84-20-1 mostraram resistência de campo à queima-do-broto (Brazilian bud blight), virose transmitida por espécies de tripes do gênero *Frankliniella*; estes acessos mostram-se suscetíveis quando inoculados mecanicamente (Lourenço et al. 1989). Assim, todas estas linhagens, com diferentes graus de resistência a várias espécies de insetos, introduzidas e ou obtidas pelo IAC (Lourenço et al., 1989), permitem o direcionamento do programa de melhoramento de soja desta instituição para a obtenção de cultivares resistentes às principais pragas da cultura da soja. A seleção ao nível de campo só é possível pela freqüência do ataque de microcoleópteros, principalmente *Colaspis* sp e por percevejos e também porque a resistência não é específica a uma determinada praga (Lambert e Kilen, 1984).

3) Métodos utilizados. O programa de melhoramento de soja do Instituto Agronômico de Campinas (IAC) tem por objetivo a obtenção de cultivares com alta produtividade e resistência a fatores adversos do meio ambiente, com destaque para pragas e doenças. Na primeira etapa desse programa, são escolhidos os parentais, que devem possuir as principais características que se deseja reunir em um novo cultivar. Essas características incluem, além da produtividade, resistência de campo às doenças bacterianas: pústula (*Xanthomonas campestris* pv. *glycines*) e "fogo-selvagem" (*Pseudomonas seringae* pv. *tabaci*); às doenças fúngicas "mancha olho-de-rã" (*Cercospora sojina*) e "cancro-da-haste" (*Diaporthe phaseolorum* f. sp. *meridionalis*) esta última limitante ao cultivo dessa leguminosa em várias regiões brasileiras; aos nematóides de galha *Meloidogyne* das espécies (gêneros) *javanica* e *incognita*; a virose "mancha-café" (SMV) e aos insetos desfolhadores e sugadores (Lourenço et al 1989). Após as hibridações e o avanço de geração F₁, em casa de vegetação no inverno, iniciam-se em F₂ as seleções em campo. A partir dessa etapa alguns fatores têm sido priorizados, como a seleção de germoplasma resistente à pústula bacteriana, ao cancro-da-haste, a nematóides de galhas e "mancha-café" na fase de obtenção de linhagens nas gerações F₃, F₄ e F₅. Em soja, a resistência múltipla insetos foi constatada nos genótipos PI 227687, PI 229358 e PI 171451 (Turnipseed & Kogan, 1976). Estudos posteriores mostraram que essa resistência não era restrita aos insetos desfolhadores (coleópteros e lagartas), mas também incluía os sugadores como a mosca branca (Rosseto et al. 1977), onde as

PI 1714541 e a PI 229358 apresentaram os menores índices de oviposição em comparação aos cultivares comerciais. Porém, a resistência dessas três introduções (PI) aos percevejos ainda não atingia níveis satisfatórios, apesar da citação de Jones & Sullivan (1979) e do relatório do IITA de 1981, que indicam esses materiais como portadores de resistência quando comparados com as cultivares Bragg e Bossier, respectivamente. Miranda et al. (1979) identificaram a IAC73-228 como nova fonte de resistência ao complexo de percevejos, principal grupo de pragas da soja em condições tropicais. Na genealogia da linhagem IAC73-228 aparece a PI 274454 que, juntamente com as demais fontes de resistência a insetos, também é proveniente do Japão, e mais precisamente de Okinawa. A incorporação desse novo genoma tornou a resistência múltipla a insetos ainda mais ampla, pois, além de insetos mastigadores, do complexo de percevejos e da mosca branca, verificou-se resistência também à broca das axilas (Lourenço & Miranda, 1983). Este fato indica que a resistência não específica é conferida por genes agrupados (supergenes) à semelhança do que ocorre em milho (Miranda et al., 1984). A existência de supergenes para resistência múltipla a pragas dinamiza o programa de melhoramento, pois facilita a transferência rápida dos fatores e não implica na criação sistemática de todas as pragas simultaneamente, permitindo se trabalhar com as que ocorrem naturalmente, em condições de campo, fato este já discutido por Lambert & Kilen (1984) e Miranda et al. (1987). Assim procura-se incorporar fatores de resistência horizontal tornando as cultivares mais estáveis e menos dependentes de defensivos e mais adequadas à produção de soja orgânica.

4) Cultivares e linhagens obtidas. A Seção de Leguminosas do IAC já desenvolveu cultivares resistentes a insetos de diferentes ciclos, como IAC-17 (precoce), IAC-18 (semiprecoce) e IAC-19 (médio). Estes cultivares proporcionaram maior eficiência no controle integrado de pragas, no uso da terra, da mão de obra e de máquinas por parte dos agricultores, assim como propiciaram a redução da probabilidade de ocorrência de eventos climáticos desfavoráveis em fases críticas (Tabelas 1, 2 e 3). Recentemente, foram obtidas as cultivares IAC-23 e IAC 24. A IAC 23 apresenta maior produtividade e estabilidade e níveis de resistência, tanto à desfolha quanto aos danos causados por percevejos, semelhantes ao padrão IAC-17 e bem superiores à cultivar IAS-5. A IAC-24 é mais produtiva que a

IAC-18 e mais resistente à desfolha e ao complexo de percevejos. Parece ter comportamento semelhante à linhagem IAC80-1177 em relação à tolerância a queima do broto, pelos resultados obtidos em Capão Bonito, local de freqüente ocorrência desta virose (Tabelas 1 e 2).

Palavras-chave: *Glycine max*, *Anticarsia gemmatalis*, percevejos, micro-coleópteros.

Literatura Citada

- INTERNATIONAL INSTITUTE OF TROPICAL AGRICULTURE (IITA). In: Host-plant resistance to stink bugs. Annual Report for 1980. Ibadan, Nigéria, p148-149. 1981
- JONES, W.A. & SULLIVAN, M.J. Soybean resistance to the southern green stinkbug, *Nezara viridula*. Journal of Economic Entomology, 72:628-632, 1979.
- LAMBERT, L. & KILEN, T.C. Multiple insect resistance in several soybean genotypes. Crop Science, Madison, WI, 24: 887-890. 1984.
- LOURENÇÂO, A.L.; MIRANDA, M.A.C.de & NAGAI, V. Resistência de soja a insetos: VII. Avaliação de danos de percevejos em cultivares e linhagens. Bragantia, Campinas, 46: 45-57. 1987
- LOURENÇÂO, A.L. & MIRANDA, M.A.C. de. Resistência de soja a insetos. I. Comportamento de linhagens e cultivares em relação a *Epinotia aporema* (Wals.) (Lepidóptera: Tortricidae). Bragantia, Campinas, 42:203-209. 1983.
- LOURENÇÂO, A.L. & MIRANDA, M.A.C. de. Resistência de soja a insetos. VIII. IAC78-2318, linhagem com resistência múltipla. Bragantia, Campinas, 46(1): 65-72. 1987.
- LOURENÇÂO, A.L. & YUKI, V.A. Oviposição de *Bemisia tabaci* (Genn.) (Homoptera: Aleyrodidae) em três variedades de soja sem chance de escolha. Bragantia, Campinas, 41:199-202. 1982.
- LOURENÇÂO, A.L.; COSTA, A.L. & MIRANDA, M.A.C. de. Resistência de campo ao vírus da queima-do-broto em genótipos de soja resistentes a insetos. Bragantia, Campinas, 48(2):209-214. 1989.
- LOURENÇÂO, A.L.; COSTA, A.S. & MIRANDA, M.A.C. de. Sources of resistance to insect pests and virus vectors in soybean germplasm tested at the Instituto Agronômico, SP, Brazil. In: World Soybean

Research Conference IV, Buenos Aires, Argentina, 3:1578-1581. 1989.

LOURENÇAO, A.L.; ROSSETTO,C.J. & MIRANDA, M.A.C. de. Resistência de soja a insetos. IV. Comportamento de cultivares e linhagens em relação a *Hedilepta indicata* (Fabr.). Bragantia, Campinas, 44(1) : 149-157. 1985.

MIRANDA, L.T. de; MIRANDA, L.E.C. de SAWAZAKI, E. Genética ecológica e melhoramento do milho. Fundação Cargill, Campinas, 30p. 1984.

MIRANDA, M.A.C. de; BRAGA, N. R.; MIRANDA, F.T.S. de; UNEDA, S.H.; LOURENÇAO, A.L & ITO, M.F.Descrição produtividade e estabilidade do cultivar precoce e resistente a inseto IAC-23. Bragantia, Campinas, (enviado para publicação).

MIRANDA, M.A.C. de; BRAGA, N. R.; MIRANDA, F.T.S. de; UNEDA, S.H.; LOURENÇAO, A.L & ITO, M.F.Descrição produtividade e estabilidade do cultivar semiprecoce e resistente a inseto IAC-24. Bragantia, Campinas, (enviado para publicação).

MIRANDA, M.A.C. de; ROSSETTO, C.J.; ROSSETTO, D.; BRAGA, N.R.; MASCARENHAS, H.A.A.; TEIXEIRA, J.P.F. & MASSARIOL, A. Resistência de soja a *Nezara viridula* e *Piezodorus guildinii* em condições de campo. Bragantia, Campinas, 38:181-188, 1979.

MIRANDA, M.A.C.de; BULISANI, E.A.; MASCARENHAS, H.A.A. & LOURENÇAO, A.L. Potencialidade do emprego de supergenes no melhoramento da soja. O agronômico. Campinas, 39(3) :287-297. 1987.

REZENDE J.A.M.; MIRANDA, M.A.C. de & MASCARENHAS, H.A.A. Comportamento de cultivares de soja em relação à área foliar comida por lagartas das folhas. Bragantia, Campinas, 39: 161-165.1980.

REZENDE, J.A.M.: ROSSETTO, C.J. & MIRANDA, M.A.C. de. Comportamento de populações paternais e F₁ de soja em relação a *Colaspis* sp e *Diabrotica speciosa* (Germar, 1824). Bragantia, Campinas, 39:15-20.

ROSSETTO C.J.; IGUE, T.; MIRANDA, M.A.C. de & LOURENÇAO, A.L. Resistência de soja a insetos: VI. Comportamento de genótipos em relação a percevejos. Bragantia, Campinas, 45:323-335. 1986.

ROSSETTO, D.; COSTA, A.S.; MIRANDA, M.A.C. de; NAGAI, V. & ABRAMIDES, E. Diferenças na oviposição de *Bemisia tabaci* em variedades de soja. Anais da Sociedade Entomológica do Brasil, 6(2):256-263. 1977.

TURNIPSEED, S.G. & KOGAN, M. Soybean entomology. Annual Review of Entomology, 21:247-281.1976.

Tabela 1. Média de porcentagem de área foliar cortada (PAFC), por lagarta de *Anticarsia gemmatalis* e de porcentagem de retenção foliar (PRF) causada por percevejo e produção de grãos em condições de infestação natural, Ribeirão Preto, SP, 1995/96 e 1996/97.

Cultivar	PAFC		PRF 95/96 96/97	Produção (g/3m)		I.R. 95/96 96/97
	1995/96	1996/97		95/96	96/97	
Ciclo precoce						
IAS-5	27,5		76,2		339,3	100
IAC-17	11,7		7,1		459,7	135
IAC-23	15,8		25,4		505,8	149
Ciclo semiprecoce						
IAC-15	31,7		24,6		464,3	100
IAC-18	28,3		29,6		601,6	130
IAC-24	17,5		15,8		589,1	127
Ciclo médio						
IAC 8-2	28,3		21,2		463,5	100
IAC-19	21,7		42,5		492,0	106
IAC78-2318	21,2		12,1		496,9	107

Tabela 2 Genealogia, produtividade, (Produt.), informação relativa ao padrão, (I.R), altura da planta, (Alt.), ciclo e florescimento, (Flores.) em ensaios regionais, conduzidos durante 3 anos agrícolas (1994/95, 1995/96 e 1996/97) nas localidades de Conceição das Alagoas (M.G.), Campinas, Mococa, Votuporanga, Tarumã , Capão Bonito e Ribeirão Preto (S.P.).

Genótipo	Genealogia	Produt. Kg/ha	I.R.	Altura cm		Ciclo ----dias----	Flores.
IAC-23	BR-6 X IAC83-23	3017		109	67	106	43
IAC-17	D72-9601-1 X IAC-8	2953		106	74	106	45
IAS-5	Hill X (Roanoke X Ogden)	2774		100	63	103	38
IAC-24	IAC80-1177 x IAC83-288	3480	114		72	114	57
IAC-18	D72-9601-1 X IAC73-5115	3190	104	77	110	54	
IAC-15	IAC77-3086 x Paraná	3062	100	82	111	53	

Tabela 3. Atratividade (número de adultos/10 cm²), preferência para oviposição (número de ovos/cm²) com e sem chance de escolha, nota de colonização da mosca branca *Bemisia tabaci* biótipo B, em casa de vegetação. Campinas SP.

Genótipo	Atratividade	Preferência	Colonização	Com	Sem
COODETEC 201	1,0	13,2	3,1		3,7
IAC-17	0,2	8,0	2,9		2,7
IAC-18	0,2	16,5	-		3,5
IAC-19	0,2	9,9	3,8		2,9
Conquista	1,0	24,3	-		4,5
PI 227687	1,2	39,9	10,9		3,9

RESTRIÇÕES AO USO DO CONTROLE BIOLÓGICO NO BRASIL

J.R.P. PARRA¹ ¹Prof. Titular Departamento de Entomologia, Fitopatologia e Zoologia Agrícola Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – USP 13418-900 Piracicaba SP E-mail: jrpparra@carpa.ciagri.usp.br

O Brasil não se encontra entre os países da América Latina com maior tradição em Controle Biológico. Assim, Colômbia, Peru, Venezuela têm mais tradição do que o nosso país, pois o início da entomologia nestes locais teve marcada influência dos grupos pioneiros de Controle Biológico da Califórnia-EUA, nas décadas de 40 e 50. No Brasil, embora existam trabalhos isolados de bom nível desenvolvidos nas décadas de 40 e 50, foi a partir da década de 70, que houve um grande avanço nesta área, com a criação dos Cursos de Pós-Graduação em Entomologia e áreas afins, levando ao treinamento de grande número de pesquisadores na referida área. Este fato coincidiu com a implantação de programas de Manejo de Pragas e com a conscientização pela população da necessidade de se substituírem os produtos de alta toxicidade por produtos seletivos e menos agressivos ao ambiente. Assim, motivados por publicações como a "Primavera Silenciosa" de Rachel Carson, em 1962, libertou-se do período negro do controle de pragas, que foi de 1940 a 1960 (KOGAN, 1998), onde os inseticidas eram considerados a salvação de todos os problemas, e, passou-se a utilizar o Controle Biológico como suporte de programas de MIP ou como alternativa de controle (isoladamente ou em associação com outros métodos). Assim, com a nova mentalidade há uma tendência de retornarem os programas de Controle Biológico Clássico e incrementarem-se os programas de Controle Biológico Aplicado (CBA), pois o desenvolvimento de técnicas de criação de insetos facilitará as liberações inundativas destes tipos de programa. Atualmente, o Brasil dispõe de excelentes programas de Controle Biológico, alguns deles comparáveis aos melhores do mundo, através de parasitóides, predadores e patógenos em soja, cana-de-açúcar, trigo, tomate, florestas, frutíferas, entre outros. Recentemente, a introdução de *Ageniaspis citricola* (Hymenoptera, Encyrtidae) foi um sucesso para controle de *Phyllocnistis citrella*, o minador-dos-citros, não só para o estado de São Paulo mas para vários estados do país, mostrando realmente o ressurgimento do Controle Biológico Clássico entre nós. Por outro

lado, existem ainda problemas relacionados à falta de estudos básicos (incluindo análises de impacto ambiental); descontinuidade de programas e/ou projetos mal planejados e, muitas vezes, isolados (sem características inter ou multidisciplinares); falta de credibilidade no Controle Biológico, o que dificulta o aparecimento de firmas idôneas que comercializem inimigos naturais (prática comum em países desenvolvidos); inexistência de uma política nacional com definição de prioridades, principalmente voltada para estudos de Controle Biológico em culturas de subsistência; poucos investimentos na área; dificuldade de transferência da tecnologia gerada ao usuário. Este último talvez seja o mais importante deles, pois, muitas vezes existe a tecnologia e ela não chega ao agricultor. Assim, hoje o Brasil possui programas comparáveis aos melhores do mundo, em "qualidade" e em áreas tratadas, pois apenas para exemplificar, para controle de *D. saccharalis* liberam-se *C. flavipes* em 300.000 ha por ano. Este e os outros casos de sucesso, citados em nosso país, sempre contaram com excelente suporte de extensão. Neste programa em cana-de-açúcar houve uma relação custo/benefício realmente espetacular, pois na década de 80, perdiam-se, em São Paulo, 100 milhões de dólares por ano, devido ao ataque da broca-da-cana. Hoje, após a introdução do braconídeo citado, estas perdas diminuíram para 20 milhões/ano. Somos um país tropical, com um grande potencial de agentes biológicos e temos massa crítica já formada. Portanto, estes exemplos deverão aumentar cada vez mais, com alguns outros agentes como *Trichogramma*, utilizados em 18 milhões de ha, em 18 países no mundo, e que já se mostrou eficiente entre nós em tomate, cana, milho, algodoeiro etc. Para que estejamos neste novo século em condições de competir com países desenvolvidos é fundamental que os problemas citados sejam corrigidos e que haja um equilíbrio entre pesquisa básica e aplicada para o desenvolvimento de novas tecnologias. O treinamento de pesquisadores no Brasil ou exterior e o relacionamento internacional são fundamentais para que possamos acompanhar, em igualdade de condições, o mundo moderno, envolvendo aplicações de biologia molecular, plantas transgênicas e produção de parasitóides "in vitro" (uma realidade no Brasil) (CÔNSOLI & PARRA, 1997; CÔNSOLI & PARRA, 1999). O Controle Biológico continuará sofrendo mudanças, pois, no futuro, serão aprofundados os estudos de relações tritróficas, serão desenvolvidas linhagens mais vigorosas de inimigos naturais (adaptáveis às

drásticas variações climáticas), ao lado de aprimoramento de técnicas de criação (manejo da criação) com o controle de qualidade do parasitóide ou predador produzido, desenvolvimento de produtos cada vez mais seletivos e novas técnicas de liberações e armazenamento, tornando este insumo biológico cada vez mais eficiente e acessível ao usuário. Para ampliar o seu espectro de utilização, é importante que cada vez mais o Controle Biológico seja analisado sob um ponto de vista global, e, não como uma atividade isolada dentro de um programa de Manejo de Pragas. O Controle Biológico continuará a passar por inovações, nos próximos anos, em função dos avanços tecnológicos. O Brasil tem grande potencial de utilização, por ser uma região tropical com alto potencial de agentes biológicos e por possuir massa crítica na área, com laboratórios de boa qualidade, com pesquisas de bom nível e resultados em várias culturas. No entanto, faltam estudos em culturas de subsistência, sendo os melhores resultados da CBA até hoje obtidos em culturas de exportação. A utilização do Controle Biológico depende da transposição de alguns obstáculos, ou seja, disponibilidade de insumos biológicos com qualidade (firmas idôneas, em outros países, comercializam insetos); a adoção do pacote (quando chega ao usuário) depende de tecnologia e, por este motivo, muitas vezes, o agricultor, opta pelo químico que é mais fácil de ser adotado; faltam estudos básicos da praga e inimigos naturais; existe uma grande tradição em se utilizarem inseticidas e, evidentemente, pressão de multinacionais; desconhecimento ou informações erradas sobre Controle Biológico; especificidade no controle de pragas e o modelo agrícola vigente no Brasil. É conveniente salientar que como qualquer método de controle, existem causas que podem levar o Controle Biológico ao insucesso, destacando-se clima (34,5%); competição com fauna nativa (20,3%) e falta de alimento (ou hospedeiro alternativo) (16,9%) (STILING, 1993). Desta forma, somente uma total mudança de mentalidade do usuário e do povo em geral, poderá levar a uma crescente adoção do Controle Biológico no Brasil. Hoje o Brasil lidera a área de Controle Biológico na América Latina e uma vez suplantados os obstáculos mencionados, tende a incrementar cada vez mais a utilização de inimigos naturais, seja em programas de Controle Biológico Natural, Clássico ou Aplicado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CÔNSOLI, F.L.; PARRA, J.R.P. Produção in vitro de parasitóides: criação de *Trichogramma galloii* e *T. pretiosum* no Brasil. In: PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A., eds. *Trichogramma e o Controle Biológico Aplicado*. Piracicaba: FEALQ/FAPESP, p.259-302, 1997.

CÔNSOLI, F.L.; PARRA, J.R.P. In vitro rearing of parasitoids: constraints and perspectives. *Trends in Entomology*, v.2, p.19-32, 1999.

KOGAN, M. Integrated pest management: historical perspectives and contemporary development. *Annual Review of Entomology*, v.43, p.243-270, 1998.

PARRA, J.R.P. O Controle Biológico e o Manejo de Pragas: passado, presente e futuro. In: GUEDES, J.C.; I.D. COSTA & E. CASTIGLIONI (org.). *Bases e técnicas do Manejo de Insetos*. Univ. Federal de Santa Maria, RS. p.59-70, 2000.

STILING, P. Why do natural enemies fail in classical biological control programs? *American Entomologist*, v.39, n.1, p.31-37, 1993.

PERSPECTIVAS E RESTRIÇÕES AO USO DE OGMS NO MANEJO DE PRAGAS

E. M. G. FONTES, E. R. SUJII, C. PIRES - Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, PqEB W3 Final Norte, Brasília, DF 70770-900. eliana@cenargen.embrapa.br

A biotecnologia tem permitido que plantas cultivadas sejam alteradas de tal forma que muitos apregoam que a agricultura moderna está passando por uma outra Revolução Verde, mas desta vez como parte de uma revolução maior da genética, a qual tem sido proclamada como a terceira revolução tecnológica seguindo as revoluções industrial e computacional. Aspectos técnicos da biotecnologia agrícola têm evoluído rapidamente, mas sua aplicação e impacto tem sido controverso. Notícias diárias sobre as implicações científicas e sociais da biotecnologia agrícola descrevem uma história que está sempre evoluindo e que evoca comportamentos passionais em encontros públicos e científicos. Neste trabalho vamos discutir as perspectivas e restrições ao uso de OGMs através da análise de tópicos da biotecnologia agrícola relacionados com o manejo de pragas.

Através da transgenia, as características de um organismo são trocados pela transferência de genes individuais de uma espécie para outra. É esta parte da nova revolução agrícola que tem atraído a maior parte da controvérsia ao redor da biotecnologia. Plantas têm sido modificadas geneticamente ao longo da história da agricultura, mas esta nova tecnologia permite mover genes individuais através da engenharia genética, o que resulta em combinações de genes oriundos de organismos de espécies diferentes, ou até mesmo de reinos diferentes. Plantas têm sido engenheiradas para resistir ao ataque de insetos e doenças, para serem tolerantes a herbicidas, ou para terem longa vida de prateleira. Adicionalmente, as plantas têm sido engenheiradas para novos usos tais como a remediação de solos contaminados por metais, produção de vacinas, ou produção de suplementos nutricionais (Nature Biotechnol. 1999). As perspectivas de utilização das plantas transgênicas são amplas: resistência a pragas, tolerância a outros estresses bióticos e abióticos, alimentos mais saudáveis, e práticas de produção mais compatíveis com a preservação do meio ambiente. Apesar de que

tenha havido importantes avanços no desenvolvimento de novas tecnologias que podem ser usadas na agricultura, na verdade existem poucos produtos biotecnológicos correntemente disponíveis. Estamos na primeira geração de tais produtos e a maioria destes são usados para o controle de pragas. Mesmo assim, no mundo inteiro, a taxa de adoção das culturas transgênicas não tem precedente na agricultura. É esperado que o mercado mundial de plantas geneticamente modificadas será de \$8 bilhões de dólares americanos em 2005, e de \$25 bilhões em 2010 (James 1999). De acordo com um amplo e detalhado relatório publicado por James (2000), número de países plantando culturas transgênicas cresceu de 1 (um) em 1992 para 13 em 1999. Entre 1996 e 2000, a área global cultivada com plantas transgênicas cresceu mais de 25 vezes, de 1,7 milhões de hectares em 1996 para 44,2 milhões ha em 2000. Mais de 98% deste crescimento ocorreram em apenas três países: Estados Unidos, Canadá e Argentina. Os países com produção comercial de plantas geneticamente modificadas (e percentagem do total global de plantas transgênicas) em 1999 eram: Estados Unidos, 30,3 milhões de hectares (68%), Argentina, 10,0 milhões de ha (23%) e Canadá, 3,0 milhões de ha (7%); China, 0,5 milhões (1); e Austrália e África do Sul, cada uma com menos de 0,2 milhões de ha (<0,5). A Adoção desta nova tecnologia, como a maioria de outras tecnologias, tem sido mais rápida em países industrializados, mas a proporção de culturas transgênicas cultivadas em países em desenvolvimento tem crescido consistentemente de 14% em 1977, para 16% em 1998, para 18% em 1999, e para 24% em 2000. Dentro deste contexto geral, a tolerância a herbicidas é a característica mais comum e constituiu-se em 73% de todas as plantas transgênicas em 2000. Considerando todos os países juntos, em 2000 o milho Bt foi cultivado em 6,8 milhões de hectares (15% do total das plantas transgênicas), com um adicional de 1,4 milhões (cerca de 3%) do total de plantas transgênicas plantadas com milho Bt/tolerante a herbicidas. Algodão Bt foi cultivado em 1,5 milhões de ha (3% do total de culturas transgênicas) com um adicional de 1,7 milhões de ha plantados com algodão Bt/resistente a herbicidas. Batata Bt foi cultivada em < de 0,1 milhões de hectares (< 1% do total das culturas transgênicas). Foram ainda aprovadas para o comércio nos Estados Unidos duas variedades de batata Bt/Resistente a vírus, duas variedades de abobrinha resistente a vírus e uma variedade de mamão resistente a vírus (NRC 2000), todas

com < 0,1 milhões de ha (< 1% do total da área cultivada com plantas transgênicas). As variedades de batata transgênica foram retiradas recentemente do mercado americano por questões de econômicas (baixa aceitação do público consumidor). A resistência de plantas a insetos e doenças tem sido usada por muitos anos e é amplamente aceita por prover um número de benefícios para o manejo de pragas. As plantas produzem naturalmente uma variedade de químicos antimicrobianos e inseticidas que são comumente conhecidos como químicos de defesa. A identificação e o uso de genes de plantas que codificam fatores antibióticos ou inseticidas estão entre os fatores mais importantes no desenvolvimento de variedades convencionais de plantas cultivadas altamente produtivas. A maior diversidade de genes que pode ser transferido através da engenharia genética, a maior efetividade destes, e a habilidade de inserir o mesmo gene em diferentes espécies cultivadas levantaram questionamentos a respeito da segurança das plantas transgênicas para a saúde humana e para o meio ambiente. Alguns produtos da engenharia genética resultam em características de proteção de plantas que são indistintos fenotipicamente daqueles inseridos através do melhoramento convencional. Além disto, os métodos transgênicos são baseados em um conhecimento mais completo dos genes que estão sendo transferidos para plantas cultivadas. Em outros casos, no entanto, características inseridas por transgenia podem resultar em plantas que têm novos fenótipos, como, p.e. a produção de uma nova toxina que pode potencialmente afetar a saúde humana ou animal, organismos não-alvo, ou a invasibilidade das espécies de plantas aparentadas da planta cultivada, capazes de receber o gne por hibridização. Os métodos transgênicos podem também introduzir outras características extemporâneas, por exemplo, quando são usados genes marcadores de resistência a antibióticos. Por outro lado, plantas transgências resistentes a insetos podem contribuir para a redução da aplicação de inseticidas nos campos agrícolas e, portanto promover um ambiente no campo cultivado mais favorável para insetos herbívoros, predadores e parasitóides. A maioria dos estudos sobre os efeitos diretos de plantas transgênicas que expressam a toxina do *Bacillus thuringiensis* (Bt) sobre organismos não-alvo indicam que os impactos sobre populações naturais provavelmente não serão significantes. Algumas pequenas mas significativas variações nos resultados destes estudos sugerem que é aconselhável se fazer uma

seleção cuidadosa de linhas de plantas Bt no desenho de novas variedades, e que mais pesquisas são necessárias a respeito do efeito das plantas Bt sobre organismos não-alvo. Além disto, a implementação de práticas de manejo de resistência é muito importante para retardar ou prevenir a adaptação de insetos pragas às substâncias de proteção produzidas pela planta, e para evitar qualquer ameaça à efetividade de, por exemplo, biopesticidas à base de *B. thuringiensis*. Estudos sobre a liberação de toxina Bt no solo por plantas transgênicas mostram que a proteína se liga rapidamente a partículas de solo, uma condição que limita as possíveis ameaças a organismos não-alvo que habitam o solo. No entanto, pesquisas de campo são necessárias para testar os resultados obtidos em experimentos feitos em microcosmos. Com relação a plantas transgênicas resistentes a vírus, a maioria dos resultados das pesquisas sobre recombinação entre transgenes contendo sequências virais e vírus infectivos em plantas cultivadas foram obtidos no laboratório, usualmente sob condições experimentais onde era possível prover uma forte pressão de seleção para eventos de recombinação. A relevância destas descobertas para plantas cultivadas no campo, portanto, deve ser interpretada com precaução. Finalmente, as investigações sobre hibridização entre plantas transgênicas e plantas invasoras pode potencialmente produzir ervas daninhas, especialmente através de modificações genéticas para tolerância a estres, como no caso da resistência a pragas. Esta questão terá que ser examinada cuidadosamente, caso a caso, no processo regulatório da biotecnologia.

MR 310 - STATUS OF SOYBEAN DISEASES AND THEIR MANAGEMENT UNDER NO TILLAGE SYSTEM

X.B. Yang, Department of Plant Pathology, Iowa State University

Tillage has been used generation after generation since the early years of agriculture and our ancestors must have had reasons to use it. One reason as we now know is that completely burying crop residues is an effective means of controlling crop diseases because this measure destroys plant pathogens and breaks disease cycles. In the United States, cropping practices have been shifted to surface tillage systems since early 1980's to protect soils from erosion and to offset the production cost. Because conservation tillage leaves crop residues on the surface which changes the physical

environment of the soil, this shift has changed disease picture as some diseases increase while others decrease. Results of numerous plant pathology studies carried out the last decade on the effects of conservation tillage on plant diseases have proved the changes. Pathologists in the north central region of the United States have made extensive studies on the ecology, epidemiology and management of soybean diseases under conservation tillage. In this presentation, I will review the change in disease pictures in soybean in the U.S. and other part of worlds. Summarize the important findings on the impact of conservation tillage on soybean diseases, provide some generalization by synthesizing information on how disease components are affected by soil dynamics of different tillage systems. Discussion will also be made on the available management methods/approaches to soybean diseases under no-till. Finally, we will examine the research needs in management of diseases in the context of conservation tillage.

GENOMIC APPROACHES TO MOLECULAR BREEDING OF RESISTANCE TO SOYBEAN SUDDEN DEATH SYNDROME AND CYST NEMATODE IN ELITE CULTIVARS

KANOKPORN "TIK" TRIWITAYAKORN, AZZIZ JAMAI , JEFF SCHULZ, JAVED IQBAL, KHALID MEKSEM, CHRISTOPHER TOWN 2, DAVID A. LIGHTFOOT 1 Department of Plant Soil and General Agriculture, Southern Illinois University at Carbondale, Carbondale, IL 62901-4415 USA ga4082@siu.edu 2 The Institute for Genomic Research, Maryland, USA.

Marker assisted selection for resistance is used for millions of selections annually. We have developed methods for high-throughput selection in soybean for 5 genes for resistance to SCN and seven for resistance to SDS. However, the efficiency of marker selection is limited by using linked markers instead of the genes themselves. We have developed markers from gene sequences following positional cloning of *Rhg1*, *Rhg4* (for resistance to soybean cyst nematode) and *Rfs2* (for resistance to *Fusarium solani* f.sp. *glycines* causal agent of sudden death syndrome). The gene alleles are much more useful than conventional markers. Isolating the remaining genes will be challenging without a whole genome sequence for soybean. Physical map based sequencing of gene rich islands in complex genomes provides an alternative strategy to whole genome sequencing. During the last 3 years we have developed a fingerprint based method developed physical maps of the soybean genome, and integrated it with gene maps. The soybean physical map is most highly developed for linkage group G where 10 contigs encompass the chromosome. These are being used to identify gene rich islands by cDNA hybridization and sequence the gene rich islands within the chromosome. Four genes for resistance, were mapped to a 1240 Kbp contig G200 and sequenced 300 kbp to isolate the *Rhg1* and *Rfs2*. Using genetic markers we mapped two genes to a second 300 kbp interval of the same contig, *Rfs6* and *Rfs1*. Integrating EST libraries (60% of the genes) and predicted paralogs (40% of the genes) with the soybean physical map identified this interval as one of several gene rich islands on linkage group G. The interval was sequenced using anchored BACs from two cultivars. A high predicted gene density has been observed (1 gene per 7 kbp). Predicted genes have been annotated by position

in the genome and presence in EST libraries or in the transcriptome. Comparing cultivar sequences we have found about 1 SNP per 2.1 kbp in genomic DNA, but two fold more SNPs around resistance genes. Sequencing of 10 Mbp to encompass one chromosome arm, Rfs, Mi, Rps5, Rps6 and white mold resistance QTL is proposed. Contigs were prepared for 1 Mbp of genomic DNA encompassing *Rfs4* and *Rfs5* on linkage groups C2 and I. Combining genome sequencing and substitution maps will annotate and isolate the 300-400 economically important soybean genes efficiently within the next decade. Marker assisted selection efficiency will be increased and the yield of new cultivars improved faster than ever before. This work was supported by NSF project #9872635, the ISPOB and the USB.

Keywords: Genomics, Markers, Selection, Physical-map, SCN and SDS

RESISTÊNCIA AOS NEMATÓIDES DAS GALHAS, *Meloidogyne* spp. EM AMENDOIM SILVESTRE: SEU POTENCIAL PARA MELHORAMENTO DE PLANTAS E PARA BIOTECNOLOGIA.

SCM LEAL-BERTIOLI, DJ BERTIOLI¹ & PM GUIMARÃES EMBRAPA Recursos Genéticos e Biotecnologia. Estação Parque Biológico Norte. Final W5 Norte. CEP 70.770-900. Brasília - DF. soraya@cenargen.embrapa.br. ¹Universidade Católica de Brasília Campus II 916Norte. Brasília - DF

Introdução

Germoplasma selvagem tem sido largamente utilizado por muitos povos para a integração de genes de resistência (genes R) em variedades cultivadas através de melhoramento tradicional (Knott & Dvorak 1976). O Brasil contém alguns dos centros de biodiversidade mais ricos do mundo, contendo os centros de origem de um número de plantas de grande importância econômica (ex. mandioca, amendoim, caju, abacaxi e cacau), assim como de parentes silvestres de muitas outras plantas (ex, diversos representantes de Solanáceas). Existem, no Brasil, bancos de germoplasma com inúmeros acessos de variedades cultivadas mais primitivas. Embora estes recursos genéticos sejam valiosos, existem muitas dificuldades práticas na sua utilização. Até agora, um dos usos mais importantes de germoplasma silvestre foi a integração de genes de resistência em variedades cultivadas por melhoramento tradicional. A utilização de variedades resistentes é uma maneira eficiente, de baixo custo e de baixo dano ambiental de se controlar pragas se comparada ao uso de pesticidas químicos.

O amendoim, *Arachis hypogaea* é uma leguminosa importante na alimentação humana. O Brasil tem o centro de diversidade de espécies de *Arachis* silvestre, que têm alta diversidade genética e são ricos em resistências. Para espécies de *Arachis* que são sexualmente compatíveis com o amendoim cultivado, a transferência destas resistências é possível através do melhoramento tradicional. Embora melhoramento tradicional tenha obtido sucesso, é limitado por barreiras de fertilidade e complexidade no processo de cruzamentos e pode ser vagaroso. Uma alternativa para a transferência de genes de interesse de parentes silvestres não compatíveis sexualmente, ou até para outras espécies de plantas cultivadas, como feijão e soja, seria

o isolamento dos genes que conferem estas resistências e a utilização de ferramentas de biotecnologia. A EMBRAPA Recursos Genéticos e Biotecnologia tem uma grande coleção de *Arachis* spp., com acessos de origem e filogenia determinadas. Alguns acessos também já foram testados para resistência a nematóides, tornando esta coleção ideal para a busca de genes de resistência (Bertioli *et al.*, 2000 *a* e *b*).

Muitos genes de resistência (R genes) já foram clonados (ex. Jones *et al.*, 1994, Lawrence *et al.*, 1994, Whitham *et al.*, 1994). Estes genes de resistência podem ser agrupados em diferentes classes, baseados em suas similaridades e alguns têm seqüências conservadas em uma região chamada NBS (nucleotide binding site). Vários estudos utilizaram estas regiões para desenhar primers para amplificar as regiões NBS de regiões análogas a genes de resistência por PCR (RGAs; Kanazin *et al.* 1996, Aarts *et al.* 1998, Yu *et al.* 1996, Shen *et al.* 1998). Alguns destes RGAs são geneticamente ligados a genes de resistência conhecidos, portanto, é muito provável que sejam também genes de resistência com especificidade ainda não determinada. Os grupos interessados em clonagem de genes de resistência têm se concentrado na crucífera *Arabidopsis thaliana*, embora outras espécies, como milho e arroz também tenham sido utilizadas. Neste trabalho, estamos interessados na prospecção de genes a partir de espécies silvestres de amendoim.

Recentemente, a aprovação de dois projetos de pesquisa propiciou a criação de uma rede de laboratórios trabalhando com *Arachis*: EMBRAPA Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasil; Universidade Católica de Brasília, Brasil; Instituto de Botanica del Nordeste, Argentina; Sainsbury Laboratory Norwich, Inglaterra; Universidade de Aarhus, Dinamarca e Universidade Estadual Paulista UNESP, Brasil. A pesquisa como um todo visa o desenvolvimento de ferramentas e uma base de conhecimento para a utilização de resistências em *Arachis* silvestre. Isto envolverá a construção de mapa genético de *Arachis*, a localização de marcadores nos cromossomos de *Arachis* através de hibridização *in situ*, investigação de relações entre genomas de espécies de *Arachis* e da planta modelo *Lotus japonicus*, a construção de um banco de dados de genes expressos de *Arachis* em resposta ao ataque de *Meloidogyne arenaria* (Bertioli, 2001).

Uma visão geral deste projeto pode ser encontrado no seguinte site:
<http://www.bioinfo.ucb.br/arachisnet/>.

A estratégia da pesquisa que estamos desenvolvendo na EMBRAPA Recursos Genéticos e Biotecnologia e na Universidade Católica de Brasília envolve o isolamento de RGAs através da amplificação de regiões conservadas, identificação de resistências em acessos silvestres de *Arachis*, a criação de um mapa genético utilizando estes RGAs e microssatélites em populações segregantes e o eventual isolamento de genes que conferem resistência a nematóides das galhas (*Meloidogyne* spp.) e fungos fitopatogênicos.

Estes passos serão discutidos separadamente.

Amplificação de regiões análogas a genes de resistência (RGAs). Diversos estudos mostraram que RGAs, quando utilizados como marcadores moleculares, facilitam a clonagem de genes de resistência. A localização dos RGAs no mapa genético tem o potencial de oferecer um atalho para a identificação de genes de resistência, uma vez que já foi demonstrado que muitos RGAs são geneticamente ligados a genes de resistência. De fato, alguns RGAs já foram identificados como fragmentos de genes de resistência. Portanto, os RGAs oferecem um ponto de entrada para genes de resistência, que geralmente se encontram agrupados nos cromossomos.

Primers para as RGAs foram construídos baseados nas seqüências de domínios NBS (nucleotide binding sites). Através de seqüências análogas nestas regiões, nós isolamos, seqüenciamos e caracterizamos cerca de 400 regiões análogas a genes de resistência. Entre as quais, 96 regiões são distintas e têm tradução confirmada (Leal-Bertioli *et al.* 2000 *a* e *b*). Estamos agora montando um banco de dados com as características destas seqüências e estamos iniciando a fase de desenvolvimento de marcadores moleculares a partir desta seqüência para a construção de um mapa genético de *Arachis*.

Mapeamento genético das RGAs

Com o objetivo de se isolar genes ativos de resistência, será feito o mapeamento destes marcadores moleculares em *Arachis*. Serão utilizadas populações segregantes de cruzamentos de acessos contrastantes de *Arachis* para resistência a *Meloidogyne arenaria* e *M. hapla* e os fungos *Cercospora arachidicola*, *C. personatum* e *Puccinia arachidis*. (Bruzzi et al., 2002, apresentado neste congresso).

Foram obtidos híbridos derivados de um cruzamento de um acesso de *A. duranensis* suscetível a *M. arenaria* e um acesso de *A. stenosperma* resistente à mesma população de *M. arenaria*, e estão sendo agora autopolinizados para a produção da F2. Utilizando a população F2 deste cruzamento, nós esperamos criar um mapa genético com vários tipos de marcadores moleculares: com os RGAs aqui isolados, e com microssatélites que também foram isolados para amendoim (Moretzsohn et al., 2000). Microssatélites têm uma série de vantagens como marcadores moleculares: são codominantes, abundantes, distribuídos uniformemente no genoma e tipicamente transferíveis entre espécies correlatas. Atualmente, estamos testando 70 marcadores microssatélites para polimorfismo em acessos resistentes e suscetíveis.

Perspectivas futuras

Melhoramento tradicional e transformação gênica de genes de resistência mostrou que os mesmos se mantêm funcionais quando transferidos entre espécies vegetais (Rommens et al. 1995; Thilmony et al. 1995, Whitham et al. 1996).

Os genes de resistência aqui isolados, em uma fase posterior do experimento poderão ser transferidos para plantas de importância comercial, como feijão e soja, através de transformação gênica e gerar variedades resistentes. Além disso, os marcadores moleculares aqui gerados poderão ser utilizados em programas de melhoramento tradicional.

Este projeto é financiado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Universidade Católica de Brasília (UCB),

União Européia (EU) e PRODETAB (um consórcio entre o Banco Mundial e a EMBRAPA)

Referências citadas

Aarts M.G., te Lintel Hekkert B., Holub E.B., Beynon J.L., Stiekema W.J. and Pereira A. 1998. Identification of R-gene homologous DNA fragments genetically linked to disease resistance loci in *Arabidopsis thaliana*. Mol Plant Microbe Interact Apr 11:251-8.

Bertioli, D.J. Diseases resistances in wild Arachis and the development of tools for breeding by genetic mapping and comparative genomics. III Simpósio de recursos genéticos para a América Latina e Caribe (Sirgealc). Londrina, 2001.

Bertioli D.J., Leal-Bertioli, S. C.M., Carneiro R.G., Valls, J.F.M., Favero, A.P., Bruzzi M., Vello, N. A., Moraes S. & Guimarães, P. M. The Brazilian *Arachis* germplasm bank: its diversity, disease resistances and resistance gene analogues. Molecular Genetics of Model Legumes. John Innes Centre, Norwich 24-28 June 2000. (Poster e Resumos).

Bertioli, D.J., Leal-Bertioli, S.C.M. Carneiro, R.M.D.G., Valls, J.F.M. & Guimarães, P.M. Busca de resistência a *Meloidogyne arenaria* em acessos nativos de amendoim selvagem *Arachis* spp. XXII Congresso Brasileiro de Nematologia Uberlândia, MG, 20 a 25 de fevereiro de 2000 (Resumos)

Jones D.A., Thomas C.M., Hammond-Kosack, K.E., Balint-Kurti, P.J., and Jones J.D.G. 1994. Isolation of the tomato *Cf-9* gene for resistance to *Cladosporium fulvum* by transposon tagging. Science 266:789-793.

Kanazin V., Marek L.F. and Shoemaker R.C. 1996. Resistance gene analogs are conserved and clustered in soybean. Proc Natl Acad Sci U.S.A. 93:11746-50.

Knott, D.R., and Dvorak, J. 1976. Alien germplasm as a source of disease resistance. Annual Review of Phytopathology. 14:211-235.

Lawence, G.J., Finnegan, E.J., Ayliffe, M.A. and Ellis, J.G. 1995. The *L6* gene for flax rust resistance is related to the *Arabidopsis* bacterial

resistance gene *RSP2* and the tobacco viral resistance gene *N*. Plant Cell 7: 1195-1206.

Leal-Bertioli, S.C.M. (a), Guimarães, P.M. & Bertioli, D.J. Busca de genes de resistência a nematóides em germoplasma silvestre do Brasil. Apresentação oral .XXII Congresso Brasileiro de Nematologia Uberlândia, MG, 20 a 25 de fevereiro de 2000 (Resumos)

Leal-Bertioli, S.C.M. (b), Guimarães, P.M., Bruzzi Lion, M., Carneiro, R.G., Valls, J.F.M. & Bertioli, D.J. 2000. Busca de resistência ao nematóide das galhas *Meloidogyne* spp. e seqüências análogas a genes de resistência em acessos silvestres de *Arachis*. Boletim de Pesquisa 20, Dez 2000 p5-17. EMBRAPA.

Moretzsohn, M.C.; Hopkins, M.S.; Mitchell, S.E.; Kresovich, S. (2000). Development of polymorphic microsatellite markers in peanut (*Arachis hypogaea* L.). Genet. Mol. Biol., 23: 418

Rommens, C.M.T., Salmeron, J.M., Oldroyd, G.E.D., and Staskawicz, B.J. 1995. Intergeneric transfer and functional expression of the tomato disease resistance gene *Pto*. Plant Cell 7:1537-1544.

Shen K.A., Meyers B.C., Islam-Faridi M.N., Chin D.B., Stelly D.M. and Michelmore R.W. 1998. Resistance gene candidates identified by PCR with degenerate oligonucleotide primers map to clusters of resistance genes in lettuce. Mol Plant Microbe Interact 11:815-23.

Thilmony, R.L., Chen, Z., Bresson, R.A., and Martin, G.B. 1995. Expression of the tomato *Pto* gene in tobacco enhances resistance to *Pseudomonas syringae* pv *tabaci* expressing *avrPto*. Plant Cell 7: 1529-1536.

Whitham S., Dinesh-Kumar S.P., Choi D., Hehl R., Corr C. and Baker B. 1994. The product of the tobacco mosaic virus resistance gene N: similarity to toll and the interleukin-1 receptor. Cell 23:1101-15. (Published erratum appears in Cell 1995 81:466)

Yu Y.G., Buss G.R. and Maroof M.A. 1996. Isolation of a superfamily of candidate disease-resistance genes in soybean based on a

conserved nucleotide-binding site. Proc Natl Acad Sci U.S.A. 93:11751-6.

INVESTIGACION Y DESARROLLO DE VARIEDADES E IMPACTO EN LA PRODUCCION COMERCIAL DE SOYA EN BOLIVIA DURANTE 1970-2001 (GLYCINE MAX (L.) MERRIL)

H. Spechar (Granos, Empresa de Servicio Agroindustrial, E-mail: granos@cotas.com.bo Santa Cruz de la Sierra Bolivia.) Hugo Spechar,

La producción comercial de soya, se ubica en el departamento de Santa Cruz, que ocupa las tierras bajas del oriente de Bolivia. Se cultiva alrededor de 500 mil hectáreas y se produce anualmente 1.5 millones de toneladas métricas en dos cosechas por año: verano e invierno. Durante este periodo de 30 años de crecimiento de los cultivos, los investigadores adaptaron 44 variedades de origen público y privado, de las cuales 26 se hallan en uso comercial. La investigación está orientada a desarrollar variedades con alto potencial de rendimiento, adaptables a un entorno de un millón de hectáreas sujetas a la inestabilidad del clima de pie de montaña; y, por consiguiente, con zonas diferenciadas con diferentes exigencias de adaptación a fechas de siembra, micro – climas, y enfermedades. La creciente demanda del agricultor por contar con semilla mejorada, ha sido canalizada a través de un sistema regional de investigación, difusión, y abastecimiento de variedades de pureza genética con dos componentes notables: a) la normativa de multiplicación y fiscalización a cargo de un ente público administrado conjuntamente por productores y representantes de entes públicos regionales cuya gestión es enteramente pagada por el usuario de la semilla; b) el desarrollo de variedades, tarea asignada a un ente público complementado por emprendimientos privados. Esta clara definición de competencias administrativas entre los sectores público y privado, ha estimulado la inversión privada en infraestructura para producir y comercializar semilla en un mercado libre, con suficiente rentabilidad para que las empresas semillistas adapten variedades, preserven la pureza varietal, y abastezcan semilla en cantidad y calidad para dos épocas de siembra. Durante la década del 70, los agricultores emplearon variedades originadas en los Estados Unidos de Norteamérica. Mas tarde, la investigación estatal recibió materiales originados en centros de investigación en el Brasil, que permitió a la institución ampliar su capacidad para desarrollar adaptaciones y abastecer el mercado con material de pureza.

genética. En los 80, los emprendimientos privados se dedicaron a multiplicar y conservar volúmenes significativos de semilla que sirvieron para difundir el uso de semilla certificada. En los 90, estos semillistas se vincularon a centros públicos y privados de investigación en Brasil, creando así un círculo virtuoso de mejoramiento genético, difusión, y abastecimiento de semilla certificada. Durante todo este periodo, instituciones y productores de semilla compartieron una única visión: incrementar el uso de semilla certificada con material originado fuera del país y adaptado localmente, dentro de una normativa reguladora de orden público administrada de manera conjunta por un directorio público – privado y la participación de semillistas emprendedores. Actualmente, la semilla certificada es abastecida por 26 empresas semillistas. La ley de protección varietal, establecida en 1995, afirmó la institucionalidad del sistema regional de abastecimiento de semilla certificada y estimuló la producción y comercialización de variedades de última generación. Sin embargo, la aplicación de una norma de semilla de uso propio, en los dos últimos años, ha tenido efecto negativo en la capacidad del sistema de abastecimiento de semilla certificada. Ambigüedades en la norma e inadecuada administración de ella, han trasladado parte del incremento en el uso de semilla certificada al uso de semilla de contrabando, fuera de norma; de no rectificarse esta tendencia, la evolución del sistema regional de abastecimiento de semilla certificada podría truncarse. Lo equivocado de esta norma es presumir que el pequeño agricultor es un agricultor de subsistencia que se beneficia si se auto - abastece con semilla de producción propia. La experiencia aportada desde 1970 por el sistema regional de semilla de Santa Cruz ha probado lo contrario.

EVOLUCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN Y PRODUCCIÓN DE LA SOJA EN EL PARAGUAY

WILFRIDO MOREL¹; EDUARDO RODRÍGUEZ¹; ANTONIO SCHAPOVALOFF¹

¹Centro Regional de Investigación Agrícola, Dirección de Investigación Agrícola, Ministerio de Agricultura y Ganadería. Capitán Miranda, km 16 Ruta 6, Departamento de Itapúa, Paraguay; E-mail: prisoja@cria.org.py

En un país eminentemente agrícola, como es el Paraguay, y cuya economía está basada en gran medida en las divisas que generan las exportaciones de unos pocos productos agrícolas, la soja ocupa unos de los primeros lugares y es económicamente una de las más rentables. Su introducción data en el año 1921, pero recién se expandió desde la década del 60, primeramente era destinada para proveer de materia prima a las industrias locales de oleaginosas, a partir de 1967 se realizaron las primeras exportaciones hacia el exterior. Desde sus inicios la producción de este rubro se ha centrado íntegramente en la región Oriental del país, llegando actualmente a ocupar una superficie aproximada de 1.300.000 hectáreas, de las cuales alrededor del 80 % corresponden a tres departamentos; Canindeyu, Alto Paraná e Itapúa, los cuales poseen suelos rojos derivados del basalto, en su mayor parte ricos en bases intercambiables y con bajo contenido de fósforo, con una precipitación media anual aproximada de 1800 mm. El ciclo anterior se llegó a una producción de 3.500.000 toneladas, destinándose el 70 % al exterior como grano y con apenas el 23 % las industrias locales procesan para la fabricación de aceites, siendo el 2 % para la producción de semillas. En cuanto a ingreso de divisas al país representa unos 400.000.000 de U\$S, llegando a alcanzar el 36 % del PIB.

Con la creación e implementación del Programa de Investigación de Soja en el año 1.972, dependiente de la Dirección de Investigación Agrícola del Ministerio de Agricultura y Ganadería se conformaron las distintas áreas con el objetivo de desarrollar y de generar las informaciones referente al cultivo, en aquel entonces los trabajos de investigación se centraban básicamente en la introducción de variedades, siendo las mismas sometidas a un estudio de adaptación a las condiciones edafoclimáticas del país, para posteriormente ser

seleccionadas y liberadas como cultivar para su producción a nivel comercial.

Esos primeros trabajos de investigación acompañaron con acierto una expansión acelerada del cultivo de la soja en el Paraguay, en la década de los ochenta y debido a que surgían nuevas necesidades, además de estar ubicada en una de las zona de mayor área de siembra, se iniciaron las investigaciones sobre este rubro en el Centro Regional de Investigación Agrícola (CRIA), en los trabajos de mejoramiento genético de la soja por medio de la introducción, selección y cruzamiento de variedades, así también se realizaron ensayos en: comportamiento de variedades en diferentes épocas de siembra, efecto de la densidad de siembra, control químico de malezas, control químico y biológico de plagas, niveles de fertilización, resistencia a las principales enfermedades etc.

Ya en el año 1.994, comenzaron los trabajos para la obtención de materiales genéticos con mayor contenido de aceite y proteína por métodos químicos y en forma directa por el método de Infratec, esto permitió obtener nuevos datos utilizados en los trabajos tendientes a incrementar la calidad industrial del grano, mediante la cooperación de organismos internacionales como la JICA(Agencia de Cooperación Internacional del Japón) y nacionales como la CAPECO(Cámara Paraguaya de Exportadores de Cereales y Oleaginosas) y Gobernaciones Departamentales, se liberaron nuevas variedades de soja, desarrolladas íntegramente en el país, de buena aceptación por parte de los productores.

No obstante las dificultades presentadas a través del tiempo atentaban con la rentabilidad del cultivo como ser la aparición de malezas resistentes a herbicidas, aparición del Cancro del tallo (*Diaporthe phaseolorum* sp. *meridionalis*) hecho que posibilitó la eliminación de variedades comerciales que se han venido cultivando hasta ese momento, del Picudo de la Soja(*Sternechus subsignatus*) en expansión hacia otras zonas de producción.

Actualmente se cuenta con un amplio Programa Nacional, a través del cual se realizan los trabajos de investigación de la soja, cuyas áreas toman al cultivo como componente de un sistema de producción y no como un rubro aislado, así se vienen ejecutando estudios de niveles de fósforo con énfasis en el sistema de siembra directa incluyendo rotaciones con cultivos comerciales y de cobertura, control químico de malezas en siembra directa y convencional, estudios de rotación de cultivo con soja, colecta de

enemigos naturales y estudios del ciclo biológico, así como el control químico y biológico de plagas.

En la tarea de incentivar la producción de la soja en áreas no tradicionales como es el caso del Departamento de Misiones, llevó a la realización de experimentos por varios años, para así hoy día contar con elementos básicos en cuanto a tecnología de producción se refiere. Dicho Departamento cuenta con suelos rojo amarillo podsólicos de origen arenisca, con una precipitación de 1400 a 1600 milímetros anual y 20 a 21° C de temperatura media, con un área potencial de cultivo de soja de aproximadamente unas 150.000 hectáreas, según estimaciones realizadas por estudios de mapeos satelitales.

El avance en el campo de la investigación de soja en el Paraguay, permite contar con otros métodos modernos de selección, como en el área de Biotecnología se han iniciado recientemente los estudios genéticos en variedades de soja a través de la utilización de marcadores moleculares. Así en el año 1996 se efectuaron los trabajos de extracción de DNA (método de Cetyl Trimethyl Ammonium Bromide (CTAB)) en las líneas productos de las cruzas realizadas en el CRIA. Estos trabajos constituyeron una serie ensayos ejecutados, utilizando marcadores tipo RAPD (Randon Amplified Polimorphic DNA) y PCR (Polymerasa Chain Reaction) para detectar polimorfismo. Últimamente están siendo realizados trabajos de extracción de AND por medio de "Kit de Extracción" y analizados por medio de marcadores Micro Satélites SSR (Single Sequence Repeat) en función a datos de investigaciones realizados en otros países, todo estos proyectos están siendo impulsados dentro del marco del proyecto de cooperación entre el Ministerio de Agricultura y Ganadería y la JICA.

EVOLUCION Y PERSPECTIVAS DE LA PRODUCCION Y DE LA INVESTIGACION EN SOJA EN ARGENTINA

H.E.J. BAIGORRI (1); C. GHIDA DAZA (1); M. CUNIBERTI (1); R. HERRERO (1); J. ARAGON (1); S. DISTEFANO de VALLONE (1); L. SALINES (1); E. GUILLIN (1); A. KLOSTER (1); M. DIAZ ZORITA (2); R. MELCHIORI (3); A. PERTICARI (4); M. BRAGACHINI (5); A. VON MARTINI (5); A. MENDEZ (5). (1) EEA INTA Marcos Juárez . Casilla de correo 21 (2580). Marcos Juárez (Pcia. de Córdoba - Argentina). Email: hbaigorri@correo.inta.gov.ar. (2) EEA INTA Gral Villegas. (3) EEA INTA Paraná. (4) IMYZA INTA Castelar. (5) EEA INTA Manfredi.

1- Evolución de la producción de soja en Argentina: La soja es el cultivo de más rápida adopción y expansión en la historia de la agricultura argentina. De una producción nacional de 59.000 toneladas (1970/71), llegó en 30 años a las 25.890.000 toneladas (200/1), convirtiéndose por su participación en el valor total de la producción y exportación, en el principal producto de la agricultura nacional. Los motivos del importante crecimiento del cultivo de soja se deben fundamentalmente a tres motivos: 1) la adaptación a un amplio rango de ambientes, 2) la mayor rentabilidad relativa y 3) la simplificación de la producción del cultivo; motivos que se potenciaron a partir de la siembra directa y los cultivares tolerantes a glifosato (RR). Entre la década del '70 y '80, la producción crece veintiocho veces a partir de un bajo valor inicial. Entre la década del '80 y '90 lo hace un 178% y desde comienzos del '90 hasta el 2000/01 en 131%. Los cambios en la superficie sembrada entre períodos fueron sucesivamente de 2095%, 142%, 102% y 11% y la variación entre ciclos en el rendimiento fue: 30%, 16%, 12% y 3%. De acuerdo a ello surge que el componente significativo de los incrementos productivos fue el aumento de la superficie dedicada a la actividad por desplazamiento de otros cultivos y por traslado de actividades ganaderas hacia áreas mas marginales. En forma paralela a este desarrollo del cultivo , a partir de medidas de política económica sectorial que favorecían agregarle valor al producto con impuestos diferenciales, y aprovechando el aumento del consumo mundial de aceites vegetales durante los '90, se desarrolló un eficiente complejo agroindustrial oleaginoso. Esto permitió a la Argentina ser en la actualidad el primer exportador mundial de aceite y de harina de soja. Cabe agregar la importancia del aumento de

participación en las exportaciones totales considerando que, entre 1980 al 2000, el volumen de comercio de grano creció un 68%, en aceite 117% y harina 91%. La alta competitividad económica relativa de la soja y su alta capacidad de adaptación agronómica a distintos climas y suelos, le permitió extenderse en las tierras agrícolas y mixtas.

2- Evolución y perspectivas del impacto sobre la producción y de la investigación por especialidad

2.1- Mejoramiento genético: Desde el año 1982 se inscribieron en la Argentina, 343 cultivares de soja, de los cuales el 51,6 % corresponden a cultivares de creación nacional y el resto a germoplasma introducido. Dentro del germoplasma nacional, el 69 % de los cultivares corresponden al sector privado y el 31 % al sector público, mientras que del germoplasma introducido, el 90 % es de origen de los EEUU y el 10% restante del Brasil. Los grupos de madurez (GM) de los cultivares inscriptos abarcan un rango que va del GM II al GM IX, siendo los más difundidos los GM III al VII. La ganancia genética promedio medida en Argentina es del 0,73 % de incremento anual (20,7 Kg./ha./año.). Los problemas sanitarios enfrentados a partir de la campaña 1996/97, determinaron un incremento en el número de cultivares con genes de resistencias a enfermedades como Cancro del tallo, la Podredumbre de raíz y tallo (*Phytophthora sojae*), el Nematodo de quiste (*Heterodera glycines*). En la actualidad no se inscriben cultivares con susceptibilidad al Cancro del tallo. Por las perspectivas de una creciente demanda de producción de soja orgánica y de alta calidad nutritiva, la mayoría de los programas de mejoramiento trabajan para incrementar la calidad de la proteína y aceite y en la reducción de los factores antinutricionales. En lo refrente al apoyo de la biotecnología al trabajo de mejoramiento, en la Argentina no se están realizando en la actualidad tareas relacionadas con la transformación de variedades de soja por medio de tecnologías del DNA recombinante (transgénesis) ni de inducción de mutaciones para posteriores trabajos de selección de líneas. Sin embargo, diferentes compañías privadas han presentado entre 1999 y 2001, numerosos eventos de transformación obtenidos en el exterior para su aprobación por las autoridades nacionales (CONABIA). Los trabajos que más activamente se han venido desarrollando en los últimos años han sido aquellos relacionados de una u otra forma con la utilización de marcadores moleculares, principalmente aquellos basados en la

Reacción de Polimerización en Cadena (PCR), aplicados a diferentes objetivos. Una lista parcial de algunos de estos emprendimientos incluye: caracterización de materiales comerciales, análisis de bloques de cruzamiento, desarrollo de marcadores aptos para el mejoramiento, mejoramiento asistido por marcadores moleculares, análisis de organismos patógenos, detección de OGMs e investigación básica. El mejoramiento genético en Argentina, con la importante ayuda de la biotecnología, priorizará en el futuro los siguientes objetivos: resistencia a enfermedades y plagas, calidad industrial y nutricional, la incorporación de genes de juvenilidad en cultivares destinados a la región norte, hábitos de crecimiento semideterminados en GM V al IX e indeterminados en GM V al VII y nuevas características que permita incorporar la biotecnología al genoma de la soja.

2.2- Ecofisiología y manejo de cultivares: Se logró caracterizar el patrón de desarrollo y crecimiento del cultivo a nivel nacional y determinar los GM y hábitos de crecimiento de los cultivares más adaptados a cada ambiente de producción y su manejo en lo referente a fecha de siembra y espaciamiento entre surcos. Los resultados de dichos ensayos permitieron realizar importantes modificaciones a las recomendaciones de elección y manejo de cultivares en todas las regiones de producción del país. Esto se ve reflejado cuando se sincronizan la elección de un buen cultivar, con un correcto manejo, en un buen ambiente, se han obtenido rendimientos potenciales de más de 7000 Kg. / Ha. Desde inicios de la década del 90 se trabaja en la calibración y validación de modelos de simulación del desarrollo y crecimiento del cultivo. En el futuro se continuará con el trabajo de caracterizar el patrón de desarrollo y crecimiento y la calidad industrial del cultivo en función del ambiente y el manejo, en mayor cantidad de ambientes y con los nuevos cultivares desarrollados por el mejoramiento genético. La continuidad del trabajo con modelos de simulación, permitirá que los mismos alcancen un adecuado nivel de ajuste que posibilite su uso para analizar estrategias de manejo.

2.3- Conservación de suelos: La adopción de la siembra directa permitió revertir el deterioro de los suelos, provocado por el laboreo y el monocultivo. Actualmente se dispone de la tecnología para lograr una producción sustentable del cultivo, no obstante en las principales zonas de producción no se cumple con las rotaciones

recomendadas, por los menores costos de producción y mayor rentabilidad de la soja.

2.4- Fertilización: El cultivo de soja tradicionalmente se realizó con nulo a reducido uso de fertilizantes en la mayoría de las regiones de producción del país. Actualmente, se fertiliza el 30 al 36% del área con soja implantada con barbecho previo y el 18 al 23% en las siembras sobre trigo. Asociado con la disponibilidad de fósforo de los suelos, los porcentajes mayores se encuentran en la provincia de Entre Ríos, con niveles de 81.6 % y 49.0% respectivamente y los menores correspondieron a La Pampa (8%) y norte de Bs.As.(5.2%), respectivamente. El fósforo es, una vez cubiertas las demandas de N, el nutriente que con mayor frecuencia restringe el logro de lotes de alta producción pudiéndose estimar la necesidad realizar correcciones con fertilizantes fosfatados a partir del análisis del suelo (capa de 0 a 20 cm). Resultados de varios estudios específicos muestran que en suelos con niveles de P extractables inferiores a 12 ppm la respuesta al agregado de P es altamente probable. En estas condiciones el aumento medio de producción es de unos 400 kg/ha con aplicaciones localizadas cercanas a la línea de siembra de 100 kg/ha de superfosfato triple. Aún restan estudios regionales en mayor detalle para el ajuste de dosis óptimas de fertilización según indicadores de suelo y de producción del cultivo (ej. rendimiento objetivo). Azufre es el tercer elemento identificado como limitante para el logro de cultivos de altos rendimientos. Las perspectivas de las investigaciones de fertilización de soja tienden a la integración del manejo nutricional en el contexto de rotaciones (ej. trigo/soja) y contemplando el mejoramiento en la eficiencia de uso del nitrógeno atmosférico como base del logro de cultivos de alta producción.

2.5- Fijación biológica de nitrógeno: Los estudios desarrollados por el INTA desde 1980, permitieron determinar que la cepa E109 (USDA 138) de *Bradyrhizobium japonicum*, es muy eficiente en los diferentes ambientes del cultivo de soja. Se han desarrollado métodos más prácticos y/o más eficientes para realizar el proceso de inoculación dentro de estos hay que destacar la practicidad de la aplicación con los nuevos inoculantes líquidos y en especial hay que considerar el desarrollo conjunto estatal-privado, del método de preinoculación o inoculación anticipada de semillas de soja, tecnología que permite separar la inoculación de la siembra. Para lograr un mayor nivel de expresión de la FBN en soja y acotar los efectos negativos de las limitantes planteadas, en el futuro se espera

que de las diferentes líneas de investigación se obtenga información que permita: cuantificar la incidencia de la FBN en función del ambiente y del manejo, seleccionar nuevas cepas de rizobios eficientes, mejorar la tasa de FBN del cultivo, desarrollar tecnologías de inoculación más eficientes y reducir mediante la fertilización las efectos negativos que imponen las limitaciones nutricionales. La interacción de los conocimientos alcanzados aportará estrategias actualizadas para maximizar la FBN en soja.

2.6- Enfermedades:

La enfermedad mas importante del cultivo en la década del 70 y 80 fue la Podredumbre húmeda del tallo (*Sclerotinia sclerotiorum*). Actualmente además se mencionan al Cancro del tallo (*Diaporthe phaseolorum* var *meridionalis*), el Síndrome de la muerte repentina (*Fusarium solani* f .sp. *glycines*), la Podredumbre de raíz y tallo (*Phytophthora sojae*), la Podredumbre marrón del tallo (*Phialophora gregata*) y la Mancha ojo de rana (*Cercospora sojina*). La Podredumbre húmeda del tallo alcanzó valores puntuales de pérdidas de producción de 55%. Atendiendo a la falta de resistencia genética, se logró disminuir la incidencia de esta enfermedad a partir de la reducción del ciclo de los cultivares en uso y el adelantamiento de las fechas de siembra. El Cancro del tallo fue citado en el noroeste de Argentina en 1983 y posteriormente en la campaña 1991/92 en la zona de Pergamino (Bs.As.), con una ocurrencia esporádica hasta 1996/97 donde se presentó en forma generalizada registrándose daños significativos en la mayor parte del área sojera del país. Las pérdidas puntuales registradas llegaron al 100%. Desde ese momento el recambio varietal fue muy rápido y resultando la resistencia genética una práctica de control muy eficiente. El Síndrome de la muerte repentina se presentó en la campaña 1991/92 en la región central y en 1992/93 en la región norte. Las pérdidas puntuales registradas fueron del 15% y del 90% en ambas regiones respectivamente. Gradualmente incrementa su incidencia y se están desarrollando evaluaciones de invernáculo y moleculares, para caracterizar el comportamiento varietal. La Podredumbre de raíz y tallo se detectó en 1978, comienza a causar pérdidas en la década del 90. La incidencia puntual registrada en la región pampeana central ha alcanzado valores de alrededor de 70%. La Podredumbre marrón del tallo es una enfermedad de menor importancia que las mencionadas y su difusión e incidencia se vio incrementada a partir de la campaña 93/94. La Mancha ojo de rana fue reportada por

primera vez en la zona centro de nuestro país en 1983 y en la zona norte en la campaña 1997/98, en ambos casos sin ocasionar daños importantes. Durante la campaña 1999/2000 se han observado lotes severamente afectados en la provincia de Tucumán, como así también en Salta, Catamarca y Santiago del Estero. En la región pampeana norte se observaron lotes con hojas mostrando síntomas durante la campaña 2000/01. Las pérdidas en algunas localidades de Tucumán fueron superiores al 40%. Entre las enfermedades de soja endémicas tanto en el norte como en el centro del país merecen señalarse: Mancha marrón (*Septoria glycines*); Tizón y mancha foliar por *Cercospora* y Mancha púrpura (*Cercospora kikuchii*); Antracnosis (*Colletotrichum* spp.); Mildiu (*Peronospora manshurica*); Tizón bacteriano (*Pseudomonas syringae* pv. *glycinea*); Damping off (*Rhizoctonia solani*, *Fusarium* spp. y *Pythium* spp.); Tizón del tallo y vaina y Podredumbre de semilla (*Phomopsis* spp.), que produjo pérdidas puntuales de hasta un 100% en la campaña 1998/99 en el sur de la provincia de Santa Fe, Córdoba y Entre Ríos y el Virus del mosaico común y del Moteado del maní. Durante la campaña 2000/01 se presentó causando importantes pérdidas la podredumbre carbonosa (*Macrophomina phaseolina*). Ocasionalmente se presentan el tizón por *Sclerotium* (*Sclerotium rolfsii*). En la campaña 1997/98 se presentaron ataques de oídio (*Microsphaera diffusa*). En la región noroeste del país se agrega el Geminivirus que se hizo importante durante la década del 90 y la Mancha anillada (*Corynespora cassiicola*). La situación planteada ha determinado la intensificación del trabajo multidisciplinario de investigación referido a la protección del cultivo de las incidencia de las enfermedades y en la aplicación del manejo integrado de las mismas.

2.7- Plagas: La importante superficie cultivada, que cubren numerosas provincias del norte, centro y sur del área agrícola de Argentina, presenta diferentes complejos de plagas del cultivo según región. No obstante, las orugas defoliadoras (*Rachiplusia nu*, *Anticarsia gemmatalis* y otras) y chinches (*Nezara viridula* y *Piezodorus guildinii*), están presentes en todas las regiones citadas, presentando mayor importancia en el norte del país por razones climáticas. En los últimos 10 años se registró un significativo incremento de la superficie sembrada en SD, práctica que incrementó el complejo de plagas del suelo asociadas a la falta de laboreo como: orugas cortadoras (*Agrotis* spp.); tucuras, moluscos y crustáceos. En la región núcleo sojera (norte de Bs.As., Córdoba y

Santa Fe), se estima que los productores de soja, efectúan un promedio de 1 aplicación de insecticidas por lote por año, mientras que en regiones productoras del noroeste y noreste de Argentina, las aplicaciones necesarias para la protección del cultivo, alcanzan promedios de 2 a 4 por lote según los años. Por otro lado el gasto por hectárea de insecticidas de acuerdo a información proporcionada por la Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes (CASAFE, 2001), disminuyó en los últimos años desde un máximo de U\$S 5,3/ha. en la campaña 1995/96 a U\$S 2,3/ha en la campaña 1999/2000. Entre los factores que se están estudiando para mejorar los programas y estrategias de control en los próximos años figuran: 1) Eficiencia de enemigos naturales su fomento y protección (uso de insecticidas selectivos, cría artificial e importación y control racional de las malezas para protección de la flora autóctona). 2) Eficiencia de cultivares con resistencia a plagas (ej: Bt). 3) Evaluación de insecticidas de origen químico y biológico (dosis reducidas, formulaciones, sistema de aplicación). 4) Umbrales de tratamiento para las nuevas plagas emergentes en nuevas zonas de producción y de aquellas originadas por sistemas de cultivo en siembra directa. 5) Sistemas de alarma para difundir en forma anticipada la posible aparición de las plagas por medio de trampas de luz, feromonas, observación directa y su difusión por vía electrónica a los usuarios (email e internet). Actualmente esa información es proporcionada por el INTA Marcos Juárez por medio de su sitio Web: <http://mjuarez.inta.gov.ar>)

2.8- Nematodos: Los nematodos que se han reportado produciendo pérdidas de rendimiento en Argentina son el nematodo de la agalla (NA) (*Meloidogyne incognita* y *M. javánica*) y el nematodo del quiste de la soja (NQS) (*Heterodera glycines*). El NA fue reportado en la década del 80 en el centro y oeste de la provincia de Córdoba, generalmente asociado a suelos arenosos. También se lo ha reportado en la provincia de Tucumán. El NQS fue identificado causando daños en cultivos de soja en la región núcleo sojera en la campaña 1997/98. Se han estimado pérdidas de hasta 65% en campos severamente afectados en Córdoba y Santa Fe donde se identificaron las razas 1, 3 y 14. En la provincia de Tucumán se observaron las razas 3 y 5. Se han desarrollado trabajos de relevamiento, caracterización de las poblaciones y del comportamiento de los cultivares al nematodo, mejoramiento

genético y determinación de la influencia de las rotaciones. Investigaciones que se deberán intensificar en el futuro.

2.9- Malezas: A partir de la introducción del cultivo de la soja en Argentina, el control de malezas fue una de las prácticas de manejo más importantes por la incidencia de las mismas en los rendimiento y en el costo de producción. Inicialmente se combinaba el control mecánico con el químico. A partir del momento en que la oferta de herbicidas (residuales, sistémicos y de contacto), posibilitó un adecuado control de malezas en los planteos en siembra directa, la creciente adopción de esta práctica fue dejando de lado el control mecánico. Finalmente la liberación al mercado de cultivares tolerantes a glifosato, por las grandes ventajas que presenta este sistema simplificando el control y abaratando su costo, determinó la adopción masiva de este tipo de cultivares. Actualmente se estima que ocupan más del 95% de la superficie de siembra y en las regiones en las que se dispone de cultivares RR con adecuado potencial de rendimiento y sanidad, ocupan el 100% de la superficie. Esto ha determinado que las líneas de investigación estuvieran orientadas a determinar las mejores modos de uso de glifosato sólo ó combinado con herbicidas residuales, de acuerdo a las diferentes situaciones de manejo. Además se desarrollan estudios tendientes a determinar la influencia del uso masivo de glifosato, aparición de malezas resistentes y su control.

2.10- Mecanización agrícola y agricultura de precisión: La rápida evolución del cultivo de la soja en Argentina, fue acompañada por un importante salto tecnológico en mecanización agrícola. El adelanto tecnológico en sembradoras de S.D se produjo en la eficiencia de corte del rastrojo en condiciones de abundante cobertura, cultivo antecesor trigo o maíz y con varios años de S.D. En esas condiciones extremas la tecnología consistió en la utilización de la cuchilla turbo de corte y remoción en la línea con resorte de copiado que permitió mejorar la colocación de la semilla de soja en contacto con el suelo logrando excelentes implantaciones aún en condiciones extremas incrementando el porcentaje de plantas dominantes y por ende la productividad del cultivo. En un futuro muy cercano se incrementará el ancho de labor de las sembradoras (10 m), posiblemente con distribuidor mecánico y transporte neumático (air drill); todas las sembradoras dispondrán de cuchilla turbo en su tren de siembra, algunas de ellas utilizarán barredores de rastrojo, estando en experimentación la fertilización líquida y la inoculación

líquida que posibilita inocular en tiempo real mediante equipos especiales que colocan el inoculante directamente en el fondo del surco y sobre la semilla mediante fijadores de semilla de diseños especiales. En el aspecto de aplicación de agroquímicos como herbicidas, insecticidas y fungicidas se avanzó mucho en la calidad de aplicación en todo lo relacionado a la elección de las pastillas apropiadas para cada situación particular facilitada por los picos giratorios con 4 pastillas, como así también la correcta elección del caudal y la presión con un mayor cuidado en la estabilidad del botalón (barra porta picos) de la pulverizadora buscando también una mayor autonomía 3.000 litros tanto en las autopropulsadas como en las de arrastre, suspensión neumática, trocha variable y un generalizado uso de computadoras interactivas y banderilleros satelitales en aplicación aérea como terrestre. En la década del 90 se introdujeron los mejores equipos de cosecha a nivel mundial y se mejoró el desarrollo de los equipos nacionales. Se mejoraron las barras de corte flexibles flotantes logrando un bajo perfil, la autonivelación y control de altura automático electrónico, hidráulico o neumático son una constante en los cabezales modernos. Se generalizaron los cilindros de dientes en cosechadoras tradicionales (menor daño mecánico al grano) y en cosechadoras axiales (New Holland, CASE, John Deere, Gleaner) se trabajó en el desarrollo de kit de adaptación para aumentar la capacidad de trabajo. Se mejoró la eficiencia de distribución de los residuos y el equipamiento de neumáticos de alta flotación y baja presión. En relación a la Agricultura de Precisión, Argentina posee buen desarrollo y adopción de equipamiento de monitores de rendimiento (520 unidades). La siembra con densidad de semilla y fertilización variable ya es una realidad a nivel experimental, estando en una incipiente adopción por parte de los productores. El manejo sitio específico de la fertilización de base será uno de los próximos pasos que adoptará el productor en cuanto a la colocación posicionada en el lote de elementos como P y S dada la variabilidad de respuestas del cultivo que responden a la propia variabilidad de fertilidad de los suelos con muchos años de siembra continua de soja. Dentro del almacenaje se avanzó en experimentación y adopción del almacenaje temporario de soja a nivel de lote en bolsas plásticas de 2,7 m de diámetro por 60 m de largo y 200 toneladas de capacidad, que permite mediante la generación de un ambiente rico en dióxido de carbono y pobre en oxígeno, deprimir el desarrollo de insectos y reducir la actividad del

grano, facilitando la conservación durante 6 meses con humedad inferior a 16%. Tecnología que en la presente campaña permitirá almacenar a bajo costo no menos del 20% del total de la producción de soja a nivel nacional. En Argentina el desarrollo de tecnología de Maquinaria y Agricultura de Precisión alrededor de la soja no se detiene sino todo lo contrario está en buen nivel de actividad, de la cual se esperan novedades todos los años.

2.11- Calidad industrial y usos en alimentación humana: En Argentina, fuerte productor de soja a nivel mundial, se está incentivando el consumo con una variedad más amplia de productos para diferentes aplicaciones. Argentina es un país con tradición culinaria basada en las proteínas animales, por lo que todavía no es aceptada la soja en forma masiva en la cocina cotidiana. Actualmente, se está dando impulso al consumo directo de esta oleaginosa, a través de programas y planes para ser incorporados en comedores escolares, hospitales, hogares de niños carenciados, etc. a los efectos de complementar nutricionalmente sus dietas con un alimento casi completo en cuanto a sus propiedades nutricionales y además económico. El consumo interno tanto de aceite como de subproductos es mínimo, exportándose el 96 % de su producción de harina de soja y el 95,8 % de su producción de aceite. La industria aceitera argentina está realizando importantes inversiones, aumentando la capacidad de molienda, mejorando las instalaciones portuarias y ampliando las instalaciones de almacenamiento, contando con las plantas más modernas del mundo y de alta tecnología, a los efectos de dar respuesta a una demanda cada vez más exigente.

2.12- Usos en alimentación animal: En la Argentina la utilización de la soja y sus subproductos en la alimentación animal comprende la harina de extracción, el grano integral y algunos residuos de cosecha. En rumiantes, la harina de soja se utiliza ampliamente en distintos países sobre todo en sistemas productivos cuya alimentación involucra un fuerte componente de concentrados. En cambio, en Argentina, las ventajas comparativas de un clima templado, con crecimiento del forraje durante todo el año, permitieron desarrollar sistemas de producción de carne y leche predominantemente pastoriles, con una relativamente baja utilización de concentrados y forrajes conservados. El recrudecimiento de los brotes de BSE en Europa y la preocupación que este problema genera en el consumidor, han determinado que países como la

Argentina que buscan preservar su condición de libre de BSE hayan prohibido el uso de fuentes proteicas de origen animal en la alimentación de rumiantes con el consiguiente espacio estratégico ganado por las harinas vegetales. Frente a esta expansión creciente de la soja y sus subproductos en la alimentación animal, la demanda de investigación y desarrollo posiblemente surja del área de mejoramiento en la obtención de materiales con bajo contenido de factores antinutricionales y el incremento de algunos aminoácidos relativamente críticos en el grano de soja. En nutrición animal una demanda cercana serán métodos para el tratamiento de la harina de soja que permita la obtención de formas de diferente degradabilidad ruminal para modular mejor el balance sostenido de energía y proteína a nivel ruminal. Pequeños productores porcinos requerirán equipamientos versátiles y eficientes para lograr un buen tostado del grano de soja integral y formas sencillas para verificar la calidad del proceso.

3- Perspectivas de la producción de soja en Argentina:

A partir de lo expuesto precedentemente, es de esperar que el cultivo de la soja siga creciendo en importancia en Argentina, a partir de las siguientes acciones:

1-Promoción del desarrollo de estrategias nacionales, con la participación de todos los actores de la cadena soja.

2-Incremento del trabajo multidisciplinario en investigación, referida al mantenimiento e incremento de la producción, obtención de cultivares con mayor calidad industrial y calidades diferenciadas, nuevos usos, etc.

3-Promoción de la producción conservacionista del cultivo (rotaciones, siembra directa, fertilización, etc).

4-Desarrollo de nuevos mercados.

5-Desarrollo de la agroindustria para incrementar el valor agregado de la producción, generación de empleo y el aporte de divisas.

6-Elaboración de estrategias que permitan abaratar el costo de transporte de los sitios de producción más distantes de los puertos de embarque y los sitios de industrialización.

Cabe destacar que actualmente algunos de los actores de la cadena soja, se encuentran desarrollando actividades que tendrán un importante impacto social en Argentina. Productores, nutricionistas, asistentes sociales, asociaciones de productores como AAPRESID y AACREA, el proyecto PROHUERTA (Sec.Agricultura de la Nación-INTA), etc., están implementando proyectos que se complementan

con la actividad desplegada por los gobiernos nacionales y provinciales, cuyo objetivo es combatir la desnutrición y promover un mayor uso de la soja en la dieta.

Palabras claves: Agricultura, productividad, tecnología.

SITUAÇÃO ATUAL E PERSPECTIVAS DA PRODUÇÃO E DA PESQUISA DE SOJA NO BRASIL.

C. VIDOR; A. DALL'AGNOL. Embrapa Soja, Caixa Postal 231, CEP 86001-970, Londrina, PR. E-mail: chgeral@cnpso.Embra
pa.br

Ao longo dos últimos 50 anos, a soja no Brasil, passou de um cultivo inexpressivo, a cultura líder do agronegócio nacional. Em 1960, o País produzia pouco mais de 200 mil toneladas do produto e mal figurava nas estatísticas internacionais. Desse montante, 95% era colhido no Estado do Rio Grande do Sul (28 a 32°S), utilizando cultivares muito sensíveis ao fotoperíodo introduzidas dos Estados Unidos, o que limitava o seu cultivo no tempo e no espaço. Apesar disso, a produção de soja nessa década multiplicou-se por cinco, atingindo o primeiro milhão de toneladas em 1969. No entanto, foi na década seguinte que ocorreu o incremento mais significativo do seu cultivo, pois, partindo de uma produção de 1,5 milhões de toneladas em 1970, ultrapassou a marca de 15 milhões em 1979. Cerca de 80% dessa produção concentrava-se nos estados da Região Sul, com a liderança, ainda, em poder do Rio Grande do Sul, seguido pelo Estado do Paraná.

Diversos fatores contribuíram para a expansão da cultura da soja nessa região, dentre os quais destacam-se: a) os incentivos governamentais à expansão da cultura do trigo estimularam o cultivo da soja no verão, que, além de utilizar a infra-estrutura da cultura de inverno (máquinas, mão de obra e implementos agrícolas), também se beneficiava da adubação residual do trigo; b) os altos preços da soja no mercado internacional na primeira metade dos anos 70, em razão da crise no fornecimento de insumos protéicos para a fabricação de rações para animais; c) a boa adaptação de cultivares americanas no sul do Brasil e o ajuste de diversas práticas culturais, também introduzidas dos Estados Unidos; d) o estabelecimento de um sistema cooperativista que apoiou a produção, o processamento e a comercialização das safras; e) a implantação de um programa efetivo de recuperação da fertilidade do solo no Rio Grande do Sul a partir de 1967, que resultou em aumentos significativos no rendimento das principais culturas, com valorização expressiva da terra.

As principais ações da pesquisa de então relacionavam-se com a regionalização de cultivares, a correção e o manejo da fertilidade do

solo, o espaçamento e a densidade de plantio, assim como, épocas de semeadura. Também foram disponibilizadas informações sobre controle químico de plantas daninhas e de pragas, bem como sobre inoculação e qualidade fisiológica das sementes.

A partir dos anos 70, a Região Centro-Oeste passou a ter importância na produção nacional de soja, pois, sendo responsável por apenas 2% da produção brasileira em 1970, passou para 20% em 1980 e para 40% em 1990. Atualmente, a produção de soja dessa região supera a da Região Sul, com perspectivas de ampliar a cada nova safra essa diferença. O Brasil, responsável pelo desenvolvimento da tecnologia da soja adaptada às baixas latitudes de regiões tropicais, é o único país a produzir soja em larga escala nessas condições.

Diversos fatores contribuíram para a expansão da produção de soja na região central do Brasil, dentre os quais destacam-se: a) a construção de Brasília e os melhoramentos de infra-estrutura daí resultantes; b) o baixo valor das terras de Cerrado em comparação com as da Região Sul nas décadas de 60 a 80; c) o regime pluviométrico altamente favorável, com boa distribuição de chuvas nos meses de cultivo da soja; d) a topografia plana, favorecendo a mecanização e a produção em escala; e) o bom nível tecnológico e financeiro dos sojicultores que migraram da Região Sul para o Cerrado, levando consigo o espírito empreendedor e a experiência com o manejo da cultura; f) o desenvolvimento de cultivares adaptadas às condições de baixa latitude das regiões tropicais, viabilizando milhares de hectares para o seu cultivo no País; g) o desenvolvimento e a disponibilização de tecnologias relacionadas à rotação de culturas e ao manejo da fertilidade e dos sistemas de preparo dos solos de Cerrado, viabilizando a obtenção de altos rendimentos nesse ecossistema.

A transformação do Cerrado em área agrícola, ideal à produção de grãos como a soja, liderou a migração ao Brasil Central, levando o progresso e o desenvolvimento para uma região inicialmente despovoada e desvalorizada. O progresso foi representado pela transformação de pequenos conglomerados urbanos em metrópoles e pelo surgimento de cidades em áreas onde havia baixa densidade populacional. O avanço da cultura na região promoveu o Estado do Mato Grosso a líder nacional de produção e produtividade de soja, com boas perspectivas de consolidar-se nessa posição. O

agronegócio da soja representa para esse estado, mais de 50% do PIB anual.

Os desdobramentos do fenômeno soja no Sul e no Brasil Central, proporcionaram uma série de mudanças sem precedentes na história moderna do País. Ela promoveu: a) a modernização da atividade agrícola nacional, proporcionando a implantação da agricultura empresarial no País; b) a modernização dos portos, da agroindústria, do sistema de transportes e de armazenamento da produção; c) o incremento e a profissionalização do comércio internacional; d) a expansão da fronteira agrícola, com a consequente interiorização de parcela da população brasileira, excessivamente concentrada nos estados da costa atlântica; e) mudanças na dieta alimentar dos brasileiros, substituindo gorduras animais saturadas (banha e manteiga) por gorduras vegetais não saturadas e mais saudáveis (óleo e margarina); f) a aceleração da urbanização do País; g) o desenvolvimento e a descentralização da agroindústria, anteriormente concentrada nas Regiões Sul e Sudeste; h) o desenvolvimento da avicultura e da suinocultura e i) o estímulo à tecnificação de outras culturas associadas, notadamente a do milho. O potencial de expansão da cultura da soja no Brasil é imenso. Apenas o ecossistema do Cerrado pode disponibilizar - sem limitações ecológicas ou edafoclimáticas - cerca de 50 milhões de hectares para a produção de grãos, tendo a soja na liderança desse processo de transformação.

A demanda por soja e seus subprodutos tenderá a crescer de forma globalizada, em função: a) do aumento natural da população mundial e do incremento em seu poder aquisitivo; b) da proibição do uso de rações à base de proteína animal, devido aos problemas vinculados à doença da "vaca louca"; c) da substituição da carne bovina pela de suínos e de aves, grandes consumidores de farelo de soja; d) da competitividade do farelo de soja frente a outras fontes protéicas para rações, onde a soja responde por mais de 60% do consumo mundial de farelos e, e) do crescimento no consumo direto pela população humana, devido às propriedades funcionais e nutracêuticas do grão.

O Brasil apresenta-se como o grande fornecedor potencial para o atendimento dessa demanda futura, dado o potencial de expansão da sua fronteira agrícola ainda inexplorada e apta ao cultivo da soja e à falta de novas áreas disponíveis para produção nos Estados Unidos, Argentina, China e Índia, cuja produção tenderá a estabilizar-

se, a menos que o cultivo ocorra em detrimento de outras culturas como milho, sorgo e girassol. A produção mundial da oleaginosa cresceu em média 3,80% ao ano, no quinquênio 1997/2001, projetando para a safra 2005/2006 - a manter-se esse ritmo - uma produção total ao redor de 220 milhões de toneladas.

A incorporação de novas áreas ao processo produtivo da soja estará intimamente relacionada com a demanda dos mercados interno e externo, onde, apesar de a soja brasileira ser altamente competitiva quanto aos fatores de natureza produtiva, os custos de transporte, taxas portuárias e a carga tributária sobre a extensa cadeia produtiva, são superiores aos dos Estados Unidos, cujos produtores ainda podem contar com subsídios e custos de financiamento menores. A competitividade da Argentina, que era superior à brasileira, em razão dos baixos custos do transporte e uso de sementes transgênicas a baixo preço, recente-se, agora, da retenção de 20 dólares por tonelada exportada, o que a torna menos competitiva que a maior parte da soja produzida em nosso país..

Apesar dos custos extra "porteira" e das barreiras tarifárias e não tarifárias impostas pelos países importadores, os benefícios auferidos pelo produtor de soja brasileiro, possibilitou uma expansão considerável da produção nos últimos 32 anos, quando o País passou de 2 para 41 milhões de toneladas, passando à condição de segundo maior produtor mundial, com cerca de 23% da produção global. Esse crescimento deu-se, não apenas porque aumentou a sua área de cultivo, mas, principalmente, porque cresceu muito a sua produtividade média, que saltou de 1.210 para 2.720 kg/ha nesse período, fator essencial ao aumento da competitividade do produtor brasileiro.

O crescimento da produção e o aumento da capacidade competitiva da soja brasileira sempre estiveram associados aos avanços científicos e à disponibilização de tecnologias ao setor produtivo. A Embrapa Soja tem tido uma participação decisiva no avanço da cultura rumo às regiões tropicais, em função do modelo de parcerias utilizado em seu programa de melhoramento genético, o que possibilitou o desenvolvimento conjunto com associações de produtores de sementes de novas e melhores cultivares adaptadas aos diferentes ecossistemas produtores de soja do País. Como retribuição ao aporte de recursos logísticos e financeiros disponibilizados por esses parceiros, a Embrapa concede-lhes o direito de exclusividade na exploração comercial das cultivares

desenvolvidas conjuntamente. Fruto desse modelo, as cultivares da Embrapa passaram a ter uma significativa participação (cerca de 60%) no mercado nacional de sementes de soja.

Além da oferta de cultivares melhor adaptadas às regiões de baixa latitude, a pesquisa superou rapidamente grandes surtos de doenças que grassaram o País nas décadas de 80 e 90, como a mancha olho de rã (*Cercospora sojina*), cancro da haste (*Diaporthe phaseolorum*) e nematóides de cisto (*Heterodera glycines*) e de galha (*Meloidoginne spp*), problemas superados pelo desenvolvimento de cultivares resistentes.

A pesquisa também teve destacada contribuição ao controle das duas principais pragas da soja: lagartas e percevejos, responsáveis por cerca de 95% da aplicação de inseticidas na cultura. O desenvolvimento de técnicas de manejo integrado de pragas, associado com o controle biológico, possibilitou uma redução sensível na quantidade de inseticidas utilizados na soja. Dentre as técnicas de controle biológico, destacam-se o *Baculovirus anticarsia*, inseticida biológico extraído de lagartas infectadas, que combate as próprias lagartas e que é utilizado em cerca de 1,4 milhões de hectares e o parasitismo realizado pela vespinha *Trissolcus basalis*, que controla os percevejos, parasitando os seus ovos com suas posturas e determinando o nascimento de uma vespinha benéfica, ao invés de um percevejo praga.

Estudos sobre a nutrição da soja possibilitaram melhor entendimento do balanço de nutrientes e do manejo adequado da adubação e calagem para obtenção de rendimentos com máxima eficiência econômica à maioria dos solos cultivados com soja. Da mesma maneira, os trabalhos sobre sistemas de manejo de solos e rotação de culturas, resultaram em aumento considerável da área cultivada no sistema de plantio direto, utilizando a soja como componente importante do sistema.

As pesquisas sobre ecologia e práticas culturais possibilitaram o desenvolvimento de modelos de previsão de safras para as principais regiões produtoras do País, utilizando o zoneamento agroclimático.

A produção de sementes de qualidade em regiões tropicais, sempre foi um desafio para a pesquisa. Contudo, os avanços de conhecimento relacionados com práticas que conferem boa qualidade às sementes possibilitou a implantação do DIACOM, tecnologia que apóia a produção e beneficiamento de sementes com

alto poder germinativo e alto vigor. Essa metodologia possibilitou a obtenção de sementes de alta qualidade em regiões de risco.

A caracterização dos principais fatores responsáveis por perdas na colheita, resultou no desenvolvimento de melhores tecnologias de apoio ao processo, reduzindo as perdas de aproximadamente quatro para dois sacos por hectare.

O alto teor de proteína e as características funcionais e nutracêuticas da soja deverão incrementar o seu consumo pela população brasileira nos próximos anos. Além dos usos atuais, deverá haver um forte estímulo à produção nacional pelo aumento de demanda da indústria para utilização como matéria prima na síntese de compostos orgânicos alternativos, como biodiesel, tintas, vernizes e fibras.

A agregação de características morfológicas, fisiológicas e culturais, pela identificação de genes funcionais, principalmente por transgenia, assumirá posição de destaque nas ações futuras de pesquisa. Todavia, o foco principal da pesquisa continuará sendo o desenvolvimento de cultivares adaptadas aos diferentes ecossistemas brasileiros, resistentes às principais doenças e aos nematóides, com boas características para o consumo humano e com boa qualidade fisiológica das suas sementes.

Será buscado, também, o aprimoramento do controle biológico e do manejo integrado de pragas, assim como, o entendimento do manejo e dinâmica das populações de plantas daninhas e da resistência aos herbicidas. Estudos envolvendo inteligência quarentenária assumirão importante papel na prevenção de potenciais ocorrências fitossanitárias relacionadas com organismos ainda não existentes no País. O zoneamento agroclimático, as técnicas culturais e o manejo de sistemas integrados de produção, continuarão a receber atenção da pesquisa.

Palavras-chaves: *Glycine max*, soja-regiões produtoras, soja-pragas, soja-doenças, soja-expansão da cultura.

IMPACTO AMBIENTAL DE INSETICIDAS AGRÍCOLAS

J.B. REGITANO. Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Caixa Postal 96, CEP 13400-970, Piracicaba, SP; E-mail: regitano@cena.usp.br

INTRODUÇÃO

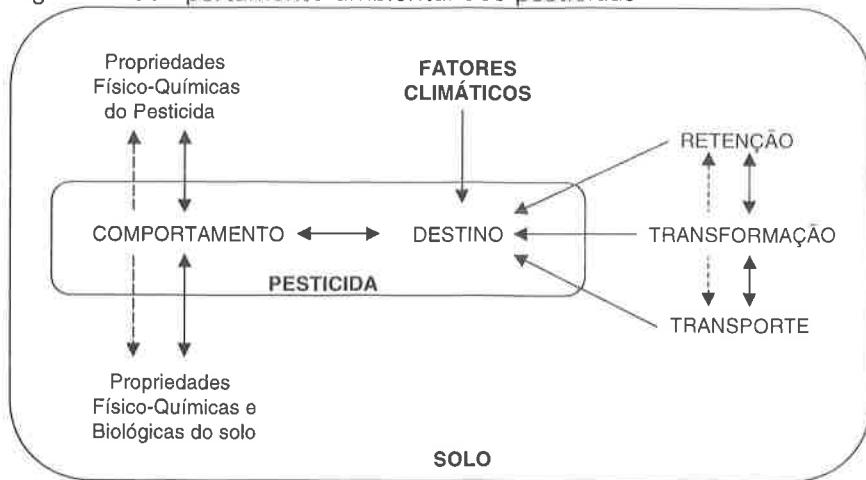
Os pesticidas têm sido utilizados na agricultura com o objetivo de aumentar a produção de alimentos e reduzir as populações de pragas e doenças. Com o aumento do uso destes produtos, entretanto, aumentaram também as preocupações com problemas de contaminação ambiental, bem como com seus efeitos sobre os seres vivos. No atual estágio de conhecimento, entretanto, fica difícil avaliar os riscos de contaminação ambiental decorrentes do uso de pesticidas, devido à grande quantidade de processos e fatores envolvidos na dinâmica destas substâncias com o ambiente.

Todos os pesticidas têm capacidade de produzir efeitos prejudiciais sobre os seres vivos, embora obedeçam critérios técnicos de aplicação. Em outras palavras, os pesticidas apresentam toxicidade aos seres vivos. Normalmente, os inseticidas são muito mais tóxicos ao homem do que os fungicidas e os herbicidas, pois os inseticidas tem o mesmo local de ação nos insetos e nos animais superiores, ou seja, eles atuam no sistema nervoso. Já os fungicidas e herbicidas foram desenvolvidos para controlar microrganismos vegetais e plantas daninhas e, portanto, apresentam modos de ação completamente distintos. Tipicamente, os inseticidas apresentam DL_{50} (aguda oral) variando entre 1 – 500 mg kg⁻¹, enquanto que os fungicidas e herbicidas apresentam DL_{50} acima de 5000 mg kg⁻¹, com raras exceções (Baptista et al., 2001).

Normalmente, o solo é o destino final dos pesticidas utilizados na agricultura. Quando atinge o solo, o pesticida poderá seguir diferentes rotas, isto é, poderá ficar retido na fração orgânica e/ou mineral do solo, passando à forma indisponível às plantas e aos organismos vivos. No entanto, se o pesticida estiver disponível na solução do solo, ele poderá ser absorvido pelas plantas e outros organismos, ser degradado química ou biologicamente no ambiente; ser lixiviado às camadas subsuperficiais; ser escoado superficialmente no solo; ou ser volatilizado à atmosfera. Todas essas interações ocorrem de forma simultânea no solo, onde a intensidade dessas reações dependerá das propriedades físico-

químicas do pesticida e do solo, além dos fatores climáticos (precipitação, temperatura etc.), entre outros (Figura 1).

Figura 1. Comportamento ambiental dos pesticidas



A proibição dos inseticidas clorados (exemplos: DDT, BHC, aldrin e heptacloro), de alto poder residual, foi positiva tendo em vista a não poluição ambiental, a não contaminação dos alimentos e a diminuição dos problemas com a resistência das pragas. Por outro lado, trouxe o ônus da necessidade de se encontrar novos produtos e novas maneiras para controlar essas pragas (Nakano et al., 2001). Pouco sabemos sobre o destino dos pesticidas nos nossos solos, pois a falta de recursos impede a condução de experimentos com os diferentes compostos, nas nossas diversas condições de clima e solo. No entanto, pode-se ter boa indicação sobre o potencial de contaminação de um pesticida, conhecendo-se os principais fatores que afetam o seu comportamento no solo. Por exemplo, do ponto de vista ambiental, o "pesticida ideal" deveria apresentar disponibilidade e persistência suficientes apenas para garantir a sua eficácia agronômica. Caso contrário, ele poderia atingir recursos naturais fundamentais à subsistência do homem, causando grande impacto ambiental.

Pesquisas nesta área são extremamente importantes, pois muitos dos inseticidas atualmente utilizados são altamente tóxicos ao homem e outros elementos da fauna e flora. Assim, a contaminação de fontes de água com pequenas quantidades desses compostos poderia colocar em risco a saúde humana e/ou causar grande desequilíbrio nos diversos ecossistemas.

TOXICIDADE DOS PESTICIDAS

O parâmetro mais comum em uma avaliação toxicológica é a dose letal 50 (DL_{50}). Normalmente, a DL_{50} mais referenciada é a aguda oral. A DL_{50} é definida como a dose que possivelmente causará uma resposta de 50 % em uma população, na qual se procurará o efeito letal. Para efeitos de classificação, substâncias que apresentam DL_{50} (aguda oral) $< 5 \text{ mg kg}^{-1}$ são extremamente tóxicas; $5 < DL_{50} < 50 \text{ mg kg}^{-1}$ são altamente tóxicas; $50 < DL_{50} < 500 \text{ mg kg}^{-1}$ são moderadamente tóxicas; $500 < DL_{50} < 5000 \text{ mg kg}^{-1}$ são levemente tóxicas; $DL_{50} > 5000 \text{ mg kg}^{-1}$ são relativamente não tóxicas.

PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DOS SOLOS

Dentre os componentes do solo capazes de influenciar os processos de retenção e transformação dos pesticidas, a matéria orgânica do solo (MOS) ocupa o papel mais importante, servindo como fonte de energia e nutrientes aos microrganismos, fonte de sítios ativos no processo de retenção e como estabilizador estrutural e tampão químico para os pesticidas. Recentemente, muitas publicações têm enfatizado a estrutura micelar (e não macromolecular) da matéria orgânica do solo e o seu potencial em promover interações hidrofóbicas com os pesticidas orgânicos. Para fins práticos, entretanto, as substâncias húmicas podem ser visualizadas como sistemas coloidais (1 a 1000 nm), com grande relação área/volume e alta reatividade. Deve-se lembrar que a fração argila do solo ocupa papel secundário, mas ainda importante na sorção dos pesticidas, principalmente, quanto o teor de MOS é menor que 1% (Regitano et al., 2000).

PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DOS PESTICIDAS

As principais propriedades físico-químicas dos pesticidas relacionadas ao seu comportamento ambiental são: solubilidade em água, coeficiente de partição octanol-água e a pressão de vapor. As constantes de ionização ácido-base (pK_a e pK_b) não foram aqui incluídas, pois a grande maioria dos inseticidas usados para controlar as pragas de solo não são ionizáveis nos valores naturais de pH do solo.

Coeficiente de partição octanol-água (K_{ow})

O coeficiente de partição octanol-água é definido como a relação entre a concentração de um pesticida na fase de n-octanol (lipofílica) e a sua concentração na fase aquosa (hidrofílica). Valores de K_{ow} não

tem unidade e, normalmente, são expressos na forma logarítmica ($\log K_{ow}$).

$$K_{ow} = \frac{\text{Concentração do pesticida no octanol}}{\text{Concentração do pesticida na água}}$$

O K_{ow} é, provavelmente, a propriedade mais importante da molécula a ser considerada nos estudos de impacto ambiental. Ele dita o balanço entre as propriedades hidrofílicas e lipofílicas da molécula, ou seja, a sua polaridade, uma vez que ele representa a tendência da molécula particionar entre uma fase orgânica e uma fase aquosa. Pesticidas lipofílicos ou hidrofóbicos ($\log K_{ow} > 4$) tendem a se acumular nos materiais lipídicos assim como na fração orgânica do solo. São exemplos dessa classe o carbosulfan, endosulfan, deltametrin e fipronil. Já os pesticidas hidrofílicos ($\log K_{ow} < 0$) são solúveis em água e, portanto, apresentam baixo fator de bioconcentração, baixa sorção e alta mobilidade nos solos/sedimentos. São exemplos dessa classe o tiametoxam, metamidofós, imidacrop e aldicarbe sulfona.

Solubilidade em água (S_w)

A solubilidade de um pesticida em água pode ser definida como sendo a quantidade máxima da molécula que pode ser dissolvida em água a uma determinada temperatura. Seu valor é normalmente expresso mg L⁻¹ (a 25°C). Dos vários parâmetros que afetam o destino e transporte de pesticidas no solo, a S_w é um dos mais importantes. Pesticidas altamente solúveis, com raras exceções, tendem a apresentar baixa sorção aos solos e sedimentos, em função do menor potencial de partição à fração orgânica do solo. Assim sendo, esses pesticidas são mais suscetíveis à movimentação no solo.

Pressão de vapor (P)

A pressão de vapor refere-se à tendência de volatilização de um pesticida no seu estado normal puro (sólido ou líquido), a qual é função direta da temperatura. No entanto, é importante salientar que a pressão de vapor não expressa a taxa de volatilização do pesticida. Pesticidas com valores de P (medidos à temperatura ambiente) $> 10^0$ Pa são considerados muito voláteis; $10^{-2} \leq P \leq 10^{-1}$ Pa medianamente voláteis; $10^{-5} \leq P \leq 10^{-3}$ Pa pouco voláteis e $P < 10^{-6}$ Pa não voláteis.

SORÇÃO E MOBILIDADE

O uso do termo genérico sorção refere-se aos processos de retenção de forma geral, sem distinção aos processos específicos de

adsorção, absorção e precipitação (Koskinen & Harper, 1990). A reação de sorção irá controlar a concentração do pesticida disponível na solução do solo. Portanto, do ponto de vista toxicológico, a sorção de pesticidas ao solo pode causar: (1) diminuição do material disponível para interagir com a biota; (2) redução na toxicidade do composto; e (3) imobilização do composto, reduzindo sua lixiviação e seu transporte no ambiente.

O grau de sorção de um pesticida em um determinado solo pode ser expresso pelo coeficiente de partição (K_d) do composto entre as partículas do solo e a solução do solo.

$$K_d = \frac{\text{Concentração do pesticida sorvida às partículas do solo}}{\text{Concentração do pesticida na solução do solo}}$$

Desta maneira, quanto menor o valor de K_d , maior a proporção de pesticida disponível na solução do solo e, portanto, maior a sua mobilidade potencial.

A grande maioria das moléculas de inseticidas não são ionizáveis. Para estas moléculas, pode-se observar estreita correlação entre os valores de K_d e os teores de matéria do solo, estando o mecanismo de sorção relacionado, principalmente, ao fenômeno de partição à fração orgânica do solo. Briggs (1981) mediou a sorção de mais de setenta compostos em diferentes tipos de solo e estabeleceu a seguinte correlação:

$$K_d = 0,0045 K_{ow}^{0,52} MO(\%)$$

Por esta equação, pode-se observar que os valores de K_d variam relativamente pouco com o teor de matéria orgânica do solo. O valor de K_d aumenta apenas 5 vezes quando o teor de matéria orgânica aumenta de 1% para 5%. Por outro lado, os valores de K_d variam muito com a caráter hidrofóbico da molécula. Compostos polares ($\log K_{ow} < 0$) como o aldicarbe sulfona, metamidofós e tiometoxam apresentam valores de K_d cerca de 500 vezes menores que os compostos lipofílicos ($\log K_{ow} \geq 4,0$), tais como o dissulfoton, forato, endosulfan, etc.

A vantagem da correlação obtida por Briggs (1981) é que pode-se ter boa indicação da mobilidade potencial de um pesticida no solo conhecendo-se apenas o seu valor de K_{ow} e o teor de MOS. A título de exemplo, para um solo com 2,5% de MO, tem-se:

Log K _{ow}	K _d	Classes de Mobilidade
> 3,8	> 10,6	Extremamente baixa
3,8 - 2,4	10,6 - 2,0	Baixa
2,4 - 1,4	2,0 - 0,6	Intermediária
1,4 - 0,1	0,6 - 0,1	Alta
< 0,1	< 0,1	Muito alta

TRANSPORTE

O transporte de pesticidas no solo ocorre, principalmente, por fluxo de massa, juntamente com a água. Assim sendo, a taxa de transporte de pesticidas depende diretamente da taxa de transporte da água, que por sua vez depende da condutividade hidráulica do solo, que por sua vez depende da textura (tamanho das partículas) e da estrutura do solo (estado de agregação das partículas). Portanto, o transporte dos pesticidas também depende da quantidade de água percolada ou escoada superficialmente, o que por sua vez depende da quantidade de chuvas ou irrigação e da evapotranspiração da água do solo. Em períodos chuvosos, o movimento da água é descendente mas, em períodos secos, quando a evapo-transpiração excede a precipitação mais a irrigação, o movimento da água e dos pesticidas pode ser ascendente, devido a ação de forças capilares.

Alguns pesquisadores tem desenvolvido modelos matemáticos para simular o transporte dos pesticidas no solo, uma vez que se torna impossível determinar a mobilidade dos diferentes pesticidas nos diferentes cenários. De forma geral, esses modelos requerem as seguintes informações: condutividade hidráulica e potencial de água no solo; potencial de sorção do pesticida (K_d); taxa de degradação do pesticida; precipitação pluviométrica, evapotranspiração e temperatura do solo.

TRANSFORMAÇÃO/DEGRADAÇÃO

Transformação (degradação) refere-se à mudança na estrutura química do pesticida, sendo que o(s) subproduto(s) resultante(s) desta transformação passa(m) a exhibir reatividade(s), propriedade(s) e destino(s) distintos ao da molécula original. Dentre os diversos tipos de transformação, aquelas reações mediadas por processos bioquímicos, ou seja, por organismos vivos, são tidas como as mais importantes na degradação dos pesticidas. Os pesticidas são visualizados pelos microrganismos como uma outra fonte qualquer de substrato orgânico, do qual eles podem obter os nutrientes e a

energia necessária para as suas reações biossintéticas. É importante salientar que estas transformações bioquímicas não implicam necessariamente na completa mineralização do pesticida às formas inorgânicas estáveis de C, H, N e P, podendo o pesticida estar sujeito a processos parciais de transformação somente.

O índice de meia-vida ($t_{1/2}$) de um pesticida expressa o tempo em que 50 % do seu total aplicado encontra-se na forma dissipada. Dissipação refere-se à fração "inativa" e/ou "perdida" do pesticida, em formas distintas àquela da molécula original. Portanto, a dissipação abrange os processos de mineralização, degradação, formação de resíduos ligados, absorção e transporte (volatilização, lixiviação e escoamento superficial).

Para a maioria dos pesticidas, a dissipação adequada-se à equação cinética de primeira ordem (Sparks, 1989):

$$C = C_0 e^{-kt}$$

em que C é a concentração do pesticida remanescente no solo no tempo t, C_0 é a concentração inicial do pesticida e k é a constante de velocidade da reação (dia^{-1}). Assim, o valor de $t_{1/2}$ pode ser calculado da seguinte forma:

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k}$$

e, portanto, quanto menor o valor de $t_{1/2}$, maior a dissipação do produto.

Muitos trabalhos na literatura mostram que quanto maior o teor de MOS, maior o suprimento de energia e nutrientes disponíveis e, portanto maior a biomassa e a atividade microbiana deste solo, o que resulta na maior taxa degradação do pesticida. Entretanto, outros trabalhos mostram que quanto maior o teor de MOS, maior a sorção do pesticida às superfícies coloidais do solo e, consequentemente, menor a sua biodisponibilidade e a sua biodegradação.

ÍNDICES QUE AVALIAM O IMPACTO AMBIENTAL

O índice de GUS (Gustafson, 1989): é calculado através do valor de meia-vida ($t_{1/2}$) do composto no solo e do coeficiente de sorção normalizado em relação ao teor de carbono orgânico (K_{oc}) do solo:

$$\text{GUS} = \log t_{1/2} (4 - \log K_{oc})$$

Este índice é empírico e classifica os compostos de acordo com sua tendência de lixiviação: pesticidas com $\text{GUS} < 1,8$ são não-

lixiviadores; aqueles com GUS > 2,8 são lixiviadores; enquanto que aqueles com 1,8 < GUS < 2,8 são considerados intermediários. California Department of Food and Agriculture (CDFA): estabelece que pesticidas com $K_{oc} < 512 \text{ L kg}^{-1}$ e $t_{1/2} > 11$ dias, são classificados como produtos lixiviadores em potencial (Yen et al., 1994).

Cohen et al. (1984): estabeleceram que pesticidas com $K_{oc} < 300 \text{ L kg}^{-1}$ e $t_{1/2} > 21$ dias são considerados lixiviadores, ao passo que aqueles com $K_{oc} > 500 \text{ L kg}^{-1}$ e $t_{1/2} < 14$ dias são não-lixiviadores.

CARACTERÍSTICAS DAS PRINCIPAIS CLASSESS DE INSETICIDAS Organoclorados:

Principal grupo de inseticidas poluidores do meio ambiente, devido à sua alta persistência e falta de reatividade química,
São lipofílicos (baixa solubilidade): bioacumulação,
Muito persistente em solos (degradação lenta),
Em geral, são moderadamente ou pouco tóxicos, com exceções,
Baixa volatilização,
Exemplos: aldrin, dieldrin, heptacloro, DDT, endosulfan.

Organofosforados:

Em geral, muito tóxicos. Muitos deles tem maior toxicidade aos mamíferos e maior potencial de matar pássaros e outras espécies selvagens,

Comumente responsáveis por intoxicações ocupacionais,
Muito menos persistente em solos do que os organoclorados,
Relativamente polares, apresentando degradação relativamente rápida, não se acumulando em tecidos animais e gordurosos,
Problemas de contaminação de águas, mas seus efeitos ambientais são menos drásticos,
Exemplos: paration metil, forato, dissulfoton, terbufós, diazinon.

Carbamatos:

Em geral, são bastante tóxicos, porém, as doses que causam sinais clínicos são bem menores que as doses letais,
Diferem muito quanto a toxicidade a mamíferos

Freqüentemente envolvidos em intoxicações ocupacionais no campo,
Amplio espectro: afetam diferentes grupos de organismos,
Relativamente polares, apresentando degradação relativamente rápida, não se acumulando em tecidos animais e gordurosos,
Mais persistentes em solos do que os organofosforados,
Alto potencial de impacto ambiental (mobilidade),

Exemplos: carbofuran, aldicarbe, carbaril.

Piretróides:

Em geral, moderadamente ou pouco tóxicos. Isto é, apresentam baixa toxicidade a mamíferos, porém poder ser muito tóxicos a insetos (baixa dosagem), peixes e organismos aquáticos,

Raramente envolvidos em intoxicações ocupacionais no campo,

Pouco polares, apresentando degradação razoável no meio ambiente, não se acumulando em tecidos animais e gordurosos,

Baixa persistência no ambiente,

Amplo espectro: pode afetar espécies benéficas, diminuindo o controle natural e aumentando a necessidade de controle químico,

Exemplos: deltametrina.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAPTISTA, G.C.; BAHIA-FILHO, O. & TREVIZAN, L.R.P. Análise de resíduos de pesticidas em matrizes agronômicas por métodos cromatográficos. Cuso de Extensão Universitária, FEALQ, Piracicaba, SP, 2001. p.1-44.

Briggs, G.G. Theoretical and experimental relationship between soil adsorption, octanol-water partition coefficients, water solubilities, bio-concentration factors, and the parachlor. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 29:1050-1059, 1981.

KOSKINEN, W.C. & HARPER, S.S. The retention process: mechanisms. In: CHENG, H.H., ed. Pesticides in the soil environment: processes, impacts, and modeling. Madison, WI. Soil Science Society of America, 1990. p.51-78.

NAKANO, O.; ROMANO, F.C.B. & PESSINI, M.M.O. Pragas de solo. ESALQ/USP, Campinas, Piracicaba, SP., 2001. 213p.

REGITANO, J.B.; ALLEONI, L.R.F.; VIDAL-TORRADO, P.; CASAGRANDE, J.C. & TORNISIELO, V.L. Imazaquin sorption in highly weathered tropical soils. J. Environ. Qual., 29:894-900, 2000.

COHEN, S.Z.; CREEGER, S.M.; CARSEL, R.F.; ENFIELD, C.G. Potential for pesticide contamination of groundwater resulting from agricultural uses. In: KRUGER, R.F.; SEIBER, J.N. Treatment and disposal of pesticide wastes. Washington: Am. Chem. Soc., 1984. p.297-325.

GUSTAFSON, D.I. Groundwater ubiquity score: a simple method for assessing pesticide leachability. Environ. Toxicol. Chem., 8:339-357, 1989.

YEN, P.Y.; KOSKINEN, W.C.; SCHWEIZER, E.E. Dissipation of alachlor in four soils as influenced by degradation and sorption processes. *Weed Sci.*, 42:233-240, 1994.

SPARKS, D.L. Kinetics of soil chemical processes. London, Academic Press, 1989. 210 p.

RESUMO DAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DOS PRINCIPAIS INSETICIDAS USADOS PARA CONTROLAR PRAGAS DE SOLO

Inseticidas	S_w (mg L ⁻¹)	Log K _{ow}	K _{oc} (L kg ⁻¹)	P (Pa)
Endosulfan	0,33	4,76	3000-20000	$8,3 \cdot 10^{-4}$
Clorpirifós	1,4	4,7	6000	$2,7 \cdot 10^{-3}$
Diazinon	60	3,3	500	$1,2 \cdot 10^{-2}$
Dissulfoton	25	3,95	600	$7,2 \cdot 10^{-3}$
Forato	50	3,92	543-1660	$8,5 \cdot 10^{-2}$
Malation	145	2,75	405	$5,3 \cdot 10^{-3}$
Metamidofós	> 200000	-0,8	5	$2,3 \cdot 10^{-3}$
Monocrotofós	Total sol.	-0,22	6	$2,9 \cdot 10^{-4}$
Paration metil	55	3,0	240	$4,1 \cdot 10^{-4}$
Terbufós	4,5	4,5	500	$3,5 \cdot 10^{-2}$
Triclorfom	120	0,43	10-20	$2,1 \cdot 10^{-4}$
Carbaril	120	1,6	100-600	$4,1 \cdot 10^{-5}$
Carbofuran	320	1,52	22	$3,1 \cdot 10^{-5}$
Carbosulfan	0,3	5,5	5200	$3,1 \cdot 10^{-5}$
Aldicarbe	4900	1,15	25-79	$1,3 \cdot 10^{-2}$
Tiodicarbe	35	-	-	$5,1 \cdot 10^{-3}$
Cipermetrina	0,004	6,6	20000	$2,3 \cdot 10^{-7}$
Permetrina	0,4	6,1	Alto	$7,0 \cdot 10^{-5}$
Deltametrina	< 0,0002	4,6	460.000-16.300.000	$1,2 \cdot 10^{-2}$
Imidacrop	610	0,57	248	$2,0 \cdot 10^{-7}$
Tiametoxam	4100	-0,13	10	$6,6 \cdot 10^{-9}$
Fipronil	1,9-2,4	4,0	427-1248	$3,7 \cdot 10^{-7}$
Brometo de metila	13,400	1,19	83	$2,2 \cdot 10^5$

PRAGAS-DE-SOLO: LIMITAÇÕES E PERSPECTIVAS DE MANEJO EM SOJA

J. R. SALVADORI¹; L. J. OLIVEIRA²; G. L. TONET^{1,1} Embrapa Trigo, Caixa Postal 451, CEP 99001-970 Passo Fundo, RS.; ²Embrapa Soja, Caixa Postal 231, CEP 86001-970 Londrina, PR. e-mail: jrsalva@cnpst.embrapa.br

Conceitos e delimitação do problema.

Num sentido estrito, pragas-de-solo são animais, principalmente insetos, que vivem subterraneamente ou na superfície do solo e que são capazes de danificar plantas cultivadas nesses ambientes em particular. Em relação ao alimento, insetos que vivem no solo podem ser classificados em: a) fitófagos - alimentam-se de plantas, podendo atingir ou não condição de praga, e abrigam um subtipo especialmente importante, os rizófagos; b) zoófagos - alimentam-se de animais e, como predadores ou parasitos, podem ser agentes de controle biológico de pragas; e c) saprófagos - consomem matéria orgânica morta, incluindo necrófagos (comem cadáveres animais) e coprófagos (comem fezes animais), e assumem importância como decompósitores. Quanto à profundidade em que vivem no perfil do solo, insetos podem ser considerados subterrâneos quando habitam o horizonte A, desde os primeiros centímetros até profundidades maiores, e, com raras exceções, não vêm à superfície do solo e são pouco influenciados pelas condições climáticas externas; alguns grupos, como formigas cortadeiras e cupins, podem viver no horizonte B e até virem à superfície com freqüência (formigas). Insetos de superfície de solo vivem e agem na camada orgânica, sob restos culturais, e nos primeiros centímetros do horizonte A, valendo-se, especialmente, de cavidades naturais; são muito influenciados pelos fatores climáticos externos ao solo. Numa abordagem menos restritiva, também podem ser consideradas pragas-de-solo espécies que apresentam estreita relação com o solo, como por exemplo, vivendo nele grande parte do ciclo biológico ou no período em que causam danos a plantas cultivadas. Dificuldades conceituais começam a surgir quando se procura definir limites e precisar o que é essa relação estreita. Em virtude da subjetividade que encerra, este enfoque amplo (*lato sensu*), tanto quando aplicado para pragas-de-solo como para insetos-de-solo, permite interpretações particulares e pode gerar divergências. Exemplos de

insetos que geram polêmica quanto ao enquadramento ou não como insetos-de-solo são formigas cortadeiras, grilos, percevejos que vivem sob restos culturais e o tamanduá-da-soja. Fora da classe Insecta, lesmas/caracóis (Gastropoda) e piolhos-de-cobra (Diplopoda) também são, freqüentemente, objeto de dúvidas quanto à inclusão no grupo de pragas-de-solo.

Origem e evolução do problema.

Insetos e outros animais exercem funções específicas na cadeia alimentar e tendem a viver em equilíbrio populacional em ambientes naturais. A agricultura em si, que substitui vegetação natural diversificada por uma ou poucas espécies, a expansão de áreas cultivadas e as práticas de manejo vegetal (rotações, sucessões, etc.), fitossanitário (aplicação de inseticidas, herbicidas, etc.) e de solo, são atividades que interferem no balanço das populações de animais associados. Durante muitas décadas, nos sistemas de produção de soja e de outras culturas graníferas no Brasil, as principais pragas foram espécies associadas e daninhas à parte aérea das plantas. A partir da década de 80, pragas-de-solo começaram a ser citadas com freqüência crescente. Na análise sobre o crescimento de problemas decorrentes do ataque de pragas-de-solo em soja, identifica-se como causas possíveis o avanço do cultivo em áreas consideradas não tradicionais e alterações nos sistemas de produção, nos processos fitotécnicos e nos métodos de manejo de solo. Na maioria dos casos, mais de um fator causal pode estar envolvido. O cultivo de soja no Brasil tem se caracterizado por elevadas taxas de expansão, inicialmente no Sul e, mais recentemente, no Centro-Oeste e Norte. Grandes extensões de áreas cultivadas com soja, em substituição a outras espécies vegetais cultivadas ou não, exercem uma forte pressão de seleção na composição qualitativa e quantitativa da fauna fitófaga. Como resultado da supressão de fontes naturais de alimento e da oferta de apenas uma ou de poucas alternativas, desenvolvem-se populações de organismos adaptados ao ambiente simplificado, podendo atingir nível de praga. O manejo de solo é, sem dúvida, um dos principais determinantes na dinâmica populacional de pragas, especialmente daquelas estreitamente relacionadas ao solo. Nesse particular, o sistema plantio direto vem determinando alterações substanciais no espectro de pragas em sistemas de produção de grãos. O não revolvimento do solo favorece o crescimento populacional de espécies tipicamente subterrâneas, residentes na área , de

mobilidade restrita e de ciclo de vida longo em relação ao das culturas. A produção e a preservação de palha na superfície do solo, um dos requisitos do sistema plantio direto, altera substancialmente o microclima e, em consequência, a composição da fauna nociva e benéfica; pragas de superfície do solo são as mais atingidas, podendo o efeito da palha ser positivo ou negativo para as mesmas. Outros processos muito comuns em plantio direto, a rotação de culturas e a dessecação química, também exercem efeito marcante sobre a fauna edáfica. Dependendo das espécies vegetais empregadas em rotações/sucessões de culturas e da habilidade das espécies fitófagas em utilizar diferentes hospedeiros, pode haver favorecimento ou desfavorecimento às pragas. De modo geral, o plantio de safrinhas tem levado ao aparecimento de problemas de pragas. O emprego de herbicidas dessecantes, em plantas cultivadas para proteção do solo e produção de palha, é uma prática que suprime repentina e totalmente o alimento de insetos e outros pequenos animais fitófagos presentes na área. Dependendo do grau de especificidade hospedeira dos mesmos, o resultado pode ser desastroso para a cultura seguinte, principalmente, se esta tiver uma população de plantas relativamente baixa.

Principais pragas-de-solo em soja.

Até a década de 70, apenas a broca-do-colo (*Elasmopalpus lignosellus*) era citada como praga-de-solo importante em soja (Bertels & Ferreira, 1973; Corseuil et al.; 1974; Panizzi et al., 1977). O bicho ou tamanduá-da-soja (*Sternechus subsignatus*) e a cochonilha-da-raiz (*Pseudococcus* sp.) ocorriam esporadicamente (Corseuil et al., 1974). Atualmente, mais de duas dezenas de espécies de pragas-de-solo (*lato sensu*) são citadas em soja. A maioria se caracteriza pela eventualidade com que tem causado problemas ou pela distribuição geográfica restrita, como a lagarta-rosca (*Agrotis ipsilon*), o cascudinho-da-soja (*Myochrous armatus*), as larvas-alfinete (*Diabrotica speciosa* e *Cerotoma arcuata tingomariana*), os gorgulhos-do-solo (*Pantomorus* spp.), a larva-angorá (*Astylus variegatus*), as larvas-aramé (*Conoderus scalaris* e *C. stigmosus*), o ligeirinho e a falsa-larva-aramé (*Blapstinus punctulatus*), o torrãozinho (*Aracanthus mourei*) e a bicheira-dasemente (*Delia platura*) (Morales, 1995; Nakano, 1995; Heineck, 1997; Degrande & Ávila, 1999; Hoffmann-Campo et al., 2000; Tonet et al., 2000). Maior destaque porém, pelos danos que causam ou pelo potencial de se tornarem pragas, merecem: tamanduá-da-

soja (*S. subsignatus*), corós (*Phyllophaga cuyabana*, *P. triticophaga*, *Diloboderus abderus*, *Liogenys* sp., *Plectris* sp. e outras espécies), percevejos (*Scaptocoris castanea*, *Atarsocoris brachiariae* e *Dichelops* spp.), grilos (*Gryllus assimilis* e *Anurogryllus mutycus*), lesmas (*Deroceras* sp., *Limax* sp., *Phyllocaulis* sp. e *Sarasinula* sp.), caracóis (*Bulimulus* sp.) e piolhos-de-cobra (*Julus* sp. e *Plusioporus* sp.). *S. subsignatus* não se enquadra como praga-de-solo típica pois danifica a parte aérea das plantas, porém, tem estreita relação com o solo, pois no Sul do Brasil, vive subterraneamente mais de seis meses, como larva madura hibernante e pupa (Lorini et al., 1997). Ocorre como praga de soja do Rio Grande do Sul à Bahia (Hoffmann-Campo et al., 1999). A evolução da espécie como praga, e provavelmente a dispersão geográfica, está relacionada à expansão da soja, em monocultivo, e ao sistema plantio direto (Tonet et al., 1997; Hoffmann-Campo et al., 1999). O complexo de corós rizófagos associados à soja, com espécies já identificadas e outras por identificar, constitui problema mais recente. Os corós são insetos tipicamente subterrâneos e polífagos. As espécies ocorrentes variam com a região e se adaptaram à soja e a outras culturas que ocuparam o lugar de seus hospedeiros originais. Aliado a isso, o sistema plantio direto tem sido outro fator determinante para o crescimento populacional de certas espécies de corós em plantas de lavoura. O coró-da-soja (*P. cuyabana*), descrito originalmente a partir de exemplares coletados em Cuiabá - MT, é a espécie predominante no Oeste e no Centro-Oeste do Paraná desde 1985 (Santos, 1992; Oliveira et al., 1997; Salvadori & Oliveira, 2001); também foi constatado causando danos, em soja, em Mato Grosso do Sul (Ávila & Gomez, 2001); sua incidência parece não estar relacionada ao manejo do solo, pois tem causado problemas tanto em sistemas convencionais de semeadura como em plantio direto (Oliveira et al., 1997; Salvadori & Oliveira, 2001). No Sul do País, o coró-do-trigo (*P. triticophaga*) e o coró-da-pastagem (*D. abderus*), importantes pragas em trigo e em outros cereais de inverno, podem causar danos em soja (Salvadori, 1997; Salvadori & Oliveira, 2001). Embora o crescimento populacional de corós seja favorecido pelo não revolvimento do solo (Salvadori, 1997; Salvadori, 2001), a incidência do coró-do-trigo é independente do tipo de manejo de solo (Salvadori, 2000; Salvadori & Oliveira, 2001), enquanto que o coró-da-pastagem está estreitamente relacionado ao sistema plantio direto (Gassen, 1993; Salvadori, 1997; Salvadori & Oliveira, 2001). Outras

espécies de corós, algumas ainda por identificar, tem causado danos em soja, desde o Rio Grande do Sul até o Cerrado. Os corós *Liogenys* sp. e *Plectris* sp. têm sido constados em lavouras de soja em Goiás e no Norte do Paraná, respectivamente (Corso et al., 2001; Oliveira & Hoffmann-Campo, 2001). Os percevejos-castanhos-da-raiz causam danos à soja e a diversas outras culturas, como milho, algodão, arroz e pastagens (Oliveira et al., 2000). São insetos subterrâneos típicos, cujas ninfas e adultos sugam as raízes das plantas, onde, provavelmente, também injetam saliva tóxica (Fernandes et al., 1999). *S. castanea* é uma espécie conhecida há mais tempo e de ampla distribuição geográfica (Oliveira et al., 2000); *A. brachiariae* foi descrita recentemente (Becker, 1996). A ocorrência de danos econômicos causados por esses percevejos em lavouras e em pastagens, cresceu nos anos 90. Em soja, onde a espécie mais freqüente é *S. castanea*, constituem grande problema, podendo provocar perdas totais no rendimento, principalmente no Cerrado (GO, MG, MS, MT, SP e TO), sendo que focos isolados foram registrados no Norte do Paraná (Fernandes et al., 1999; Oliveira et al., 2000). Têm ocorrido em soja tanto em plantio direto como sob sistemas convencionais de manejo do solo (Oliveira et al., 2000). Os percevejos-barriga-verde (*Dichelops* spp.), insetos de importância secundária como pragas da parte aérea de soja, tem sido encontrados sugando plântulas de soja (*D. melacanthus*), de milho e de trigo (*D. furcatus* e *D. melacanthus*) a partir da década de 1990 (Panizzi & Chocorosqui, 1999). Não se caracterizam como pragas típicas de solo, uma vez que vivem na superfície deste, sob a palhada, e atacam o caule de plantas novas e cotilédones de soja. A presença de populações elevadas logo após a emergência das culturas tem sido considerada uma mudança de hábitos dos insetos, relacionada ao crescimento do cultivo de safrinhas e ao sistema plantio direto (Panizzi & Chocorosqui, 1999; Chocorosqui, 2001). As safrinhas disponibilizam alimento de forma permanente, desobrigando os insetos de buscarem outras plantas nativas na entressafra. A palha gerada no sistema plantio direto constitui importante recurso ambiental como abrigo para repouso hibernal e para sobrevivência destas espécies. Os percevejos *Dichelops* spp. apresentam ampla distribuição geográfica, ocorrendo desde o Rio Grande do Sul até o Mato Grosso; o problema tem sido maior em milho e em trigo do que em soja, nos estados do Paraná e de Mato Grosso do Sul; mas, possivelmente, a abrangência geográfica destes

percevejos seja ainda maior e esteja em expansão, à medida que novas áreas são incorporadas à produção agrícola de grãos (Panizzi & Chocorosqui, 1999). Os grilos são insetos onívoros, de ampla distribuição geográfica, considerados pragas de pequenas culturas, plantas hortícolas e plantas ornamentais. Em lavouras graníferas, apenas recentemente têm sido citados como pragas eventuais de superfície do solo, especialmente em soja e em milho, no Rio Grande do Sul (Gassen, 1996; Tonet et al., 2000). As espécies que ocorrem são o grilo-preto ou grilo-comum (*G. assimilis*), que vive em ambientes úmidos, sob restos culturais, e o grilo-marrom (*A. muticus*) que vive em galerias, no solo. Ambos tem hábitos noturnos e cortam plântulas ao nível do solo e as primeiras folhas, retardando o desenvolvimento vegetal. Os danos são mais críticos logo após a emergência das plantas, principalmente em períodos de estiagem e altas temperaturas. O grilo-marrom é o mais comum em lavouras e danos tem sido observados sob sistema plantio direto (Tonet et al., 2000). Ninfas e adultos armazenam partes vegetais cortadas dentro da galeria. Provavelmente, a ocorrência em nível de praga no sistema plantio direto deve-se não só ao não revolvimento do solo, como também à falta de alimento verde alternativo, em decorrência da eliminação de outros vegetais (dessecação química em pré-semeadura), prática muito comum no sistema. Além dos insetos, outras classes de animais tem ocorrido em lavouras de soja de maneira crescente nos últimos anos (década de 1990), como os diplópodes (piolhos-de-cobra ou milípodes) e os gastrópodes (lesmas e caracóis). Os piolhos-de-cobra, normalmente, alimentam-se de matéria vegetal morta. Espécies como *Julus* sp. e *Plusioporus setifer* têm sido encontradas em lavouras, com abundância de palha e sem preparo do solo (Gassen, 1996; Tonet et al., 2000; Domiciano & Fontes, 2001). Vivem enterrados no solo, principalmente no sulco de semeadura, ou sob a palha. Têm hábitos noturnos e podem danificar sementes e parte vegetais subterrâneas ou próximas ao solo, podendo provocar murcha e morte de plântulas; os danos são maiores em períodos de estiagem (Tonet et al., 2000). Lesmas e caracóis são moluscos herbívoros, que vivem em ambientes úmidos e de temperaturas amenas. Abrigam-se sob torrões, restos vegetais e outros materiais existentes na superfície do solo. Eventualmente, podem penetrar no solo, a pequena profundidade, através de aberturas naturais. Apresentam hábitos noturnos, mas também podem ser ativos em dias nublados. Atacam, normalmente, a parte

aérea das plantas, mas é em vegetais recém emergidos que apresentam maior potencial nocivo, reduzindo a população de plantas. A presença de gastrópodes em uma área é denunciada pelo rastro de muco que deixam ao se deslocarem no solo e sobre as plantas. Lesmas e caracóis são consideradas pragas importantes em hortas, jardins e estufas. Em lavouras extensivas como soja, feijão, milho e trigo, diversas espécies têm ocorrido mais recentemente, em áreas sob plantio direto com abundância de palha na superfície do solo e em sistemas de sucessão de culturas com espécies que produzem grande quantidade de matéria vegetal (Gassen, 1996; Milanez & Chiaradia, 1999; Hoffmann-Campo et al., 2000; Tonet et al., 2000). Danos severos em soja, causados pela espécie *Sarasinula linguaeformis*, foram constatados no Oeste de Santa Catarina (Milanez & Chiaradia, 1999).

Limitações e perspectivas de manejo.

O manejo integrado de pragas difere de medidas unilaterais de controle por levar em consideração uma série de conhecimentos básicos, de natureza bioecológica, além de todas as estratégias de controle disponíveis. A identificação de espécies e a geração de conhecimentos sobre biologia, fatores bióticos e abióticos que determinam a flutuação populacional, níveis de danos e técnicas de amostragem de pragas são imprescindíveis para a prática do manejo. Com algumas exceções, como *S. subsignatus*, *D. abderus*, *P. cuyabana* e *P. triticophaga*, a falta destes conhecimentos constitui a principal limitação para o manejo de pragas-de-solo na cultura de soja. Nos últimos quinze anos, os recursos humanos e materiais investidos em pesquisa sobre pragas-de-solo aumentou significativamente. A Reunião Sul-Brasileira sobre Pragas de Solo, criada em 1988 e realizada em sua oitava edição em 2001, evoluiu expressivamente tanto em número como em qualidade dos trabalhos apresentados. Em fóruns não específicos, como o Congresso Brasileiro de Entomologia, Seminários de Plantio Direto e Reuniões de Pesquisa ou Congressos de Soja, de Trigo e de Milho, o tema pragas-de-solo conquistou espaços. No entanto, tudo isso é pouco em relação à complexidade dos problemas já conhecidos e dos problemas emergentes. A diversidade de espécies de pragas reais e potenciais e a amplitude geográfica onde se cultiva a soja e se adota o sistema plantio direto no Brasil, bem como as dificuldades inerentes ao estudo e ao controle de pragas-de-solo, exigem racionalização de esforços e investimentos crescentes e

regionalizados. Tanto ou mais do que para outros tipos de pragas, as soluções para os problemas de pragas-de-solo na cultura da soja, devem ter enfoque multilateral, dentro de conceitos de manejo ecológico de pragas. Um dos grande desafios é resolver os problemas em plantio direto sem necessidade de abandonar o sistema, que tem proporcionado muitos benefícios à agricultura nacional. É necessário priorizar o desenvolvimento de métodos de controle adequados, tanto quanto possível, a sistemas de produção sustentáveis, como controle biológico, controle comportamental (feromônios), controle cultural e controle químico seletivo.

Palavras-chaves: Insetos, diplópodes, gastrópodes.

Referências Bibliográficas

ÁVILA, C. J.; GOMEZ, S. A. Ocorrência de pragas de solo no Estado de Mato Grosso do Sul. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE PRAGAS DE SOLO, 8., 2001, Londrina. Anais... Londrina: Embrapa Soja, 2001. part. 1, p. 36-41. (Embrapa Soja. Documentos, 172).

BECKER, M. Uma nova espécie de percevejo-castanho (Heteroptera: Cydnidae: Scaptocorinae) praga de pastagens do Centro-Oeste do Brasil. Anais da Sociedade Entomológica do Brasil, v. 25, n. 1, p. 95-102, 1996.

BERTELS, A.; FERREIRA, E. Levantamento atualizado dos insetos que vivem nas culturas de campo no Rio Grande do Sul. Pelotas: Universidade Católica de Pelotas, 1973. 17 p. (Publicação Científica, 1).

CHOCOROSQUI, V. R. Bioecologia de *Dichelops (Diceraeus) melacanthus* (Dallas, 1851) (Heteroptera: Pentatomidae), danos e controle em soja, milho e trigo no norte do Paraná. 2001. 160 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas – Entomologia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

CORSEUIL, E.; CRUZ, F. Z.; MEYER, L. M. C. Insetos nocivos à cultura da soja no Rio Grande do Sul. Porto Alegre: UFRGS, 1974. 36 p.

CORSO, I.; NUNES JÚNIOR, J.; OLIVEIRA, L. J.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; FARIAS, L. C.; GUERZONI, R. OA. Controle químico de larvas de diferentes espécies de corós em soja. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE PRAGAS DE SOLO, 8., 2001, Londrina. Anais... Londrina: Embrapa Soja, 2001. p. 207-212. (Embrapa Soja. Documentos, 172)

DEGRANDE, P. E.; ÁVILA, C. J. Pragas de solo no estado de Mato Grosso do Sul. In: REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE PRAGAS DE SOLO, 7., 1999, Piracicaba. Anais e ata... Piracicaba: USP-ESALQ, 1999. p. 24-34.

DOMICIANO, N. L.; FONTES, A. R. Amostragem, e combate químico via tratamento de sementes, do milípode *Plusioporus setifer* infestando soja no agroecossistema de "plantio direto". In: REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE PRAGAS DE SOLO, 8., 2001, Londrina. Anais... Londrina: Embrapa Soja, 2001. Part. 3, p. 262-266. (Embrapa Soja. Documentos, 172).

FERNANDES, P. M.; CRUVINEL, J. R. O.; KOBUS, K.; CZEPAK, C.; VELOSO, V. R. S. O percevejo castanho em áreas agrícolas do bioma cerrado. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE PRAGAS DE SOLO, 7., 1999, Piracicaba. Anais e ata... Piracicaba: USP-ESALQ, 1999. p. 49-56.

GASSEN, D. N. Manejo de pragas associadas a cultura do milho. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1996. 127 p.

GASSEN, D. N. Corós associados ao sistema plantio direto. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo. Plantio direto no Brasil. Passo Fundo: Embrapa-CNPT / Fundacep Fecotriga / Fundação ABC / Aldeia Norte, 1993. p. 141-149.

HEINECK, M. A. Aspectos biológicos de *Cerotoma arcuata tingomariana* em soja. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE INSETOS DO SOLO, 4., 1993, Passo Fundo. Anais e ata... Passo Fundo: Embrapa-CNPT / SEB, 1997. p. 9-11.

HOFFMANN-CAMPO, C. B.; MOSCARDI, F.; CORREA-FERREIRA, B. S.; OLIVEIRA, L. J.; SOSA-GOMEZ, D. R.; PANIZZI, A. R.; CORSO,

I. C.; GAZZONI, D. L.; OLIVEIRA, E. B. de. Pragas da soja no Brasil e seu manejo integrado. Londrina: Embrapa Soja, 2000. 70 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 30).

HOFFMANN-CAMPO, C. B.; SILVA, M. T. B. da; OLIVEIRA, L. J. Aspectos biológicos e manejo integrado de *Sternechus subsignatus* na cultura da soja. Londrina: Embrapa Soja: Cruz Alta: Fundacep - Fecotrigó, 1999. 32 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 22).

LORINI, I.; SALVADORI, J. R.; BONATO, E. R. Bioecologia e controle de *Sternechus subsignatus* Boheman, 1836 (Coleoptera: Curculionidae), praga da cultura da soja. Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 1997. 38 p. (Embrapa-CNPT. Documentos, 40).

MILANEZ, J. M.; CHIARADIA, L. A. Lesma: praga emergente no oeste catarinense. Agropecuária Catarinense, v. 12, n. 1, p. 15-16, mar. 1999.

MORALES, L. Relato de ocorrências de insetos do solo – Paraná/1995. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE INSETOS DO SOLO, 5., 1995, Dourados. Ata e resumos... Dourados: Embrapa-CPAO, 1995. Cap. 3, p. 14-16.

NAKANO, O. Pragas de solo no estado de São Paulo. In: REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE INSETOS DO SOLO, 5., 1995, Dourados. Ata e resumos... Dourados: Embrapa-CPAO, 1995. Cap. 3, p. 19-22.

OLIVEIRA, L. J.; GARCIA, A.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; SOSA-GOMEZ, D. R.; FARIAS, J. R. B.; CORSO, I. C. Coró-da-soja *Phyllophaga cuyabana*. Londrina: Embrapa-CNPSO, 1997. 30 p. (Embrapa-CNPSO. Circular Técnica, 20).

OLIVEIRA, L. J.; HOFFMANN-CAMPO, C. B. Manejo de pragas de solo na cultura da soja. In: REUNIÃO ITINERANTE DE FITOSSANIDADE DO INSTITUTO BIOLÓGICO, 4., 2001, Ribeirão Preto. Anais... Ribeirão Preto: Instituto Biológico, 2001. p. 70-76.

OLIVEIRA, L. J.; MALAGUIDO, A. B.; NUNES JÚNIOR, J.; CORSO, I. C.; DE ANGELIS, S.; FARIA, L. C. de; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; LANTMANN, A. F. Percevejo-castanho-da-raiz em sistema de

produção de soja. Londrina: Embrapa Soja, 2000. 44 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 28).

PANIZZI, A. R.; CHOCOROSQUI, V. R. Pragas: eles vieram com tudo. Cultivar, n. 11, p. 8-10, dez. 1999.

PANIZZI, A. R.; CORRÊA, B. S.; GAZZONI, D. L.; OLIVEIRA, E. B. de; NEWMAN, G. G.; TURNIPSEED, S. G. Insetos da soja no Brasil. Londrina: Embrapa-CNPSO, 1977. 20 p. (Embrapa-CNPSO. Boletim Técnico, 1).

SALVADORI, J. R. Coró-do-trigo. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. 56 p. (Embrapa Trigo. Documentos, 17).

SALVADORI, J. R. Influência do manejo de solo e de plantas sobre corós rizófagos, em trigo. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE PRAGAS DE SOLO, 8., 2001, Londrina. Anais... Londrina: Embrapa Soja, 2001. Part. 2, p. 79-89. (Embrapa Soja. Documentos, 172).

SALVADORI, J. R. Manejo de corós em cereais de inverno. Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 1997. 8 p. (Embrapa-CNPT. Comunicado Técnico, 3).

SALVADORI, J. R.; OLIVEIRA, L. J. Manejo de corós em lavouras sob plantio direto. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2001. 88 p. (Embrapa Trigo. Documentos, 35).

SANTOS, B. Bioecologia de *Phyllophaga cuyabana* (Moser, 1918) (Coleoptera: Scarabaeidae), praga do sistema radicular a soja [*Glycine max* (L.) Merril, 1917]. 1992. 111 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

TONET, G. E. L.; GASSEN, D. N.; SALVADORI, J. R. Estresses ocasionados por pragas. In: BONATO, E. R. (Ed.). Estresses em soja. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. Cap. 7, p. 201-253.

TONET, G. L.; MESQUITA, A. N. de; SANTOS, H. P. dos. Efeito do preparo de solo e de sistemas de rotação de culturas no ataque de *Sternechus subsignatus*, em plantas de soja. In: EMBRAPA. Centro

Nacional de Pesquisa de Trigo. Soja: resultados de pesquisa do Centro Nacional de Pesquisa de Trigo, 1996/97. Passo Fundo, 1997. p. 234-245. (Embrapa-CNPT. Documentos, 4).

A SOJA E SEUS PRODUTOS: CIÊNCIA, REGULAMENTAÇÃO E CONSUMIDOR

F. M. LAJOLO & M. I. GENOVESE Departamento de Alimentos e Nutrição Experimental - Faculdade de Ciências Farmacêuticas Universidade de São Paulo. Av. Prof. Lineu Prestes, 580. Bloco 14. Cj. Químicas. São Paulo, Brasil. E-mail: fmlajolo@usp.br

O avanço dos conhecimentos mostrando a relação entre a dieta e saúde/doença, os custos da saúde pública e interesses econômicos da indústria, têm gerado novos produtos cujas funções pretendem ir além do conhecido papel nutricional e sensorial dos alimentos. Esses produtos conhecidos por diferentes nomenclaturas, ainda sem legislação clara (alimentos funcionais, nutracêuticos, hipernutricionais, etc), além de promover o crescimento e a manutenção do organismo, teriam papel adicional de prevenir ou mesmo curar doenças, conferido por determinados nutrientes em quantidades elevadas ou por compostos químicos não nutrientes. São compostos antiradiciais ou antioxidantes como ácido ascórbico, carotenóides, flavonóides e outros fenólicos, glucosinolatos, saponinas, fitosteróis, fibras, oligossacarídeos, ácidos graxos polinsaturados, polipeptídeos e mesmo bactérias, como lactobacilos e bifidobactérias. Presentes em alimentos comuns ou não, conseguem modular funções fisiológicas do organismo através de mecanismos que vem sendo elucidados, e assim auxiliar na redução do risco de doenças crônico-degenerativas ou não transmissíveis. O Brasil, face à grande quantidade de produtos populares "naturais" ou "alternativos" que são vendidos mediante algum apelo relativo à sua ação contra doenças, e face a alimentos que começam a ser lançados com algum tipo de alegação por grandes e pequenas indústrias, estabeleceu normas regulatórias para orientar o setor. A soja e seus produtos têm tido grande importância nesse contexto. Além do seu valor nutricional possuem substâncias como as isoflavonas, também chamadas de fitoestrógenos, que parecem ter efeitos moduladores dos receptores estrogênicos. Estudos em cultura de células, animais, ensaios clínicos e epidemiológicos vem sugerindo a ação de isoflavonas na prevenção de câncer, doenças cardiovasculares, alívio dos sintomas da menopausa e osteoporose (Setchell & Cassidy, 1999), e isso vem popularizando o seu consumo na forma de suplementos. Três isoflavonas foram

identificadas na soja e produtos derivados: daidzeína, genisteína e gliciteína. A sua atividade estrogênica está associada ao núcleo diarila similar ao estilbeno, hidroxilado nas posições 4'e 7. Normalmente as isoflavonas estão presentes em suas formas conjugadas (7-O- β -D-glicosídeos): malonilglicosídeos, acetilglicosídeos e glicosídeos desesterificados (daidzina, genistina e glicitina). As isoflavonas se concentram no hipocótilo (1,4 a 1,8 g/100 g) da semente de soja, sendo que no cotilédone (0,16 a 0,32 g/100 g) e casca (0,01 a 0,02 g/100 g) são encontradas quantidades significativamente menores; contrário do observado para o coumestrol, que se concentra na casca. No entanto, como o cotilédone corresponde a 90% da semente e o hipocótilo a apenas 2%, a maior contribuição em termos de isoflavonas é do cotilédone. O perfil das isoflavonas encontradas no hipocótilo e no cotilédone também é diferente: no hipocótilo encontram-se basicamente daidzina e glicitina, enquanto que no cotilédone há 20 vezes mais genistina que no hipocótilo (Genovese & Lajolo, 2001a). A análise do teor de isoflavonas de 15 diferentes cultivares de soja do Paraná mostrou que a concentração média era 31 % maior para as cultivares de Ponta Grossa (120 mg/100 g) em comparação com as de Londrina (82 mg/100 g). Essas diferenças foram atribuídas à diferenças de temperatura e solo entre as duas regiões (Carrão-Panizzi *et al.*, 1998). Entre as variedades estudadas o teor de isoflavonas mostrou grande variação, entre 54 e 147 mg/100 g. Já existem estudos iniciais sobre os prováveis mecanismos de ação das isoflavonas; sabe-se ainda pouco, porém, sobre a sua eficácia e mesmo a segurança das diversas formas em que se encontram naturalmente ou como resultado do processamento. As condições de processamento da soja podem provocar alterações tanto no teor total como no perfil de isoflavonas presentes. A maioria das isoflavonas em soja e derivados protéicos como farinha desengordurada, isolados, concentrados e proteína texturizada se encontra na forma esterificada. A distribuição entre essas formas, no entanto, varia de produto para produto. Em produtos minimamente processados como a farinha desengordurada pode-se observar perfil similar ao da soja integral, com predominância de 6''-O-malonildaizina e 6''-O-malonilgenistina, demonstrando que a moagem e a extração com hexano pouco alteram a conjugação das isoflavonas. No entanto, quando a farinha desengordurada de soja é tostada observa-se diminuição das malonil-isoflavonas e aumento

dos acetil-conjugados e glicosídeos desesterificados. O processo de extrusão também resulta em uma maior concentração de acetil-conjugados e glicosídeos desesterificados em relação às agliconas e malonil-conjugados. Por outro lado, em produtos fermentados de soja, tais como miso, tempeh e pasta de soja, observa-se a predominância das agliconas em relação às formas conjugadas. Os derivados protéicos de soja tais como farinhas desengorduradas, concentrados e isolados são em geral mais utilizados industrialmente como ingredientes de alimentos, dadas as propriedades físico-químicas das suas proteínas. Já as proteínas texturizadas fazem também parte das dietas vegetarianas como substitutas da carne e as proteínas isoladas de soja são a base das fórmulas infantis não-lácteas. No Brasil alguns estudos sobre variação nos teores e perfil de isoflavonas nesses produtos (Genovese & Lajolo, 2001b) e pesquisas clínicas estão também em andamento. Da mesma forma está em discussão na Agência Nacional de Vigilância Sanitária o status normativo de produtos de soja, principalmente aqueles em formas farmacêuticas. Outra propriedade funcional da soja, associada às suas proteínas, é a capacidade de reduzir o colesterol sérico em certas condições e assim beneficiar pessoas que precisam controlar esse fator de risco de doenças cardiovasculares. Uma alegação de saúde nesse sentido a ser veiculada em rótulos de alimentos, aprovada pelo Food and Drug Administration nos Estados Unidos, deu visibilidade e importância a produtos protéicos de soja. Os alimentos funcionais para serem comercializados devem ter registro no Ministério da Saúde e para obterem registro precisam demonstrar sua eficácia e sua segurança de uso, nesse caso, com base em análise de risco. A eficácia se refere à alegação que é feita no rótulo. Quanto a isso, no Brasil, são aceitas alegações funcionais (estrutura/função) e alegações de saúde. Nesse último caso, porém, serão aceitas apenas alegações de redução de risco e não aquelas que mencionarem prevenção ou cura de doenças. O fabricante deve apresentar em ambos os casos (segurança e eficácia) provas científicas que podem envolver desde ensaios bioquímicos até ensaios de intervenção clínica ou dados epidemiológicos, conforme cada caso. Além disso a alegação deve ser verdadeira e consistente com as necessidades de saúde da população e compreensível por ela. As informações sobre o produto são analisados por uma Comissão Técnico-Científica Assessora do Ministério da Saúde, composta por professores e pesquisadores, que recomenda ao

Ministério a sua aprovação ou não. Toda essa regulamentação se aplica aos produtos de soja que fizerem alegações no rótulo, sobre propriedades funcionais ou de saúde. Apesar de evidências bioquímicas, clínicas e epidemiológicas não há ainda para a maioria dos casos um consenso científico estabelecido que suporte decisões no âmbito de políticas mais globais de saúde pública referente ao uso de alimentos funcionais em geral e produtos de soja como suplementos em particular. Está, porém, aberto um campo de pesquisa importante relativo à identificação de compostos não nutricionais de alimentos com potencial ação fisiológica, aos mecanismos de suas ações biológicas e mesmo relativo ao desenvolvimento de alimentos dirigidos às finalidades especiais. A nossa flora em geral e a soja em particular são um exemplo do potencial que pode ser explorado nessa direção. Uma legislação clara a respeito pode estimular o desenvolvimento correto de pesquisas e produtos por parte da indústria, ou seja, pode proteger a Saúde Pública sem inibir a tecnologia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARRAO-PANIZZI, M.C.; KITAMURA, K.; BELEIA, A.D.; OLIVEIRA, M.C.N. Influence of growth locations on isoflavone contents in Brazilian soybeans cultivars. *Breeding Science*, v. 48, p.409-413, 1998.
- GENOVESE, M.I.; LAJOLO, F.M. Isoflavonas da soja: fatores que influem nos tipos e teores em alimentos. *Food Ingredients*, v.11, p.62-64, 2001a.
- GENOVESE, M.I.; LAJOLO, F.M. Determinação de isoflavonas em derivados de soja. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.21, n.1, p.86-93, 2001b.
- SETCHELL, K.D.R.; CASSIDY, A. Dietary isoflavones: biological effects and relevance to human health. *Journal Nutrition*, v. 129, p.758S-767S, 1999.

CONTRIBUIÇÃO DE RESÍDUOS VEGETAIS PARA A FERTILIDADE E CONSERVAÇÃO DO CARBONO DO SOLO NO PLANTIO DIRETO

J. C. FRANCHINI¹, M.-A. PAVAN², M. MIYAZAWA², E. TORRES¹, O. F. SARAIVA¹. ¹Embrapa Soja, Caixa Postal 231, 86001-970, Londrina, PR; ²IAPAR, Caixa Postal 481, 86001-970, Londrina, PR; E-mail: franchin@cnpso.embrapa.br

O carbono fixado pelas plantas constitui a fonte primária de carbono para o solo, incluindo a matéria orgânica, a biomassa microbiana e a fauna, podendo ser dividido operacionalmente em duas frações principais. A fração solúvel em água, que pode representar até 20% do carbono total na planta, é constituída basicamente de substâncias orgânicas de baixo peso molecular em função do tipo de fixação do carbono, estado nutricional e idade da planta. Essas substâncias têm grupos funcionais, principalmente do tipo carboxílico e fenólico, que participam em várias reações químicas no solo, tais como: complexação organo-metálica; redução da fitotoxicidade de Al; adsorção de íons e lixiviação de Ca no solo. A fração remanescente de menor solubilidade, composta principalmente por compostos constitutivos, tais como, celulose e lignina é responsável pelos processos de longo prazo relacionados ao acúmulo ou redução do estoque de carbono no solo. A manutenção dos resíduos vegetais na superfície do solo, modifica a forma com que estas frações orgânicas interagem com a matriz química e biológica do solo no plantio direto. A decomposição dos resíduos é mais lenta, aumentando seu tempo de permanência no solo. Em decorrência, são aumentados o estoque de carbono na camada superficial, principalmente na fração leve derivada diretamente dos resíduos vegetais, a CTC, a disponibilidade de nutrientes e reduzidas a adsorção de fósforo e a fitotoxicidade do Al. Resíduos vegetais de plantas de cobertura e adubação verde, em geral, são caracterizados por uma elevada contribuição da fração solúvel para o carbono da planta, tendo, desse modo, efeito de curto prazo sobre a química do solo. Por outro lado, as culturas comerciais, tais como a soja e, especialmente, o trigo e o milho, apresentam baixa ou nula contribuição da fração solúvel para o carbono total da planta, o que torna esses materiais de difícil decomposição, tendo, portanto, maior contribuição para a conservação do carbono no solo. Estas informações devem ser

consideradas na ordenação das culturas nos sistemas de rotação para aumentar a eficiência do plantio direto.

Palavras-chaves: carbono orgânico particulado, ácidos orgânicos, polissacarídeos, lignina, rotação de culturas.

CARBON SEQUESTRATION IN SOIL MANAGEMENT AND PLANT ROTATION SYSTEMS

D. W. REEVES USDA-ARS National Soil Dynamics Laboratory 411 S.
Donahue Dr. Auburn, AL 36832 (USA)
(wreeves@acesag.auburn.edu)

Carbon sequestration has become a popular term among scientists, environmental advocates, agricultural producers, energy policy makers and government agencies in recent years. Within the agricultural arena, the term describes the process of photosynthetic fixation of atmospheric CO₂ into plant tissue and/or soil organic matter. There is debate regarding the potential to mitigate global climate change through C sequestration, however, there is ample research to show that increasing soil C improves soil quality and agronomic productivity (Reeves, 1997; Machado and Silva, 2001; Díaz-Zorita et al., 2002).

Research from Brazil and other countries in subtropical and tropical regions has shown that warm humid climates have great potential to increase soil C (Sá et al., 2001). For example, calculated values for C sequestration potential in southern Brazil range from 9.37 to 12.54 Tg C yr⁻¹ (Bayer et al., 2000b; Sá et al., 2001). Although warm humid climates favor rapid decomposition of soil organic matter, the capacity for C fixation in subtropical and humid tropical regions can be greater than in temperate regions. Compared to temperate regions, the subtropics and tropics have longer growing seasons, a greater capacity for cropping intensification and biomass production, and fewer agroecological constraints to adoption of conservation tillage; which more than compensates for these region's higher rate of organic matter decomposition.

Soil management strategies for increasing C sequestration and improving soil quality on existing arable land include conservation tillage, cropping intensification, application of animal manures, and inclusion of sod-based or pasture rotations. Crop rotation is critical to cropping intensification and has long been recognized as being agronomically beneficial (Bayer et al., 2000b; Reeves, 1994). In addition, the need for sound rotation practices is even greater for conservation tillage systems than for conventional tillage systems

(Reeves, 1997). Intensive cropping systems, using high-residue crops in rotations coupled with conservation tillage, can dramatically improve soil quality and productivity. Unfortunately, government farm policies, agricultural mechanization and specialization, and economic reality often discourages cropping diversity and intensification.

Brazilian scientists are world leaders in crop rotation and conservation tillage research (e.g., Sá et al., 2001; Bayer et al., 2000a; Bayer et al., 2000b; Machado and Silva, 2001). Transposing their principles and techniques to the subtropical region of the southeastern USA, we established a study to compare an intensive cropping system, maximizing the production of crop residues and legume N inputs, to standard cotton (*Gossypium hirsutum* L.) production systems used in the southeastern USA. The specific objectives of the research were to: 1) develop a cotton production system that maximizes soil carbon inputs; 2) determine the impact of the system on soil quality and productivity; and 3) determine the most economically favorable cropping system compared to standard cotton production systems.

Materials and Methods

The system used sunn hemp (*Crotalaria juncea* L.) and ultra-narrow row (UNR) cotton (drilled in 19-cm rows) in an intensive rotation with wheat (*Triticum aestivum* L.) and corn (*Zea mays* L.). Soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] could be substituted for cotton in this rotation, following wheat, but cotton currently enjoys a comparative economic advantage in the southeastern USA compared to soybean because of the risk from short-term drought and favorable government commodity support programs for cotton. Control systems used continuous cotton (both standard 102-cm rows and ultra-narrow row) and a corn - cotton rotation. All systems were tested under conservation and conventional tillage.

We began the experiment in August of 1997 with the planting of sunn hemp on a Compass sandy loam (coarse-loamy, siliceous, subactive, thermic Plinthic Paleudults) in east-central AL. Cropping systems were imposed through 2001. The site had previously been a tillage study with a corn-soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] rotation

and a winter cover crop of crimson clover (*Trifolium incarnatum* L.) for the past 10 years. The previous study had conservation (no-tillage; with and without in-row subsoiling to 40-cm depth) and conventional (disk-chisel-disk-field cultivate; with and without in-row subsoiling) tillage variables. Prior to starting this cropping system study, the entire area was non-inversion deep-tilled with a Paratill® bent-leg subsoiler to 40-cm. Research has shown that some form of in-row subsoiling is needed for this soil to disrupt an inherent root-restricting hardpan (Reeves and Mullins, 1995; Reeves and Touchton, 1986). Consequently, non-inversion subsurface tillage (in-row subsoiling or paratilling) was done for all plots each year, regardless of surface tillage practices. Specially designed equipment enable this to be done in high residue with very little disturbance of crop residue and soil; and for practical purposes emulates no-tillage.

Tillage treatments in the cotton systems study were arranged to maintain the integrity of the previous 10-years conservation and conventional tillage treatments. The experiment design was a split plot arrangement of treatments in a randomized complete block of four replications. Main plots were cropping systems and subplots were tillage, i.e., the previous conventional and conservation tillage treatments maintained. Cropping systems were: 1) intensive system; 2) cotton-corn rotation with standard row widths (102-cm for cotton and 76-cm for corn); 3) continuous cotton with standard rows; and 4) continuous ultra-narrow row cotton.

The intensive system maintained actively growing cash or cover crops about 330 days of the year. Corn was planted in early April and harvested in August; followed immediately by sunn hemp, which was terminated in early November when wheat was drilled. Ultra-narrow row cotton was drilled following wheat harvest in early to mid-June. Following cotton harvest in October, a white lupin (*Lupinus albus* L.) - crimson clover mixed cover crop was drilled prior to the following corn crop that started another rotation cycle. In the continuous cotton (both 102-cm and 19-cm row widths) and corn-cotton rotation treatments, a black oat (*Avena strigosa* Schreb.) - rye (*Secale cereale* L.) cover crop mix was used prior to cotton and the white lupin-crimson clover cover crop was used prior to corn. All phases of each rotation were present each year in all cropping systems, to eliminate confounding year effects with system effects.

All cover crops were killed 14-21 days prior to planting using glyphosate and a mechanical roller. Weeds were controlled with glyphosate over-the-top at 4-true leaves; in 1999 preemergence applications of fluometuron and pendimethalin were also applied. Nitrogen was broadcast applied to the black oat/rye cover crop, wheat and ultra-narrow row cotton, and banded beside the row for standard row width cotton and corn. Rates were 34 kg N/ha for black oat/rye, 168 kg N/ha for corn, and 134 kg N/ha for cotton and wheat. Standard row cotton was harvested with a spindle picker and ultra-narrow row cotton was harvested with a stripper fitted with a finger harvester.

In addition to harvested yield determinations, we also measured biomass returned to the soil from all cash crops and cover crops in the various tillage/cropping system treatments. Total C was determined in biomass samples by dry combustion (Yeomans and Bremner, 1991). In March 2002, soil C was determined from samples taken at depths of 0-1 cm, 1-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm, and 20-30 cm. Bulk density samples were also taken at this time in order to calculate C storage on a mass basis. For these soils, total C is equivalent to soil organic C (SOC), as they contain no appreciable carbonate-C. Soil C data have not been analyzed at the time of this writing, and will not be presented in this paper.

Results and Discussion

The critical factor in agricultural sustainability is economic viability. We used Auburn University Extension Budgets, adjusted for differences in actual practices that varied from inputs in the standard budgets, to calculate four year average (1998-2001) net returns over variable costs for the cropping/tillage systems (Table 1). We allowed a deduction for UNR cotton lint (fiber) of US\$0.088/kg in calculations. All UNR or high-density cotton systems exhibited higher net returns than standard 102-cm row spacing cotton systems. The highest net return over variable costs was obtained with continuous no-tillage UNR cotton (\$258.29/ha/year). Lowest net return (\$88.92/ha/year) was obtained with the conventional grower practice of monocropped cotton on 102-cm rows using a chisel plow/disking conventional tillage system. The no-tillage intensive cropping system had the second highest net return

(\$240.08/ha/year) of any of the tillage/cropping system combinations.

Table 1. Four year (1998-2001) mean economic return over variable costs of cropping-tillage systems imposed on a sandy coastal plain soil with a hardpan in east-central Alabama (USA).

Tillage System	Cropping System			
	continuous cotton			
	intensive	corn-cotton	102-cm row	UNR (19-cm row)
-----US\$/ha/year-----				
No-tillage	240.08	99.22	109.42	258.29
Chisel/disk	188.86	100.78	88.92	234.95

Economics dictates short-term sustainability, but maintenance or improvements in soil C impact productivity and sustainability in the long-term. Not only were net returns favorable with the no-tillage intensive cropping system, but this tillage/cropping system combination returned the most C to the soil (5.94 Mg C/ha/year) (Table 2). All systems tested used a winter cover crop every year, and C returned to the soil ranged from 2.73 to 5.94 Mg C/ha/year. However, we wish to emphasize that conventionally tilled cotton without a cover crop would have returned only 0.82 Mg C/ha/year to the soil (data not shown). This is the system that has been used for decades in the southeastern USA, resulting in serious soil degradation. Soil carbon results have not been analyzed yet, but should confirm the benefits of the intensive system to sequester C.

Conclusions

Our results in the southeastern USA show that the Brazilian model of cropping diversification and intensification, coupled with conservation tillage, is economically superior. More importantly, this model has the potential to rapidly increase soil C; improving soil quality and productivity in the long term and further enhancing economic sustainability producers in subtropical regions like the southeastern USA.

Table 2. Four year (1998-2001) mean C input from cropping-tillage systems imposed on a sandy coastal plain soil with a hardpan in east-central Alabama (USA).

Tillage System	Cropping System			
	continuous cotton			
	intensive	corn-cotton	102-cm row	UNR (19-cm row)
C - Mg/ha/year				
No-tillage	5.94	3.86	3.24	2.73
Chisel/disk	5.19	4.11	3.33	2.84

References

- Bayer,C., L. Martin-Neto, J. Mielniczuk, and C. A. Ceretta. 2000a. Effect of no-till cropping systems on soil organic matter in a sandy clay loam Acrisol from southern Brazil monitored by electron spin resonance and nuclear magnetic resonance. *Soil & Tillage Research* 53:95-104.
- Bayer,C., J. Mielniczuk, T.J.C. Amado, L. Martin-Neto, and S. V. Fernandes. 2000b. Organic matter storage in a sandy clay loam Acrisol affected by tillage and cropping systems in southern Brazil. *Soil & Tillage Research* 54:101-109.
- Díaz-Zorita, M., G. A. Duarte, and J. H. Grove. 2002. A review of no-till systems and soil management for sustainable crop production in the subhumid and semiarid Pampas of Argentina. *Soil & Tillage Research* 65:1-18.
- Lal, R. 2002. Soil carbon dynamics in cropland and rangeland. *Environmental Pollution* 116:353-362.
- Machado,P. L. O., and C. A. Silva. 2001. Soil management under no-tillage systems in the tropics with special reference to Brazil. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 61:119-130.
- Reeves, D. W. 1994. Cover Crops and Rotations. p. 125-172. In J.L.Hatfield (ed.) *Advances in Soil Science- Crops Residue Management*. Lewis Publishers, CRC Press, Inc., Lewis Publishers, CRC Press, Inc.

- Reeves, D. W. 1997. The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems. *Soil & Tillage Research* 43:131-167.
- Reeves, D. W., and G. L. Mullins. 1995. Subsoiling and potassium placement effects on water relations and yield of cotton. *Agronomy Journal* 87:847-852.
- Reeves, D. W., and J. T. Touchton. 1986. Subsoiling for nitrogen applications to corn grown in a conservation tillage system. *Agronomy Journal* 78:921-926.
- Sá, J. C. M, C. C. Cerri, W. A. Dick, R. Lal, S. P. V. Filho, M. C. Piccolo and B. E. Feigl. 2001. Organic matter dynamics and carbon sequestration rates for a tillage chronosequence in a Brazilian Oxisol. *Soil Science Society America Journal* 65:1486-1499.
- Yeomans,J.C., and J. M. Bremner. 1991. Carbon and nitrogen analysis of soils by automated combustion techniques. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 22:843-850.

Keywords: soil C, cropping intensification, cover crop, conservation tillage, economics

NO-TILLAGE AS A SUSTAINABLE SOIL MANAGEMENT SYSTEM FOR SOYBEAN CROPPING IN THE CERRADO

D. V. S. RESCK. Embrapa Cerrados, Km 18 BR 020, Caixa Postal 08223, CEP 73301-970, Planaltina, DF; E-mail: dvsresck@cpac.embrapa.br

In the Cerrado region (Savanna), of the 204 million hectares of land, Latosols occupy 94 million hectares (46%) and Quartz Sand 31 million hectares (15.2%).

In relation to the altitude, most of the soils in the Savanna (73%), are found between 300 to 900 m, 22% below 300 m and only 5% above 900 m. Toposequence of those soils, in general, is characterized by the peneplanes (chapadas) at the highest point, followed by steep scarps, forming other rolling plane at 100 to 200 m below, with slope from 3% to 8%.

These soils are mineralogically and chemically poor, bases deficient and with aluminum saturation considered high to very high (Figure 1). The calcium deficiency and the high aluminum saturation down deep in the profile restrict root growth, reducing soil volume exploration by roots to uptake water and nutrients.

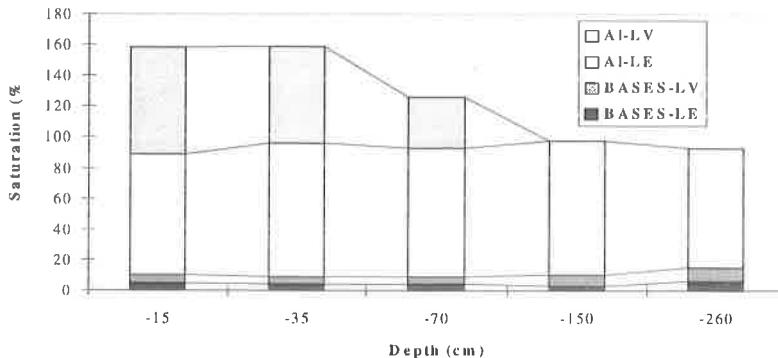


Figure 1. Bases and aluminum saturation in Latosol in the Cerrado. (Adapted from Resck, 1997.)

That becomes important particularly in the Cerrado region for reasons related to soil physical properties that will be explained as following:

Latosols have low water storage capacity between the tensions: 6 kPa - considered the tension which soil is at field capacity -, and 100 kPa, considered the minimum tension beyond which plants are not capable to absorb soil water, without dispending too much energy (Silva & Resck, 1981). The water holding capacity of those soils at low tensions is relatively high, falling exponentially as soil water tension increases.

For those soils and for Quartz Sands, water tension at 6 kPa in the retention curve divides the macropores, pores with diameter > 48 μm , from the micropores that are pores with diameter < 48 μm . Both pore types are located inside the aggregates that form the soil structure.

There is a relationship between soil water tension and pore sizes. Applying lime and fertilizers and incorporating crop residues as deep as possible into the soil profile allows a complete decomposition of those residues. As decomposition develops, by-products (gums, cementing agents, etc.) are obtained, providing the formation of new soil aggregates, and a new structure rearrangement. These processes yield a large amount and a better distribution of micropores with several and differentiated size, where water is actually hold by the soil (Figure 2). The water that percolates through pores with diameter greater than 48 μm will supply the watertables.

Deep lime incorporation is a necessary management because of the low water availability of Latosols (water storage capacity = about 1 mm of $\text{H}_2\text{O cm}^{-1}$ of soil) and yet much less of Quartz Sands (about 0.4 mm of $\text{H}_2\text{O cm}^{-1}$ of soil). Without soil chemical correction down to 40 cm, the plants will be very exposed to the climatic events, especially to dry spells ("veranico"), the so common periods without rainfall which occur in the months of January and February, which could last more than 25 days. Considering a 40 cm-layer of a soil profile, the Quartz Sand store only about 16mm of water against 40 mm by the Latosols. That implicates much less resistance to the veranicos by the plants cultivated in that sandy soil.

Another important point to be considered in the Cerrado region, is the pattern of the precipitation during the year. The rainfall distribution is bimodal, with well differentiated rainy and dry seasons. About 80% of the rainfall occurs from October to March, including the already mentioned short dry spells. The annual mean temperature is 22°C in the south and 27°C in the north. The

difference between the maximum and minimum temperatures in the region is around 4 to 5°C, diminishing to 1 or 2°C towards the north Amazon region (Resck et al., 2000).

Due to the rainfall bimodal pattern and in order to increase water infiltration some procedures must be done to store water in the soil as much as possible. Besides management, soil and water conservation practices should be applied such as, for example, terracing. Both soils Latosols and Quartz Sands occupy flat to undulating topography (0 to 8% of slope) in the landscape and therefore the construction of leveled large base terraces would be more appropriated and necessary.

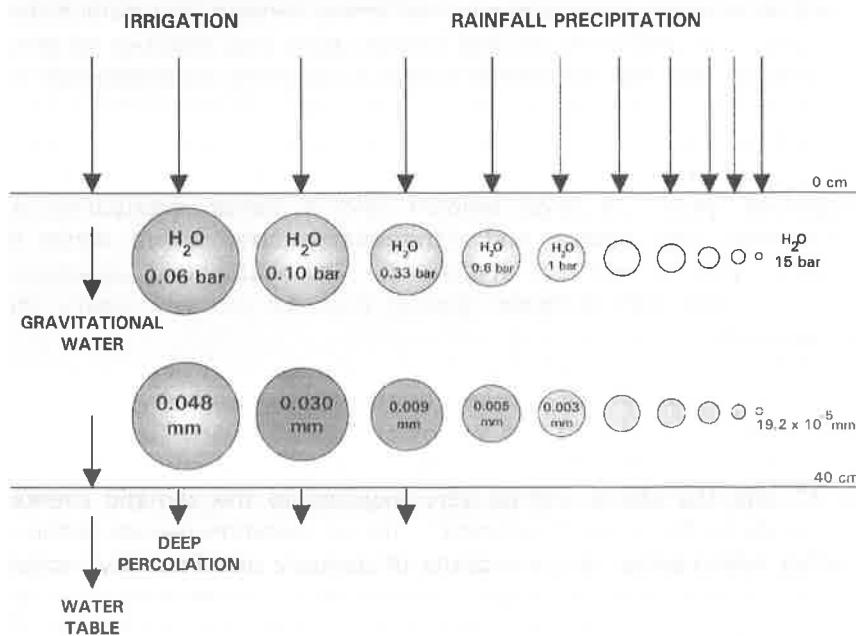


Figure 2. Schematic demonstration of soil pores size and distribution in the arable layer (0 to 40 cm). (Adapted from Resck, 1993.)

Soil management involves a range of procedures, e.g., clearing the natural vegetation and the harmonic application of four factors: liming to neutralize surface and subsoil acidity and gypsum to alleviate Al^{+3} toxicity (factor A), applying corrective and a

maintenance fertilizers (factor B), soil tillage dynamics (factor C) and crop rotation (factor D) which includes annual crops, pastures and forest (Resck, 1998).

Factor C is the dynamics in a sense because each implement such as disk plow, moldboard plow and chisel has its own timing for operation and certain functional characteristics to accomplish specific objectives such as chemical and/or physical correction of the soil (Resck et al., 1995; Resck, 1998).

Considering the high acidity and high dystrophy of Cerrado soils, the foremost objective is to increase soil pH and base saturation besides increasing availability of phosphorus and potassium to alleviate soil fertility constraints; the best implement to achieve these objectives through soil surface management is the disk plow. When pulled by the tractor, it mixes the soil and enhances soil chemical reaction. Furthermore, to apply lime in two split applications, one before plowing and another after but before harrowing with light disks, disk plow facilitates uniform distribution of lime into the soil profile because it can reach up to 25-30 cm depth under favorable soil moisture condition and friable tilth.

Once the soil chemical problems have been corrected, it is necessary to incorporate, as much as possible, organic carbon into the soil profile to improve aggregate structure. Crop residues and green manure are important to achieve this objective. The best implement to incorporate residue is the moldboard plow which can bury the biomass up to 40 cm-depth for rapid decomposition and humification (Resck, 1998).

Some authors say that deep incorporation lead to a fermentation process in the soil, which does not occur. The existing macroporosity in the Latosols and Quartz Sands (about 30%), and even in compacted areas, allows enough O₂ diffusion for satisfactory microbial activity (Osozawa & Resck, 1994).

The soil conditioning process can take at least three to four years to improve soil physical and chemical properties. Having accomplished the first phase, farmers should proceed to the second phase by either choosing an implement that causes least soil disturbance such as chisel plow for minimum tillage or shift to no-till depending upon their technical skills and financial resources. Moreover, farmers can adopt pasture or forest systems to maintain and even improve soil properties over time (Resck, 1998).

Despite pastures systems have, in general, a high respiration rate, soil carbon physically protected pools (aggregates), are formed very rapidly (one to two years), which allows for carbon accumulation in the profile. This is due to pasture voluminous and deep root system. Pasture is capable to form and preserve those pools in depth into soil profile (Figure 3).

As an evidence, Figure 3, shows the aggregates increasing with depth under pasture and eucalyptus agroecosystems.

No-till systems also accumulate organic carbon in the profile, mostly on the surface layer (0 to 5 cm); however, they do not form aggregates, but only maintains soil structure (Figures 4 and 5). In figure 4, it is observed that in an area cultivated under central pivot using heavy disk harrow during 10 years and left as a Brachiaria decumbens (pasture after harrow) fallow field for two more years, soil structure was recovered within that period.

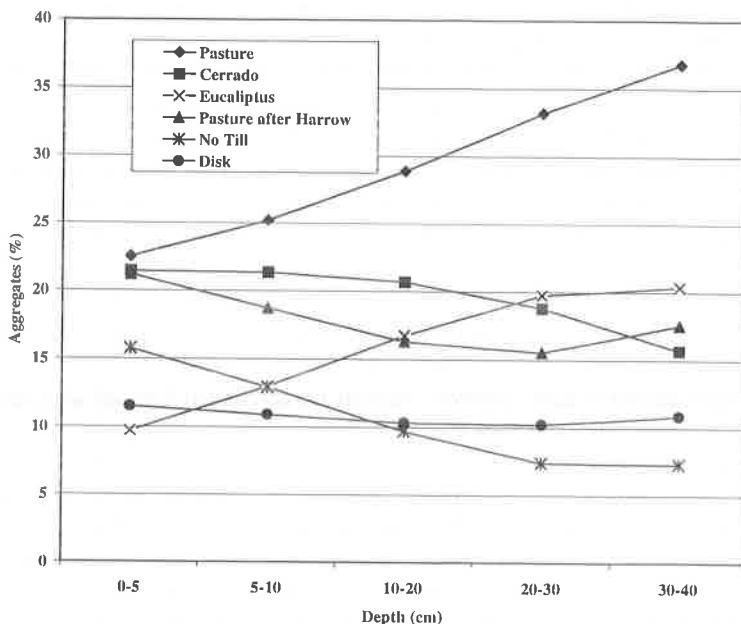


Figure 3. Soil profile distribution of water-stable aggregates > 2 mm (soil samples passed through 8 mm-sieve and hold onto 2mm-sieve)

in different management systems. (Adapted from Guedes et al., 1996.)

As shown in figure 5, it is shown that there is not a direct relationship between carbon content and aggregates formation. High organic carbon content in no-till systems does not reflect in aggregates formation. In fact, it was comparable to the disk plow system. It was concluded that this high stock of organic matter in no-till systems is located in the labile pool which lies mostly in the soil surface, with less interaction with soil particles (Guedes et al., 1996).

In the Cerrado, the evolution of cultivated areas under No-Till System (NTS) was very rapid. From 300 ha in 1981/1982, in Rio Verde city, state of GO, it jumped to 1,500,000 ha in 1995/1996, an stupendous increase of 499,900%, whereas in Brazil that increase was of 2,291% (Figure 6). Today, in the Cerrado, of the 12 million hectares being occupied by annual crops, approximately 4.3 million (36%) are under NTS, impressive figure, considering that only 20 years have passed since the first experience in the region.

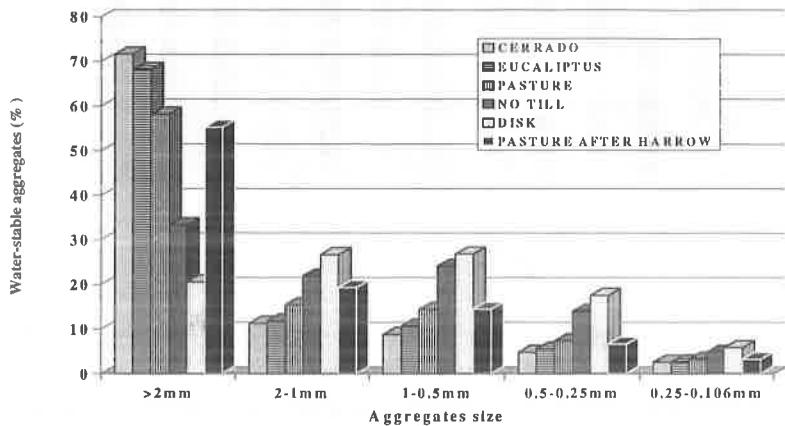


Figure 4. Water-stable aggregates distribution (soil samples passed through 8mm-sieve and hold onto 2mm-sieve) in different management systems- averaged over 0 to 40cm-depth layer. (Adapted from Guedes et al., 1996.)

Today only the United States have NTS area larger than those in Brazil. Last figures, in million ha, show: United States - 21.12, Brazil

- 14.33, Argentina - 9.25, Australia - 8.64, and Canada - 4.08. Bolivia - 0.35, Venezuela - 0.15 and Colombia - 0.07, come on the 8th, 9th and 12th places, respectively (Canalli, 2001).

The system adoption is an ongoing process and it is starting in several states located in the Cerrado, such as, Piauí, Roraima and Rondônia.

Only pasture is better than no-till system against the splash energy produced by the raindrops impact, which cause soil erosion and soil losses. Despite its soil protection characteristic, there are considerable water losses in no-till systems. In figure 7, in a soybean field (crop whose canopy protects soil surface), under no-tillage, water losses per hectare due to runoff correspond to 1,616 m³ of water, whereas for the conventional tillage with disk plow, it was 2,610 m³ per hectare.

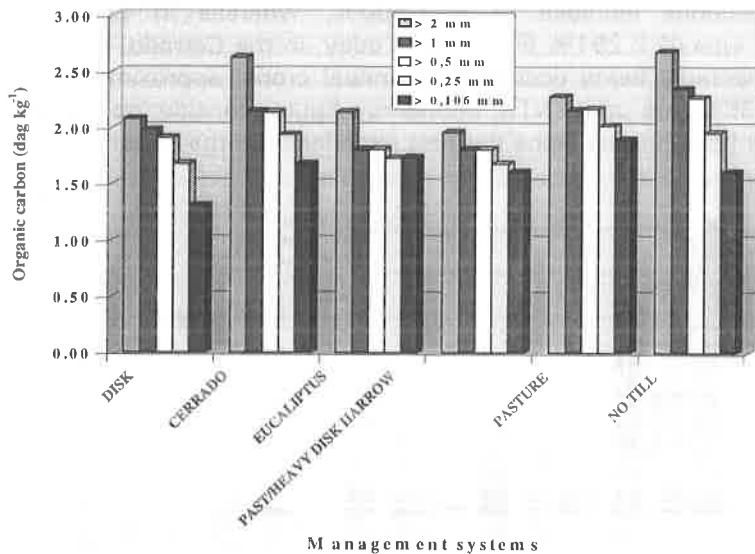


Figure 5. Organic carbon in different aggregates sizes (soil samples passed through 8 mm-sieve and hold onto 2 mm-sieve) and management systems – averaged over 0 to 40 cm-depth layer. (Adapted from Guedes et al., 1996.)

In a rough estimate, the amount of water lost under no-till just in one hectare, will be enough to supply water, annually, to 81 people consuming 20 m³ per capita.

That represents a volume of water sufficient to supply 55 l person⁻¹ daily in a city with 29.382 inhabitants. Taking into account that in the Cerrado today there are about 4.3 million hectares cultivated under this system, those water losses become highly significant. It means that, physical barriers to water movement, such as terraces and contour levels should also not be ignored where this system is being conducted, despite its innumerable advantages over conventional systems, mainly for those using heavy disk harrow as implement.

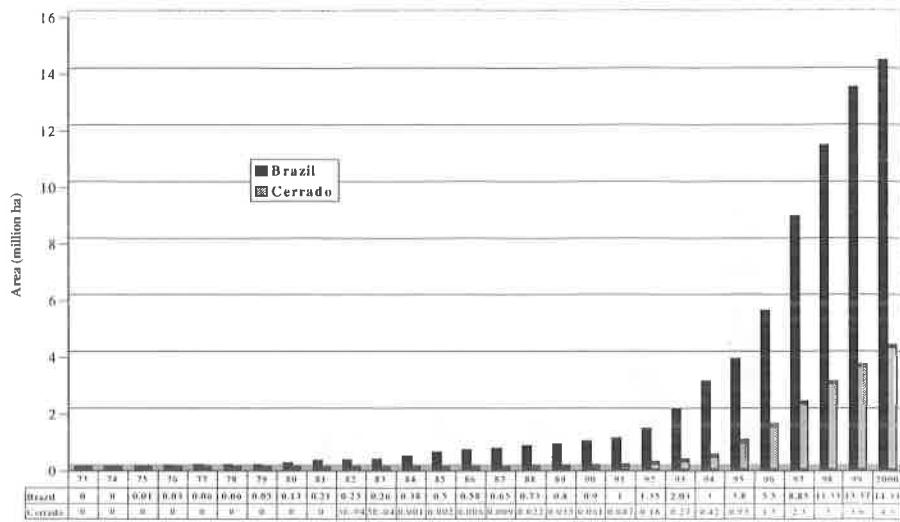


Figure 6. Evolution of cultivated area under No Till in Cerrado and Brazil. (Adapted from Canalli, 2001.)

Despite the abundant water in the period of October to April, during the months of May to September, in this region, there is practically no precipitation, nor enough soil moisture to establish cover crops ("safrinha") to produce either grain – as it occurs in the Southern Region of Brazil, in the State of Paraná, for example –, or biomass for mulching.

An experiment conducted in Embrapa Cerrado, in Brasília, Brazil, with an average annual precipitation of 1,500 mm, several species and strategies to establish cover crops after soybean (the main crop)

were tested as follows: two varieties of Sorghum in sequence to soybean (Sorghum BR303 and Sorghum BR304), a forage radish, a black oat (Oat) and the millet (Millet SE); it was also tested stylosanthes cultivar "Mineirão" in consortium with soybean, the millet before planting soybean as the main crop (Millet BP), and the conventional tillage considering in this case all biomass produced by soybean and spontaneous vegetation at the location, for comparison (Figure 8).

It was observed that mean of dry matter production of soybean for all treatments was $1,818 \pm 292 \text{ kg ha}^{-1}$ (c.v.=16%) whereas mean of dry matter produced by cover crops in all management strategies tested was $3,091 \pm 423 \text{ kg ha}^{-1}$ (c.v.=14%), including the conventional tillage. Very little dry matter is produced as a consequence of that poor rainfall distribution. Furthermore, the dry matter produced is rapidly decomposed.

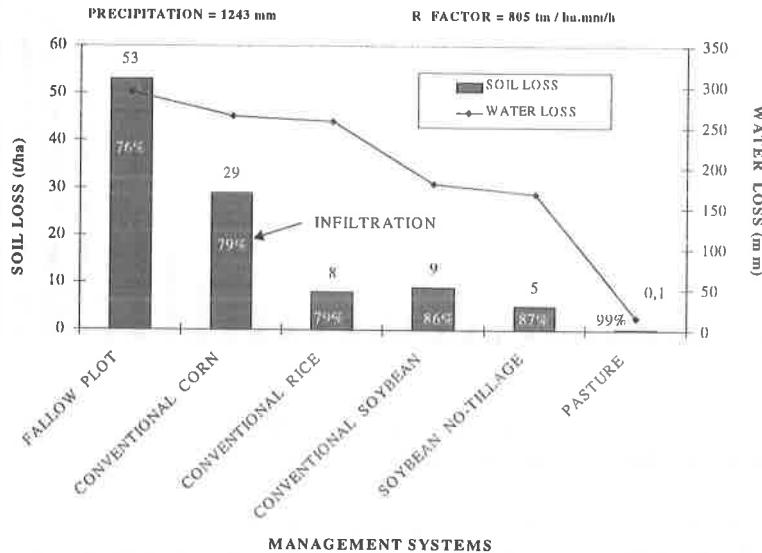


Figure 7. Soil and water losses under different crops in the Cerrado.
(Adapted from Dedecek et al., 1986.)

The complete success of no-tillage system, including agro-pastoral systems, is depending on developing precocious and productive cultivars of maize and soybean, or of cover crops species (millet,

forages and legumes) which should give high yields and crop residues under a water shortage season.

In spite of those limitations the adoption of no-till system has increased exponentially due to the innumerable advantages such as fuel saving, shortening of planting time, soil erosion control, organic matter accumulation and reduced emission of the so called greenhouse effect gases, among others.

Specially for soybean crop whose varieties of high yield potential have been developed in Brazil, and particularly suited for the Cerrado region, those principles discussed in this paper must be followed to sustain high production and its important contribution to the national gross product.

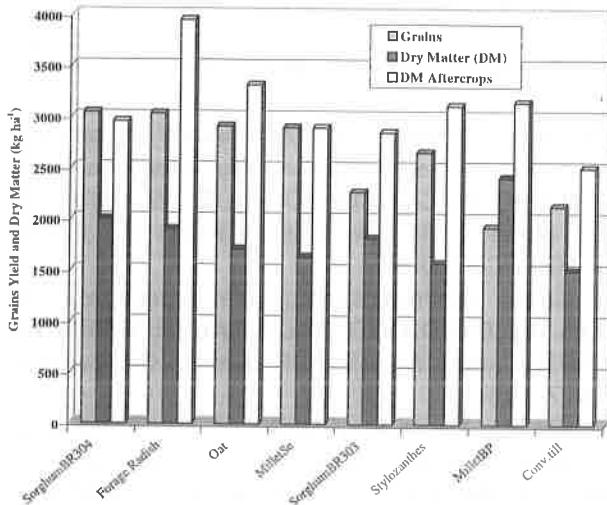


Figure 8. Soybean grains and dry matter production - cultivar FT Estrela – and dry matter of several cover crops sown in the years 1994/1995, 1995/1996, 1996/1997. (Adapted from Silva & Resck, 1997.)

Keywords: no till; soil tillage systems; organic carbon; soil aggregates

LITERATURE CITED

CANALLI, L. Plantio direto, 2001: canalli, 2001@convoy.com.br.
Viewed in 25 sep 2001.

DEDECEK, R.A.; RESCK, D.V.S.; FREITAS JUNIOR, E. de. Perdas de solo, água e nutrientes por erosão em Latossolo Vermelho-Escuro dos Cerrados em diferentes cultivos sob chuva natural. *R. bras. Ci. Solo* 10:265-272, 1986.

GUEDES, H.M.; RESCK, D.V.S.; PEREIRA, I. da S., SILVA, J. E. da; CASTRO, L.H.R. Caracterização da distribuição do tamanho de agregados de diferentes sistemas de manejo e seu conteúdo de carbono em latossolo vermelho-escuro na região dos Cerrados, Brasil. In: Simpósio sobre o Cerrado: biodiversidade e produção sustentável de alimentos e fibras nos Cerrados, 8. 1996. Brasília. Anais...Brasília:CPAC, 1996. p.329-333.

OSOZAWA, S.; RESCK, D.V.S. Improvement of compacted layers of Latosol under different plowing systems. In: Relatório Técnico do Projeto Nipo-Brasileiro de Cooperação em Pesquisa Agrícola nos Cerrados 1987/1992, 1994. Brasília, EMBRAPA-CPAC/JICA. pp. 453-461.

RESCK, D.V.S. O plantio direto como alternativa de sistema de manejo e conservação do solo e da água na região dos cerrados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. Informação, globalização, uso do solo: anais. Rio de Janeiro: SBCS, 1997. p.81-100. (CD ROM)

RESCK, D.V.S. Dinâmica da matéria orgânica e seus efeitos nas propriedades do solo. In: ENCONTRO NACIONAL DE ROTAÇÃO DE CULTURAS, 2., 1992, Campo Mourão, PR. Anais...Campo Mourão: AEACM, 1993. p.117-143.

RESCK, D.V.S.; FERREIRA, C. de A.; GOMES, A.C.; SILVA, J.E. da. Efeito do plantio direto e do arado de discos nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro argiloso sob vegetação de Cerrados. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 25. 1995. Viçosa. Anais...Viçosa:SBCS, 1995. Vol. 4:1840-1842.

RESCK, D.V.S. Agricultural intensification systems and their impact on soil and water quality in the Cerrado of Brazil. In: LAL, R., ed. Soil quality and agricultural sustainability. Chelsea: Ann Arbor Press, 1998. p. 288-300.

RESCK, D.V.S.; VASCONCELLOS, C.A.; VILELA, L.; MACEDO, M.C.M. Impact of conversion of Brazilian Cerrado to cropland and pastureland on soil carbon pool and dynamics. In: LAL, R.; KIMBLE, J.M.; STEWART B.A., ed. Global climate change and tropical ecosystems. Boca Raton, CRC/Lewis Publishers, 2000. p.169-196.

SILVA, J. E. da; RESCK, D. V. S. Respostas fisiológicas da soja ao déficit hídrico em dois solos do Cerrado. *Pesq. Agrop. Bras.*, 16(5):669-675, 1981.

SILVA, J.E. da; RESCK, D.V.S. Plantio Direto no Cerrado. In:*Congresso Brasileiro de Plantio Direto para uma Agricultura Sustentável*, 1. 1996. Ponta Grossa. Anais...Ponta Grossa:IAPAR, PRP/PG, 1997. p. 158-184.

EVITANDO O INGRESSO DE NOVAS PRAGAS

ODILSON LUIZ RIBEIRO E SILVA Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, Secretaria de Defesa Agropecuária – SDA, Departamento de Defesa e Inspeção Vegetal – DDIV Esplanada dos Ministérios, Bloco D, Anexo B, Sala 303 Brasília – DF
Brasil odilson@agricultura.gov.br

O Departamento de Defesa e Inspeção Vegetal – DDIV é o órgão oficial responsável pelo controle fitossanitário em todo o Brasil. Segundo a Convenção Internacional de Proteção dos Vegetais – CIPV, da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação – FAO, todos os órgãos oficiais dos países membros que têm função semelhante são conhecidos como Organizações Nacionais de Proteção Fitossanitária – ONPF. Com base no princípio que a prevenção é a melhor maneira para minimizar riscos de introdução de novas pragas no país uma série de ações foram e estão sendo desenvolvidas para essa finalidade. Podem ser citadas, entre outras: a revisão da legislação fitossanitária; o aumento da parceria com entidades públicas e privadas no contexto da defesa sanitária vegetal (Certificação Fitossanitária de Origem – CFO, Centros Colaboradores para Análise de Risco de Pragas e para Estações Quarentenárias; Credenciamento de Laboratórios; Implantação de sistema de notificação obrigatória; incorporação de entidades públicas e privadas no controle oficial do exercido pelo DDIV; implantação de grupos de trabalho nas várias áreas de atuação do DDIV); a maior inserção nos fóruns multilaterais (CIPV/FAO; Comitê de Medidas Sanitárias e Fitossanitárias da OMC) regionais (Área de Livre Comércio das Américas - ALCA; MERCOSUL – Mercado Comum do Sul; Comitê de Sanidade Vegetal do Cone Sul - COSAVE; Grupo Interamericano de Coordenação em Sanidade Vegetal – GICSV) e bilaterais (vários acordos bilaterais entre as ONPF do Brasil e de outros países, ver sobre esse tema o portal do DDIV: www.agricultura.gov.br/ddiv no item acordos internacionais). Outro item importante diz respeito à implementação das ações dos serviços de defesa sanitária vegetal em todas as unidades da federação. O MAPA, via SDA e DDIV, tem estimulado a reestruturação desses serviços para que em forma de ação coordenada com o órgão central se cumpram as determinações da Lei 9.712/97 que trata da defesa agropecuária e direciona as

atribuições de cada um dos agentes públicos e privados no contexto da defesa agropecuária.

Alguns detalhes podem ser destacados dentre as ações que pretendem evitar a introdução de pragas no país. A revisão da legislação fitossanitária está baseada no princípio de harmonização previsto no Acordo de Medidas Sanitárias e Fitossanitárias da OMC. A base para toda medida fitossanitária é a Análise de Risco de Pragas, uma das mais importantes medidas fitossanitárias é a definição de exigências para importação de produtos que tenham risco fitossanitário potencial. As regulamentações de importação brasileiras que continham requisitos gerais estão sendo revogadas e estarão sendo substituídas por requisitos baseados em ARP. O aumento da parceria com entidades públicas e privadas pode ser exemplificado, por exemplo, no sistema de Certificação Fitossanitária de Origem, onde a inter-relação desses vários segmentos permite conhecer a situação fitossanitária de determinado cultivo na propriedade e garantir a sua rastreabilidade até o consumidor final. A metodologia do CFO será também importante para o monitoramento da cadeia produtiva dos alimentos com maior potencial de contaminação por resíduos de agrotóxicos, além de servir de base para outros tipos de certificação. Vários centros colaboradores estão sendo credenciados para a elaboração de Análise de Risco de Pragas e para Estações Quarentenárias, essas estações variam de nível 1 a 3, onde o primeiro nível é o mais rigoroso quanto às exigências de sua infra-estrutura e corpo técnico. O credenciamento de laboratórios para análise fitossanitária é um dos suportes mais importantes para a área de fiscalização. Sistemas rápidos e eficientes de análise de situações de risco potencial são críticos para a prevenção quanto a introdução de pragas quarentenárias. Um conjunto de normas também prevê a notificação obrigatória de qualquer incidente fitossanitário no país e os maiores responsáveis por esse sistema de notificação são os profissionais que atuam diretamente na agricultura. A partir da aprovação internacional do conceito relacionado a "controle oficial" pela Comissão Interina de Medidas Fitossanitárias – CIMF/FAO ficou esclarecida a participação do setor privado e público nesse contexto. A participação do setor privado em ações supervisionadas e controladas pelas ONPF, pode ser considerada como controle oficial, no entanto, algumas ações como a emissão de Certificado Fitossanitário somente podem ser exercidas por servidores públicos. Há possibilidade inclusive que

sejam servidores, por exemplo, de alguma unidade da federação com habilitação legal para esse tipo de trabalho, no entanto, esse servidores têm de exercer suas funções sob a coordenação e supervisão dos funcionários da ONPF. Finalmente, deve ser salientado que existem vários grupos de trabalho no âmbito do DDIV nos quais os setores interessados, sejam privados ou públicos, participam ativamente. Um desses grupos, como exemplo, é o que está estudando e propondo níveis de tolerância para pragas não quarentenárias regulamentadas para os principais materiais de propagação, tanto os produzidos internamente como os importados.

A maior inserção do Brasil em fóruns internacionais é outro item de relevância, cabe salientar a eleição do Brasil como membro do Comitê de Normas da CIMF. Todas as NIMF produzidas são primeiramente submetidas para análise desse Comitê que as analisa e posteriormente as envia para consulta aos países membros da CIPV. Nesse sentido, pode-se aperfeiçoar e implementar medidas em nível internacional que serão importantes para a prevenção e controle de pragas, com influência significativa nas ações internas de todos os países. Nos fóruns regionais o DDIV tem assumido uma postura propositiva nas discussões desses fóruns no sentido de resguardar o interesse nacional dentro dos preceitos maiores do Acordo de Medidas Sanitárias e Fitossanitárias – SPS/OMC e da Convenção Internacional de Proteção dos Vegetais – CIPV. As discussões bilaterais são importantes, pois a situação fitossanitária de produtos de interesse comum é discutida e com base em justificativa técnica e são definidos, por exemplo, os requisitos fitossanitários para o comércio de determinado produto além de serem abertas possibilidades de cooperação institucional nos principais itens de interesse como por exemplo tratamentos quarentenários, discussão de temas e posição oficial em fóruns multilaterais e regionais.

A reestruturação dos Serviços de Defesa Sanitária Vegetal das unidades da federação é também um ponto estratégico para que garantir o conceito de “controle oficial” reconhecido internacionalmente. Um bom controle de trânsito de hospedeiros de pragas regulamentadas, levantamentos periódicos da situação de determinada praga em um área, proposição ao DDIV de estudos para definição e manutenção de áreas livres de pragas, credenciamento de responsáveis técnicos para a emissão de CFO, entre outros itens, são importantes para a manutenção do patrimônio fitossanitário

nacional e reconhecimento das ações e do controle oficial da ONPF do Brasil por suas congêneres internacionais.

Finalmente, por essas ações citadas, verifica-se de forma geral as principais atividades do DDIV para evitar a introdução de novas pragas no país. No entanto, é necessário mencionar que as barreiras não tarifárias existentes no setor agrícola, como é o caso de requisitos fitossanitários, têm importância além do contexto puramente econômico. Setores estratégicos são influenciados por essas barreiras na área agrícola como o considerável contingente de mão-de-obra empregado na agricultura muitas vezes dependente dos requisitos fitossanitários para escoar sua produção, pela influência do setor agrícola na qualidade de vida de regiões de menor renda, pela importância da ocupação territorial, pela influência que exercem no meio ambiente e saúde pública e pela significância política que todos esses fatores representam na vida de qualquer país.

INTELIGÊNCIA QUARENTENÁRIA E TRÂNSITO DE MATERIAL DE PROPAGAÇÃO VEGETATIVA.

**M.R.V. DE OLIVEIRA¹; V.L. DE A. MARINHO¹; R.C.V. TENENTE¹;
M.A.S. MENDES¹; A.S. DOS A. MARQUES¹; M. DE F. BATISTA¹;
V. GONZAGA¹; A.F. URBEN¹; J.N.L. Fonseca¹.** Embrapa Recursos
Genéticos e Biotecnologia, Cx. Postal 02372, CEP 70849-970,
Brasília, DF, Brasil. E-mail: vilarin@cenargen.embrapa.br.

Nas últimas décadas, as barreiras ao comércio incluindo excesso de tarifas, subsídios às exportações, apoio ao comércio interno e outros níveis de proteção, tais como as sanitárias e fitossanitárias, levaram os países a buscarem e refinarem acordos internacionais, de modo a harmonizarem medidas para proteção deste comércio. Por sua vez, o aumento deste comércio também tem levado a uma busca por produtos agrícolas primários de grande rentabilidade econômica e mais saudável. A alimentação depende da troca de produtos e de germoplasma. Desde o inicio da domesticação das espécies pelo homem, mais de 7.000 espécies tem sido utilizadas como alimento e no momento, apenas 30 espécies vegetais provêem 95% da base alimentar (trigo, arroz e milho constituem mais de 50% dessa base). Durante o intercâmbio de germoplasma, a maior variabilidade genética de uma espécie é encontrada em seu centro de origem. Contudo, os centros de origem das espécies vegetais correspondem aos locais onde a maior diversidade de espécies fitófagas a elas associadas é encontrada, facilitando desse modo o trânsito de pragas juntamente com o material intercambiado. A entrada e estabelecimento destes organismos em áreas isentas, pode ter consequências de diversas naturezas, como danos e perdas de cultivos; perda de mercados de exportação; aumento nos custos e impacto sobre os programas de manejo de pragas, em execução; danos ambientais; custos sociais ou redução de fontes de alimentos importantes para a população. Durante o intercâmbio de germoplasma vegetal a Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia já interceptou pragas como *Ditylenchus dipsaci* (batata), bunch top da bananeira, *Tilletia indica* (trigo), *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* (arroz). Contudo, no Brasil, a entrada de pragas, através de meios naturais ou da ação humana, como *Phylloconistis citrella*, *Xanthomonas axonopodidis* pv. *citri*, *Panonychus ulmi*, *Pseudomonas solanacearum* raça 2, *Mycosphaerella fijiensis* vêm causando

grande impacto econômico para o país. O intercâmbio seguro tanto de germoplasma como de produtos comerciais devem ser prioritários para a soberania de um país.

Palavras chaves: Quarentena, germoplasma, pragas, fitossanidade.

INNOVATIVE NON-FOOD USES OF SOYBEAN OIL

S. Z. ERHAN*, A. ADHVARYU, Z. LIU, G. KNOTHE, AND R. DUNN

Food and Industrial Oil Research ARS, USDA, NCAUR, 1815 N. University St., Peoria, IL 61604 Phone: 309-681-6532; FAX: 309-681-6340; email: erhansz@ncaur.usda.gov

United States agriculture produces over 20 billion pounds of soybean oil annually. Only 590 million pounds of soybean oil are used in industrial applications. Non-food uses of soybean oil and other vegetable oils have grown very little during the past 40 years. Although some markets have expanded or new ones added, other markets have been lost to competitive petroleum products. Development of new industrial products or commercial processes are objectives of continued research in both public and private sectors. Through these efforts vegetable oils should maintain or even add to their market share as non-renewable petroleum becomes more expensive.

Vegetable oils are used in various industrial applications such as emulsifiers, lubricants, plasticizers, surfactants, plastics, solvents, and resins. Research and development approaches take advantage of the natural properties of these oils. Vegetable oils have superb environmental credentials, such as being inherently biodegradable, having low ecotoxicity and low toxicity towards humans, being derived from renewable resources and contributing no volatile organic chemicals.

At the Food and Industrial Oil Research Unit (ARS, USDA, NCAUR), our principle efforts focus on modifying the chemical and physical properties of vegetable oils (emphasizing soybean oil), to enhance their use as an additive or as a major component of value-added industrial products.

In this paper the major research projects, namely Printing Inks, Lubricants, Greases, Composites and Biodiesel will be discussed.

Printing Inks

In the printing industry, the processes in current use are lithography (43%), gravure (23%), flexography (21%), letterpress (4%), screen

printing (3%), and electronic desktop publishing (6%) (1). Lithography and letterpress processes require paste inks. Conventional printing inks used in these applications are multi-component systems comprising: a hydrocarbon and/or alkyd resin; a hydrocarbon solvent; a pigment; and optional additives. The petroleum shortage in the 1970's stimulated research on vegetable oil-based inks as substitute for petroleum-based products. The SoySeal trademark was developed by Monsanto Agricultural Company to indicate the presence of soybean oil in various agricultural chemicals. Monsanto officials assigned the rights to the trademark to the American Soybean Association (ASA) in January 1989. ASA has used the SoySeal to indicate industrial uses of soybean oil, such as in printing inks. For the ink manufacturing company to be eligible to apply the "Contains Soy Oil" SoySeal to its product containers, the soy ink product must meet certain minimum requirements for soybean oil content, which is 40, 30, 20, and 7% of total formula weight for black news ink, colored news ink, sheetfed and heatset ink, respectively. The current United States market for news inks is greater than 500 million pounds, for sheetfed inks is greater than 100 million pounds and for heatset inks greater than 400 million pounds. The worldwide market for these inks is estimated to be at least twice that of the domestic market. Because of this significant potential market, we formulated news, sheetfed and heatset web offset inks using 100% vegetable oil-based vehicles (2-4).

Names are necessary to report factually on available data; however, the USDA neither guarantees nor warrants the standard of the product, and the use of the name by USDA implies no approval of the product to the exclusion of others that may also be suitable.

For our studies, we selected alkali-refined soybean, cottonseed, canola, safflower, and sunflower oils. Alkali refining removes not only the gums and waxes, which may interfere with the properties of the vehicles and the ultimate ink formulations, but also removes free fatty acids. The latter tend to reduce hydrophobicity properties desired in certain ink formulations. Soybean oil and other representative commodity seed oils were heat polymerized in the absence of oxygen to yield exceptionally light colored and

hydrophobic polymers that are used directly as non-petroleum vehicle to formulate lithographic news inks. The technology was demonstrated through a Cooperative Research and Development Agreement (CRADA), to the satisfaction of a major ink manufacturer for all four colors used by the industry. The technology has been patented (U.S. Patent 5,122,188) with the foreign rights protected.

Heat polymerized vegetable oil was mixed with monoester of an unsaturated fatty acid or a blend of unsaturated fatty acid monoesters for sheetfed and heatset ink vehicle formulations. In the formulation of the vehicle, unmodified vegetable oil was used as a third component. Esters were incorporated at a relatively low level, i.e. about 0.5-3.0% by weight of the vehicle. Heat polymerized and unmodified oil constitutes the major fraction of the vehicle, and thereby primarily is responsible for the rheological properties of the formulated ink. Physical properties and performance of these inks meet or exceed the industry standards. These inks have been demonstrated by a commercial printing job and showed exceptional printing and performance characteristics. The Pennsylvania based company also printed their employee newsletter with USDA's soy sheetfed ink. Biodegradation of these vehicles and inks were evaluated both by "Gravimetric Method" (5-6) and "Modified Sturm Test" (7-8). With both methods our ink degraded faster and more completely than commercial inks. In the ink industry, volatile organic chemicals (VOC) is defined as an organic material in an ink which will eventually evaporate from the ink, regardless of time it takes to evaporate. The United States Environment Protection Agency (EPA) Method 24, 24A, and Bay Area Method 30 are the three major methods used for VOC emission evaluation of printing inks. VOC of commercial inks and our ink formulations were tested and comparison of results from different methods were made. The results once again show the superiority of vegetable oil-based inks over petroleum inks. The recycling of both pre-consumer and post-consumer recovered paper is on the rise. The success of many paper recycling efforts depends on the "deinkability" of the printing products. Deinking studies were conducted at Western Michigan University, Kalamazoo, Michigan (9). Image analysis indicated that our soy ink (100% soy based) was removed more completely than the commercial inks, even after 6 months aging. U.S. Patent

(5,713,990) has been granted for sheetfed and heatset ink vehicles and formulations.

Lubricants

Though most lubricants currently used originate from petroleum base stocks, vegetable oils have seen an increase as biodegradable fluid in various industrial applications. During the last couple of decades, the level of public awareness of environmental issues have risen considerably and anything that does not comply with standards of biodegradability rates a big 'NO' with environmentalists and government bodies. Therefore environmental concerns as well as economics and performance issues will drive the market share for these oils for industrial applications.

Annual consumption of oil-based lubricants in the US is close to 10 million metric tons valued at more than \$8 billion and is growing at a steady rate of 1% per year. Major components in lubricants are base stock (80-95%) and additives that are used to enhance the performance properties of the existing base stock. Mineral base oils will continue to be economical and provide certain superior performance characteristics in various applications but present a potential danger when they are not readily biodegradable and are environmentally toxic.

Today, less than 2% of the base stocks are product of oleo chemical and related industries, the primary area of their application has been as hydraulic fluids. This is consumed at approximately 5 MMT / year in the US market, and have the highest need for biodegradable lubricants (10). A major application area is industrial hydraulic fluid that represents a 222 million gallon market in US, with potential use in waterways, farms and forests. Other significant niche market areas are cutting and drive chain oils, two stroke engine oils, chain saw bar oil, wire rope oil, marine oils, and outboard engine lubricants, oil for water and underground pumps, rail flange lubricants, agricultural equipment lubricants, metal cutting oils, tractor oils, and several others.

The beneficial aspects of vegetable oils as lubricants are mainly their biodegradability and non-toxicity, which are not exhibited by

conventional mineral base oils (11,12). Their volatility is low due to high molecular weight of triglyceride structure and has narrow range of viscosity change with temperature. The ester linkages deliver inherent lubricity on metallic surfaces due to adhesive property. Further, vegetable oils have superior solubilizing power for contaminants and additive molecules compared to mineral base fluids. Certain performance limitations of vegetable oil base stocks are poor oxidative stability, deposit forming tendency, low temperature solidification, and low hydrolytic stability. Oxidation results in increased acidity, corrosion, viscosity increase and volatility of the lubricant. On the other hand, parameters like lubricity, antiwear protection, load carrying capacity, rust prevention, foaming, demulsibility etc, are mostly additive dependent. Antioxidant additives (13) have limited improvement on oxidative stability; therefore other approaches are required to improve the above characteristics.

Low resistance to oxidative degradation and poor low temperature behavior still remain the major drawback with vegetable base oils for extensive industrial applications. The performance limitations of vegetable oil base stocks can be overcome by genetic modification, chemical modification, processing changes, and development in the additive technology. Soybean oil accounts for the largest and cheapest vegetable oil in the US market amongst others (i.e. corn, canola, safflower, sunflower, and their various genetic modified forms), and could have a distinct advantage over other oils if it can be modified to improve stability (oxidative and low temperature), a major step for commercialization as a base fluid.

Current research efforts are directed towards improving the thermal and low temperature stability of vegetable oils by chemical modification, blending with functional fluids, and additive response studies. A series of vegetable oils were studied for their oxidative and thermal stability using thin film micro reactor and Differential Scanning Calorimeter (DSC) under different environment, varying temperature and time. The kinetics of deposit formation and high molecular weight products were studied and correlated with structural data from vegetable oils. Predictive models on the low temperature solidification of vegetable oils and their physiochemical properties were established based on their structure. A series of

synthetic lubricants were developed from soybean oil with improved thermal and low temperature characteristics. Reaction protocol and conditions were optimized to increase the yield and technical characteristics of the fluid. These fluids derived primarily through trans-esterification and reacting with long chain alcohols, have better oxidative stability and low temperature fluidity. A one-step and two-step synthetic procedure was used to obtain soy oil base fluid with improved oxidative and cold flow properties. Conditions were optimized to scale up the product yield using a lab scale reactor with 12-liter capacity. These fluids were used to make a range of industrial oils such as hydraulic fluid, drip oil, compressor oil, cutting oil, greases etc. Several of these products are actively being tested in field applications and a number of cooperative research agreements with industrial partners are in progress. This research has resulted in the application of an US patent.

Grease

The drive for an environmentally friendly material that can substitute mineral oil is primarily due to increasing concern for environmental pollution from excessive mineral oil use and its waste disposal. Vegetable oils are therefore being considered a potential replacement as base stock in certain areas of lubrication, where contact with immediate environment is expected. The biodegradable natures of these base stocks, possess less danger to soil, water, flora, and fauna incase of accidental spillage or during disposal (14).

Lubrication technology is constantly being challenged to operate at extremes of temperature, pressure, and a variety of contact surfaces and yet maintain high efficiency. Liquid lubricants have certain shortcomings and are not able to cope with an exponential rise in system requirements. This has triggered a steady rise in the development and application of grease in modern lubrication primarily in elastohydrodynamic regime.

Grease preparation has been an area of active research for nearly a decade (15,16). Lubricating greases are semi-solid colloidal dispersions of a thickening agent in a liquid lubricant. They owe their consistency to a gel-forming network where the thickening agent is dispersed in the lubricating base fluid that may include certain specialty chemicals for specific property improvement (17).

Typical grease contains 60-95% base fluid (mineral, synthetic, or vegetable oil), 5-25 % thickener (fatty acid soaps of alkali or alkaline metals), and 0-10 % additives (18). The base fluid gives the lubricating character to the grease while the thickener is essentially the gelling agent holding the matrix together. It is therefore important to get a clear understanding of the structure and composition of base fluid and thickener that collectively affects the physical and chemical properties of grease.

Due to the semi solid nature of lubricating grease, it has several advantages over lubricating oils. Such as the ability to flow under force and lubricate hard-to-reach points, lower friction coefficient through adhesion on surface (19), be effective over a wide temperature range, better water tolerance, seal out contaminants as a physical barrier, decrease dripping and spattering, decrease frequency of relubrication, etc. The usefulness of grease in a particular application is controlled to a large extent by the ability of the grease to sustain change in temperature, pressure, operating environment and shearing force.

Our research is primarily focused on the development of vegetable oil based grease for certain industrial applications. Reaction conditions were optimized to make grease in a lab scale reactor. The fatty acid structure, nature of vegetable oil base fluid, metal component, and additives are being studied for their effectiveness in grease composition (20). Transmission electron microscopy is being used to study the structure of metal soap dispersoids in grease and their structure on the physical and chemical behavior. Active research is also in progress on the wear and friction reducing properties of grease and their structural effect on tribochemistry. A cooperative research agreement is in progress with an industrial partner for advance testing and field evaluation.

Composites

Polymeric materials prepared from renewable resources have been growing interest in the past a few decades. The advantages of these polymers are their low cost, easy availability and possible biodegradability (21). Polymers can be prepared from epoxidized soybean oil (ESO) using various curing agents (22,23) and onium

salt cationic photoinitiators (24). In order to have variation in the mechanical and physical properties of these polymers, fibers are used to reinforce the polymer matrix.

At NCAUR, we have reported preparation of both ESO based and ESO/epoxy based composites by extrusion solid freeform fabrication method (25-27) (U.S. patent is pending). Solid freeform fabrication (SFF) is a method of making shapes without molds. It is best known in its stereolithography forms as a method of rapid prototyping. In stereolithography a laser photopolymerizes successive thin layers of monomer to build up a solid object. Extrusion solid freeform fabrication was developed by the University of Arizona in collaboration with Advanced Ceramic Research (Tucson, AZ) (28). It functions essentially as a three-dimensional (3D) pen plotter. In this case a slurry is extruded by a stepper motor pushing on a syringe and forcing the materials through a needle. By moving the syringe over a computer-controlled path, nearly any geometry can be created (29). In our study, fiber reinforced ESO and ESO/epoxy composites were formed with high strength and stiffness properties. Different fiber types, E-glass fiber, carbon fiber, and mineral fibers were used in reinforced composites and found that glass fiber and carbon fiber show better reinforcing effects than mineral fibers. By writing a series of test bars with write axes at different angles to the long axis, modulus can be varied by approximately a factor of three and half. This is significant because composite modulus is at least as sensitive to orientation as to fiber aspect ratio and volume fraction. The prospect of using solid freeform fabrication method for composites fabrication from naturally derived matrix materials has many potential applications in making shapes that can not be machined. The resulting composites have sufficient mechanical properties to be used in a wide variety of areas, such as agriculture equipment, civil engineering, the automotive industry and the construction industry.

Biodiesel

Biodiesel production in the United States has expanded from 1.9 million liters (500,000 gal) in 1999 to 95 million liters (25 million gal) in 2001. As a matter of national energy security as well as air quality policy, production of biodiesel is projected to continue

increasing in the future. In the United States, methyl soyate (SME; biodiesel from soybean oil) is the primary form of biodiesel.

Biodiesel is defined as the mono-alkyl esters of vegetable oils or animal fats (31, 32). It is obtained by transesterification, in which the vegetable oil or animal fat reacts with an alcohol such as methanol or ethanol usually in presence of a base such as sodium or potassium hydroxide.

Many fuel properties of biodiesel, including viscosity, gross heat of combustion, and cetane number are comparable to those of No. 2 diesel fuel (1, 2 and references therein). In blends with low-sulfur conventional diesel fuel (petrodiesel), biodiesel restores lubricity and anti-wear properties lost due to reduced sulfur. Biodiesel reduces harmful exhaust emissions including particulate matter, hydrocarbons, polycyclic aromatic hydrocarbons, sulfur dioxide, carbon monoxide and smoke. Biodiesel production consumes more carbon dioxide than its combustion and it has a positive energy balance greater than 2:1. Biodiesel also offers safer handling due to its non-flammability and is biodegradable.

On the other hand, several important technical issues must be resolved before widespread year-round distribution of biodiesel in the United States is feasible. Research and development of biodiesel from soybean oil underway at NCAUR is emphasizing improvement of cold flow properties, increased resistance to oxidative degradation during storage, reduced nitrogen oxides (NO_x) emissions, and developing more efficient analytical methods for monitoring fuel quality.

Cold flow properties. In moderate climates, low overnight temperatures may cause partial solidification in diesel fuel leading to plugged filters and fuel lines and eventuating in start-up and operability problems. In contrast to a operability temperature limit (cloud point) of -15°C for No. 2 petrodiesel, the cloud point of methyl soyate is much higher at 0°C (32). Furthermore, while additives marketed for treating petrodiesel were effective in reducing the pour point of biodiesel and its blends with petrodiesel, these additives had no significant effect on cloud point (33). Recent research showed that modified winterization of methyl soyate is

effective in reducing both pour and cloud point (34). Another approach being explored is development of new additives designed to reduce cloud point of biodiesel and biodiesel / petrodiesel fuel blends.

Oxidative stability. Fatty materials such as biodiesel are very reactive to oxygen present in ambient air during storage. Although oxidative stability is not recognized as a parameter within the American Society for Testing and Materials (ASTM) fuel standard specification for biodiesel, effects of oxidative degradation on fuel quality are a well-founded concern as increased production gives rise to expanding storage facilities. Recent research demonstrated the utility of pressurized-differential scanning calorimetry (P-DSC) as a rapid and easy analytical method for determining resistance to oxidation and screening potential antioxidants (35). Work is currently underway on a modified method for measuring the oil stability index (OSI) as a means for determining the isothermal induction period of biodiesel under accelerated conditions.

Exhaust emissions. The reduction of NO_x exhaust emissions is very important as these emissions from biodiesel use are equal to or slightly greater than from petrodiesel use (1, 2). NO_x species are precursors of ozone (O₃), which is a major component of urban smog. Thus, in the United States both NO_x exhaust emissions and O₃ in ambient air are subject to increasingly stringent regulations. To address this problem, several aspects are being researched. A potential method for the reduction of NO_x species is the use of cetane improvers. Such additives were shown to reduce NO_x species from petrodiesel and are being researched for their effect on biodiesel (36). Cetane improvers with different effects on fatty compounds were identified, thus opening the possibility of tailoring these additives to the predominant fatty ester in a biodiesel fuel. Also, better understanding of combustion in a diesel engine is essential. For this purpose, the species formed during the initial phase of biodiesel fuel injection into the combustion chamber before ignition begins (precombustion) were analyzed (37). The formation of some compounds arising during precombustion is a possible partial explanation for differing cetane numbers of fatty compounds.

Analytical methods. Efficient analytical methods for biodiesel are important as biodiesel has to meet stringent standards which ensure that it will perform satisfactorily in a diesel engine. To provide a more rapid and easy-to-use method of biodiesel analysis than gas chromatography, research showed that near-infrared spectroscopy (NIR) using a fiber-optic probe is suitable (38). The NIR spectra of vegetable oils and their methyl esters show certain differences that can be used for quantitation. The progress of transesterification can be monitored with excellent results and, by induction, statements on biodiesel fuel quality are possible. NIR spectroscopy can also be used for determining blend levels of biodiesel with petrodiesel (39).

References:

The Rauch Guide to the U.S. Ink Industry. 1998. Impact Marketing Consultants, Inc., Manchester Center, VT, pp. 1.

Erhan, S.Z. and Bagby, M.O. 1991. Lithographic and letterpress ink vehicles from vegetable oils. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 68:635-638.

Erhan, S.Z., Bagby, M.O., and Cunningham, H.W. 1992. Vegetable oil based printing ink. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 69(3):251-256.

Erhan, S.Z. and Bagby, M.O. 1997. Vegetable Oil Based Sheetfed and Heatset Ink Formulations and Comparison of VOC Test Results with Commercial Ink. TAGA Proceedings, Technical Association of the Graphic Arts, Ed. TAGA Office. Vol. 2, pp. 952-962. Book Crafters, Inc., Chelsea, MI.

Erhan, S.Z. and Bagby, M.O. 1993. Biodegradation of news ink vehicles. TAGA Proceedings, Technical Association of the Graphic Arts, Ed. TAGA Office. Pp. 314-326. Book Crafters, Inc., Chelsea, MI.

Erhan, S.Z. and Bagby, M.O. 1994. Biodegradation of news inks and effect of pigments on news ink vehicles. 1994. TAGA Proceedings, Technical Association of the Graphic Arts, Ed. TAGA Office. Pp. 313-323. Book Crafters Inc., Chelsea, MI.

Erhan, S.Z. and Bagby, M.O. 1995. Biodegradation of news inks with modified Sturm test. TAGA Proceedings, Technical Association of the Graphic Arts. TAGA Office. Vol. 1, pp. 184-203. Book Crafters, Inc., Chelsea, MI.

Erhan, S.Z. and Bagby, M.O. 1995. Environmental aspects of vegetable oil-based lithographic news inks. TAGA Proceedings, Technical Association of the Graphic Arts, Ed. TAGA Office. Vol. 2, pp. 952-962. Book Crafters, Inc., Chelsea, MI.

Rosinski, J. 1995. Aging and deinking of soy printed newsprints. Progress in Paper Recycling, pp. 55-62. USB Market Opportunity Summary, February 1997.

Padavich, R.A. and Honary, L. 1995. A market research and analysis report on the vegetable oil based industrial lubricants. SAE Tech paper 952077, pg. 13.

Randles S.J. and Wright, M. 1992. Environmentally considerate ester lubricants for automotive and engineering industries. J. Syn. Lubr., 9:145-161.

Battersby, N.S., Pack, S.E., and Watkinson, R.J. 1998-2000. A correlation between the biodegradability of oil products in the CEC L-33-T-82 and modified strum tests. Chemosphere 24.

Becker, R. and Knorr, A.. 1996. An evaluation of antioxidants for vegetable oils at elevated temperatures. Lubr. Sci. 8:95-117.

Stempfel, E.M. 1998. Practical experience with highly biodegradable lubricants, especially hydraulic oils and lubricating greases. NLGI, 62(1): 8-23.

Dresel, W.H. 1994. Biologically degradable lubricating greases based on industrial crops. Industrial Crops and Products 2: 281-288.

Hissa, R. and Monterio, J.C. 1983. Manufacture and evaluation of Li-greases made from alternate base oils. NLGI March: 426-432.

Couronne, I., Vergne, P., Ponsonnet, L., Truong-Dinh, N., and Girodin, D. 2000. Thinning films and tribological interfaces., Ed. D. Dowson, 425-432.

Stempfel, E.M. and Schmid, L.A. 1991. Biodegradable lubricating greases. NLGI 55(8): 25-33.

Odi-Owei, S. 1989. Tribological properties of some vegetable oils and fats. Lubrication Eng., 11: 685-690.

Adhvaryu, A. and Erhan, S.Z. 2002. Preparation of soybean oil based grease: Effect of structure and composition. Ind. Crops and Products (communicated).

Kaplan, D.L. 1998. Biopolymers from renewable resources. New York: Springer.

Port, W.S. U.S. Patent, 1961, 2,975,149.

Boquillon, N. and Fringant, C. 2000. Polymer 41: 8603.

Crivello, J.V. and Saunders, S.R., in Radiation Processing of Polymers, A. Singh and J. Silverman, Eds., Hanser Publishing Co., New York, 1991, p. 188.

Liu, Z.S., Erhan, S.Z., Xu, J., and Calvert, P.D. J. Appl. Polym. Sci., in press.

Liu, Z.S., Erhan, S.Z., and Calvert, P.D. Composites, submitted.

Liu, Z.S., Erhan, S.Z., and Calvert, P.D. Macromolecular Chemistry and Physics, submitted.

Stuffel, K., Mulligan, A., Calvert, P., and Lombardi, J. 1993. Solid Freeform Fabrication Symposium Proceeding, University of Texas, Austin, 60.

Calvert, P. and Crocket, R. 1997. Chem. Mater. 9: 650.

Knothe, G. and Dunn, R.O. 2001. Biofuels derived from vegetable oils and fats, in Oleochemical Manufacture and Applications, F.D. Gunstone and R.J. Hamilton, Eds., Sheffield Academic Press and CRC Press, Sheffield, UK, pp. 106-163.

Dunn, R.O. and Knothe, G. 2001. Alternative diesel fuels from vegetable oils and animal fats. *J. Oleo Sci.* 50:415-426.

Dunn, R.O. and Bagby, M.O. 1995. Low-temperature properties of triglyceride-based diesel fuels: Transesterified methyl esters and petroleum middle distillate/ester blends. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 72:895-904.

Dunn, R.O., Shockley, M.W., and Bagby, M.O. 1996. Improving the low-temperature properties of alternative diesel fuels: vegetable oil-derived methyl esters. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 73:1719-1728.

Dunn, R.O., Shockley, M.W., and Bagby, M.O. 1997. Winterized methyl esters from soybean oil: An alternative diesel fuel with improved low-temperature flow properties, in State of Alternative Fuel Technologies (SP-1274), Society of Automotive Engineers: Warrendale, PA, pp. 133-142. (SAE Paper No. 971682).

Dunn, R.O. 2000. Analysis of oxidative stability of methyl soyate by pressurized-differential scanning calorimetry. *Trans. ASAE* 43:1203-1208.

Knothe, G., Bagby, M.O., and Ryan, T.W., III. 1997. Cetane numbers of fatty compounds: Influence of compound structure and of various potential cetane improvers, in State of Alternative Fuel Technologies (SP-1274), Society of Automotive Engineers, Warrendale, PA, 1997, pp. 127-132 (SAE Paper No. 971681).

Knothe, G., Bagby, M.O., and Ryan, T.W., III. 1998. Precombustion of fatty acids and esters of biodiesel. A possible explanation for differing cetane numbers. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 75:1007-1013.

Knothe, G. 2001. Analytical methods used in the production and fuel quality assessment of biodiesel. *Trans. ASAE* 44:193-200.

Knothe, G. 2001. Determining the blend level of mixtures of biodiesel with conventional diesel fuel by fiber-optic NIR spectroscopy and $^1\text{H-NMR}$ spectroscopy. J. Am. Oil Chem. Soc. 78: 1025-1028.

SITUAÇÃO ATUAL DAS DOENÇAS POTENCIAIS NO CONE SUL.

J. T. YORINORI. Embrapa Soja, Cx. Postal 231. CEP 86001-970, Londrina, PR. tadashi@cnpso.embrapa.br
yorinori@sercomtel.com.br

A diversidade de clima e de solo, a contínua expansão da soja, a falta de rotação com outras espécies e a deficiência no manejo do solo tornam a soja vulnerável à maioria dos patógenos associados à cultura, no Cone Sul. A cultura está em constante ameaça de sofrer perdas, dependendo das circunstâncias climáticas de cada safra. As perdas por doenças estimadas na safra 1997/98, nos quatro principais países produtores de soja do Cone Sul (Brasil, Argentina, Paraguai e Bolívia), somaram 7.990.100 toneladas ou o equivalente a US\$1.761.839.100,00 (US\$220,50/t). Neste trabalho, é apresentada uma síntese da evolução das doenças da soja, as principais epidemias, as doenças que constituem constante risco, sua importância econômica, as ameaças externas e as estratégias de defesa.

Introdução

Como toda cultura exótica, a soja [*Glycine max. (L.) Merrill*] iniciou sua expansão com excelente sanidade nos principais países produtores do Cone Sul (Brasil, Argentina, Paraguai e Bolívia). Porém, com poucos anos de cultivo comercial, as doenças começaram a aparecer, passando a representar um dos principais fatores limitantes ao aumento e à estabilidade do rendimento.

Inicialmente, as doenças associadas à soja eram aquelas existentes nos países de onde as primeiras sementes foram introduzidas. A falta de medidas profiláticas e de cuidados na produção e na seleção de sementes sadias permitiu que as sementes transmitissem e disseminassem os patógenos nas novas áreas de cultivo. Posteriormente, à medida que se acumulavam anos de cultivo na mesma área ou região, e com a expansão da cultura, novos patógenos nativos foram se associando com a soja, aumentando o número das doenças. Atualmente, cerca de 50 doenças são listadas na cultura. Nos quatro países mencionados, na safra 1997/98, as doenças foram responsáveis por prejuízos estimados em 7.990.100 toneladas, o equivalente a US\$1.761.839.100,00 (US\$220,50/t).

O risco de ocorrerem novas doenças na soja é contínuo. Uma vez que a soja é introduzida em uma nova área de cultivo onde ocorra um patógeno ainda não conhecido, ou a introdução de uma nova doença em área tradicional de soja, o maior ou menor dano que as doenças irão causar dependerá do grau de tecnologia utilizada na lavoura, da correta combinação das práticas agronômicas, do modo de dispersão do patógeno, do nível de preparo e da agilidade das ações das instituições de pesquisa, da assistência técnica e da receptividade dos produtores na adoção das medidas de controle. Doenças tradicionais, de baixo impacto em uma região, podem representar alto risco em regiões de clima mais favorável ao patógeno. O desenvolvimento de uma nova raça de patógeno, cuja doença esteja sob controle através de resistência genética, pode representar novo risco à cultura. Um exemplo dessa situação é o cultivo da soja transgênica no Brasil e no Paraguai, introduzida da Argentina, sem a devida avaliação do seu desempenho agronômico e da avaliação da reação às doenças ou raças existentes. A ocorrência da mancha "olho-de-rã" (*Cercospora sojina*), nos últimos quatro anos na Argentina, pode ser devida a uma raça ainda não detectada nos demais países do Cone Sul e poderá ser facilmente introduzida através de sementes infectadas e não tratadas com fungicidas.

Principais doenças e seus riscos.

Entre as doenças introduzidas, as mais comuns são o mildio (*Peronospora manshurica*), a mancha púrpura e crestamento foliar de *Cercospora* (*Cercospora kikuchii*), a mancha parda (*Septoria glycines*), a antracnose (*Colletotrichum truncatum*), a seca da haste e da vagem e deterioração de sementes, causadas pelo complexo *Phomopsis-Diaporthe* (*P. sojae/D. phaseolorum* var. *sojae* e *P. longicolla*). Essas doenças são facilmente disseminadas através das sementes e constituem constante fator de risco à soja, nas regiões tropicais úmidas.

O mildio (*P. manshurica*) tem aumentado nos últimos anos, porém, até o momento, não foram registrados níveis de dano econômico. Uma variante que difere do sintoma tradicional de mildio, caracterizado por manchas que chegam a atingir, desde um quarto a quase a totalidade de um folíolo, tem sido observada com certa freqüência em algumas cultivares. O sintoma é caracterizado pelo amarelecimento da página superior e uma coloração bege a castanho-escura na página inferior do folíolo, com a presença

característica dos micélio e conídios. As folhas afetadas geralmente ficam retorcidas na parte afetada.

O crestamento foliar de Cercospora (*C. kikuchii*), junto com a mancha parda (*S. glycines*), é das mais tradicionais doenças de final de ciclo. As perdas causadas por essas doenças, principalmente nos Cerrados brasileiros, podem atingir mais de 30% do rendimento. Dependendo das condições climáticas, há diferença na predominância das doenças. A mancha parda é mais comum quando ocorre maior freqüência de chuvas, enquanto que o crestamento de Cercospora é mais severo onde o período de orvalho é mais prolongado, o que ocorre nas regiões altas dos Cerrados. Na Argentina e no Paraguai, há predominância da mancha parda. Na Bolívia, o crestamento foliar de Cercospora é mais severo na soja tardia e em inverno mais úmido, enquanto que, na safra sem alterações, predomina a mancha parda. A maior colheita observada nas áreas tratadas com fungicidas tem estimulado o controle químico das doenças de final de ciclo. Atualmente, no Brasil, cerca de 60% das lavouras do Paraná e das regiões Central e Norte, são tratadas com fungicidas. Com a contínua expansão da soja para a região amazônica, as doenças de final de ciclo continuarão tendo grande impacto sobre o rendimento.

A antracnose (*C. truncatum*) e a seca de haste e vagem, causada pelo complexo *Phomopsis/Diaporthe*, têm sido responsáveis por severas perdas de grãos nas regiões Central e Norte do Brasil, principalmente nas áreas onde a soja é semeada com bastante antecedência (semeaduras de final de setembro a início de outubro e colheita de janeiro a início de fevereiro), para permitir o cultivo do milho safrinha. A maturação ocorrida em período chuvoso, sem proteção com fungicidas, provoca atraso na colheita e maior deterioração por esses fungos. A importância dessas duas doenças tende a aumentar com a introdução da soja nas regiões tropicais úmidas.

O cancro da haste (*Phomopsis phaseoli* f.sp. *meridionalis/Diaporthe phaseolorum* f. sp. *meridionalis*) e a mancha "olho-de-rã" (*Cercospora sojina*), introduzidos dos Estados Unidos em sementes contaminadas, atualmente, estão sob controle através da resistência genética. Todavia, representam contínua ameaça à soja.

Na safra 1988/89, teve início a epidemia do cancro da haste que, à semelhança da mancha "olho-de-rã", disseminou-se do sul do Paraná para o resto do Brasil. As perdas por cancro da haste somaram, no

período de 1989 a 1996, mais de US\$500 milhões. Graças à existência de um dinâmico programa de melhoramento genético e de testes de linhagens, com participação de diversas instituições, a doença está sob controle com cultivares resistentes. Todavia, poucas cultivares apresentam imunidade de campo. Com o cultivo contínuo da soja, em semeadura direta e quase sem rotação de cultura, o fungo continua presente nos restos culturais da maioria das lavouras, pondo em risco o retorno do problema se ocorrer o uso de cultivares suscetíveis. Até o momento, a resistência ao cancro da haste tem sido estável, sem indicação de variabilidade genética do patógeno.

A mancha "olho-de-rã" foi a primeira grande epidemia na cultura de soja e responsável pelo início do programa de melhoramento visando resistência a doenças no Brasil. Na safra 1970/71, o fungo *C. sojina* foi introduzido através de um lote de sementes da cultivar Bragg, originada dos Estados Unidos e que foi semeada na Estação Experimental do IPEAME - MA (atual IAPAR), em Ponta Grossa. Desse primeiro foco, o fungo espalhou-se para todo o Estado do Paraná, causando severas perdas, nos quatro anos seguintes, sendo a cultivar suscetível Bragg a predominante na época. Do Paraná, a mancha "olho-de-rã" espalhou-se para todo o País, através de sementes infectadas, causando prejuízos estimados em mais de US\$100 milhões. Atualmente, a doença está sob controle através de cultivares resistentes, restrita a ocorrências esporádicas nos estados do Tocantins, do Maranhão e do Piauí, onde ainda existem remanescentes da cultivar Doko e em áreas experimentais, onde são feitas inoculações e seleções de linhagens resistentes. O fungo *C. sojina* apresenta variabilidade patogênica e entre as safras de 1970/71 a 1999/00, foram identificadas mais de 25 raças fisiológicas no Brasil. A resistência das cultivares desenvolvidas nesse período tem sido relativamente estável, porém, o surgimento de novas raças tem exigido a mudança de cultivares. Duas raças fisiológicas de *C. sojina* (Cs-24 e Cs-25), identificadas em 1998, no Maranhão e no Piauí, quebraram a resistência de várias cultivares lançadas recentemente. Isso exige, nas condições de campo, atenção constante para detectar a tempo a variação na reação das cultivares. De parte da pesquisa, a constatação de mudança na reação das cultivares deve desencadear novos estudos para a determinação de raça e a definição dos cruzamentos para solução do problema.

A introdução clandestina da soja transgênica da Argentina para o Brasil e o Paraguai, sem os devidos estudos de adaptação e desempenho agronômicos e avaliação da reação às doenças ou raças existentes de Cercospora, poderá resultar em novo surto da doença nos dois países. A ocorrência da mancha "olho-de-rã" (*Cercospora sojina*), nos últimos quatro anos na Argentina, pode ser devida a uma raça ainda não detectada nos demais países do Cone Sul e poderá ser facilmente introduzida através de sementes infectadas da soja transgênica, não tratadas com fungicidas.

Outras doenças cujos patógenos, provavelmente, já faziam parte do atual ecossistema da soja são a mancha-alvo e a podridão radicular de *Corynespora* (*C. cassiicola*), a podridão radicular de *Rosellinia* (*R. necatrix* ou *R. bunodes*), a podridão de carvão ou podridão de *Macrophomina* (*M. phaseolina*), o tombamento e a morte em reboleira (*Rhizoctonia solani*), a mela ou queima foliar da soja (*Rhizoctonia solani/Thanateforus cucumeris*) e o tombamento e a murcha de *Sclerotium* (*S. rolfsii*).

Nos últimos quatro a cinco anos, a mancha-alvo tem aumentado a severidade no Brasil (centro e sul do Paraná e nos estados de Mato Grosso, Goiás, Bahia e Tocantins) e na Bolívia (região de Santa Cruz de la Sierra). Sob condições favoráveis para a ocorrência da doença, o controle pode ser feito com aplicação de fungicida foliar no estádio R5.1-R5.3. Além da mancha foliar, uma podridão radicular causada, provavelmente, por uma espécie diferente de *Corynespora*, é responsável por desuniformidade de maturação e redução significativa de rendimento. A morte de plantas pela podridão radicular de *Corynespora* pode ocorrer aos 35-40 dias após a emergência, porém, é mais visível nos estádios R5.5/R6, quando as plantas infectadas, com folhas amarelas destacam-se das plantas sadias. A doença é mais severa nas lavouras sob semeadura direta, na Região Sul e nas regiões mais chuvosas dos Cerrados.

Os tombamentos ("damping-off") causados por *R. solani* e *S. rolfsii* são anualmente responsáveis por ressemeaduras da soja, redução de estande e consequente infestação de plantas daninhas, em milhares de hectares no norte e no oeste do Paraná. A ocorrência das doenças está relacionada com cobertura de palha, principalmente de milho "safrinha", compactação do solo que dificulta a drenagem e coincidências de temperaturas elevadas (28°-30° C) com chuvas intensas, entre o início e os 30-35 dias após a emergência.

A podridão radicular de *Rosellinia* está generalizada nas lavouras de soja das principais regionais produtoras do Brasil e constitui o principal problema que afeta o rendimento da soja na Bolívia. Nas áreas de produção das Colônias Okinawa, grande parte das plantas apresenta severa infecção radicular, antes da plena formação dos grãos. Além do dano direto, a infecção radicular debilita as plantas, facilitando o desenvolvimento das doenças de final de ciclo que antecipam a queda das folhas.

A podridão de carvão (*M. phaseolina*) atinge todas as regiões produtoras de soja dos países do Cone Sul. É uma doença que ocorre sempre que a soja passa por um período de estresse hídrico (falta de água), antes da completa formação dos grãos. No Brasil, cerca de 60%-70% das lavouras de soja estão em áreas onde há risco de deficiência hídrica antes da completa granação. A doença é mais grave onde o sistema de raízes é limitado por compactação ou por acidez do solo. A fim de reduzir os prejuízos causados à soja pelo mau manejo do solo, principalmente em áreas de semeadura direta mal feita, onde é comum a presença de solo compactado, solo com acidez a pouca profundidade e solos excessivamente corrigidos por aplicação seguida de calcário em cobertura, é necessário que se faça um levantamento na propriedade para corrigir os defeitos no manejo do solo que levam ao maior estresse hídrico e consequente dano por podridão de carvão.

A partir de 1995, a mela (*Rhizoctonia solani/Thanatephorus cucumeris*) começou a causar danos à soja, principalmente no Maranhão (Balsas) e no Piauí (Uruçuí). Desde então, vem se expandindo e causando perdas significativas também em Mato Grosso (Rondonópolis, Nova Mutum, Lucas e Sorriso) e Tocantins (Pedro Afonso). Essa doença poderá representar sério problema para a soja em expansão para as regiões tropicais úmidas, como o norte de Mato Grosso, em Rondônia e no Pará. Estudos com inoculações artificiais têm mostrado a possibilidade de selecionar genótipos de soja tolerantes à doença, mas os resultados necessitam ser confirmados a campo, sob condições severas de infecção natural. O controle químico pode ser eficiente, porém, o momento de aplicação é difícil de ser determinado. A doença não ocorre em um estádio definido da soja e depende das condições climáticas, geralmente caracterizadas por excessos de chuvas, o que dificulta a aplicação. Em regiões onde a doença ocorre com freqüência, a aplicação de fungicidas é feita, geralmente, no momento do fechamento das ruas

ou no início da floração. Por ser causada por um fungo nativo e de distribuição quase universal, a possibilidade de danos à soja depende apenas da coincidência de condições climáticas favoráveis, o que, certamente, ocorre na vasta região tropical amazônica, para onde segue a expansão da soja brasileira.

A podridão branca da haste, causada pelo fungo *Sclerotinia sclerotiorum*, deve ter sido introduzida pelas sementes de diversas leguminosas que antecederam a cultura da soja, principalmente o feijão. Essa doença que causou severas perdas na década de 80 tem sido uma das principais causas de queda de rendimento na Região Sul do Brasil (sul do Paraná, em Santa Catarina e no Rio Grande do Sul). Na Argentina, é a principal doença da soja, nos anos chuvosos. Na safra 1997/98, a doença causou prejuízos estimados em 423,2 mil toneladas ou o equivalente a US\$93.315.600,00 (a US\$220,50/t). Em ambos os países, a doença tem evoluído nas lavouras onde o cultivo da soja é contínuo, em semeadura direta e sem rotação de cultura.

Duas doenças consideradas exóticas até recentemente, passaram a fazer parte do quadro de doenças da soja na Argentina e no Brasil. Sem que haja uma explicação lógica para suas origens, a não ser que sejam nativas, a podridão radicular de *Phytophthora* (*P. megasperma* f.sp. *glycinea*) afeta a soja em diversos municípios na Argentina, no planalto médio do Rio Grande do Sul e em Campos Novos, em Santa Catarina; e a podridão parda da haste (*Phialophora gregata*), no planalto médio do Rio Grande do Sul e no sul do Paraná (Guarapuava). São doenças tradicionais da soja nos Estados Unidos e não há informação de que sejam disseminadas pela semente. No sul do Paraná, algumas das cultivares mais produtivas não podem mais ser cultivadas devido ao elevado nível da doença.

O ódio (*Microsphaera diffusa*), que sempre esteve presente em parcelas experimentais de cultivares tardias e em casa-de-vegetação, sem nunca ter causado danos significativos, repentinamente, na safra 1996/97, foi responsável por perdas avaliadas em US\$315,3 milhões (Tabela 1). A única explicação para essa epifitia nacional, após muitos anos de simples ocorrência, e sua continuidade como problema em anos subsequentes, é o do desenvolvimento de uma nova raça e da coincidência de um ano de clima ameno. Por outro lado, não se tem explicação para a ocorrência repentina nacional, em vez de uma evolução gradual. Atualmente, a doença é controlada através da aplicação foliar de fungicidas e pelo uso de cultivares

resistentes. O cultivo de cultivares resistentes tem sido a forma mais fácil e econômica de controle, porém, diversas cultivares consideradas resistentes, com níveis de imunidade de campo [ex. MG/BR 46 (Conquista)], estão apresentando alta suscetibilidade, em certas regiões como em Mineiros, em Goiás, e em Santa Cruz de la Sierra, na Bolívia, mostrando que o fungo *M. diffusa* apresenta variabilidade patogênica. No Brasil, a doença é de ocorrência generalizada na Região Sul e nos planaltos dos Cerrados. Na Bolívia, é a principal doença no cultivo de inverno, quando são produzidas as sementes para a safra de verão. Nesse país, o ódio tem aumentado o custo de produção da semente, uma vez que a produtividade da soja no outono/inverno é geralmente reduzida pela seca e a ocorrência da doença exige a aplicação de fungicidas.

A podridão vermelha da raiz ou síndrome da morte súbita (PVR/SDS)(*Fusarium solani* f.sp. *glycines*) foi constatada pela primeira vez no Brasil na safra 1981/82, em São Gotardo, MG. Durante muitos anos, a doença ficou restrita às essas lavouras e o agente causal só foi confirmado por Nakagima et al., em 1996. A partir do final da década de 80, passou a chamar a atenção em diversas lavouras do sul do Paraná, do Rio Grande do Sul, do Mato Grosso do Sul (Chapadão do Sul) e de Goiás (Chapadão do Céu). Na safra 1999/00, foram listados 99 municípios com a presença da doença, distribuídos pelos estados da BA, GO, MG, MS, MT, PR, RS e SP. Atualmente, são mais de 2 milhões de hectares. O prejuízo causado por PVR/SDS, na safra 199/00, foi estimado em US\$52,9 milhões (Tabela 1).

O surgimento e a expansão da PVR/SDS é outro tema de reflexão, deixando as seguintes questões sem respostas: a. não há prova da transmissão pela semente e, no entanto, está amplamente disseminada, aumentando a cada ano; e b. é de ocorrência recente em lavouras de mais de 30 anos de cultivo de soja, na Região Sul, enquanto tem causado danos significativos em áreas de primeiro e segundo anos de cultivo, em Minas Gerais, em Goiás, no Mato Grosso e na Bahia, dando a impressão de que o fungo é nativo e de ampla distribuição. Pela dificuldade de controle, a PVR/SDS é a doença mais preocupante dentre as que ocorrem atualmente em soja no Brasil. Nenhuma prática agronômica tem mostrado eficácia no controle da doença, todavia, solos com boa drenagem, sem compactação, têm apresentado menor severidade. Estudos em casa-de-vegetação e a campo têm demonstrado diferenças de reação

entre cultivares, porém, testes mais rigorosos a campo têm sido dificultados pelas variações climáticas de cada safra e pela distribuição irregular do fungo no solo. A doença é a segunda em importância na Argentina, superada apenas pela podridão branca da haste (*S. sclerotiorum*). Na safra 1997/98, houve perdas estimadas em 142,2 mil toneladas, o equivalente a US\$32.457.600,00 (US\$220,50/t). Na Bolívia, foi constatada pela primeira vez na safra de outono/inverno de 2001, ao norte de Santa Cruz de la Sierra. Desde então, tem aumentado nas regiões mais úmidas do norte, tanto nas safras de verão como nas de outono/inverno.

A ferrugem da soja, causada por *Phakopsora pachyrhizi*, era a doença mais temida da cultura e continuava ausente das lavouras do Continente Americano até o início da safra 2000/01. Anteriormente, a espécie *P. meibomiae*, presente nas Américas desde Porto Rico ao sul do Estado do Paraná, havia causado grandes preocupações, porém, raramente atingiu níveis de danos econômicos. Em 5 de março de 2001, foi constatada severa incidência de ferrugem na localidade de Pirapó, departamento de Itapúa, no Paraguai (Wilfrido Morel P., CRIA, 2001). Posteriormente, um levantamento da doença feito em maio do mesmo ano, em sojas guaxas e lavouras de "safrinhas", mostrou que a doença estava amplamente disseminada no Paraguai e no Estado do Paraná. Análises de DNA, de amostras coletadas no Paraná e no Paraguai, realizadas pelo Dr. Reid D. Frederick, no laboratório de Fort Detrick, Maryland, comprovou que a ferrugem encontrada era a mesma asiática, causada por *Phakopsora pachyrhizi*. Na safra 2001/02, a doença foi encontrada em todas as regiões produtoras de soja entre Capitan Miranda e Catueté, no Paraguai. No Brasil, a doença estendeu-se do Estado do Paraná ao sul/sudoeste de Goiás (Chapadão do Céu, Campo Alegre, Santa Helena de Goiás, Rio Verde, Jataí e Mineiros), ao Mato Grosso do Sul (Campo Grande e São Gabriel D'Oeste para o norte e noroeste, envolvendo a região do Chapadão do Sul, Costa Rica e Camapuã) e ao Mato Grosso (de Itiquira a Rondonópolis, Campo Verde, Primavera do Leste, Alto Taquari, Alto Garças, Serra da Petrovina e Alto Araguaia). Na região dos Cerrados, a doença só foi notada quando a maioria das lavouras de soja já estava em fase adiantada de maturação. Possivelmente, a disseminação da doença nos Cerrados foi muito mais ampla do que a registrada até meados de abril de 2002. Possivelmente, o uso generalizado de fungicidas para controle de doenças de final de ciclo impediu a maior progressão da

doença, não permitindo sua visualização em muitas lavouras. Segundo relatos de produtores da região de Chapadão do Sul (MS) e de Chapadão do Céu (GO), lavouras mais atingidas tiveram perdas de rendimento variando de 30% a 50%, o que demonstra o grande potencial de danos da doença. Considerando a facilidade com que os esporos do fungo são disseminados pelo vento, em poucos anos a ferrugem deverá estar em todas as lavouras de soja do Continente Americano.

Os nematóides de galhas, principalmente, as espécies *Meloidogyne incognita* e *M. javanica*, são nativas, de ampla ocorrência e são responsáveis por perdas significativas de soja. Na safra 1999/00, o prejuízo causado no Brasil, pelas duas espécies, foi estimado em US\$52,2 milhões (Tabela 1). A cada ano aumenta a severidade dos nematóides de galhas, nas regiões dos Cerrados.

Na safra 1991/92, o nematóide de cisto da soja (NCS) (*Heterodera glycine*) passou a fazer parte do quadro de doenças da soja no Brasil. Iniciando com cerca de 10.000 ha infestados, no primeiro ano de constatação, nos estados de GO, MS, MT e MG, na safra 1999/00, passou para mais de 1,7 milhão de hectares. Atualmente, mais de 100 municípios em oito estados (BA, GO, MG, MS, MT, PR, RS, SP) estão infestados. O total de prejuízos causados pelo NCS até a safra 1999/00 foi estimado em US\$200 milhões. Considerando a rapidez da expansão no Brasil, o NCS deverá continuar causando sérios prejuízos a cada safra.

O NCS foi relatado pela primeira vez no Paraguai, na safra 2000/01, porém, não há melhores informações a respeito da sua disseminação ou da extensão de danos.

A baixa rentabilidade (milho, arroz, sorgo) ou o alto custo (algodão) das culturas que poderiam ser utilizadas em rotação com a soja, torna difícil o controle eficiente do NCS, em todas as áreas afetadas. Apesar da disponibilidade de cultivares tolerantes/resistentes às raças predominantes no Brasil, são ainda limitadas em número e em diversidades de ciclo para as diferentes latitudes onde a doença já se expandiu.

Na safra 1999/00, uma doença da soja em tudo semelhante ao vírus da queima do broto, exceto por uma acentuada necrose na parte externa da haste, foi detectada em Morrinhos, Goiás. O sintoma varia desde morte das plântulas, logo após a emergência, à queima dos brotos, deformação, necrose e queda das folhas, em diferentes estádios de crescimento. Uma característica constante da

doença é a necrose, de coloração negra a castanha escura, em estrias ou atingindo total ou parcialmente as hastes e os pecíolos. Inicialmente, a parte lenhosa da haste mantém-se aparentemente sadia, de coloração normal, porém, à medida que a doença progride, o lenho escurece, atingindo também a medula. Em plantas adultas, a extremidade superior fica curvada, com o formato de um cajado. As folhas e as vagens das plantas atacadas tendem a cair com leve toque. As plantas podem ser atingidas total ou parcialmente, freqüentemente em apenas um ramo lateral. Vagens em formação adquirem a mesma coloração negra da haste, iniciando por pequenos pontos ou estrias negras. Algumas plantas também apresentam sintomas de nanismo e super-brotamento. Na safra 2000/01, além de Morrinhos, a doença foi constatada em diversas cultivares e linhagens em Goiatuba, (GO) e na região de Barreiras (BA), em multiplicação de linhagens de soja sob irrigação (van der Vliet, 2001, comunicação pessoal). Na safra 2001/02, a doença só foi registrada no município de Luis Eduardo Magalhães, na Bahia, onde afetou cerca de 1.200ha da cultivar Mirador. As perdas de rendimento foram estimadas entre 30% a 50%. A doença é causada por um vírus (Álvaro M. R. Almeida, comunicação pessoal) e está em estudo na Embrapa Soja. A doença afeta certos genótipos de soja que apresentam total suscetibilidade.

Perspectivas futuras

A mudança de práticas agronômicas e a falta de manejo adequado da cultura têm favorecido e agravado, principalmente, as doenças radiculares. A sucessiva semeadura direta tem favorecido a incidência da PVR/SDS e da podridão radicular de *Corynespora*. O manejo inadequado do solo, que resulta em compactação, nas regiões sujeitas a "veranico", tem agravado o estresse hídrico nas plantas e, consequentemente, aumentado seriamente a incidência da podridão de carvão (*Macrophomina* sp).

A ferrugem da soja, a curto e médio prazos, será o maior desafio a ser enfrentado pela pesquisa, assistência técnica e produtores. A agressividade da doença irá exigir maior atenção no cuidado da lavoura e no uso do controle químico, o qual poderá ser muito oneroso. Portanto, de imediato, deverá ser dada prioridade à seleção de cultivares mais tolerantes para que se possa reduzir o número de aplicação de fungicidas.

Além das doenças mencionadas acima, outras vêm aumentando em severidade a cada safra, como a mancha foliar de *Ascochyta (A. sojae)*, a mancha foliar de *Phyllosticta (P. sojicola)* e o míldio (*P. manshurica*).

Os exemplos citados mostram que a agricultura é um processo contínuo e dinâmico. Para cada problema solucionado, vários outros surgem, exigindo constante atenção da pesquisa e de todos aqueles, direta ou indiretamente, envolvidos com a cultura. Por parte da pesquisa, o controle das diversas doenças exige um esforço coordenado, integrado e multidisciplinar. Doenças tradicionais, de baixo impacto em uma região, podem constituir sérios problemas em regiões que as favoreçam. O desenvolvimento de uma nova raça pode por a perder todo o trabalho de vários anos de melhoramento para resistência às raças até então existentes.

O melhoramento contínuo para produtividade e demais características agronômicas, sem levar em conta os testes para reação às doenças, pode, ao longo do tempo, eliminar os genes de resistência. Cultivares resistentes, quando modificadas para atender certos interesses, podem perder essa característica se não for devidamente avaliada. Exemplo dessa situação é a ocorrência da mancha "olho-de-rã", nas três últimas safras, em diversas cultivares transgênicas em uso na Argentina e que estão sendo introduzidas ilegalmente no Brasil e no Paraguai.

Além do cuidado com as doenças que já ocorrem no País, deve-se estar sempre atento às doenças que ocorrem ao redor do mundo e que poderão vir a ser problema para a sojicultura do Cone Sul.

Entre as diversas doenças da soja ainda não constatadas no Brasil, destacam-se a mancha foliar vermelha ("red leaf blotch") (*Pyrenopeziza glycines/Dactuliochaeta glycines*), presente em alguns países da África, principalmente na Nigéria, em Zâmbia e no Zimbabwe. Uma mancha foliar causada pelo fungo *Myrothecium roridum* ocorre em reboleiras e de forma pouco agressiva nos Cerrados brasileiros, porém, na Índia, é responsável por severas perdas em soja. Essas doenças, para as quais não há resistência genética adequada, se introduzidas nos países do Cone Sul, poderão aumentar significativamente as perdas e o custo de produção. Na eventualidade da introdução de alguma dessas doenças, a única defesa para a soja, será a existência de um dinâmico programa de pesquisa e de assistência técnica.

Dessa forma, a fim de que a defesa da cultura seja permanente e eficaz, é necessário ter a visão global do problema, sem restrição a país ou fronteira. É fundamental acompanhar a evolução das doenças mundialmente e estar sempre preparado para novos desafios.

Uma afirmação que continua válida após mais de 40 anos, foi feita pelo eminentre Fitopatologista J. C. Walker (1959): "O sucesso final da resistência como medida de controle depende da busca contínua de informação básica, da contínua busca de germoplasma e da integração contínua em um amplo programa de melhoramento da cultura considerada". Vale acrescentar que, considerando a diversidade climática e os desafios a superar, nos países do Cone Sul, principalmente quanto à infra-estrutura física, aos recursos financeiros e humanos, à integração de esforços entre os países, às instituições de pesquisa e assistência técnica, públicas e privadas, será a única garantia para continuidade de uma sojicultura rentável.

Palavras-chave: soja, Glycine max, doenças.

Tabela 1. Importância econômica das principais doenças da soja no Brasil, em 1994, 1997-2.000. Embrapa Soja, Londrina, PR. 2002.

Doenças	1994 2/		1997 3/		1998 4/	
	Ton.	US\$ *	Ton.	US\$ *	Ton.	US\$ *
	(x1.000)	(x1.000)	(x1.000)	(x1.000)	(x1.000)	(x1.000)
Cancro da haste	1.800	396.900	100	22.050	10	2.205
Mancha parda	1.100	242.550	1.430	315.315	2.195	483.997
Crest. foliar de Cerc.	930	205.065	572	126.126	940,7	207.424
Oídio	- 7/	-	1.430	315.315	156,8 *	34.574 *
Mancha alvo	- 7/	-	50	11.025	125	27.563
Phomopsis da semente	248	54.684	260	57.330	627,1*	138.276 *
Podridão verm. raiz (PVR)	15	3.307	143	31.532	200 *	44.100 *
Mela/ requeima	4,1	904	15	3.307	14,4	3.175
Podridão de carvão	930	205.065	858	189.189	750	165.375
Nematóides de galha	77,5	17.089	572	126.126	313,5	69.128
Nematóide de cisto	310	68.355	220	48.510	480	10.840
Outras doenças	342,7	75.565	88	19.404	68,2	15.040
TOTAL	5.757	1.269.485	5.688	1.265.229	5.881	1.296.697

Doenças	1999 5/		2000 6/	
	Ton.	US\$ *	Ton.	US\$ *
	(x1.000)	(x1.000)	(x1.000)	(x1.000)
Cancro da haste	Insignif.	0	0	0
Mancha parda	1.846	407.043	2.202	485.541
Crest. foliar de Cerc.	923	203.522	1.257	277.168
Oídio	161	35.501	130	28.665
Mancha alvo	118	26.019	120	26.460
Phomopsis da semente	355	78.278	50	11.025
Podridão verm. raiz (PVR)	177	39.028	240	52.920
Mela/requeima	0,5	110	71	15.655
Podridão de carvão	1.230	271.215	1.230	271.215
Nematóides de galha	238	52.479	237	52.258
Nematóide de cisto	604	133.182	604	133.182
Outras doenças	80	17.640	154	33.957
TOTAL	5.732,5	1.264.017	6.295	1.388.047

1/ - Informações baseadas em avaliações visuais a campo, em áreas experimentais e lavouras comerciais tratadas com fungicidas foliares para controle de mancha parda, crestamento foliar de *Cercospora* e oídio.

2/ - Fonte: Wrather *et al.* Plant Dis. 81:107-110. 1997.

3/ - Área de soja na safra 1996/97: 11.381.300 ha. Produção: 26.160.000 t. Produtividade média nacional: 2.299 kg/ha (CONAB/DIDEM, 2/98).

4/ - Área de soja na safra 1997/98: 13.007.500 ha. Produção: 31.355.800 t. Produtividade média nacional: 2.378 kg/ha (CONAB/DIDEM 2/98).

5/ - Área de soja na safra 1998/99: 12.995.200 ha. Produção: 30.765.000 t. Produtividade média: 2.367 kg/ha. (CONAB/SEPLAN/NUPLA/GEAME - 4º levantamento de safra, abril de 2.000).

6/ - Área de soja na safra 1999/00: 13.326.500 ha. Produção: 31.440.900 t. Produtividade média: 2.359 kg/ha. (CONAB/SEPLAN/NUPLA/GEAME - 4º levantamento de safra, abril de 2.000).

7/ - Oídio e mancha alvo presentes mas sem dano significativo.

* - US\$ 220.50/ton.

** - Efeito do "El Niño": a estiagem e o calor excessivos em certas regiões favoreceram a ocorrência de podridão de carvão, enquanto que essa mesma situação desfavoreceu a incidência de ódio e de podridão vermelha da raiz (PVR). As chuvas excessivas nas fases de enchimento das vagens e maturação favoreceram incidências de Phomopsis da semente e doenças foliares de final de ciclo (mancha parda e crestamento foliar de Cercospora)

*** - Incidência elevada de podridão branca (Sclerotinia) na região Sul.

SOYBEAN RUST: EPIDEMIOLOGY AND MANAGEMENT

X.B. YANG, Department of Plant Pathology, Iowa State University, Ames 50011

Soybean rust occurs in both the eastern and western hemispheres and is a major disease of tropical and subtropical areas. Two species of fungi can cause soybean rust: *Phakopsora pachyrhizi* which originated in Asia and *P. meibomiae* which originated in south America. Bromfield et al in 1980 and Melching et al in 1979 showed that isolates from Asia were more virulent and more aggressive than isolates from South America, producing lesion with more than two uredia and extensive necrosis. The disease causes considerable yield loss in many Asian countries with losses as high as 40% reported in Japan and up to 80% reported in Taiwan. The Asia species was recently found in Brazil and Paraguay. Because of its greater aggressiveness, the Asian rust would be an important production problem to South America soybean production. Epidemiologically, the components of spore germination, infection, latent period, lesion expansion, sporulation, and senescence of uredia have been thoroughly studied by USDS scientists and pathologists in China and other Asian countries. Effects of dew period, temperature, and growth stages on infection also have been quantified. Seasonal progress of this disease can be predicted with modeling approaches as several prediction models have been developed in different soybean production countries in the world. Effects of alternative hosts in west hemisphere on pathogen overwintering and development have been thoroughly studied at USDA Foreign Disease-Weed Research Unit. Genes resistant to this disease has been identified in Asian germplasm and soybean varieties resistance to this disease have been developed in China and other Asian countries. It is my view that great amount of information is available to help us develop management strategies for this disease in west hemisphere. In this presentation, ecology and epidemiology, management, and genetics/resistance of this disease will be reviewed and discussed.

ESTRATÉGIAS DE MELHORAMENTO PARA O CONTROLE DA FERRUGEM DA SOJA

N.A. VELLO¹; R.L. BROGIN¹; C.A.A. ARIAS². ¹Universidade de São Paulo, ESALQ, Departamento de Genética, Caixa Postal 83, CEP 13400-970, Piracicaba, SP; ²Embrapa Soja, Caixa Postal 231, CEP 86001-970, Londrina, PR; E-mail: naavello@esalq.usp.br

Introdução

A ferrugem da soja, causada por *Phakopsora pachyrhizi* Sidow (Ásia, Austrália e Hawaí) e *Phakopsora meibomiae* Arthur (América Latina), é uma importante doença que tem sido verificada nos hemisférios oriental e ocidental, incluindo a África, representando uma grande ameaça para os países do continente americano. No entanto, causa perdas de produtividade somente em Taiwan, Tailândia, Indonésia, Filipinas e Vietnã, e em partes da China, Japão, Austrália, Coréia e Índia (Bromfield & Yang, 1976; Sinclair, 1982; Wrather et al., 1997). A espécie *P. meibomiae* tem sido menos agressiva que a espécie *P. pachyrhizi*.

Os sintomas mais comuns da ferrugem da soja são lesões de cor palha (TAN) a marrom-escura ou marrom-avermelhada (RB), ou manchas com uma a muitas urédias (pústulas), que encerram os uredósporos. Com o desenvolvimento da doença, as lesões adquirem forma poligonal, delimitadas pelas nervuras secundárias, podendo alcançar um tamanho de 2 a 3 mm. As lesões podem aparecer nos pecíolos, vagens e hastes, mas são mais abundantes nas folhas, principalmente na face abaxial.

O impacto da entrada destes novos patógenos da soja, nos Estados Unidos (continental) e no Brasil, é uma preocupação atual da pesquisa relacionada ao controle de doenças, já que áreas severamente atacadas com ferrugem foram observadas no Paraguai durante as safras de 2000/01 e 2001/02. Há fortes indícios de que se trata de *P. pachyrhizi*, sendo ainda necessário averiguar a espécie e o nível de perdas provocados nesses locais. Kuchler et al. (1984) realizaram uma análise das consequências econômicas, caso uma raça virulenta de *P. pachyrhizi* se estabelecesse nos Estados Unidos. De acordo com estimativas, as perdas para a economia americana excederiam 7,2 bilhões de dólares por ano. No Brasil, ainda não existem estudos relacionados às perdas econômicas, caso haja uma epidemia de ferrugem.

Genes e Fontes de Resistência

Quatro genes dominantes para resistência vertical, denominados genes Rpp1 a Rpp4, foram identificados em introduções de plantas (PI's) e cultivares. De acordo com Bromfield (1976), as introduções PI 200499 e PI 200492 (Rpp1), são resistentes à ferrugem da soja e foram utilizadas como fontes de resistência em programas de melhoramento em Taiwan e na Austrália. Singh *et al.* (1974) descreveram como resistentes as introduções PI 200465, PI 200466, PI 200477, PI 200490, PI 200492 (Rpp1) e PI 200468. Sinclair (1975) considerou três fontes de resistência vertical: PI 200490 e PI 200492 (Rpp1), PI 230970 (Rpp2), além da cultivar Ankur (PI 462312, Rpp3), proveniente da Índia. Bernard *et al.* (1991) liberou três isolinhas de William 82, com resistência à ferrugem, para a pesquisa: L85-2378 (Rpp1), L86-1752 (Rpp2) e L87-0482 (Rpp4). Hartwig (1996) identificou como fonte de resistência a linhagem D86-8286 (PI 518772) e, uma segunda linhagem, que teve como doadora do gene Rpp4, a PI 459025.

Shanmugasundaram, citado por Bromfield (1976), ao inocular diversas cultivares, selecionou como resistentes para programas de melhoramento as seguintes: HS-1, KS-535, R-10, 66-G-3, PI 220492, KS-482, Hardee, Tainung-4, Yagi-1, Shiro Daizu, Higo Daizu, Shing-2, Aochi, Shakkin Nashi, Kairyon Shimore, Bansei e Kuro Daizu.

No Brasil, para a espécie *P. meibomiae*, Zambolim *et al.* (1983) relataram que as cultivares de soja Mineira, Vila Rica, FT-1, Ivaí, IAC-4, BR-4 e União são resistentes, sendo as cultivares Santa Rosa, Viçoja e Hardee, consideradas moderadamente resistentes.

Com relação às espécies perenes de soja, que são fontes riquíssimas de alelos de interesse agronômico, não mais presentes nas espécies cultivadas, existem estudos de identificação de fontes de resistência que comprovam que quatro espécies do gênero *Glycine*, nativas da Austrália, apresentam resistência à ferrugem: *G. canescens*, *G. clandestina*, *G. tabacina* e *G. tomentella* (Burdon & Marshall, 1981; Tschanz, 1991; Burdon 1987; Burdon, 1988). Um único gene para resistência a *P. pachyrhizi* foi identificado em *G. argyrea* (Jarosz & Burdon, 1990).

Tschanz (1991) relata que os genótipos resistentes PI 239871A e PI 239871B (*G. soja*), PI 230971, PI 459024, Taita Kaoshinung-5,

Tainung-4 (PI 368039) e Waire, são utilizados como diferenciadores de raças de *Phakopsora pachyrhizi*.

Resistência Vertical e Multilinhas

Há vários trabalhos relatando a existência de resistência vertical à ferrugem da soja (Bromfield & Hartwig, 1980; Bromfield & Melching, 1982; Hartwig, 1986; Hartwig & Bromfield, 1983; McLean & Byth, 1980).

Resistência vertical foi introduzida por melhoramento convencional em várias linhagens de soja em Taiwan, utilizando os quatro genes principais de resistência; mas, no período de uma safra, a resistência conferida por estes genes foi quebrada, ou seja, o patógeno produziu raças virulentas. Portanto, a resistência vertical não é uma forma estável de resistência, pois é quebrada quando ocorrem mutações no patógeno.

Uma estratégia dinâmica para aproveitamento dos genes principais de resistência, envolve o desenvolvimento de multilinhas. Uma multilinha é formada por uma mistura de sementes de isolinhas (ou quase-isolinhas), cada uma delas contendo um dos genes de resistência. As isolinhas são comumente obtidas através de retrocruzamentos, utilizando-se uma cultivar elite como parental recorrente e as diferentes fontes de genes de resistência como parentais doadores.

O monitoramento constante da população do patógeno pode orientar a reconstituição da multilinha (número e freqüência relativa das isolinhas na multilinha), sempre que necessário.

Resistência Parcial

Linhagens de soja com resistência parcial à ferrugem, foram identificadas e caracterizadas com base no período latente e no número de pústulas por lesão, ou através de linhagens que apresentavam desenvolvimento tardio da doença (Hartman *et al.*, 1991; Tschanz *et al.*, 1980; Zambolim *et al.*, 1983).

De acordo com Hartman *et al.* (1997), o que dificulta o desenvolvimento de genótipos que apresentam evolução lenta da doença, é como realizar a avaliação de linhagens de populações segregantes, ou de acessos que possuem diferentes períodos de maturação. O autor afirma que além das diferenças fisiológicas, há diferenças nas condições ambientais, pois as plantas amadurecem em diferentes períodos. Uma proposta para solução desse problema

utiliza o tempo relativo de vida (RLT) para corrigir parcial ou completamente as diferenças nas taxas de desenvolvimento da ferrugem em função da variação no período de maturação dos genótipos de soja (Tschanz *et al.*, 1982).

Tolerância e Seleção Recorrente

Tolerância é definida como a habilidade relativa de produção de plantas sob estresse, ou seja, infectadas pelo patógeno (Politowski & Browning, 1978). As dificuldades associadas com a identificação e quantificação da resistência e a inefetividade da resistência raça-específica, fazem com que seja necessário avaliar os genótipos de soja também para tolerância à ferrugem (Tschanz & Tsai, 1983). Para avaliar a produtividade relativa, são realizadas comparações entre o mesmo genótipo em parcelas pulverizadas com fungicida e em parcelas não pulverizadas. Geralmente a tolerância é avaliada apenas uma vez durante o ciclo, a menos que se queira obter dados para curvas de progresso da doença, desfolha e contagens de pústulas para identificação de genótipos com taxas reduzidas de infecção.

Um esquema de melhoramento para incorporar tolerância à ferrugem envolve avanço das gerações iniciais pelos métodos da população (bulk) ou SSD ("Single Seed Descent"), realizando-se seleção apenas para genótipos com características agronômicas desejáveis; avanço das gerações intermediárias para seleção de genótipos tolerantes à ferrugem, com sementes colhidas dentro das famílias; e, avanço das gerações finais para seleção de genótipos com taxas reduzidas de infecção, tolerância e características agronômicas (Tschanz *et al.*, 1986). Utilizando este procedimento de seleção, linhagens de soja foram avaliadas e selecionadas em experimentos para avaliação de tolerância à ferrugem em Taiwan e na Tailândia (Nuntapunt *et al.*, 1984; Tschanz *et al.*, 1985).

Considerando que a tolerância à ferrugem seja condicionada por poligenes com efeitos pequenos e cumulativos, portanto, uma situação de resistência horizontal, uma estratégia de melhoramento a médio e longo prazo, seria o uso da seleção recorrente. Entre os diferentes sistemas de seleção recorrente, pode-se considerar as seguintes etapas em cada ciclo: a) seleção de vários (três ou mais) parentais para tolerância à ferrugem, para alta produtividade de grãos e, para caracteres adaptativos; b) três gerações de recombinação, com cruzamentos entre os parentais e, após, entre

plantas F1, obtendo-se cruzamentos múltiplos; c) avanço das gerações de endogamia até a geração F4, através dos métodos SSD (Single Seed Descent), SHDT (Single Hill Descent Thinned) ou amostra (bulk) dentro de famílias (pure-line family); d) testes e seleção de linhagens para tolerância à ferrugem, para alta produtividade e, para caracteres adaptativos.

O uso de seleção recorrente é recomendado devido: estabelecer diferentes combinações entre alelos múltiplos, aumentando a variância genética aditiva; originar diversas combinações epistáticas entre os poligenes envolvidos no controle da tolerância à ferrugem, da produtividade de grãos e, dos caracteres adaptativos, aumentando a variância genética epistática do tipo aditivo x aditivo; acumular progressos genéticos em ciclos sucessivos de seleção recorrente, em consequência dos incrementos nas variâncias genéticas aditiva e epistática nas populações de soja.

Marcadores Moleculares

É desejável localizar marcadores moleculares fortemente ligados a locos que governam a resistência e a tolerância à ferrugem, principalmente quando se trabalha com resistência horizontal. Esses marcadores ligados podem facilitar a transferência de genes de acessos primitivos (incluindo espécies perenes) para a soja cultivada, além de contribuir para a redução de custos e, para uma avaliação mais segura do ponto de vista fitossanitário, pois a ferrugem da soja ainda não foi identificada em plantios comerciais no Brasil, havendo a necessidade de se avaliar genótipos em condições isoladas para evitar a disseminação do patógeno. Além disso, com o entendimento da genética molecular da resistência da soja à ferrugem, a habilidade de controlar e minimizar as perdas na produtividade seria muito maior.

Marcadores moleculares para resistência a doenças vêm sendo utilizados em várias culturas, para o monitoramento de genes em programas de melhoramento e, para introduzi-los eficientemente em novas cultivares. Em soja, já foi identificado um marcador RAPD, localizado próximo ao gene Rpp1 de resistência à ferrugem (Vodkin, 1996). A curto prazo, as técnicas moleculares seriam muito úteis nos programas de melhoramento visando resistência, pois auxiliariam na identificação de genes de resistência nos genótipos, para direcionar os esquemas de cruzamentos, principalmente nas gerações de recombinação de cada ciclo de seleção recorrente. A

longo prazo, um dos objetivos seria a utilização da engenharia genética para desenvolver genótipos de soja resistentes ou tolerantes à ferrugem.

Perspectivas Futuras

A incorporação, na soja cultivada, de genes de resistência à ferrugem, presentes em espécies perenes, tem sido feita através de hibridação artificial, resgate de embrião e seleção para fertilidade em retrocruzamentos sucessivos. Este processo poderá ser aprimorado por meio de isolamento dos genes de resistência através do uso de técnicas de biologia molecular, para utilização no processo de transformação de plantas.

Técnicas de biologia molecular também poderão contribuir para a caracterização de espécies de ferrugem e, principalmente, das diferentes raças do patógeno existentes em cada espécie. Uma caracterização eficiente de espécies e raças é fundamental para o monitoramento da população de patógenos e, consequentemente, para o bom andamento dos programas de melhoramento.

Palavras-chave: *Glycine, Phakopsora, soybean rust, resistência genética*

Referências Bibliográficas

BERNARD, R.L.; NELSON, R.L.; CREMENS, C.R. USDA Soybean Genetics Collection: Isoline Collection. *Soybean Genetics News*., v. 18, p. 27-57, 1991.

BROMFIELD, K.R. World Soybean Rust Situation. In: HILL, L.D. (ed.). *WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE*, 1., 1976, Danville, IL. Proceedings, Danville, IL: The Interstate Printers and Publishers, Inc., 1976. p. 491-500.

BROMFIELD, K.R.; HARTWIG, E.E. Resistance to soybean rust and mode of inheritance. *Crop Science*, v. 20, n. 2, p. 254-255, 1980.

BROMFIELD, K.R.; MELCHING, J.S. Sources of specific resistance to soybean rust. *Phytopatology*, v. 72, p. 706, 1982. (Abstr.)

BROMFIELD, K.R.; YANG, C.Y. Soybean rust: Summary of available knowledge. In: GOODMAN, R.M. (ed.). *Expanding the uses of*

soybean. INTSOY Series, n. 10, p.161-164. University of Illinois, Urbana-Champaign, 1976.

BURDON, J.J. Phenotypic and genetic patterns of resistance to the pathogen *Phakopsora pachyrhizi* in populations of *Glycine canescens*. *Oecologia*, v. 73, p. 257-267, 1987.

BURDON, J.J. Major gene resistance to *Phakopsora pachyrhizi* in *Glycine canescens*, a wild relative of soybean. *Theor. Appl. Genet.*, v. 75, p. 923-928, 1998.

BURDON, J.J.; MARSHALL, D.R.; Evaluation of Australian native species of *Glycine* for resistance to soybean rust. *Plant Disease*, v. 65, n. 1, p. 44-45, 1981.

HARTMAN, G.L.; WANG, SHANMUGASUNDARAM, S. Soybean rust research: progress and future prospects. In: WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 5., 1997, Chiang Mai, Thailand. Proceedings, Bangkok, Thailand, 1997. p. 180-186.

HARTMAN, G.L.; WANG, T.C.; TSCHANZ, A.T. Soybean rust development and the quantitative relationship between rust severity and soybean yield. *Plant Disease*, v. 75, p. 596-600, 1991.

HARTWIG, E.E. Identification of a fourth major gene conferring resistance to soybean rust. *Crop Science*, v. 26, p. 1135-1136, 1986.

HARTWIG, E.E. Resistance to Soybean Rust. In: Sinclair, J.B.; Hartman, G.L. (eds). SOYBEAN RUST WORKSHOP, 1995, Urbana, Illinois. Proceedings, Urbana, Illinois: College of Agricultural, Consumer, and Environmental Sciences, National Soybean Research Laboratory Publication Number 1, 1996. p. 65.

HARTWIG, E.E.; BROMFIELD, K.R. Relationships among three genes conferring specific resistance to rust in soybeans. *Crop Science*, v. 23, p. 237-239, 1983.

JAROSZ, A.M.; BURDON, J.J. Predominance of a single major gene for resistance to *Phakopsora pachyrhizi* in a population of *Glycine argyrea*. *Heredity*, v. 64, p. 347-353, 1990.

KUCHLER, F.; DUFFY, M.; SHRUM, R.D.; DOWLER, W.M. Potential economic consequences of the entry of an exotic fungal pest: the case of soybean rust. *Phytopathology*, v. 74, n. 8, p. 916-920. 1984.

MCLEAN, R.J.; BYTH, D.E. Inheritance of resistance to rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in soybeans. *Austr. J. Agric. Res.*, v. 31, p. 951-956, 1980.

NUNTAPUNT, M.; SURIN, P.; ACHAVASMIT, P. Evaluation of rate-reducing rust resistance and tolerance in advanced soybean lines. *Journal of Agriculture Research and Extension*, v. 2, p. 15-19, 1984.

POLITOWSKI, K.; BROWNING, J.A. Tolerance and resistance of plant disease: an epidemiological study. *Phytopathology*, v. 68, p. 1177-1185, 1978.

SINCLAIR, J.B. Compendium of soybean diseases. 1. ed. St. Paul, Minnesota: American Phytopathological Society, 1975. 65 p.

SINCLAIR, J.B. Compendium of soybean diseases. 2. ed. St. Paul, Minnesota: American Phytopathological Society, 1982. 104 p.

SINGH, B.B.; GUPTA, S.C.; SINGH, B.O. Sources of field resistance to rust and yellow mosaic diseases of soybean. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*, v. 34, n. 3, p. 400-404, 1974.

TSCHANZ, A.T. Rust. In: SINCLAIR, J.B.; BACKMAN, P.A. (eds.) *Compendium of Soybean Diseases*, 3. ed. St. Paul, Minnesota: American Phytopathological Society, 1991, p.24-27.

TSCHANZ, A.T.; TSAI, M.C. Evidence of tolerance to soybean rust in soybeans. *Soybean Rust Newslett.*, v. 6, p. 28-31, 1983.

TSCHANZ, A.T.; SHENG, W.S.; TSAI, B.Y. Development of soybean rust resistance in advanced breeding lines. *Soybean Rust Newslett.*, v. 5, p. 34-37, 1982.

TSCHANZ, A.T.; WANG, T.C.; HU, L.F. Epidemic development of soybean rust and a partial characterization of resistance to soybean rust. *Soybean Rust Newsl.*, v. 3, p. 35-41, 1980.

TSCHANZ, A.T.; WANG, T.C.; TSAI, B.Y. Recent advances in soybean rust research at AVRDC. In: SHANMUGASUNDARAM, S.; SULZBURGER, E.W. (eds.). *Soybeans in tropical and subtropical cropping system*. Shanhua, Tainan, Taiwan: Asian Vegetable Research Development Center (AVRDC), 1986. p. 237-245.

TSCHANZ, A.T.; WANG, T.C.; CHENG, Y.H.; MONTHA, N.; CHEN, C.M. International screening trials for soybean rust tolerance. *Soybean Rust Newsl.*, v. 7, p. 22-25, 1985.

VODKIN, L. Testing for DNA Markers Associated with Rust Resistance in Soybean. In: Sinclair, J.B.; Hartman, G.L. (eds.). *SOYBEAN RUST WORKSHOP*, 1995, Urbana, Illinois. Proceedings, Urbana, Illinois: College of Agricultural, Consumer, and Environmental Sciences, National Soybean Research Laboratory Publication Number 1, 1996. p. 68.

WRATHER, J.A.; ANDERSON, T.R.; ARSYAD, D.M.; GAI, J.; PLOPER, L.D.; PORTA-PUGLIA, A.; RAM, H.H.; YORINORI, J.T. Soybean disease loss estimates for the top 10 soybean producing countries in 1994. *Plant Disease*, v. 81, n. 1, p. 107-110. 1997.

ZAMBOLIM, L.; RIBEIRO DO VALE, F.X.; CHAVES, G.M. Partial Resistance of Soybean Cultivars to *Phakopsora pachyrhizi*. *Fitopatologia Brasileira*, v. 8, n. 1, p. 117-122, 1983.

AGRICULTURA DE PRECISÃO: MUDANÇA DE PATAMAR TECNOLÓGICO E OPORTUNIDADES PARA A PESQUISA AGRÍCOLA.

ARIOVALDO LUCHIARI JR., JAMES S. SCHEPERS, JOHN F. SHANAHAN, DENNIS D. FRANCIS AND MICHAEL R. SCHLEMMER.

SUMÁRIO

A Agricultura de Precisão é uma forma emergente de produção agrícola que vem ganhando popularidade mundial entre os produtores rurais. Por ter em sua concepção o uso do Sistema de Posicionamento Global (GPS), do Sistema de Informações Geográficas (GIS), equipamentos e instrumentos que permitem a aplicação localizada de insumos usando tecnologias da informação, tem atraído o interesse e envolvido setores tradicionais e não tradicionais ligados ao processo produtivo agrícola. Este interesse e envolvimento multisectorial, fez com que o setor privado assumisse a liderança na organização dos componentes tecnológicos e se tornasse o principal agente do desenvolvimento e difusão dessa forma de agricultura. Este fato pode ter implicações estruturais no papel desempenhado até então pelas instituições de pesquisa agrícola públicas, no que tange ao seu espaço e funções, métodos e procedimentos experimentais e formas de aliança para gerar e disseminar ciência, tecnologias e informações. A despeito da pesquisa pública ter desenvolvido as tecnologias para a agricultura convencional, as quais também estão fundamentando as tomadas de decisão de manejo em Agricultura de Precisão, este setor necessita investir no desenvolvimento do conhecimento teórico e empírico para melhor entender as complexas interações entre os múltiplos fatores que estão afetando o desenvolvimento dos cultivos e o processo de decisão dos fazendeiros, e assim suportar a transição e consolidação dessa forma de produção emergente. Agricultores, indústrias de insumos, de máquinas e implementos, de informática e outras agências públicas, enfrentam problemas que requerem o envolvimento da pesquisa agrícola para solução dos mesmos. As principais demandas para a pesquisa são: Sistema de Suporte às Decisões de Manejo; Construção e Interpretação de Mapas de Colheita; Estratégias Seletivas para Amostragens de Solo e Planta; Sensores e Imagens para Monitoramento do Solo e Planta; Métodos e Procedimentos Experimentais para Pesquisa e Experimentação em

Propriedades Rurais e Estudos Econômicos e Ambientais. Ações de pesquisa e desenvolvimento nesses temas, irão requerer o uso de novas abordagens e atitudes dos pesquisadores, mas produzirão os fundamentos científicos necessários para o estabelecimento de decisões e estratégias de manejo para o aumento da produtividade, qualidade e competitividade dos produtos oriundos dessa nova forma de produção com benefícios ao ambiente.

A – Introdução

Agricultura de Precisão, é a denominação dada à uma forma inovadora de produção agrícola que representa a combinação única de velhos conceitos e novos instrumentos (Schepers et al, 2000,a). É um sistema de manejo integrado de informações e tecnologias fundamentado nos conceitos de que as variabilidades espacial, e temporal, influenciam nos rendimentos dos cultivos. E, para tal fim, faz uso intenso do GPS (Sistema de posicionamento global), do GIS (Sistema de informações geográficas), de instrumentos e sensores para medidas ou detecção de parâmetros ou de alvos de interesse no agroecossistema (solo, planta, insetos, doenças, etc.), de métodos quantitativos e da mecatrônica. O uso destes conceitos e instrumentos permitem: i) diagnosticar as causas das variabilidades, quer sejam natural ou induzidas pelo homem, e analisar seus efeitos nas produtividades, ii) aplicar localizadamente os insumos em quantidades variáveis e em tempos específicos, e iii) controlar para que os níveis de produtividade pré-estabelecidos sejam obtidos.

Essa inovação tecnológica foi iniciada, primeiramente, para manejo da fertilidade do solo. Entretanto, por ter embebido em sua concepção, a emergência de novas combinações agro-tecnológicas baseadas no desenvolvimento e aplicação da tecnologia da informação na agricultura, com possibilidades de ganhos econômicos e benefícios ambientais, está ganhando popularidade mundial (Wolf and Wood, 1997). Essas macro-tendências têm atraído o interesse de formuladores de políticas públicas de pesquisa, de ensino e de desenvolvimento econômico e social; das indústrias de telecomunicações e informática; da mídia; das instituições de crédito e seguro rural; e também dos setores tradicionais do agribusiness-indústrias de insumos, máquinas e processamento – (Wolf and Wood, 1997; Schepers et al. 2000a). Este interesse e envolvimento multisectorial pode ter implicações estruturais no papel desempenhado até então pelas instituições públicas de pesquisa agrícola, no que tange ao seu espaço e funções, métodos e

procedimentos experimentais e formas de aliança para gerar e disseminar ciência, tecnologias e informações.

Este trabalho está dividido em várias seções: A primeira refere-se aos papéis desempenhados pelo setor Privado, Agricultor, Público de Pesquisa no desenvolvimento e difusão da Agricultura de Precisão; na segunda seção, estão apresentadas e discutidas as razões para o envolvimento, e os principais temas para a pesquisa pública atuar; e na terceira seção está apresentado um prognóstico das principais tendências e suas possíveis implicações para o setor de pesquisa.

B - O papel do Setor Privado

O desenvolvimento e difusão dessa forma de agricultura têm acontecido com investimentos significativos do setor privado na organização dos componentes tecnológicos para fins de aplicação e uso agrícola, visto que GPS, GIS, satélites, sistemas de comunicação e de navegação e outros elementos da mecatrônica foram desenvolvidos para outros propósitos que não o agrícola. O setor público teve participação direta, mas não direcionada para fins agrícolas, através do Departamento de Defesa e da NASA no desenvolvimento de sistemas de posicionamento, de comunicação, de defesa e de tecnologias espaciais. O setor de máquinas e implementos agrícolas tem aumentado a produção de colheitadeiras equipadas com GPS e monitores de colheita; de implementos para a aplicação localizada de fertilizantes e agrotóxicos; de plantadeiras capazes de semear múltiplos híbridos em densidades variadas. Novos sensores, instrumentos e softwares, para orientar e automatizar operações agrícolas, estão sendo constantemente colocados no mercado pelas indústrias de instrumentos e de informática. Investimentos do setor de agroquímicos e das companhias de sementes, para incentivar a pesquisa tecnológica e a adoção dessa nova forma de produção têm sido significativos. Espera-se que estes investimentos continuarão sendo feitos de maneira acentuada, pois estes setores consideram que a Biotecnologia e a Agricultura de Precisão irão criar uma nova forma de se fazer o Agribusiness (Woods, 1999; Plummer, 1999; Giese, 1999) e que a Agricultura de Precisão é uma maneira efetiva de responder à nova ordem econômica mundial e às questões ambientais (Meyers, 1999).

C - O papel do Agricultor

Estudo oficial do Serviço de Pesquisa Econômica do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, realizado por Daberkow and McBride 2000, mostra que 4% dos agricultores americanos adotam

uma ou mais tecnologias da Agricultura de Precisão que representa 14% da área cultivada. Sendo que a maior taxa de adoção 11% esta concentrada na Região do Cinturão de Milho Americano (Corn Belt). Khanna, 1998 e Marks, 1998 citam que 10 a 13 % % dos agricultores desta região possuem monitores de colheita e que uma percentagem similar possui, ou utiliza, alguma forma ou equipamento para aplicação localizada de insumos em taxas variadas. Atualmente, estes índices estão estabilizados nestes patamares devido principalmente aos baixos preços da soja e do milho (consequência das supersafras obtidas desde 97 associada a restrição dos mercados aos produtos transgênicos), aos baixos preços dos fertilizantes nitrogenados e à falta de um mercado bem definido para estas tecnologias . Entretanto, com o incremento de preços (30-40%) previsto para os fertilizantes derivados do petróleo é esperado um aumento na adoção e no volume de serviços prestados para Agricultura de Precisão. Os produtores agrícolas que primeiro adotaram a Agricultura de Precisão foram, como sempre, os inovadores. Profissionais da área de Agronomia ou de elevado nível tecnológico, com domínio da informática e inseridos numa economia de mercado. Entretanto, em muitas situações os mesmos não vêem claramente os benefícios econômicos e nem utilizam a totalidade do potencial na formulação das estratégias de manejo que os instrumentos da Agricultura de Precisão proporcionam. Em várias ocasiões, foi apresentado, por produtores, a necessidade de se dispor de procedimentos de manejo dos sistemas de produção mais simplificados, e de programas computacionais amigáveis que orientem a tomada de decisões de forma correta e lucrativa. Ao ver dos agricultores, instrumentos dessa natureza facilitariam a transição para esse novo patamar tecnológico, pois, em muitas situações, aceitam as tecnologias da Agricultura de Precisão, mas ficam confusos quanto à sua utilização plena. Recentemente, produtores e provedores de serviços agrícolas estão sinalizando que a transição para essa forma de agricultura deve ser menos sofisticada e mais efetiva. Atualmente, já existem produtores com 7 ou mais anos consecutivos de mapas de colheitas e os revendedores de insumos e provedores de serviços estão interessados em saber quais são as características e qual será o próximo grupo a adotar a Agricultura de Precisão. A resposta, embora ainda não seja clara, mostra que tudo está na dependencia dos preços das comodites ou dos produtos. No caso dos produtores de batata, mais um ano de preços bons e a

grande maioria dos agricultores estará usando o manejo de sítios específicos (Eekhoff, Pengelly and Struve, 1999).

A adoção dos conceitos e práticas para manejo em sítios específicos, traz consigo mudanças significantes no uso das tecnologias agrícolas e da informação. Para facilitar a transferência de tecnologias, ter um forum de discussão e incentivar as pesquisas conduzidas em propriedades agrícolas, produtores, pesquisadores, provedores de serviço e agentes de extensão estão se organizando em associações ou grupos de interesse de pesquisa. O estado de Montana foi o pioneiro, onde desde 1996 existe o PARA (Precision Agriculture Research Association) e vem obtendo muito sucesso em suas ações, devido comprometimento dos setores participantes. Como esta tática beneficia as instituições de pesquisa, orientando a geração de conhecimentos na solução de problemas e facilitando o processo de transferência tecnológica, numa ação conjunta entre a Universidade de Nebraska Lincoln e o Agricultural Research Service -Soil and Water Conservation Research Unity, foi criado em Nebraska o NeATA (Nebraska Agricultural Technologies Asssociation) no ano de 2000.

D – O papel do Setor Públicos de Pesquisa.

O setor público de Pesquisa e Desenvolvimento, embora não tenha sido o principal agente de mudanças para esse novo patamar tecnológico, também teve sua participação nessa direção por ter estabelecido as relações básicas das respostas dos cultivos aos insumos nos mais diversos ambientes. Relações essas, que por ter um significado biológico bem fundamentado, suportam as atuais tomadas de decisões pelos provedores de serviço, consultores e produtores que estão envolvidos com a Agricultura de Precisão.

As recomendações para aplicação de calcário feitas pelo USDA, no início deste século, foram desenvolvidas para sítios específicos. Nesta ocasião havia a preocupação de que, a acidez do solo fosse mapeada e de que as doses de calcário fossem aplicadas em função desse mapeamento. Exemplos semelhantes ocorrem no Brasil, onde as doses de fertilizantes, corretivos e água são recomendadas em função do tipo de solo, textura, teor de nutrientes e estádio de desenvolvimento da cultura e onde as recomendações para aplicação de agrotóxicos se baseia no nível de dano, no local de ocorrência e estádio da cultura, e não são feitas para aplicação generalizada ou com propósitos de prevenção.

Com o advento da mecanização, passou-se a tratar grandes áreas como unidades homogêneas e o conceito inicial de a variabilidade espacial estar influenciando o uso eficiente de insumos para obtenção de rendimentos máximos foi, de certa forma, negligenciado. No entanto, o desenvolvimento e aprimoramento de métodos geoestatísticos permitiu a retomada e a aplicação desses conceitos. O setor de fertilizantes foi o principal usuário dessas tecnologias ao fazer as recomendações de nutrientes baseado em mapas de solos obtidos por amostragens em malhas uniformemente espaçadas.

Os esforços direcionados para organizar a pesquisa dentro do conceito de Agricultura de Precisão, integrada numa visão multidisciplinar e sistêmica, embora recentes, estão sendo considerados prioritários e têm recebido apoio significativo das instituições de pesquisa e ensino agrícola.

Em 1996 foi criado o NCR 180 - Agricultura de Precisão. É um comitê de professores, pesquisadores, extensionistas e provedores de serviço da iniciativa pública e privada, que têm como propósito discutir as ações de pesquisa e desenvolvimento tecnológico da área. Este comitê opera com fundos do USDA-CSREES alocados para cada "Land Grant University" dos estados participantes e possui um grupo gestor formados pelos diretores das estações experimentais das universidades. Durante o primeiro termo operacional o NCR 180 formou o Grupo de Trabalho em Agricultura de Precisão que coordena atividades de AP nos encontros anual da ASA/CSSA/SSSA; criou o Journal of Precision Agriculture, coordenou a realização de vários simpósios, destacando-se as Conferências Internacionais de AP, editou varias publicações entre as quais os Anais destas conferências e o livro "State of Precision Agriculture", possuia um web-site no qual disponibiliza desde 1997, os relatórios técnicos anuais de cada estado participante e outras informações que os membros julguem importantes. Como o mandado deste comitê se expira no ano de 2001, encontra-se em preparação um documento que requisita a revisão e extensão do mandato deste comitê para mais cinco anos.

Centros de Agricultura de Precisão, como os de Minnesota, Missouri, Indiana e Geórgia, nos Estados Unidos, e outros na Austrália, Canadá, Suécia e Inglaterra foram criados a partir de 1996 com propósitos de pesquisa e desenvolvimento científico e tecnológico, treinamento e capacitação de recursos humanos e de proporcionar

maior integração com a iniciativa privada, produtores agrícolas, de insumos, máquinas e equipamentos e de serviços. A Universidade do Estado de Washington, Pulmann, criou em 2000 o Centro para Sistemas Agrícolas de Precisão (Center for Precision Agricultural Systems). A missão desta entidade é de desenvolver pesquisas colaborativas, atividades educacionais e de extensão para a geração, treinamento e transferência de tecnologias e práticas de manejo para sistemas agrícolas que: a- suportem a competitividade das commodities produzidas no estado, b- estimulem o desenvolvimento econômico do estado e c- que protejam os recursos naturais da região.

As universidades americanas, também, estão inserindo no seus currículos cursos em Agricultura de Precisão.

No âmbito federal, em 1999 foi formulado e implantado o Programa "Integrated Agricultural Systems", pelo comitê gestor dos Programas Nacionais de Pesquisa do ARS. Este programa representa um compromisso do governo com a agricultura familiar, aqui definida como geradora de rendimentos brutos anuais de até US\$ 250.000,00, ou seja, abrangendo cerca de 92% das 2,2 milhões de propriedades agrícolas americanas. O conteúdo do programa contempla sistemas agrícolas que utilizem tecnologias e conceitos das agriculturas de precisão e orgânica.

E - Razões para o envolvimento da Pesquisa Pública

A pesquisa agrícola, embora tenha sido o principal agente na geração e desenvolvimento de tecnologias e processos para o manejo da agricultura convencional, não está participando com a mesma intensidade para a transição e consolidação dessa nova forma de produção. A despeito de que todas as relações básicas desenvolvidas para a agricultura convencional estarem fundamentando as tomadas de decisão na formulação de estratégias de manejo em Agricultura de Precisão, este setor necessita investir no desenvolvimento do conhecimento teórico e empírico para melhor entender as complexas interações entre múltiplos fatores que estão afetando o desenvolvimento dos cultivos e o processo de decisão dos fazendeiros (National Research Council, 1997). A popularização da Agricultura de Precisão está requerendo um maior envolvimento da pesquisa pública, quer pela sua natureza estratégica ou quer pelo processo que orienta a tomada de decisões dos produtores e provedores de serviço porque:

1 - Existe a necessidade de: melhoramentos e refinamento das relações básicas das respostas dos cultivos aos insumos; identificação, quantificação e análise das causas das variabilidades espaço-temporais; desenvolvimento de metodologias para a pesquisa em propriedades agrícolas, de modelos práticos para manejo, de sensores para detecção em tempo real do vigor dos cultivos; avaliação do valor e impactos desta forma de produção para os produtores, agribusiness, meio ambiente e para o setor governamental;

2 - Os ganhos financeiros dos investimentos em pesquisas básicas feitos somente pelo setor privado podem ser arriscados e difíceis de serem protegidos. Visto que os mercados para as tecnologias e produtos a serem utilizados em Agricultura de Precisão ainda não foram definidos;

3 - O comportamento atual dos produtores reflete a confiança nos produtos e processos originados pela pesquisa pública e desconfiança nos novos produtos e serviços comercializados pelo setor privado. Os agricultores requerem a participação do setor público na geração e avaliação da performance desses produtos e serviços;

4 - O setor público de pesquisa dispõe dos meios e instrumentos para coordenar a pesquisa multidisciplinar, transferir tecnologia, capacitar e treinar pessoal nas tecnologias e metodologias emergentes da Agricultura de Precisão;

5 - O setor privado não tem mostrado interesse em investir em áreas que não produzem retornos econômicos - estudos ambientais ou outros de interesse social.

F - PRINCIPAIS TEMAS E OPORTUNIDADES PARA A PESQUISA AGRÍCOLA PÚBLICA.

Os principais temas para a pesquisa agrícola escritos e comentados neste texto foram obtidos a partir de contatos com produtores rurais, provedores de serviço e consultores agrícolas, indústria de máquinas, equipamentos, insumos e software e das necessidades estabelecidas pelo NCR - 180 Agricultura de Precisão.

1 - Sistemas de Suporte às Decisões:

Modelos, simuladores, sistemas especialistas e Sistemas de Suporte às Decisões são ferramentas que integram o conhecimento teórico e empírico e as informações obtidas nos vários sub-campos das ciências Agrícolas, com os propósitos de suportar a tomada de decisões e de avaliar a efetividade e risco das técnicas de manejo

prescritas. Sendo, portanto, instrumentos de grande valia para os provedores de serviço (consultores agrícolas, indústria e revendedores de insumos e de equipamentos) e para os produtores rurais;

Entretanto, como a maioria dos modelos e simuladores foram desenvolvidos para fins de pesquisa, seu uso em condições reais – no campo – para suportar as tomadas de decisão não tem sido satisfatório. De acordo com os provedores de serviço os principais problemas encontrados relativos ao uso desses instrumentos são: a) requerem grande volume de informações; b) são escritos em linguagem ou forma complicada; c) são difíceis de serem obtidos e caros; d) não foram validados em condições reais de campo e, por conseguinte, seus usos têm sido limitado por falta de credibilidade nas previsões dos rendimentos ou pela eficácia das práticas recomendadas.

Pelo valor destes instrumentos, existe a necessidade da pesquisa atuar na área da teoria das decisões, para simplificar sua forma, adequar seu uso à finalidades específicas e aumentar a robustez de suas previsões de rendimentos e de recomendações de práticas de manejo. Adiciona-se, ainda, o fato de que nessa área o setor de pesquisa agrícola é o único que têm competência profissional e não enfrenta nenhuma competição, pois o desenvolvimento das ações requeridas nesta área, são dos interesses dos vários setores, incluindo a indústria de software.

As prioridades para desenvolvimento de Sistemas de Suporte às Decisões, levantadas por consultores agrícolas credenciados pela Sociedade Americana de Agricultura são: previsão de rendimentos; manejo de dos estresses abióticos (nutrientes e água) e bióticos (plantas daninhas, de pragas e doenças).

2 – Construção e Interpretação de Mapas de Colheita:

Os monitores de colheita conjuntamente com os mapas de colheita, disponíveis comercialmente em 1992, foram as duas principais tecnologias responsáveis por impulsionar o desenvolvimento e o interesse pela Agricultura de Precisão (Pierce e Novak, 1999). Embora, atualmente os mapas de colheita estão se tornando comuns, a interpretação dos mesmos tem se mostrado muito mais difícil do que a maioria dos fazendeiros e consultores agrícolas tinham antecipado. Várias fontes de erros, sistemáticos ou não, afetam a precisão de um mapa de colheita. Os monitores de colheita apresentam um erro inerente em sua concepção que é devido aos

diferentes tempos requeridos para o deslocamento dos grãos desde as plataformas - maiores nas extremidades e menores no centro - até à célula de carga sensora da produtividade. Essa fonte de erro é influenciada pela velocidade de deslocamento da combinada, pelo volume e umidade dos grãos colhidos e pela topografia do terreno. Outra fonte de erro é o posicionamento do GPS. Se o monitor de colheita não for adequadamente calibrado, e os dados que compõem um mapa de colheita não forem analisados quanto a sua qualidade, qualquer análise e previsão subsequente será comprometida. Embora o uso de monitores de colheita já esteja consolidado entre os produtores, Colvin e Arslan 1999, indicam a necessidade de pesquisa no desenvolvimento de modelos de fluxo de grãos, dos efeitos da declividade do terreno e em nova geração de sensores de umidade dos grãos que não sejam afetados por poeira, ou outro material contaminante, para melhorar o desempenho dos monitores de colheita.

Outras fontes de variações dos índices de produtividade são classificadas em três classes: as naturais – clima, características físicas, químicas, hídricas, rede de drenagem e topografia dos solos da área, e infestação de pragas, doenças e plantas daninhas; as induzidas pelo manejo cultural – variedade ou híbrido selecionado, população e uniformidade do stand de plantas; e as relacionadas ao histórico da área – práticas de manejo de solo e de rotação de culturas; aplicação inadequada de água, fertilizantes, corretivos e agrotóxicos e problemas devido à implementos plantadeiras, cultivadores, etc. (Doerge, 1999).

Até o momento a forma mais comum de interpretação de mapas de colheita tem sido a visual. Num primeiro momento ela permite que aflorem todas as relações e condições do terreno que estão afetando os índices de produtividade. No entanto, simplesmente sómente olhar e tentar entender um belo mapa não tem se mostrado efetivo, razão pelo qual o processo de análise se expandiu para três diferentes níveis: cognitivo, analítico e de síntese (Barry, 1998). Nesses níveis existem enormes possibilidades para a pesquisa agrícola atuar. A etapa cognitiva constroi, organiza, cruza e armazena os dados. A etapa de análise é utilizada para descobrir as relações mais significativas entre as variáveis mapeadas e os índices de produtividade. Já na etapa de síntese, as relações recém derivadas são avaliadas quanto ao seu valor em formular ações de manejo para um novo local ou para um tempo diferente (Barry,

1998). Considerando as etapas envolvidas nesse processo, a pesquisa agrícola tem uma oportunidade única de integrar conhecimentos de especialistas da área da engenharia agronômica e agrícola, com especialistas em métodos quantitativos, geoprocessamento e sensoriamento remoto, para identificar e explicar o significado biológico das principais relações que causam as variações espaciais e temporais dos rendimentos das culturas e de testar se essas relações sustentam as decisões de manejo com eficiência econômica e com benefícios ao ambiente. Ao nosso ver, é apropriado de se citar que nesta análise sejam dois níveis de decisão sejam considerados. No primeiro caracterizado por baixos níveis de produtividade, no qual as decisões à serem tomadas são fáceis de serem identificadas, de baixo custo e impacto efetivo no aumento nos níveis de produtividade. Este nível é intuitivo sendo caracterizado pelo uso correto de boas práticas de manejo. No entanto, no segundo nível, caracterizado por altos rendimentos fica muito mais difícil de se identificar as causas das variabilidades e em se formular as estratégias de manejo. E é nesse nível que vemos que as tecnologias, ferramentas e processos da Agricultura de Precisão necessitam de aprimoramentos para suportar com base científica e não intuitiva o processo de tomada de decisão.

3 – Estratégias Seletivas para Amostragem de Parâmetros de Solo e Planta:

A prática da Agricultura de Precisão foi primeiramente iniciada com o propósito do manejo de nutrientes, fundamentado unicamente num esquema de amostragem em malha. Acreditava-se que esse procedimento era capaz de identificar todas as causas das variabilidades dos rendimentos de um campo cultivado. O tamanho de 1 ha por amostra era o típico para a maioria das aplicações e a partir dessas amostragens os mapas de fertilidade e de prescrição de recomendações eram construídos. Entretanto, a maioria dos produtores ficou despontada, porque a variabilidade de seus campos de produção não desapareceu (Schepers et al 2000a). Estudos geostatísticos a esse respeito, mostraram que os mapas resultantes apresentavam distorções mais devidas ao local (centro ou intersecção da malha) e ao tamanho da malha de amostragem (Gotway, 1996, Schepers et al 2000b) do que devido ao método de interpolação empregado, kriging ou potência do inverso da distância (Varvel et al., 1999). Outro problema que emergiu foi referente aos

custos envolvidos nos esquemas das amostragens e das análises de solo e que começou a ser questionado, pelos agricultores, quanto à sua viabilidade prática e econômica. Destes questionamentos novas direções começaram a ser buscadas. A partir de outro estudo feito por Varvel et al. 1999 que mostrou que a imagem aérea de um campo com solo nôo apresentava o mesmo padrão mostrado num mapa produzido por um esquema intensivo de amostragem em malha, um grande número de produtores e consultores já estão considerando o uso da imagem aérea como uma forma de diminuir os custos de amostragens e de análise de solos (Schepers et al., 1999, Wagner, 1999). Novas abordagens, como o conceito de Zonas Homogêneas de Manejo (Doeger, 1999; Fleming et al. 1999, Franzen e Kitche, 1999, mostram-se promissoras para indicar os locais nos quais as amostragens devem ser feitas. Luchiari, Jr. et al 2000, conceituam zonas homogêneas de manejo como sendo áreas de iguais produção potencial, eficiência no uso de insumos e de risco de impacto ambiental. Estes últimos autores utilizaram mapas de colheita, mapas de condutividade elétrica do solo, de levantamento e classificação de solos, imagens de solo e de plantas para delinear áreas homogêneas do terreno e direcionar as amostragens de solo. Shanahan et al 2000 usou procedimento similar para analisar o efeito de diferentes densidades de plantio em função das características do terreno e seus efeitos nos rendimentos de milho. Entretanto, estudos dessa natureza ainda necessitam de serem desenvolvidos e refinados para condições tropicais antes de serem recomendados para finalidades práticas.

Estudos também se fazem necessários para conhecer a variabilidade espacial e temporal de população de insetos para a aplicação do Manejo Integrado de Pragas para Sítios Específicos (MIP - SE). De acordo com Fleischer et al. 1997 o uso do MIP - SE substitui a média da densidade de ocorrência de uma praga por um mapa de densidade de ocorrência que é um modelo mais realístico de distribuição de pragas. E, ainda que por enfatizar a dimensão espacial do manejo que resulta numa dinâmica de refúgios temporários no campo para os tipos susceptíveis e inimigos naturais e estabelece um avanço no modelo de manejo integrado de pragas hoje em uso. Ellsbury e Krell, 1999, citam que a despeito dos potenciais benefícios que essa forma de manejo tem à produzir, várias barreiras ainda têm que ser transpostas. Destacando-se os altos custos para se obter informações sobre a distribuição espacial

e temporal das populações de insetos e a inexistência de equipamentos para a aplicação localizada de inseticidas. Swinton et al 2001, citam que a amostragem direcionada é indicada para insetos que apresentam uma estrutura de distribuição espacial próxima as bordas do campo, a amostragem em malha para insetos que não apresentem nenhuma estrutura de distribuição espacial e o sensoriamento remoto para insetos de menor mobilidade. Tambem, segundo estes autores, para detectar plantas daninhas a amostragem em malha é a mais precisa mas tambem a mais cara, a amostragem inteligente (baseada no histórico da área e no mapa de colheita) não é inteiramente confiavel para plantas daninhas anuais, e que o uso de sensoriamento remoto dependendo da resolução da imagem, pode comprometer a identificação precisa do local de ocorrência e a identificação das espécie, necessitando de comprovação da verdade terrestre. Estes autores, ainda citam que a aplicação de herbicidas pré-emergentes pode ser feita baseando-se em atributos do solo (mapas de pH, matéria orgânica) e dos pós-emergentes deve ser baseada no espectro de reflectância das plantas daninhas. Sistemas de identificação automática de plantas daninhas é citado como sendo a principal necessidade de pesquisa nesta área.

4 – Sensores e Imagens para Monitoramento de Solos e Plantas:

Essas áreas vêm recebendo grandes esforços e se destacando no avanço do conhecimento e ganhos e tecnológicos. As ações nessa área estão concentradas principalmente no desenvolvimento de alternativas de sensores, métodos de obtenção e interpretação de imagens de alta resolução, para monitoramento em tempo real do campo cultivado. Estudos nessa área têm sido associados principalmente ao levantamento e classificação de solos, fertilidade e nutrição de plantas, irrigação e fitossanidade.

Imagens obtidas por fotografias aéreas, sensores multi e hiper espectrais têm provado serem úteis para os propósitos da Agricultura de Precisão (Mulla and Schepers, 1997; Gopalapillai et al. 1999, Schepers et al 2000,Schepers et al 2001). Devido ao potencial de mercado desses produtos, várias empresas estão investindo em ações de pesquisa e desenvolvimento para o desenvolvimento de produtos do sensoriamento remoto. Exemplos são a empresa RESOUCE21 que tem o interesse em desenvolver produtos para determinar o vigor dos cultivos, contar o stand de plantio, detectar a ocorrência de plantas daninhas e de prever e de

elaborar mapas de colheita (Shanahan et al., 1998) e a Agencia Aeroespacial Americana - NASA possue um programa para a aplicação comercial do Sensoriamento Remoto - NASA's Commercial Remote Sensing Program, que vem desenvolvendo ações de pesquisa em algodão no Mississipi e que está sendo expandido para soja e milho nos estados do Meio Oeste (Gress et al., 1999). Um programa especial para projetos de pesquisa patrocinado pela NASA e o USDA está com os editais disponíveis desde janeiro de 2001. Devido aos baixos custos (US\$ 80/foto), época de obtenção e tempo de processamento, o uso de fotos aéreas, tem se mostrado mais efetivo do que imagens de satélite para os propósitos da Agricultura de Precisão. Contudo, como a qualidade da imagem, que é uma função do tipo e resolução dos sensores utilizados, não é ainda uma ferramenta que esta pronta para uso, i.e., necessita de ser ajustada para propósitos específicos, existem grandes oportunidades para a pesquisa principalmente para a obtenção de mapas de colheita, detecção do vigor (nutrientes e água) e stand das culturas, do local de ocorrência de plantas daninhas, doenças e pragas.

Sensores para determinação em tempo real do status de nitrogênio nas culturas (Blackmer et al., 1995; Hagopian and Schepers, 1998, Ahmad et al., 1999, Francis et al 2000, Luchiari, Jr. et al), para medidas de parâmetros do solo pH (Viscarra Rossel an McBratney, 1997) nitrato (Birrel and Hummel, 1997), condutividade elétrica (Lund et al., 1998), compactação e textura (Lui et. Al., 1996), matéria orgânica (Suddth and Hummel, 1993) , para detecção de plantas daninhas (Green et al 1997; Tang et al., 1999) e para medida de qualidade de grãos (Long et al., 1999) já se encontram disponíveis no mercado ou estão em desenvolvimento pela pesquisa agrícola. A despeito dessas ações, a tecnologia de sensores, que é um dos componentes principais da Agricultura de Precisão necessita de grandes avanços. Como, com excessão do mapa de colheita, todas as demais informações, são processadas em laboratório, existe uma tremenda necessidade e consequente oportunidade para o desenvolvimento de tecnologias para coleta automática de dados de solo, de planta e de estresses bióticos (Sudduth, et al, 1997) e também para a calibração e ajuste de sensores para os solos, híbridos e cultivares tropicais.

Entretanto, é necessário levar-se em consideração alguns aspectos para que se tenha sucesso nessa área.

Primeiramente, é preciso considerar-se que as atividades realizadas pelos agricultores não se restringem somente a um período do dia e sim que tem suas peculiaridades e são continuas dia e noite. Esse foi um fator de limitação do uso de sensores baseados na reflectância da luz natural (passivos), para manejo em tempo real de insumos localizados, pois os mesmos só dão boas respostas entre as 9 e 16:00 horas, em dias ensolarados e sem nuvens. O uso de sensores com luz emitida de uma fonte ativa, pode ser uma solução exclusiva ou complementar ao problema, desde que realmente se conheça o significado biológico, físico ou químico dos parametros que estão sendo medidos.

Os monitores de colheita, que já são considerados uma tecnologia bem desenvolvida, estão enfrentando problemas de uso correto devido ao tempo dispendido para calibração. A atividade de colheita é muito importante para o agricultor, para a qual são mobilizados recursos humanos e físicos dia e noite, e a qual ainda é sujeita às condições do clima. Nessas condições, o processo recomendado para a calibração torna-se um grande entrave chegando mesmo a ser negligenciado. Daí a necessidade de se aprimorar esse ou de se desenvolver outros métodos para essa finalidade.

Outro aspecto é relativo a necessidade, ou não, de se mapear as informações. Ao nosso ver, qualquer sensor que venha a ser desenvolvido deve ter em sua concepção, as possibilidades do georreferenciamento e do tratamento estatístico das informações de forma a permitir que a análise espacial e temporal consiga extrair o máximo de relações do local em estudo. Exemplificando, monitores de colheita cobrem todo o campo coletando informações puntuais georreferencias, entre 1 e 3 segundos, que são tratadas estatisticamente e agregadas em células de resolução conhecida e sumarizadas em mapas de colheita. Medidores de condutividade elétrica do solo, podem cobrir total ou parcialmente o campo, para mapear esse parâmetro. É utilizado um sistema de medição e aquisição de dados em faixas continuas, que permite que os mesmos sejam tratados estatisticamente, como sendo células componentes de uma malha de amostragem, e que os mapas sejam construídos utilizando método de interpolação inversa. Esses equipamentos permitem que as informações sejam armazenadas, utilizadas para análises espaciais e temporais, que em essência é a histórico do local. Entretanto, sensores para serem utilizados acoplados a equipamentos para detectar anomalias e aplicar insumos sem a

necessidade da confecção de mapas, se não permitirem que as informações sejam armazenadas para uma posterior análise espacial e temporal, serão de pouca valia para a formulação de estratégias de manejo.

Outro aspecto a ser considerado é relativo ao estabelecimento de regras de padronização e normatização. Os sensores e equipamentos desenvolvidos para as finalidades de Agricultura de Precisão devem possuir características que comprovadamente: i) assegurem suas adequabilidades para as práticas ou propósitos à que se destinam; ii) que suas medições passaram por um controle de qualidade de erros, e iii) que os dados estão em formato compatível de ser usado por outros componentes. Esse processo, é de interesse de vários setores envolvidos, e no qual a pesquisa pública, pela sua participação, obterá subsídios para o estabelecimento de novos temas a serem pesquisados e que suportarão as regras a serem estabelecidas.

5 -Métodos e Procedimentos Experimentais para a Pesquisa em Propriedades Rurais:

A Agricultura de Precisão, por integrar o conhecimento de diferentes áreas e de dispor de novos maquinários e sensores, gera uma quantidade significativa de informações e propicia novas oportunidades de estudo e analise das principais relações entre os fatores que afetam os rendimentos das lavouras. Os grupos de interesses nesse assunto são os mais diversos. A disponibilidade dos monitores de colheita equipados com GPS, está despertando nos produtores rurais o desejo de conduzir suas proprias observações para selecionar cultivares e estabelecer as práticas de manejo de solo, fertilizantes e cultura mais adaptados às suas propriedades (Shanahan et al, 1998; Schepers and Francis, 1998; Wagner 1999). Para atender a essas necessidades várias propostas têm sido apresentadas como o Método " Split - Planter " para a seleção de híbridos (Doerge, 1998) e de desenhos e procedimentos estatísticos para experimentação em escala de campo (Knighthon, 1999; Wittig e Wicks, 1999). A comunidade científica tem discutido a necessidade de se evoluir dos tradicionais desenhos experimentais, baseados em parcelas conduzidos sob condições nas quais se controla ou minimiza a variabilidades dos parâmetros, para desenhos de larga escala nos quais as variabilidades espaciais e

temporais estão incorporadas mas não são controladas. Para alguns pesquisadores, estudos em parcelas experimentais com a subsequente validação podem não ser mais necessários (Gotway Crawford et al., 1997). Para o National Research Council , 1997, o sistema deve evoluir explorando tanto os experimentos tradicionais, tanto como as informações capturadas com as técnicas experimentais de Agricultura de Precisão. Esta combinação tem sido utilizada e se mostrado de utilidade no processo de refinamento das recomendações agronômicas Herget et al., 1997, Brouder 1999). Gotway Crawford et al., 1997, apresentam um estudo que sumariza o conhecimento atual e as técnicas disponíveis para serem utilizadas em experimentação em larga escala.

O desenvolvimento e/ou adequação de métodos e procedimentos experimentais em Agricultura de Precisão é um assunto que necessita evoluir, para que as hipóteses das estratégias de manejo possam ser melhor testadas, para que possam ser melhores conhecidas as causas das variabilidades e para que se tenha a participação mais efetiva do produtor rural nas pesquisas. Entretanto, é importante considerar que nossa maneira de formular as hipóteses e de solucionar os problemas também deve mudar. Devemos atentar para que a variabilidade dos fatores não seja isolada e restringida pelo desenho experimental e de que os procedimentos experimentais utilizem as novas tecnologias, (equipamentos, instrumentos e sensores) da Agricultura de Precisão.

6 - Estudos Econômicos e Ambientais:

Os custos envolvidos para a adoção dessa prática de manejo, US \$ são: Monitor de Colheita 3,500.00 a 5,000,00; GPS 2,000.00 a 4,000.00; Anuidade do provedor de sinal do GPS 800,00; Computadores e Software 5,000.00; Controladores e equipamentos adicionais 2,000.00 a 25,000,00 (Wagner, 1999.). Caso agricultor queira contratar os serviços os preços médios por hectare, cobrados pelos revendedores, são em US \$: amostragens de solo com GPS 15.0; mapa de colheita 5.6 0; mapeamento de colheita com GIS 6.90; analise dos dados obtidos pelos monitores de colheita 2.00; Interpretação agronomica dos mapas 5.70; plantio em densidade variada sem GPS 11.00, com GPS 13.20; aplicação localizada de insumos á taxas variadas manual 9.70 , com sistema de navegação 13.20 (Akridge 1999).

Logicamente, espera-se que estes investimentos produzam lucros. A otimização no uso de insumos utilizando tecnologias da Agricultura de Precisão, têm se mostrado lucrativa em várias situações (Lowenberg-DeBoer e Swinton 1997). No entanto, o relato de agricultores e de revendedores, tem sido de que não houve uma diminuição na quantidade de insumos e sim uma redistribuição do seus usos. Dada às necessidades de resposta mais imediatas, Swinton and Lowenberg-DeBoer , 1998 recomendam o método do balanço parcial para análises econômicas de curto prazo. Entretanto, para longo prazo a análise da lucratividade do processo de mapas de colheita é muito mais difícil, porque um mapa de colheita mostra uma grande gama de informações, cujo valor vai depender do uso que se faz com elas (Swinton and Lowenberg-DeBoer , 1998). Segundo esses autores, se do uso resultar uma ação corretiva com fins lucrativos e que requeira novas inversões de capital, o resultado dessa análise poderá ser o benefício de se ter diagnosticado um problema. Para alguns produtores o maior valor é o benefício de se ter prontamente disponível informações que relatam o histórico da área manejada (Wagner, 1999). Swinton and Lowenberg-DeBoer , 1999, citam que estudos dessa natureza requerem uma série histórica de dados e que devido à inexistência de um sistema de produção específico para a Agricultura de Precisão, o que existe são agrupamentos de tecnologias, ainda não existem estudos comprehensivos que evidenciem precisamente a lucratividade das tecnologias e dos processos de manejos utilizados.

A Agricultura de Precisão, tem em sua concepção o benefício ambiental. Entretanto, os estudos à esse respeito são escassos, e estão direcionados à comparação de sistemas de manejo. Como essa forma de produção agrícola ainda está em evolução e, devido seu caráter multidisciplinar, existem enormes oportunidades para que se possa quantificar os benefícios econômicos e ambientais e para se fazer uma análise a longo prazo da estabilidade, resiliência e sustentabilidade dos sistemas de produção em estudo.

F - Tendências e Considerações Finais

Os efeitos da globalização já estão sendo sentidos atualmente. Alguns grandes conglomerados transnacionais controlam o comércio e os preços mundiais das principais commodities. E, se confirmadas as previsões de que, a longo prazo, os preços dos principais grãos tendem a diminuir ou a se manter nos mesmos patamares atuais; que o mercado de commodities se transformará num

mercado de produtos (de qualidade e de conveniência) que será um fator discriminante de competitividade, e que, prevalecerá a produção por contratos, com o uso de pacotes tecnológicos pré-definidos de produção. As tecnologias advindas da Agricultura de Precisão certamente terão um papel importante para aumentar a produtividade, para assegurar a qualidade dos produtos, para reduzir os custos de produção e para manter e recuperar a qualidade ambiental.

Contudo, a pesquisa agrícola deverá levar em consideração que essas condições enfraquecerão os poderes de decisão e de influência política dos agricultores, mas aumentarão os das grandes corporações. Esses fatos poderão reduzir o número de clientes e usuários da pesquisa agrícola pública, o que implicará numa provável diminuição do papel do Estado no processo de geração tecnológica e colocará em risco de exclusão alguns setores do processo produtivo agrícola. Assim, é importante que: I) o uso dos conceitos de Agricultura de Precisão avancem da fase intuitiva-tecnológica para uma fase mais científica e tecnológica, extendendo-se também para outros sistemas de produção agrícola - perenes, semiperenes e anuais, quer sejam convencionais ou orgânicos, no sentido de se desenvolver combinações tecnológicas adequadas à esses sistemas de produção e ao nível sócio-econômico dos produtores; ii) se tenha as devidas precauções nas alianças complementares, substitutivas e estratégicas entre o setor público e privado para evitar casos litigiosos em propriedade intelectual devido a descobertas não esperadas ou residuais não contempladas nos contratos de P & D, e iii) se considere a responsabilidade social e política das grandes corporações e das Organizações Não Governamentais nos processos de geração tecnológica.

REFERÊNCIAS E CITAÇÕES

- Ahmad, I. S., J. F. Reid, N. Noguchi, and A. C. Hansen. 1999. Nitrogen sensing for precision agriculture using chlorophyll maps.. Presented at the 1999 ASAE / CSAE – SCGR Annual International Meeting. Toronto, ON, Canada. Paper No. 993035.
- Akridge, J. 1999. Precision Agriculture: the state of the industry. InfoAg. 99.
- Berry, J. K. 1998. Precision farming primer: GIS technology and site specific management in production agriculture.

- Birrell, S.J. and J.W. Hummel. 1997. Multi-sensor ISFET system for soil analysis. Precision in Agriculture '97. The 1st European Conf. On Prec. Agric. p. 459-468.
- Blackmer, T.M., J.S. Schepers, and G.E. Meyer. 1995. Remote sensing to detect nitrogen deficiency in corn. p. 505-512. In P.C. Robert et al. (ed.) Site-specificmanagement for agricultural systems. ASA Misc. Publ. ASA,
- Brouder, S. M. 1999. Applying site-specific tools in soil fertility research and developing management information for variable rate technologies. InfoAg 99. 3.2.1-8. Purdue University, IN.
- Colvin, T. S., and S. Arslan. 1999. Yield monitor accuracy. SSMG-9. PPI-SDSU-USB-FAR. Norcross, GA.
- Daberkow, S. G. and W. D. McBride, 2000. Adoption of precision technologies by U.S. farmers. Proceedings of the 5th International Conference on Precision Agriculture Bloomington, MN-- July, 16-19, 2000 (in press)
- Doerge, T. A. 1999. Management Zones Concepts. SSMG- 2. PPI-SDSU-USB-FAR. Norcross, GA.
- Doerge, T.A. and D.L. Gardner. 1998. The Pioneer split-planter comparison method. Precision Update, Issue 1. 1998. Pioneer Hi-Bred Int'l Inc.
- Ekhoff, L.; C. Pengelly, and C. Struve, 1999. Panel Discussion. Charting the Course for Site-Specific Agriculture - Presentation and Executives Summaries. SOILTEQ, Bloomington, MN.
- Ellsbury, M. M., and R. Krell. 1999. Spatial variability in corn and soybean insect pests: precision farming and insect pest management for the future. SSMG- 27. PPI-SDSU-USB-FAR. Norcross, GA.
- Fleischer, S. J.; R. Weiz, Z. Smilowitz, and D. Midgarde, 1999. Spatial variation in insect populations for site-specific management. In Pierce, F. J., and E. J. Sadler.(eds.) The state of site-specific management for agriculture. American Society of Agronomy, Madison, WI, USA.
- Fleming, K. L., D. G. Westfall, and D. W. Wiens. 1999. Field test management zones for VRT. SSMG- 21. PPI-SDSU-USB-FAR. Norcross, GA.
- Francis, D.D; M.S. Schlemmer; J. S. Schpers; J. F. Shanahan and A. Luchiari, Jr. 2000. Use of Crop Canopy Reflectance Sensor to Assess Chlorophyll Content. Agron. Abstr. 92:277

- Franzen, D. W. and N. R. Kitche. 1999. Developing Management Zones to Target Nitrogen Applications. SSMG- 5. PPI-SDSU-USB-FAR. Norcross, GA.
- Giese, A. 1999. Fine-tuning production agriculture. Charting the Course for Site-Specific Agriculture - Presentation and Executives Summaries. SOILTEQ, Bloomington, MN.
- Gopalapillai, S., and L. Tian. 1999. Spatial yield analysis and modeling using aerial CIR images. 1999. UILU No: 99-7035.
- Gotway Crawford, C. A., D. G. Blalock, F. J. Pierce, W. W. Stroup, G. W Herget, and K. M. Eskridge. Experimental Design Issues and Statistical Evaluation Techniques for Site-Specific Management 1997. In Pierce, F. J., and E. J. Sadler.(eds.) The state of site-specific management for agriculture. American Society of Agronomy, Madison, WI, USA.
- Gotway, C. A., R. B. Ferguson, G. W. Herget, and T. A. Peterson. 1996. Comparision of kriging and inverse-distance methods for mapping soil parameters. *J. Soil Sci. Soc. Amer.* 60:1237-1247.
- Green, H.M., W.K. Vencill, C.K. Kvein, B.C. Boydell and S. Pocknee. 1997. Precision management of spatially variable weeds. Precision in Agriculture '97. The 1st European Conf. On Prec. Agric. p. 983-989
- Gress, T. A., K.L. Copenhaver, and M. Seal. 1999. Moving the NASA's Commercial Remote Sensing Program's Cotton Experience to the corn/soybean belt. 1999. InfoAg 99. 3.6.1-7. Purdue University, IN.
- Hagopian, D.S. and J.S. Schepers. 1998. A mobile crop canopy sensor for nitrogen deficiency detection. *Agron. Abstr.* 90:240
- Herget, G. W., W. L. Pan, D. R. Huggins, J. H. Grove, and T. R. Peck. Adequacy of current fertilizer recommendations for site specific management. 1997. In Pierce, F. J., and E. J. Sadler.(eds.) The state of site-specific management for agriculture. American Society of Agronomy, Madison, WI, USA.
- Humburg, D. 1999. Variable rate equipament-technology for weed control. SSMG- 27. PPI-SDSU-USB-FAR. Norcross, GA.
- Khannna, M. 1998. Adoption of site-specific crop management: Current status and likely trends. Dept. of Agricultural and Consumer Economics, University of Illinois. Urbana, IL.
- Knighton, R. E. 1999. Setting up on-farm experiments. SSMG- 17. PPI-SDSU-USB-FAR. Norcross, GA.

- Long, D. S., R.E. Engel, and R. Reep. 1999. Grain protein sensing to identify nitrogen management zones. SSMG- 24. PPI-SDSU-USB-FAR. Norcross, GA.
- Lowenberg-DeBoer, J., and S. M. Swinton. Economics of site specific Management. 1997. In Pierce, F. J., and E. J. Sadler.(eds.) The state of site-specific management for agriculture. American Society of Agronomy, Madison, WI, USA.
- Luchiari Jr.,A., J. Shanahan, M. Liebig, M. Schlemmer, J. Schepers, D. Francis and S. Payton 2000. Strategies for Establishing Management Zones for Site Specific Nutrient Management.Proceedings of the 5th International Conference on Precision Agriculture Bloomington, MN-- July, 16-19, 2000 (in press)
- Luchiari, Jr., A.; J. F. Shanahan, M.S. Schlemmer and J. S. Schpers. 2000. Use of Chlorophyll Fluorescence to Detect Stress in Corn. *Agron. Abstr.*92:276.
- Lui, W., S.K. Upadhyaya, T. Kataoka and S. Shibusawa. 1996. Development of a texture/soil compaction sensor. In: Precision Agriculture. ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI. p. 617-630.
- Lund, E. D. and C. D. Christy. 1998. Using eletrical conductivity to provide answers for precision farming.Proceedings of the First Int. Conference Geospatial Information In Agriculture and Forestry. (I): 327-334.
- Marks, D. 1998. Iowa farmers slow to adopt precision farming. Iowa State University Extension Agricultural and Home Economics Experiment Station. Ames, IA.
- Meyers, G.D. 1999. Environmental/Regulatory issues and options to optimize. Charting the Course for Site-Specific Agriculture - Presentation and Executives Summaries. SOILTEQ, Bloomington, MN.
- Mulla, D.J., and J.S. Schepers. 1997. Key processes and properties for site-specific soil and crop management. In (ed. F.J. Pierce, and E.J. Sadler. The State of Site Specific Management for Agriculture. American Society of Agronomy, Madison, WI.
- National Research Council. 1997. Precision agriculture in the 21st century: geospatial and information technologies in crop management. National (U.S.) Research Council Committee on Assessing Crop Yield: Site-Specific Farming, Information Systems, and Research Opportunities, National Academy Press. Washington, D.C.

- Nowak, P. 1997. A sociological analysis of site-specific management. In (ed. F.J. Pierce, and E.J. Sadler. The State of Site Specific Management for Agriculture. American Society of Agronomy, Madison, WI.
- Pierce, F. and P. Nowak. 1999. Aspects of Precision Agriculture. In *Advances in Agronomy*. Academic Press 67:1-86.
- Plumer, D. 1999. New millenium seeds. Charting the Course for Site-Specific Agriculture - Presentation and Executives Summaries. SOILTEQ, Bloomington, MN.
- Schepers, J. S. and D. D. Francis. 1998. Precision Agriculture – What's in Our Future. Commu. Soil Sci. Plant Anal. 29 (11-14), 1463-1469.
- Schepers, J. S.; J. F. Shanahan., and A. Luchiari Jr..2000. Precision Agriculture as a tool for sustainability. In Galante, Schepers, Werner and Werry (Eds). Biological Resource Management: Connecting Science and Policy. INRA Editons-Springer p.129-138, (a)
- Schepers, J.S., M.R. Schlemmer, and R. B. Ferguson. 2000. Site-specific considerations for managing phosphorus. J. Environ. Qual. 29:125-130,(b)
- Schepers, J. S., L. Henderickson, and I. Tian. 2001. The Science of Precision Agriculture - Remote Sensing. NCR 180 Annual Meeting. Jan. 4-6. Madison, WI.
- Shanahan, J., T. Doerge, C. Syneder, A. Luchiari, Jr. and J. Johnson. 2000. Feasibility of variable rate management of corn hybrids and seeding rates in the great plains. Proc. of the5th International Conference on Precision Agriculture", Jul., Bloomington, MN. (in press)
- Shanahan. J. F.; A. Luchiari Jr., and J. S. Schepers. 1999. Precision Farming: its current status in USA. Anais do Congresso Brasileiro de Soja.260-266.
- Sudduth, K. A. and J. W. Hummel. 1993. Soil organic matter, CEC, and moisture sensing with a portable NIR spectrophotometer. Trans, ASAE 36(6):1571-1582.
- Sudduth, K. A., J. W. Hummel, and S. J. Birrel. Sensors for site-specific management. 1997. In Pierce, F. J., and E. J. Sadler.(eds.) The state of site-specific management for agriculture. American Society of Agronomy, Madison, WI, USA.

- Swinton S. M., and J. Lowenberg-DeBoer, 1998. Evaluating the profitability of site-specific farming. *J. Prod. Agric.*, 11 (4):391 – 392.
- Swinton, S. M. and J. Lowenberg-DeBoer. 1999. Profitability of site-specific farming. SSMG- 3. PPI-SDSU-USB-FAR. Norcross, GA.
- Swinton, S. M., S. Fleischer and G. Johnson. 2001. The Science of Precision Agriculture - Pest Management. NCR 180 Annual Meeting. Jan. 4-6. Madison, WI.
- Tang, L., L. F. Tian; B. L. Steward, and J. F. Reid. 1999. Texture-based weed classification using Gabor wavelets and neural network for real-time selective herbicide applications. Presented at the 1999 ASAE / CSAE – SCGR Annual International Meeting. Toronto, ON, Canada. Paper No. 993036.
- Varvel, G. E., M.R. Schlemmer, and J. S. Schepers. 1999. Relationship between spectral data from an aerial image and soil organic matter and phosphorous levels. *Precision Agriculture J.*
- Viscarra Rossel, R.A. and A.B. McBratney. 1997. Preliminary experiments toward the evaluation of a suitable soil sensor for continuous, 'on-the-go' field pH measurements. *Precision in Agriculture '97. The 1st European Conf. On Prec. Agric.* p. 493-501.
- Wagner, G. L. 1999. A producers view-charting the course for site-specific agriculture. Charting the Course for Site-Specific Agriculture - Presentation and Executives Summaries. SOILTEQ, Bloomington, MN.
- Wittig, T. A. and Z. W. Wicks. 1999. Simple on-farm comparisons. SSMG- 18. PPI-SDSU-USB-FAR. Norcross, GA.
- Wolf, S. A.,and S. D. Wood. 1997. Precision Farming: environmental legitimation, commodification of information, and industrial coordination. *Rural Sociology* 62 (2), 180-206
- Woods, R. 1999. New millenium chemicals. Charting the Course for Site-Specific Agriculture - Presentation and Executives Summaries. SOILTEQ, Bloomington, MN.

FATORES RESTRITIVOS À ADOÇÃO DA AGRICULTURA DE PRECISÃO

J.P. MOLIN Eng. Agrícola, PhD, Professor no Depto. de Eng. Rural, ESALQ/USP e Pesquisador do CNPq Av. Padua Dias, 11, 13418-900, Piracicaba, SP Fone: (19)3429-4165, fax: (19)3434-5259, e-mail: jpmolin@ciagri.usp.br

Há quem associe Agricultura de Precisão a algum pacote de soluções mágicas que chegam até nós via satélite para resolver todos os problemas da agricultura a partir da sua adoção. Esse conceito persistirá enquanto houver desinformação. Há poucos anos, quando a agricultura de precisão surgiu, a tônica era de que a onda que se aproximava iria permitir se uniformizar as produtividades das lavouras, fazendo com que as manchas fossem abolidas e se nivelasse tudo pelas altas produtividades. A aplicação de insumos em taxas variadas seria praticável para cada metro quadrado da lavoura.

Em reportagens era descrita a simplicidade eletrônica de todo o processo e num toque de automação o agricultor tiraria da colhedora um cartão de memória com os dados de colheita (entenda-se, o mapa de produtividade) e inseriria esse mesmo cartão em algum controlador de máquina acoplada ao trator no qual estivesse instalado um GPS e com isso ele poderia sair fazendo a operação de adubação ou semeadura em taxa variada. Noutra frente se dizia que a amostragem de solo em grade, acompanhada de um certo rigor estatístico, iriam permitir resolver quase tudo e a aplicação de fertilizantes baseada nesse conjunto de dados, novamente, seria suficiente para nivelar a produtividade pelo seu máximo.

Passou-se a entender um pouco melhor as variabilidades existentes nas lavouras, especialmente no centro-sul do Brasil, onde são disponíveis mais dados. Também, por conta desses primeiros dados, observa-se que para tornar o desafio ainda mais interessante, as correlações entre produtividade e fatores de produção individuais, são baixas.

É fácil concluir-se que a agricultura de hoje é praticada "pela média". Qualquer pequeno agricultor conhece em detalhes a sua roça. No entanto, ao considerar-se uma propriedade de 800 ou 10.000 hectares, é pouco provável que haja um controle no mesmo nível de detalhamento. Na medida em que as propriedades cresceram de

tamanho esse detalhamento foi sendo deixado de lado. Por isso pode-se dizer que se pratica a agricultura "pela média". Faz-se a amostragem de solo e um resultado vale para todo talhão ou até para a propriedade inteira e na colheita diz-se que a propriedade produziu tantos sacos por hectare. No entanto, essa agricultura pela média esconde muita coisa. Um mapa de produtividade, que é um bom ponto de partida para quem quer entender e praticar Agricultura de Precisão, mostra informações surpreendentes. As lavouras em geral apresentam manchas de produtividades extremamente variadas. Portanto, o que se pratica nos dias de hoje é uma simplificação estritamente de ordem prática, por falta de recursos técnicos para maior detalhamento.

A proposta da Agricultura de Precisão é permitir que se faça aquilo que o pequeno agricultor sempre fez, porém em larga escala e associando todo o conhecimento acumulado pelas ciências agrárias até hoje. A idéia básica é de que o agricultor possa inicialmente identificar as manchas de altas e de baixas produtividade dos atuais talhões e depois possa administrar essas diferenças. Para que isso seja possível é necessário um bom grau de automatização e essa automatização depende de tecnologias modernas, muitas delas apenas adaptadas para o meio agrícola. Exemplo disso são o GPS, a informática e muitos dos sensores e controladores utilizados nas máquinas agrícolas.

Numa primeira fase, há menos de dez anos, a Agricultura de Precisão era vista apenas como um conjunto de ferramentas para o manejo localizado da lavoura. Mais recentemente tem-se dado uma interpretação mais sistêmica. Ela é, acima de tudo, um sistema de gestão ou de gerenciamento da produção agrícola. É um elenco de tecnologias e procedimentos utilizados para que as lavouras e o sistema de produção sejam otimizados, tendo como elemento chave o gerenciamento da variabilidade espacial da produção e dos fatores nela envolvidos. Como esse sistema de gerenciamento prescinde de muita informação, já se começa a vislumbrar um novo horizonte.

Hoje a Agricultura de Precisão é o agente da geração de bases de dados de uma preciosidade ainda pouco compreendida pela maioria de nós. Embora tudo isso tenha começado com os grãos, é perfeitamente admissível que o conceito se estenda a qualquer cultura, sem exceção. A questão é apenas como monitorar o que acontece e com que freqüência.

Nos cereais em geral, houve um empenho inicial maior devido às extensas áreas que ocupam. Hoje já há soluções em várias culturas como o algodão, tubérculos, frutíferas em geral, feno, tomate industrial e outras. Também há grande empenho para viabilizar o mesmo para a cana-de-açúcar, o café, madeira e outros. Sem dúvida, a melhor informação do resultado de uma lavoura é a colheita. Na agricultura pela média, essa informação se resume a um número. Na Agricultura de Precisão essa informação é o mapa de produtividade que mostra o total colhido para cada pequena porção da lavoura. É uma imagem que representa a variabilidade espacial da produção. Para se gerar os mapas de produtividade de grãos é necessária a instalação de alguns dispositivos especiais na colhedora. A configuração básica de um sistema inclui um sensor de fluxo de grãos e um sensor de umidade da massa de grãos, ambos instalados no elevador de grãos limpos da máquina, um sensor de velocidade da máquina, um interruptor ou sensor de plataforma, GPS e o monitor com sistema para armazenamento de dados, instalado na cabine. Várias outras ferramentas estão sendo propostas e testadas, visando sempre identificar as manchas existentes em um talhão, como as fotografias aéreas, as imagens de satélite, a videografia, a amostragem de solo em grade, a mensuração da condutividade elétrica do solo, etc. Todas merecem a devida atenção e fazem parte do sistema.

A técnica que tem se tornado bastante popular e que se soma às informações da cultura é a geração do mapa individual para cada indicador da fertilidade do solo. Para isso é necessário um certo investimento na coleta de amostras, cada uma localizada via GPS. Outras informações podem ser registradas, como por exemplo a localização de focos de infestação de doenças, pragas ou invasoras. Esse é apenas o campo da coleta de dados para um bom diagnóstico, que é a fase seguinte. Nessa, a interpretação e explicação para os fatos passa a ser a tarefa mais complexa. Na prática, deve-se identificar os fatores que podem causar as baixas produtividades onde elas se manifestarem. É a arte de fazer aquilo que se faz hoje com base nas médias, porém em cada pequena porção da lavoura.

A outra fase do processo, posterior ao diagnóstico, é a aplicação dos insumos na dose certa em cada local. De nada serviria o diagnóstico dos problemas localizados se não houvesse como fazer o tratamento também localizado. Já existem veículos de aplicação de

fertilizantes capazes de carregar um ou vários produtos separados para a composição da aplicação localizada da devida mistura. Em outros países essa tarefa normalmente é feita por prestadores de serviços ou cooperativas que se especializaram nessa tarefa. Também são disponíveis equipamentos para variar a densidade de semeadura automaticamente, no campo. A aplicação localizada de defensivos agrícolas com dosagens variadas e circuito de injeção direta do princípio ativo no fluxo de água ou diretamente nos bicos, também já é disponível. Nesse contexto já são oferecidos produtos e serviços ao agricultor brasileiro. No entanto, o domínio das técnicas passa por uma avaliação e adaptação às nossas particularidades.

Com esse intuito várias instituições, dentre elas a ESALQ/USP, vêm conduzindo trabalhos de pesquisa na área. O chamado "Projeto AP" é um conjunto de ações que tem como meta maior a avaliação da tecnologia como ela vem sendo concebida e oferecida ao usuário. Dessa forma, algumas áreas piloto estão sendo monitoradas e estão sendo utilizadas várias das ferramentas adaptadas ou desenvolvidas para a Agricultura de Precisão.

Os avanços até aqui obtidos nesse trabalho tem dado embasamento para muitas iniciativas novas e instituições e agricultores já começam a utiliza-las. A montagem de sistemas ao nível de propriedade ou grupo de agricultores, bem como a estruturação de consultorias especializadas e prestadores de serviços, são algumas das frentes que começam a se abrir e podem ser balizadas com as experiências já somadas. Ainda existem muitas perguntas em termos de o que fazer com as informações coletadas. De qualquer maneira, a recomendação tem sido de se coletar o máximo possível de dados de campo, pois um único mapa de colheita, por exemplo, não oferece muitas indicações. São necessários vários níveis de informação (mapas) para uma análise mais ampla do que ocorre em um determinado segmento da lavoura, além da bagagem de conhecimento indispensável do agricultor e de seus colaboradores.

Uma tendência bastante recente e muito provável de se tornar o caminho do futuro é o gerenciamento por unidades de manejo. Na medida em que o agricultor passa a trabalhar a propriedade não mais como única, ou seja, isola cada talhão e os considera como unidades gerenciais, o nível de desuniformidade começa a aparecer. Isso leva ao tratamento individualizado de cada talhão em todos os sentidos; desde a amostragem de solo, passando pela colheita, até a contabilidade. Esse é o início do processo de gerenciamento por

unidades de manejo. O que falta é definir essas unidades dentro de cada talhão. Assumindo que as manchas existem e que conhecendo-as podemos melhorar as técnicas de manejo da lavoura, deve-se lançar mão de ferramentas que permitam definir essas unidades. Para isso podem ser utilizados os mapas de produtividade, as fotos aéreas ou videografia em infravermelho, a amostragem de solo em grade e outras técnicas mais recentes.

Definidas essas unidades, passa-se a criar subdivisões virtuais nos talhões que são as bordas dessas unidades que são diferenciadas entre si por algum critério ou fator. Desse ponto para frente as táticas de gerenciamento devem ser mudadas e todos os princípios até aqui discutidos, relativos a Agricultura de Precisão podem ser aplicados, porém sem tanta sofisticação de equipamentos. A própria delimitação e demarcação dessas unidades de manejo pode ser feita com tecnologias apropriadas. Em função das recentes dificuldade que a Agricultura de Precisão tradicional vem enfrentando, especialmente ligados ao seu alto custo de adoção e indefinição quanto ao retorno, bem como ausência de boas correlações que expliquem as causas das variabilidades locais, a tendência da adoção das unidades de manejo vem crescendo.

No entanto, para que a adoção dessas tecnologias venha a acontecer numa marcha que gere mais volume, tanto de negócios quanto de experiências para todos, deve haver esforço concentrado em duas grandes frentes. Por um lado a pesquisa, com recursos públicos e privados, deve acelerar o processo do entendimento dos fenômenos associados à variabilidade existente nos campos e as formas de intervir ou conviver com essa variabilidade. A outra frente, também de primeira importância, deve atacar a redução do custo de adoção. Há uma demanda reprimida que se frustra com os valores dos equipamentos hoje disponíveis. Sabe-se que os preços praticados são decorrentes de falta de escala de produção e de nacionalização. Na medida em que a tecnologia evolui e as técnicas se adaptam à realidade, a marcha de inserção dos agricultores vai aumentando naturalmente. No futuro isso tudo será uma realidade tão próxima como já é hoje o plantio direto que nos anos 80 parecia ser algo para poucos e totalmente desfocado da nossa realidade.

As novas tecnologias trazem consigo as dúvidas e os encantos. É conhecido o fato de que essas novidades têm sua fase de euforia acompanhada de adoção uma tanto desordenada; segue uma fase de desapontamento e abandono. Somente depois é que ocorre o

ressurgimento com equilíbrio. Esse modelo é bastante conhecido e o exemplo mais próximo de nós é a história do plantio direto no Brasil. Se esse for o caminho da Agricultura de Precisão, a fase da euforia já passou. Há três anos, a indústria de máquinas agrícolas, que é o carro chefe dessa composição, vinha investindo bastante para mostrar suas soluções e produtos. Nas feiras a atração era uma antena de GPS acompanhando algum produto. No entanto o mercado não respondeu com a mesma intensidade e em anos mais recentes tem-se a nítida demonstração de que não há mais muita novidade para ser mostrada, sem que se tenha chegado à solução do sistema.

A expectativa é de que a partir de agora as coisas possam acontecer de uma maneira mais cautelosa e que as pressões causadas pela novidade não dominem as decisões. No entanto, muitas dúvidas perduram, associadas às particularidades dos sistemas de produção adotados no Brasil. Quantos já se perguntaram como será o campo da aplicação variada de fertilizantes. As soluções que se conhece e que vêm de fora, utilizam a distribuição de sólidos a lanço. Quanto dessa tecnologia já é dominada no Brasil? Será possível difundir indiscriminadamente essa prática? A solução mecânica de se fazer aplicação variada de uma mistura (NPK) nas semeadoras de hoje é bastante simples. Porém, será que isso resolve? A variabilidade de deficiência de fósforo e potássio, por exemplo, são independentes uma da outra.

Assim também, outras frentes devem ser vistas com olhar crítico para que não se criem paradigmas já no início do processo. Um exemplo é a amostragem de solo em grade. Já houve a tendência de generalizar-se o conceito de que ela só é possível com um conjunto de equipamentos sofisticados que automatizam a operação. Vê-se que há demandas básicas que devem ser trabalhadas nos próximos anos para que se tenha um sistema viável e adaptado à nossa realidade. Esse é o caminho que a pesquisa procura perseguir e a indústria deve apoiar, pois dependerá do sucesso desse esforço para viabilizar os seus produtos e serviços ainda pouco adaptados.

A dinâmica que se observa no desenvolvimento e implementação das práticas de Agricultura de Precisão demonstram o quanto jovem é a proposta e no entanto há uma crescente expansão na adoção das suas propostas. O número de colhedoras equipadas com monitor de colheita é um bom indicador disso.

A comercialização desses equipamentos na Europa teve início em 1992 e nos Estados Unidos em 1993. Os americanos abraçaram a causa com mais empenho e na safra de 1997 já existiam 17 mil colhedoras equipadas com monitores. Hoje, na Argentina, esse número chega a 350 máquinas; na Alemanha existem em torno de 600 máquinas; na Inglaterra, algo como 400 e na Austrália, em torno de 800.

Dados do ano de 2000, dos Estados Unidos (relatório de um levantamento feito junto a distribuidores de insumos), dão conta de que 15% da área plantada já é monitorada e o número de colhedoras equipadas com monitor de produtividade está na casa das 30 mil unidades. Esse mesmo levantamento fazia uma projeção para 35% da área monitorada em 2002. Hoje a área coberta com amostragem de solo em grade era da ordem de 12%, projetada para 32% em 2002. Na área de fertilizantes e corretivos, eram aplicados em taxa variada, algo em torno de 25% da área, incluindo controle manual, automático para um produto e de mais do que um produto ao mesmo tempo. Em agroquímicos (líquidos), os números indicavam que em torno de 15% da área era aplicada com taxa variada, sendo grande parte disso (12,5%) em controle manual. Tais números indicam uma predominância de concentração do uso dessas ferramentas no meio-oeste americano contra o resto do país. O levantamento também aponta os maiores problemas e entraves apontados pelos usuários e fornecedores de produtos e serviços.

Tornar essas técnicas lucrativas, custo elevado e falta de pessoal preparado para trabalhar com as ferramentas, tanto pessoal técnico como pessoal de campo, foram os problemas que mais se destacaram no levantamento. É evidente que o domínio das tecnologias ligadas à Agricultura de Precisão propostas ao agricultor brasileiro deve passar por uma avaliação e adaptação às nossas particularidades.

O que mais falta ao usuário é informação. A obtenção dessa informação é lenta e cara e quem começa tem o sabor e o ônus do pioneirismo. A implantação de projetos nesse sentido deve sempre ser gradual e com a consciência de que ainda temos pouco domínio dos conceitos de variabilidade espacial da produção e de suas causas. Essa deve ser a tônica de qualquer iniciativa na fase do desenvolvimento da tecnologia de Agricultura de Precisão no Brasil. É importante lembrar que o usuário de países mais desenvolvidos encontra muitas coisas já prontas para começar a trabalhar com

Agricultura de Precisão. Exemplos disso são os mapas de solo, as redes de dados climatológicos, o sinal de GPS diferencial de graça em muitas regiões, etc.

No Brasil, estima-se que o número de colhedoras equipadas com monitor de produtividade chegue hoje às 70 máquinas, considerando aquelas de demonstrações e pesquisa. Tem empresa que já fazem aplicação variada de calcário e adubo a lanço em larga escala. Também, algumas máquinas de pequeno porte já estão sendo importadas para aplicação de produtos a lanço e já se tem pulverizador nacional com controle automático para aplicação variada de líquidos.

O aspecto econômico envolvido perturba o potencial usuário e esse tem sido o lado em que o sistema menos avançou. Os americanos e europeus têm alertado para o fato de que em grãos em geral, como culturas de baixo valor agregado, a rentabilidade da Agricultura de Precisão é menos evidente que em culturas mais nobres. No entanto, os especialistas da área advertem para o fato de que a mensuração da relação entre custo e benefício é bastante complexa e intuitiva.

Grande parte do produto desse investimento é “informação” e estabelecer valor à informação é algo nada mecânico. A respeito disso, em muitas regiões a agricultura de precisão tem evoluído para um novo campo, chamado de base de informação ou banco de dados. Um fato que começa a se destacar é a corrida pela organização de “cooperativas de informação”. Sabe-se que é difícil quantificar o valor da enormidade de dados gerados pela Agricultura de Precisão. Porém os pioneiros agora começam a se servir dos dados como uma ferramenta poderosa de auxílio na tomada de decisões elementares do dia-a-dia. Talvez essa venha a ser a maior contribuição que a Agricultura de Precisão tem a nos oferecer, o que já é bastante animador.

Bibliografia consultada:

MOLIN, J.P. Agricultura de precisão - o gerenciamento da variabilidade. Piracicaba: 2001. 83 p.

MORGAN, M., ESS, D. The precision farming guide for agriculturists. Moline: Deere & Company, 1997, 117p.

AKRIDGE, J.T., WHIPKER, L.D. 2000 Precision agricultural services and enhanced seed dealership survey results. Purdue: Center for

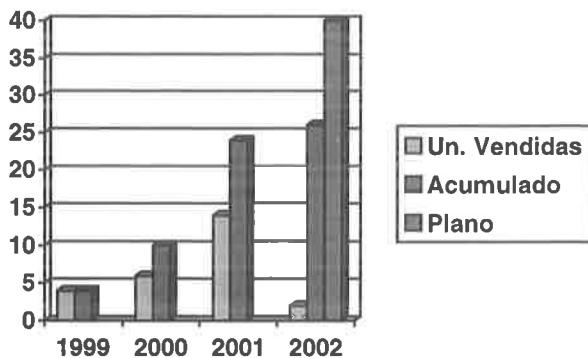
Agricultural Business, Purdue University, 2000, 44p. (Staff Paper No. 00-04).

Palavras chaves: variabilidade espacial, mapa de produtividade, monitor, sensor

A AGRICULTURA DE PRECISÃO AO ALCANCE DOS PEQUENOS E MÉDIOS PRODUTORES.

A. MENDES, AGCO DO BRASIL COM E IND LTDA, Av. GuilhermeSchell, 10260 – Canoas – RS amendes@agco.com.br.

A Agricultura de Precisão é um a realidade no Brasil. A Agco do Brasil, através de acordos com Instituições de pesquisa, e com as experiências dos produtores, está confirmado o conceito do Fieldstar, o sistema de suporte a Agricultura de Precisão desenvolvido a mais de dez anos pela Massey Ferguson da Europa. O Fieldstar em menos de três anos no Brasil tem auxiliado a responder às indagações sobre os fatores que contribuem para as variabilidades da produção em um determinado campo agrícola. O sistema Fieldstar é compreendido por equipamentos acoplados a colhedora de grãos onde são armazenados as informações de produção geo-posicionadas e que posteriormente são transformadas em gráficos e mapas das mais diversas formas para fins de análises e estudos. As primeiras constatações foram evidentemente as mesmas que se verificaram em 1985, no primeiro mapa gerado, a grande variação de produção numa lavoura, onde se imaginava que seria mais uniforme. Muitas questões passaram a ser listadas para tentar explicar tamanha variação que muitas vezes chegam a 100%. O conceito do Fieldstar baseia-se a princípio pela geração do mapa de produtividade, a partir do qual são sugeridas diversas atividades das mais simples as mais sofisticadas que levam a conclusões definitivas sobre a variabilidade, concluindo com decisões de interferências no processo produtivo.



As barreiras iniciais de se ingressar na atividade de AP, baseava-se basicamente à idéia de que a implantação desse novo método de gerenciamento da atividade agrícola, seria de ter antes de tudo, uma colhedora importada, de alto valor tecnológico e de altos custos e com todas a suas implicações. As restrições eram também associadas a dependência de equipamentos importados e a dificuldade de dominar a tecnologia, além das dúvidas do que fazer com as informações obtidas. Superada grande parte dessa fase permanecia ainda a questão investimento inicial e a relação custo benefício. A estratégia da Agco de introdução do Fieldstar na América do Sul está alicerçada em ações de crescimento gradual e consistente, primeiramente no conhecimento do próprio conceito e logicamente com a ajuda de produtores interessados em conhecer o Fieldstar e ainda na formação de parcerias acadêmicas para verificar cientificamente a aplicabilidade e tropicalização do Fieldstar. Essa etapa está se concluindo com os relatórios parciais da Fundação ABC do Paraná, com o projeto de AP da Embrapa, com os ótimos resultados obtidos pelos usuários pioneiros, cujos resultados foram apresentados no 1º Encontro de Usuários do Fieldstar realizado em Canoas em Junho de 2001. Após esse encontro outros produtores e Instituições aderiram ao programa e estão hoje somando-se aos primeiros e também trazendo ótimos resultados e informações sobre as variabilidades existentes dentro da área mapeada. Cita-se a UFSM como Instituição que está apoio, através do seu departamento de solos, uma experiência com produtor na região Sul. Como resultado prático após os primeiros mapas de produtividade e de material orgânico ficou evidente a direta relação da produtividade com a massa orgânica, num campo de plantio direto. Outros produtores em 2001/2002 estão adquirindo o Fieldstar e iniciaram na última safra de verão a gerar dados e mapas. Veja mapa de crescimento de números de usuários do Fieldstar.

Fig. 3 – Crescimento de usuários do Fieldstar no Brasil.

Paralelamente a essa atividade de pesquisa e acompanhamento aos produtores, a AGCO está participando do desenvolvimento de capacitações para suporte e consultorias nas interpretações de mapas e tomadas de decisões junto aos produtores. A divisão de Engenharia da AGCO do Brasil, juntamente com o grupo de pesquisa da AGCO Europa está disponibilizando o Fieldstar para a MF 5650,

uma colhedora de tecnologia simples, desenvolvida no Brasil e de baixo valor de investimento. Além disso buscou-se desenvolver um programa de software, que suporta o Fieldstar, que dispensa o uso do DGPS. Dessa forma o conjunto tem seu custo reduzido em 60%, tornando-se mais acessível tanto aos produtores que estarão adquirindo novas MF 5650, como àqueles que já a possuem, usando nesse caso o Kit de instalação no campo do Fieldstar. Testes de campo comprovaram que a distorção provocada pelo sinal do GPS, dentro do conceito do Fieldstar, é aceitável e dispensa o sinal de correção do DGPS, uma redução significativa no custo anual da Ag de Precisão.

Considera-se pequeno e médio porte aqueles produtores de grãos com colheita mecanizada de 100 a 400há., usuários de Colheitadeiras do porte da MF 5650. Consideramos também que esses produtores são, pelo tamanho da área, potenciais sojicultores com perfil para trabalhar com produtos de maior valor agregado, como por exemplo de alto valor protéico tanto para uso em rações como para consumo humano, convencional ou orgânico. O programa que suporta o Fieldstar está em constante evolução, e uma das próximas etapas é permitir diferenciar, através de sensores, grãos com diferentes níveis de proteínas. Além disso o Fieldstar poderá gerar mapa mostrando as áreas que produzem os diferentes níveis de proteínas, documento indispensável para atender mercados que exigem produtos de procedência garantida (Identity Preserved).

Outra diferença substancial na gestão da atividade agrícola entre produtores de médio porte com os de grande porte está no conhecimento mais detalhado da sua própria área. Um conceito básico do Fieldstar, o produtor, com o mapa de produtividade gerado, busca as razões óbvias para os diferentes níveis de produtividade que normalmente ocorre no campo. Esse procedimento fundamental que facilita a interpretação do mapa e as respostas para a maioria dos pontos de queda de produtividade, é muito mais fácil de se aplicar em lavouras menores, utilizando-se

inclusive o conhecimento histórico da área, onde também todas as variabilidades são potencialmente menores, reduzindo as dúvidas e impacto das variáveis.

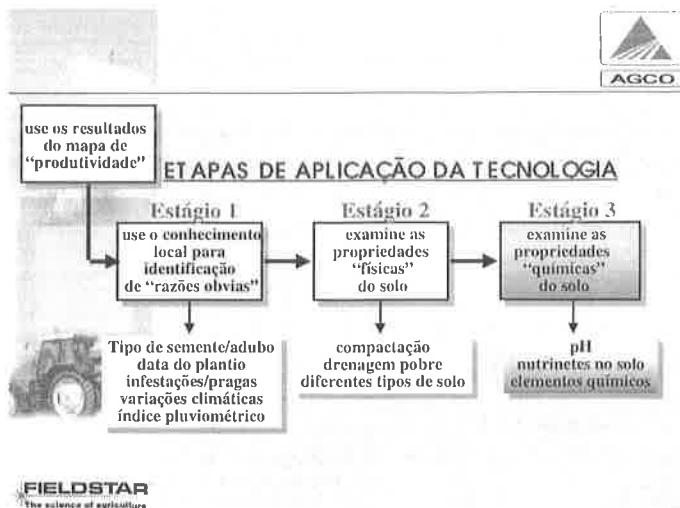


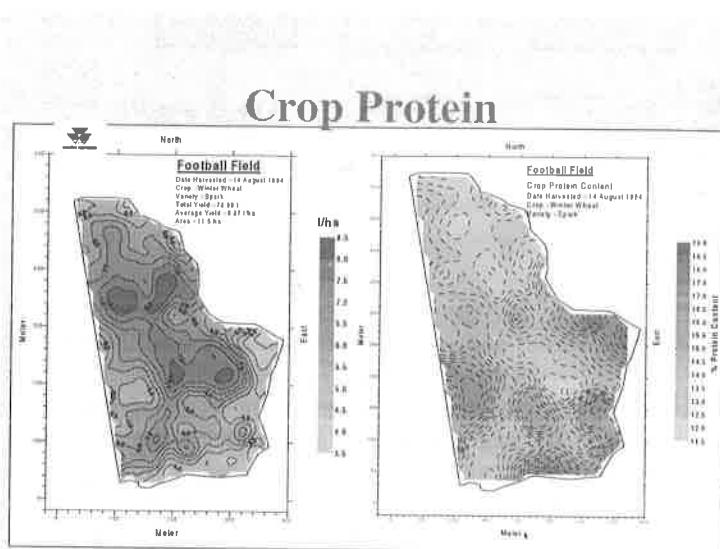
Fig. 05 – Etapas a serem seguidas seguindo o conceito Fieldstar.

Sabe-se que o custo de produção de grãos tem aumentado em detrimento do preço do seu produto, e que para manter-se viável na sua atividade o produtor deve usar as tecnologias disponíveis em todas as etapas da sua atividade. Nos últimos 10 anos a produtividade agrícola praticamente dobrou no Brasil, os equipamentos de plantio são mais precisos, a pesquisa avançou, o plantio direto se firmou e sabe-se mais sobre tudo devido a abertura do país aos novos mercados. Novos costumes e demandas estão surgindo, o tema meio ambiente tomou sua devida importância e o governo federal viu na produção agrícola a forma de sustentar seu plano econômico. Para se manter nesse negócio de produção de alimentos o produtor deve antes de tudo se comportar como um empresário. A fase seguinte é gerenciar sua atividade por processo e implantando uma gestão de qualidade total nas etapas de produção no intuito de distribuir adequadamente os custos. Para a gestão de custos por atividade a Agricultura de Precisão torna-se uma poderosa ferramenta de auxílio ao produtor, visto que na

interpretação do mapa de produtividade e de margem, pode-se associar problemas de plantio, de trato cultural, avaliar comportamentos de variedades usadas ou ainda composições de fertilizantes empregados.

Fig. 06 – Mapa de produtividade e de proteína gerados pelo Fieldstar

As possíveis informações de campo a disposição do gestor da atividade, permite-lhe inúmeras ações de interferências nos processos de produção, possibilitando a viabilidade do negócio, redirecionamento de atividade, se necessário.



Palavras chaves:

Viabilidade, gestão, negócio, agrícola, processo, custo.

POTENCIAL DE MICRORGANISMOS ENDOFÍTICOS E ASSOCIATIVOS COMO BIOFERTILIZANTES.

PEDROSA., F. O., M.B.R. STEFFENS, L.U. RIGO, L.S. CHUBATSU, BENELLI, E.M., C. F. PICHETH, M. L. ISHIDA, J. C. VITORINO, CRUZ, L. M., R.A. MONTEIRO, R. WASSEM & E.M. SOUZA
Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular da Universidade Federal do Paraná, Caixa Postal 19046 - 81532-990 - Curitiba, PR
Email fpedrosa@ufpr.br

Introdução

O nitrogênio é um elemento químico essencial à vida por participar das estruturas de biomoléculas como proteínas, ácidos nucléicos (DNA e RNA), lipídeos, carboidratos e vitaminas. A atmosfera terrestre contem cerca de 80% de nitrogênio na forma de dinitrogênio (N_2), que é inacessível ou inerte para a grande maioria dos seres vivos. Entretanto, um número relativamente pequeno de organismos procarióticos (eubactérias e arquebactérias) é capaz de converter o dinitrogênio em amônia (NH_3), que pode então ser assimilado pelos outros seres vivos (Postgate, 1982, Young, 1992). O processo de conversão de N_2 em amônia (NH_3) é denominado fixação biológica de nitrogênio e é catalisado pelo complexo enzimático da nitrogenase de acordo com a seguinte reação.



A nitrogenase requer uma fonte de elétrons, uma fonte de energia (ATP) e um ambiente anaeróbico, já que é imediatamente inativada quando exposta ao ar. O elevado gasto energético para reduzir um mol de N_2 e a alta sensibilidade da nitrogenase à inativação por oxigênio, levaram à evolução de mecanismos eficientes de regulação da síntese e de controle da atividade da nitrogenase, visando máxima economia energética.

A importância desta reação para a Agricultura e Agricultores Brasileiros pode ser exemplificada com a cultura da soja. A produção de soja no Brasil é de cerca de 32 milhões de toneladas/ano e é realizada sem a aplicação de fertilizantes nitrogenados, dependendo exclusivamente da simbiose entre a soja e bactérias fixadoras de nitrogênio das espécies *Bradyrhizobium japonicum* e *B. elkanii*. Para se obter esta produção seriam necessários cerca de 7,5 milhões de toneladas de uréia/ano, a um custo estimado de 3,6 bilhões de reais

ou 1,5 bilhões de dólares anuais. Este valor corresponde a cerca de 20% da receita bruta gerada pela exportação da soja e torna a soja brasileira altamente competitiva no mercado internacional. Além da soja, outras leguminosas produtoras de grãos, forrageiras e florestais são também beneficiadas pela fixação biológica de nitrogênio em simbiose com bactérias dos gêneros *Bradyrhizobium*, *Rhizobium*, *Sinorhizobium* e *Mesorhizobium*, e têm sido empregadas na recuperação e bioremedicação de solos degradados.

Um outro grupo de bactérias fixadoras de nitrogênio de grande potencial como biofertilizante nitrogenado são as endófiticas dos gêneros *Azospirillum*, *Burkholderia*, *Gluconacetobacter* e *Herbaspirillum*, que estão sendo estudadas por vários grupos de pesquisa no Brasil. Estes diazotrofós são encontrados associados com culturas de importância agrícola como trigo, arroz, cana-de-açúcar, sorgo e milho, podendo promover aumentos de produtividade em até 30%. Estimamos que o uso destes organismos na Agricultura Brasileira poderá representar uma economia anual da ordem de 400 a 800 milhões de dólares em fertilizantes nitrogenados.

Além dos benefícios econômicos, a fixação biológica do nitrogênio reduz o consumo de petróleo e gás natural, fontes energéticas não renováveis, consumidos na produção industrial e distribuição de fertilizante nitrogenado. Para a síntese de 1 tonelada de amônia pelo processo de Haber-Bosch o gasto energético é equivalente a 7 barris de petróleo. Outros 7 barris de petróleo equivalentes são gastos em armazenagem, transporte, distribuição e aplicação desta 1 tonelada de amônia.

Fato de grande relevância ambiental decorrente da fixação biológica está na menor poluição dos rios, lagos, aquíferos subterrâneos e da atmosfera, causada pela lixiviação e desnitrificação dos fertilizantes nitrogenados. A desnitrificação produz óxidos de nitrogênio como os óxidos nitroso e nítrico, que contribuem para o efeito estufa e para a redução da camada de ozônio. Estes óxidos tem uma capacidade de retenção de calor 250 vezes maior que o CO₂, enfatizando a importância e a necessidade de se substituir os fertilizantes nitrogenados sintéticos pelos originários da fixação biológica, em todos os sistemas de produção agrícola.

Bactérias endófiticas com potencial como biofertilizante

Bactérias denominadas endofíticas são aquelas encontradas no interior dos tecidos vegetais, como espaços intercelulares, vasos xilemáticos ou mesmo preenchendo células mortas. Estas bactérias colonizam o interior de espécies vegetais sem causar doenças Reinhold-Hurek & Hurek(1998). Dois dos principais gêneros de bactérias endofíticas *Herbaspirillum* e *Azospirillum* serão tratadas nesta revisão.. Estas bactérias, além de fixarem nitrogênio, são também capazes de promover o crescimento vegetal por produzirem fitohormônios, que induzem o crescimento das raízes das plantas associadas, sendo genericamente denominadas "rizobactérias promotoras de crescimento vegetal".

Gênero *Azospirillum*

O gênero *Azospirillum* é constituído por 7 espécies: *A. brasiliense*, *A. lipoferum* (Tarrand et al., 1978) *A. amazonense* (Magalhães et al., 1983), *A. halopraeferans* (Reinhold et al., 1985), *A. irakense* (Khammas et al., 1989), *A. largimobile* (Sly e Stackebrandt, 1999) e *Azospirillum doebereinerae* (Eckert et al. 2001). São bactérias fixadoras de nitrogênio ou diazotróficas, ou seja são capazes de utilizar N₂ como fonte única de nitrogênio, reduzindo o N₂ atmosférico a NH₃ sob baixas tensões de O₂. São quimio-organotróficos, oxidase positivos e apresentam temperatura ótima de crescimento entre 30 e 42°C. Estas bactérias são capazes de realizar todos as vias do ciclo do nitrogênio, exceto nitrificação (Döbereiner & Pedrosa, 1987).

Azospirillum brasiliense e *A. lipoferum* foram originalmente isolados de raízes de gramíneas como milho, trigo, sorgo e arroz (Tarrand et al. 1978). Estas bactérias foram posteriormente encontradas associadas a inúmeras outras espécies vegetais, de gramíneas, a girassol, tomateiro, tabaco, *Setaria italica*, *Aeschynomene aspera*, *Spinacea oleracea*, *Brassica chinensis*, *Brassica rapa*, *Glycine max*, (Bashan and Holguin, 1996), em diferentes nichos ecológicos (interior de tecidos vegetais, raízes, folhas, caules e diversos tipos de solo). Sua distribuição é cosmopolita, sendo encontradas em regiões temperadas, tropicais e até no Círculo Polar Ártico (Bashan and Levanony, 1990, Bashan and Holguin, 1996). As espécies de *Azospirillum* são extremamente versáteis sugerindo uma aparente baixa especificidade em relação à planta hospedeira colonizada. Entretanto, tem se verificado forte interação entre a estirpe de

Azospirillum e o cultivar da planta hospedeira (Didonet et al.1996, Baldani et al. 1987 , Salomone & Dobereiner 1996).

As revisões de Dobereiner & Pedrosa 1987, Okon & Labandera-Gonzalez, 1994 e Bashan & Holguin, 1997, mostraram que a inoculação de diferentes vegetais com *Azospirillum* pode ter efeitos benéficos sobre a fisiologia da planta associada e sua produtividade. A análise de vinte anos de estudos de inoculação em campo mostrou que 2/3 destes apresentaram aumentos significativos de produtividade de até 30% (Okon & Labandera-Gonzalez, 1994). Entretanto, a imprevisibilidade dos resultados de inoculação tem limitado o uso comercial destes organismos como inoculantes na Agricultura. As prováveis razões desta imprevisibilidade seriam: a competitividade da estirpe inoculada com a população nativa de *Azospirillum* pela planta associada, dificuldades na formulação de inoculantes (manutenção de viabilidade e altos números de bactérias, carreadores, estágio do crescimento), baixa sobrevivência das estirpes inoculadas nos diferentes solos, efeitos adversos do excesso de bactérias inoculada (relação ótima 10^7 bactérias viáveis por semente ou por plântula), forte interação estirpe/espécie de *Azospirillum* com a espécie/cultivar vegetal e agentes microbianos adversos.

Inoculação de plantas com *Azospirillum* promove aumentos na densidade e comprimento dos pelos absorventes das raízes, na velocidade de aparecimento das raízes laterais e do volume e superfície radicular, bem como altera a respiração das raízes, a atividades de enzimas da via glicolítica e do ciclo dos ácidos tricarboxílicos (Okon & Labandera-Gonzalez, 1994, Bashan & Holguin, 1996). Estes modificações morfológicas têm sido atribuídas aos efeitos dos fitormônios (giberelinas, auxinas (IAA), citocininas e etileno). Como consequência, as plantas inoculadas têm maior capacidade de absorção de água e nutrientes levando a um crescimento vegetal mais rápido. O *Azospirillum* tem um notável efeito nos estágios iniciais do crescimento de gramíneas, aumentando a utilização das reservas de nitrogênio (veja Okon & Labandera-Gonzalez, 1994).

Azospirillum não excretam amônia durante crescimento dependente de N₂ em meio de cultura, possivelmente em decorrência dos altos custos energéticos envolvidos e dos rígidos mecanismos regulatórios. Entretanto, existem evidências mostrando que até 18% do total do aumento do crescimento pode ser decorrente da fixação

de nitrogênio. Estes valores embora relativamente baixos podem representar importante contribuição à economia do agricultor.

Temos estudado aspectos fisiológicos e genéticos de *Azospirillum brasilense* desde 1977. Um dos objetivos de nosso trabalho é definir os mecanismos básicos envolvidos na regulação da expressão dos genes da fixação de nitrogênio (genes *nif*) e aqueles da regulação do metabolismo nitrogenado, sistema Ntr (genes *ntr* e *gln*). O entendimento destes mecanismos permitirá a construção de estírpes de *Azospirillum* capazes de excretar amônia para a planta associada. Mutantes capazes de excretar amônia produzida pela fixação de nitrogênio foram isolados e caracterizados em nosso grupo e tem potencial como biofertilizantes (Machado et al. 1991, Vitorino et al. 2001)

Gênero *Herbaspirillum*

O gênero *Herbaspirillum* tem hoje três espécies descritas: *H. seropediae*, *H. rubrisubalbicans* (Baldani et al. 1996) e *H. frisingense* (Kirchhof et al. 2001). Bactérias do gênero *Herbaspirillum* foram isoladas de raízes de gramíneas como milho, trigo, sorgo e arroz (Baldani et al., 1986) e outras espécies vegetais, e como *Azospirillum*, encontram-se no interior de tecidos vegetais como raízes, folhas e caules (Pimentel et al., 1991; Baldani et al., 1992, Weber et al., 1999, Cruz et al 2001,). Estes organismos foram consideradas endófiticas obrigatórias devido à sua incapacidade de sobreviver em vida livre em diferentes tipos de solos (Boddey et al. 1995).

Vários estudos mostraram que a interação *Herbaspirillum*-planta pode trazer mútuos benefícios. Baldani et al. (1995) inocularam diferentes estírpes de *Herbaspirillum* em sementes de arroz e observaram que a estírpe Z94 contribui com até 54% do nitrogênio total acumulado pela planta; as outras estírpes também fixaram aproximadamente 30% de nitrogênio. Elbeltagy et al. (2002) demonstraram a colonização endófitica e fixação de nitrogênio por uma estírpe de *Herbaspirillum* spp. isolado de uma espécie de arroz selvagem. Em nosso laboratório demonstramos a expressão de genes da fixação de nitrogênio por uma estírpe mutante de *Herbaspirillum seropediae* contendo uma fusão *nifH::gusA* cromossomal colonizando a superfície e o interior de raízes e folhas de milho (Roncato-Maccari et al., dados não publicados). Isto mostra

que a nitrogenase pode ser expressa pelo *Herbaspirillum seropedicae* quando associado ao milho.

O mecanismo de invasão dos tecidos vegetais por estas bactérias ainda não foi elucidado, mas as evidências sugerem que a invasão envolve ligação à superfície da planta e a proliferação da bactéria, seguida pela penetração e ocupação dos espaços intercelulares e feixes vasculares, com subsequente colonização e estabelecimento nas partes aéreas e nos vasos do xilema (Olivares *et al.* 1995).

A história de certas regiões produtoras de cana-de-açúcar no Brasil mostra áreas cultivadas por mais de cem anos sem adubação nitrogenada e sugere que a fixação biológica de nitrogênio, principalmente pelos endófitos *Herbaspirillum* spp e *Gluconacetobacter diazotrophicus*, pode contribuir significativamente para o metabolismo nitrogenado da planta (Döbereiner, 1992). Estes resultados sugerem que o *H. seropedicae* tem também grande potencial como biofertilizante nitrogenado, além de estimular o desenvolvimento das plantas pela produção de fitohormônios.

Em 2001, a Secretaria de Ciência, Tecnologia e Ensino Superior do Estado do Paraná decidiu apoiar um Programa Genoma Paraná – GENOPAR, que propusemos desenvolver. O GENOPAR tem por objetivo estabelecer uma rede de pesquisa genômica no Estado e como projeto inicial o sequenciamento e anotação do genoma do *Herbaspirillum seropedicae* estirpe Z78. Esta rede conta com a participação de 12 grupos paranaenses das Universidades Federal do Paraná (UFPR), Estadual de Londrina (UEL), Estadual de Maringá (UEM), Estadual de Ponta Grossa (UEPG), Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), Católica do Paraná (PUC), Paranaense (UNIPAR), a Embrapa-Soja – Londrina, o Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), o Instituto de Biologia Molecular do Paraná (IBMP) e o Instituto SIMEPAR. Este sequenciamento está sendo também patrocinado pelo CNPq/PADCT/MCT, é gerido pela Fundação da Universidade Federal do Paraná (FUNPAR) e coordenação do Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular da UFPR. O conhecimento do genoma do *Herbaspirillum seropedicae* permitirá, entre muitas possibilidades, a construção de estirpes geneticamente modificadas mais eficientes em suas capacidades de fixar nitrogênio e transferir a amônia produzida para a planta associadas, beneficiando o agricultor.

Conclusão

Desde a redescoberta do *Azospirillum (Spirillum) lipoferum* por Johanna Döbereiner em 1975/76, bactérias endofíticas capazes de se associarem com culturas vegetais de grande importância agrícola como milho, trigo, arroz, cana de açúcar e sorgo tem sido descritas e seu potencial com biofertilizantes ou promotoras de crescimento tem sido demonstrado. Acreditamos que este potencial deva se tornar realidade com o incentivo à inoculação destas culturas vegetais com estirpes selecionadas de *Azospirillum*, *Herbaspirillum* e *Gluconacetobacter* visando a eliminação parcial ou total de fertilizantes nitrogenados.

Referências.

- BALDANI, J.I.; POT, B.; KIRCHHOF, G.; FALSEN, E.; BALDANI, V.L.; OLIVARES, F.L.; HOSTE, B.; KERSTERS, K.; HARTMANN, A.; GILLIS, M.; DOBEREINER, J. Emended description of *Herbaspirillum*; inclusion of [*Pseudomonas*] *rubrisubalbicans*, a milk plant pathogen, as *Herbaspirillum rubrisubalbicans* comb. nov.; and classification of a group of clinical isolates (EF group 1) as *Herbaspirillum* species 3. International Journal of Systematic Bacteriology, v.46, n.3, p.802-810, 1996.
- BALDANI, J.I.; BALDANI, V.L.D.; SELDIN, L.; DÖBEREINER, J. Characterization of *Herbaspirillum seropedicae* gen. nov., sp. nov., a new root-associated nitrogen-fixing bacterium. International Journal of Systematic Bacteriology, v.36, p.86-93, 1986.
- BALDANI, V.L.D.; BALDANI, J.I.; OLIVARES, F.; DOBEREINER, J. Identification and ecology of *Herbaspirillum seropedicae* and the closely related *Pseudomonas rubrisubalbicans*. Symbiosis, Rehavot, 13, p.65-73, 1992
- BALDANI; V. L. D.; OLIVARES, F; DÖBEREINER, J. Selection of *Herbaspirillum* spp. strains associated with rice seedlings amended with ¹⁵N-labelled fertiliser. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SUSTAINABLE AGRICULTURE FOR THE TROPICS – THE ROLE OF BIOLOGICAL NITROGEN FIXATION , 1995, Angra dos Reis. Resumos... Angra dos Reis : EMBRAPA, 1995. p. 202-203.

BALDANI, V. L. D.; BALDANI, J. I.; DOBEREINER, J. Inoculation of field-grown wheat (*Triticum aestivum*) with *Azospirillum* spp. in Brazil. Biology and Fertility of Soils, v. 4, p.37-40,1987.

BASHAN, Y.; HOLGUIN, G. *Azospirillum*-plant relationships: environmental and physiological advances (1990-1996). Canadian Journal of Microbiology, v.43, p.103-121, 1997.

BASHAN,Y.; LEVANONY, H. Current status of *Azospirillum* inoculation technology : *Azospirillum* as a challenge for agriculture. Canadian Journal of Microbiology, v.36, p. 591-608, 1990.

BODDEY R.M., OLIVEIRA O.C.; URQUIAGA S.; REIS V.M.; OLIVARES F.L.; BALDANI V.L.D.; DÖBEREINER J. Biological nitrogen fixation associated with sugar cane and rice: contributions and prospects for improvement. Plant and Soil , v.174, 195-209, 1995.

CRUZ, L.M.; SOUZA, E.M.; WEBER, O. B.; BALDANI, I. J.; DOBEREINER, J.; PEDROSA, F. O . 16S Ribosomal DNA characterization of nitrogen-fixing bacteria isolated from banana (*Musa* spp.) and pineapple (*Ananas comosus* (L) Merril). Applied and Environmental Microbiology, v.67, n.5, p.2375-2379, 2001.

DEKHIL, S. B.; CAHILL, M.; STACKEBRANDT, E.; SLY, L. I. Transfer of *Comglomeromonas largomobilis* subsp. *largomobilis* to the genus *Azospirillum* as *Azospirillum largimobile* comb. nov., elevation of *Comglomeromonas largomobilis* subsp. *parooensis* to the new type species of *Comglomeromonas*, *Comglomeromonas parooensis* sp. nov. System. Appl. Microbiol., v.20, p.72-77, 1997.

DIDONET, A.D.; RODRIGUES, O.; KENNER, M.H. Acúmulo de nitrogênio e de massa seca em plantas de trigo inoculadas com *Azospirillum brasiliense*. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 31, p.645-651, 1996.

DOBEREINER, J. History and new perspectives of diazotrophs in association with non leguminous plants. Symbiosis, v.13, p.1-13, 1992

DÖBEREINER, J.; PEDROSA, F.O.: Nitrogen-fixing bacteria in non leguminous crop plants. Madison: Science Tech. Publishers, 1987, 155p.

ECKERT, B., WEBER, O.B., KIRCHHOF, G., HALBRITTER, A., STOFFELS, M.; HARTMANN, A. *Azospirillum doeberaeinerae* sp. nov., a nitrogen-fixing bacterium associated with the C4-grass *Miscanthus*. Int.J.Syst.Evol.Microbiol.2001.Jan;51(Pt.1):17-26. 51(Pt 1):17-26. 2002.

ELBELTAGY, A., NISHIOKA, K., SATO, T., SUZUKI, H., YE, B., HAMADA, T., ISAWA, T., MITSUI, H.; MINAMISAWA, K. Endophytic colonization and in planta nitrogen fixation by a *Herbaspirillum* sp. isolated from wild rice species. Appl.Environ.Microbiol.2001.Nov;67(11):5285-93. 67(11):5285-93. 2002.

HARTMANN, A. *Azospirillum doeberaeinerae* sp. nov., a nitrogen-fixing bacterium associated with the C4-grass *Miscanthus*. Int. J. Syst. Bacteriol. 51:17-26, 2001.

KHAMMAS, K. M., AGERON, E., GRIMONT, P. A. D. & KAISER, P.. *Azospirillum irakense* sp nov. a nitrogen-fixing bacterium associated with rice roots and rhizosphere soil. Res. Microbiol., v.140, p. 679-693, 1989.

KIRCHHOF, G., ECKERT, B., STOFFELS, M., BALDANI, J.I., REIS, V.M., AND HARTMANN, A. *Herbaspirillum frisingense* sp. nov., a new nitrogen-fixing bacterial species that occurs in C4-fibre plants. Int.J.Syst.Evol.Microbiol.2001.Jan;51(Pt.1):157-68. 51(Pt 1):157-68. 2001.

MACHADO, H.B., FUNAYAMA, S., RIGO, L.U. E PEDROSA, F.O. Excretion of ammonium by *Azospirillum brasiliense*. Canadian Journal of Microbiology 37: 549-553, 1991.

MAGALHÃES, F.M.; BALDANI, J.I.; SOUTO, S.M.; KUYKENDALL, J.R.; DÖBEREINER, J. A new acid-tolerant *Azospirillum* species. An. Acad. Brasil. Cienc., v. 55, p. 417-430, 1983.

OKON, Y; LABANDERA-GONZALEZ, C.A. Agronomic applications of *Azospirillum*: an evaluation of 20 years worldwide field inoculation. *Soil Biol Biochem.* 26: 1591-1601, 1994.

OLIVARES, F.L; DOS REIS JR, F. B.; REIS, V. M.; BALDANI; BALDANI, J. I.; DÖBEREINER, J. Infection of sugarcane roots by the endophytic diazotrophs *Herbaspirillum seropedicae* and *H. rubrisubalbicans*. In: International Symposium On Sustainable Agriculture For The Tropics – The Role Of Biological Nitrogen Fixation (1995 : Angra dos Reis). EMBRAPA, p. 65-66, 1995.

PIMENTEL, J.P.; OLIVARES, F.; PITARD, R.M.; URQUIAGA, S.; AKIBA, F.; DOBEREINER, J. Dinitrogen fixation and infection of grass leaves by *Pseudomonas rubrisubalbicans* and *Herbaspirillum seropedicae*. *Plant and Soil*, v.137, p.61-65, 1991.

POSTGATE, J. R. The fundamentals of nitrogen fixation. Cambridge: Cambridge University, 1982. 252p.

REINHOLD-HUREK, B.; HUREK, T. Life in grasses: diazotrophic endophytes. *Trends in Microbiology*, v.6, n.4, p.139-144, 1998.

REINHOLD, B.; HUREK, T.; FENDRIK, I. *Azospirillum halopraeferans* sp. nov., a diazotroph associated with roots of *Leptochloa fusca* (Linn.) Kunth. In: EVANS, H.J., BOTTOMLEY, P.J.; NEWTON, W.E. (Ed.). Nitrogen fixation research progress. Dordrecht: Martinus Nijhoff, 1985. p.427.

SALOMONE, I. G.; DOBEREINER, J. Biology and Fertility of Soils, v.22, p.193-196, 1996.

SLY, L.I.; STACKEBRANDT, E. Description of *Skermanella parooensis* gen. nov., sp. Nov. to accomodate *Conglomeromonas largomobilis* subsp. *largomobilis* to the genus *Azospirillum*. *International Journal of Systematic Bacteriology*, v. 49, p.541-544.

TARRAND, J.J.; KRIEG, N.R.; DÖBEREINER, J. A taxonomic study of the *Spirillum lipoferum* group with description of a new genus, *Azospirillum* gen. nov. and two species, *Azospirillum lipoferum* (Beijerinck) comb. nov. and *Azospirillum brasiliense* sp. nov. *Canadian Journal of Microbiology*, v. 24, p.967-980, 1978.

VITORINO, J.C.; STEFFENS, M.B.R.; MACHADO, H.B.; YATES, M.G.; SOUZA, E.M.; PEDROSA, F.O. Potential roles for the *glnB* and *ntrYX* genes in *Azospirillum brasiliense*. FEMS Microbiology Letters, 201, p.199-204, 2001.

YOUNG, J. P. W. Phylogenetic classification of nitrogen-fixing organisms. In: STACEY, G. BURRIS, R. H.; EVANS, H. J. (Ed.). Biological nitrogen fixation. New York: Chapman & Hall, 1992. p. 43-86.

WEBER, O. B.; BALDANI, V. L. D.; TEIXEIRA, K. R. S.; KIRCHHOF, G.; BALDANI, J. I.; DÖBEREINER J. Isolation and characterization of diazotrophic bacteria in banana and pineapple plants. Plant and Soil, v.210, p.103-113, 1999.

IMPACTOS DE SISTEMAS AGROPECUÁRIOS NA ATIVIDADE ENZIMÁTICA E BIOMASSA MICROBIANA DOS SOLOS DE CERRADO.

I.C. MENDES¹. 1. Embrapa Cerrados, Cx. Postal 08223, CEP 73301-970, Planaltina DF. E-mail: mendesi@cpac.embrapa.br.

1. INTRODUÇÃO

Os microrganismos representam cerca de 60% a 80% da fração viva e mais ativa da matéria orgânica do solo que constitui, por sua vez, o principal componente de fertilidade dos solos de Cerrado. As raízes das plantas e a fauna do solo são os outros componentes da fração viva da matéria orgânica, constituindo respectivamente, 5% a 10% e 15% a 30% da mesma (Theng et al., 1989). Apesar da sua importância em relação ao teor total de C orgânico no solo, o tamanho dos componentes vivos da matéria orgânica é relativamente pequeno, variando de 1% a 5% do C orgânico total dos solos (Jenkinson & Ladd, 1981; Smith & Paul, 1990).

A biomassa microbiana do solo (geralmente expressa em µg de C. g⁻¹ de solo ou mg de C. kg⁻¹ de solo) é constituída por fungos, bactérias e actinomicetos que atuam em processos que vão desde a origem do solo (intemperização das rochas), formação e manutenção da sua estrutura, até a decomposição de resíduos orgânicos, ciclagem de nutrientes, e biorremediação de poluentes e metais pesados. Nos ecossistemas tropicais, onde o N e o P estão entre os principais fatores limitantes para a produtividade, também merecem destaque os processos de fixação biológica do nitrogênio, as relações simbióticas entre plantas e fungos micorrízicos e a ação dos microrganismos solubilizadores de P e produtores de fosfatases.

A busca de práticas agrícolas que proporcionem altas produtividades, mas que também levem em consideração os diversos aspectos relativos à qualidade ambiental é uma equação complexa cuja resolução não pode negligenciar o componente biológico do solo, pois este apresenta uma estreita inter-relação com os componentes físicos e químicos. Por isso, todos os fatores que afetam negativamente os microrganismos e promovem perdas da matéria orgânica, também provocam uma deterioração das propriedades físicas e químicas do solo.

Apesar de excepcional do ponto de vista de participação no cenário agrícola nacional, o desenvolvimento agrícola da Região dos

Cerrados, muitas vezes tem sido acompanhado do manejo inadequado do solo, resultando em decréscimos nos teores de matéria orgânica, destruição dos agregados, compactação e erosão (Silva *et al.*, 1994).

Embora os impactos de sistemas agrossilvopastoris nas propriedades químicas e físicas dos solos de Cerrado sejam relativamente bem documentados, o mesmo não pode ser dito sobre o impacto desses sistemas nas propriedades bioquímicas (atividade enzimática) e microbiológicas (quantidade, atividade, composição e biodiversidade das comunidades microbianas) desses solos. Outro aspecto que deve ser ressaltado é que algumas dessas propriedades microbiológicas e bioquímicas podem ser utilizadas como indicadores capazes de refletir mudanças sutis no solo bem antes que alterações nos teores de matéria orgânica possam ser observadas. A identificação e o melhor conhecimento desses indicadores microbiológicos e bioquímicos em solos do Cerrado é fundamental tanto para incentivar o agricultor que já está adotando sistemas agrícolas conservacionistas, bem como para alertar aquele que está adotando sistemas de manejo que levam à degradação do solo.

A falta de informações sobre a biomassa microbiana e seu papel na ciclagem de nutrientes nas savanas tropicais, contrasta com a abundância de informações nos ecossistemas das regiões temperadas e mesmo em outras regiões do Brasil, tais como a Amazônica e a Região Sul.

Até 1998, os estudos de microbiologia do solo realizados na Região dos Cerrados, foram concentrados em fungos micorrízicos e em rizobiologia (seleção de estírpes de rizóbio adaptadas às condições de Cerrado, para as culturas da soja, feijão, ervilha e outras leguminosas). Existia, até então, um desconhecimento sobre as propriedades microbiológicas dos solos de Cerrado sob vegetação nativa, sobre os impactos de sistemas agrícolas no funcionamento dos processos microbiológicos desses solos e de suas consequências na manutenção, melhoria ou perda da qualidade dos mesmos, após sua incorporação à agricultura.

Nessa palestra, serão apresentados os resultados dos estudos iniciados em 1998 na Embrapa Cerrados. Com base nesses trabalhos hoje possuímos um volume considerável de informações sobre os processos microbiológicos dos solos de Cerrado sob vegetação nativa e sob diferentes sistemas agropastoris. Nesses estudos foram monitoradas as alterações promovidas por diferentes sistemas de

manejo (culturas anuais/plantas de cobertura sob plantio convencional e sob plantio direto; pastagens e sistemas integrados de culturais anuais/pastagens) na dinâmica da biomassa e atividade microbiana em solos de Cerrado. Também foram avaliadas as possibilidades do uso de indicadores microbiológicos para detectar, com maior antecedência, os níveis de recuperação do solo após o estabelecimento de sistemas de manejo conservacionistas em áreas com níveis diferenciados de degradação. Além dos sistemas agrícolas, os estudos também contemplaram várias fitofisionomias do bioma Cerrado (Campo Sujo, Cerrado Ralo, Cerrado Sentido Restrito, Cerradão e Mata de Galeria).

O carbono na biomassa microbiana (CBM) foi avaliado pelo método de clorofórmio fumigação-incubação (CFI). Também foram avaliados a respiração microbiana (C prontamente mineralizável) e os níveis de atividade de três enzimas do solo (Tabatabai, 1994) que fazem parte dos ciclos do C (β -glucosidase), P (fosfatase ácida) e S (arilsulfatase).

2. IMPACTOS DE SISTEMAS DE PLANTIO DIRETO E PLANTIO CONVENCIONAL NAS PROPRIEDADES MICROBIOLÓGICAS E BIOQUÍMICAS DO SOLO

Devido à grande expansão do plantio direto (PD) no Cerrado (atualmente estima-se que mais de três milhões de hectares são cultivados sob PD na região), áreas sob plantio direto e plantio convencional (PC) foram incluídas no estudo e serão enfatizadas nessa palestra. Foram avaliados, em dois experimentos, os efeitos de diferentes culturas de cobertura, em PD e PC, na dinâmica do carbono da biomassa microbiana (CBM) e na atividade enzimática do solo (β -glucosidase, fosfatase ácida e arilsulfatase). As amostras de solo foram coletadas nas profundidades de 0 a 5 cm e de 5 a 20 cm, nos meses de janeiro (estação chuvosa) e agosto (estação seca) e tiveram início em agosto de 1998. O experimento I foi implantado em 1997, constando de sucessões de culturas de cobertura/milho, em dois sistemas de manejo: incorporação em pré-plantio da cultura comercial e plantio direto. Os tratamentos utilizados como culturas de cobertura foram os seguintes: guandu cv. Kaki (*Cajanus cajan*) e Mucuna-cinza (*Mucuna pruriens*). Na testemunha absoluta, o solo permaneceu com vegetação espontânea. As culturas de cobertura foram semeadas no final da estação chuvosa e o milho no início. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, em parcelas

subdivididas, com três repetições. Os adubos verdes representaram as parcelas, e os sistemas de manejo as subparcelas. A área das parcelas foi de 12 m x 30 m e a das subparcelas de 12 m x 15m.

Para avaliação do efeito de um sistema consolidado de PD em comparação ao PC, as amostragens foram realizadas num experimento iniciado em 1992 (experimento II). Este experimento consiste de duas faixas de 320 m e envolve a avaliação dos efeitos de plantas de cobertura e sistemas de preparo do solo (PD e PC), na dinâmica da biomassa e da atividade microbiana numa rotação soja/milho. Uma das faixas é preparada anualmente pelo sistema convencional de preparo do solo (aração e gradagem antes do plantio da cultura comercial e gradagem para incorporação de invasoras logo após a colheita) e a outra é preparada no sistema de PD, desde 1992. Na faixa sob PD, também são testadas como plantas de cobertura, em sub-faixas de 34 m x 50 m, o nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) e o milheto (*Pennisetum americanum*). A terceira área avaliada (área III) representa um solo de Cerrado nativo (Cerrado Ralo) e está localizada ao lado das áreas dos experimentos I e II, constituindo o referencial para avaliar as condições originais do solo.

2.1. CARBONO DA BIOMASSA MICROBIANA

Os níveis de biomassa-C nas áreas dos experimentos I e II foram inferiores aos níveis observados na área de Cerrado nativo, independentemente da época e profundidade de amostragem. Ou seja, após a incorporação dos solos nativos de Cerrado ao processo agrícola, ocorreu uma queda acentuada nos níveis de biomassa microbiana, isto é da fração viva e mais ativa da matéria orgânica do solo. Entre os fatores responsáveis por condições mais favoráveis ao desenvolvimento microbiano, na área sob vegetação nativa, merecem destaque a ausência de preparo do solo e a maior biodiversidade florística dessas áreas. A ausência de revolvimento do solo favorece a preservação das hifas fúngicas, o acúmulo da serapilheira na superfície do solo (propiciando a ocorrência de menor variação e de níveis mais adequados de temperatura e umidade) e resulta na maior presença de raízes finas (que aumentam a entrada de substratos carbonados no sistema, via exudatos radiculares). A diversidade florística das áreas nativas influencia não só a produção (quantidade), mas também a qualidade da serapilheira.

No experimento II (implantado em 1992), na profundidade 0 a 5 cm, desde a amostragem de janeiro de 1999 os tratamentos sob PD têm apresentado níveis de carbono da biomassa microbiana (CBM) de 20 a 270% superiores aos do PC. No experimento I (implantado em 1997), nas avaliações de 1998 e 1999 não houve diferenças significativas entre os tratamentos em relação aos teores de CBM, nas profundidades 0 a 5 cm e 5 a 20 cm. Entretanto, na avaliação realizada em janeiro de 2000 (época chuvosa), na profundidade 0 a 5 cm, foi observada pela primeira vez, nos tratamentos sob PD, uma tendência de maiores níveis de biomassa (50% de aumento), a qual desapareceu na estação seca de 2001. Esses resultados evidenciam a sensibilidade dos indicadores microbiológicos para detectar as modificações iniciais, que ocorrem após o estabelecimento de sistemas de PD, em solos da Região dos Cerrados e a importância de acompanhar a evolução desses sistemas ao longo do tempo.

As principais diferenças entre PD e PC foram observadas na profundidade 0 a 5 cm, tendo sido mais acentuadas no experimento II, onde o PD já estava consolidado. Isso ocorre porque no sistema de PD, a aplicação localizada de adubos e a ausência de revolvimento do solo (favorecendo o acúmulo de restos culturais e de raízes nos cinco centímetros iniciais) propiciam a estratificação das propriedades microbiológicas, de tal forma que a profundidade de 0 a 5 cm passa a apresentar propriedades químicas, bioquímicas e microbiológicas bem distintas, quando comparada à profundidade de 5 a 20 cm. Nas áreas sob PC, onde o revolvimento do solo permite uma distribuição mais homogênea de adubos e restos culturais no perfil, essa diferenciação não é tão acentuada. As diferenças entre as profundidades 0 a 5 cm e 5 a 20 cm tendem a aumentar com o tempo de implantação do PD. Por isso as diferenças observadas entre os sistemas de PD e PC foram mais pronunciadas no experimento II, onde o PD foi estabelecido em 1992.

Em nenhum dos dois experimentos houve feitos significativos das plantas de cobertura nos teores de CBM. Também não houve variações significativas nos teores de CBM nas avaliações realizadas nas épocas seca e chuvosa. A ausência de variação sazonal pode estar relacionada ao fato de que as amostras coletadas nas épocas seca e chuvosa foram padronizadas quanto à umidade. Entretanto, outra hipótese estaria relacionada à adaptação gradativa da microbiota do solo às mudanças do ambiente podendo ter havido, ao longo dos sete meses que separaram a coleta das amostras,

mudanças qualitativas, o que não é possível determinar pelo método clorofórmio fumigação incubação, utilizado na determinação do CBM, que é um método quantitativo.

2.2. ATIVIDADE ENZIMÁTICA DO SOLO

Na profundidade 0 a 5 cm, a atividade da enzima β -glucosidase foi superior à do PC e do Cerrado, nos tratamentos sob PD do experimento II. No experimento I, as atividades observadas no PC e no PD foram similares e superiores às do Cerrado. A β -glucosidase atua na etapa final do processo de decomposição da celulose, hidrolisando os resíduos de celobiose (Tabatabai, 1994). Como a celobiose é um dissacarídeo de rápida decomposição no solo, a maior atividade observada nas áreas agrícolas, pode estar relacionada à quantidade e à qualidade do resíduo vegetal que é retornado ao solo. Nas áreas nativas, a maior diversidade de espécies de plantas, contribui para que o resíduo orgânico (galhos, ramos, folhas, flores, frutos e sementes), que retorna ao solo, seja mais complexo, o que explicaria as baixas atividades da β -glucosidase observadas nessas áreas, uma vez que outras enzimas (celulases, ligninases) também participariam dos processos de decomposição desses resíduos. Levando-se em consideração que as plantas também constituem fontes de enzimas para o solo é possível que a contribuição das plantas cultivadas também influencie nesse aspecto. Por fim, deve-se mencionar que as diferenças entre as áreas nativas e as cultivadas também podem estar relacionadas a mudanças qualitativas na composição das comunidades microbianas presentes nessas áreas.

No experimento II, nas duas épocas de amostragem (seca e chuvosa), a atividade da arilsulfatase, na profundidade 0 a 5 cm, nos tratamentos sob PD foi superior às das áreas sob PC e vegetação nativa que foram similares. Na profundidade 5 a 20 cm não houve diferenças entre as áreas nativas e cultivadas. Resultados semelhantes também foram obtidos no experimento I, porém apenas nas amostragens realizadas na época chuvosa (as diferenças entre PD e PC desapareceram na época seca).

Independentemente da época de amostragem, nas duas profundidades avaliadas (0 a 5 cm e 5 a 20 cm), os maiores níveis de atividade da fosfatase ácida foram observados nas áreas nativas. Isso se deve ao fato de que, como nessas áreas não existe entrada de fósforo (P) via adubos químicos, toda a ciclagem desse elemento

é feita através de processos de solubilização de fontes pouco solúveis e principalmente através da mineralização do P da matéria orgânica pelas fosfatases. A redução da atividade da fosfatase nas áreas cultivadas está relacionada ao efeito inibidor do uso de adubos fosfatados prontamente solúveis (Gupta & Germida, 1988; Mendes, et al., 1999). Independentemente da época de amostragem, nas áreas sob PD do experimento II, profundidade 0 a 5 cm, a atividade da fosfatase foi maior que nas áreas de PC, apesar das maiores concentrações de fósforo (Mehlich) observadas nas áreas de PD. No experimento I esse efeito ocorreu apenas nas amostragens da estação chuvosa. A maior atividade da fosfatase ácida no PD está relacionada à ausência de revolvimento do solo, favorecendo a concentração do adubo fosfatado no sulco de plantio. Dessa forma, a inibição das fosfatases por esses adubos não é tão acentuada como no PC, onde eles são misturados ao solo.

Os valores elevados de arilsulfatase e fosfatase ácida nas áreas de PD estão relacionados e refletem a estreita relação que existe entre a química e a bioquímica dos solos. A elevada atividade de arilsulfatase nas áreas de PD deve-se à competição entre os ânions $H_2PO_4^-$ e SO_4^{2-} pelos mesmos sítios de adsorção nos colóides do solo. Como o ânion $H_2PO_4^-$ é adsorvido preferencialmente nesses sítios (Tisdale et al., 1993) e como eles são mais concentrados nas áreas de PD, ocorre uma deficiência de S, que estimula a produção e a atividade da arilsulfatase nessas áreas. Assim, nas áreas de PD a alta concentração de P extraível (P Mehlich) promove uma deficiência de S nos cinco centímetros iniciais do solo a qual é compensada pelo estímulo na atividade da arilsulfatase.

À semelhança do que foi observado com a biomassa microbiana, as plantas de cobertura também não influenciaram as atividades das três enzimas avaliadas. Em relação à dinâmica da atividade enzimática nas épocas seca e chuvosa as atividades determinadas na época chuvosa foram superiores às da época seca. Nas áreas cultivadas as diferenças entre esses dois períodos foram observadas apenas na profundidade 0 a 5 cm. Nas áreas nativas, as diferenças entre seca e chuva também foram observadas na profundidade 5 a 20 cm, embora de forma menos acentuada que na profundidade 0 a 5 cm.

3. EFEITOS DO DESMATAMENTO DE ÁREAS NATIVAS NAS PROPRIEDADES MICROBIOLÓGICAS E BIOQUÍMICAS DO SOLO.

Como parte dos trabalhos para avaliar a sensibilidade dos indicadores microbiológicos e bioquímicos, na detecção de mudanças que ocorrem no solo, foi avaliada uma área de Cerrado recém-desmatada. A vegetação presente originalmente na área era do tipo Cerrado Sentido Restrito e o solo um Latossolo Vermelho-Escuro argiloso. O desmatamento foi efetuado em agosto de 1999 (época seca), com correntão, seguido pela passagem de uma patrula para enleiramento de troncos, galhos e raízes. A seguir, foi efetuada a distribuição de calcário e incorporação com arado e grade aradora. Parte da área sob vegetação original foi preservada, servindo como referencial para avaliação das condições originais do solo. Foram determinados os teores de C na biomassa microbiana do solo, as taxas de respiração microbiana (C prontamente mineralizável) e a atividade enzimática (β -glucosidase e fosfatase ácida). As avaliações foram realizadas aos quinze dias, três meses e um ano após o desmatamento. A avaliação de três meses foi feita antes do plantio do milho e antes da adubação corretiva de fósforo. Na avaliação efetuada aos quinze dias, as coletas de solo na área nativa e na área recém-desmatada foram realizadas na profundidade 0 a 20 cm. Nas coletas realizadas aos três meses e um ano após o desmatamento, as amostragens foram estratificadas em 0 a 5 cm e 5 a 20 cm.

Na primeira amostragem realizada aos 15 dias, profundidade 0 a 20 cm, foi observada redução de 17% no C da biomassa e aumento de 21% na taxa de respiração microbiana. Os níveis de atividade enzimática não foram alterados. Entretanto, na amostragem realizada aos três meses após o desmatamento, coincidindo com o início da estação chuvosa, foram observadas, nas áreas desmatadas, profundidade 0 a 5 cm, reduções no CBM, respiração microbiana e atividade da β -glucosidase de 43%, 32% e 42%, respectivamente. Na amostragem realizada um ano após o desmatamento, as reduções no CBM e na atividade da β -glucosidase acentuaram-se mais ainda atingindo 76% e 75%, enquanto que a respiração microbiana apresentou valores similares aos da área nativa. Em relação à área nativa a atividade da fosfatase apresentou aumento de 21% na avaliação aos três meses e redução altamente significativa de 80% na avaliação realizada um ano após o desmatamento. Esse decréscimo foi consequência da adubação corretiva de fósforo realizada imediatamente após a amostragem de novembro, inibindo a atividade dessa enzima.

Na profundidade 5 a 20 cm, o comportamento das propriedades microbiológicas e bioquímicas, após o desmatamento, foi totalmente distinto da profundidade 0 a 5 cm. Os níveis de biomassa microbiana, na profundidade 5 a 20 cm foram ligeiramente superiores aos da área nativa (23% e 15% de aumento nas amostragens realizadas aos três meses e um ano). Os níveis de atividade da β -glucosidase permaneceram inalterados e a respiração microbiana dobrou (nas duas amostragens). Os aumentos na respiração microbiana podem ser atribuídos à incorporação de restos vegetais quando da aração, aumentando dessa forma a entrada de carbono que pode ser prontamente mineralizado pelos microrganismos, o que resulta no aumento da liberação de CO₂. Comparando-se os resultados obtidos, nas duas profundidades, fica claro que o impacto do desmatamento foi mais acentuado nos cinco centímetros iniciais do solo. Merece destaque a grande perda de biomassa microbiana que possivelmente está associada à ruptura de hifas de fungos micorrízicos (embora menos numerosos que as bactérias, os fungos constituem a maior parte da biomassa microbiana do solo) e à perda de parte da camada superficial do solo, quando da passagem do correntão e da patrola. Na área nativa, o maior teor de biomassa microbiana na profundidade 0 a 5 cm é consequência do acúmulo de serapilheira na superfície do solo. A presença dela aumenta a entrada de resíduos carbonados no sistema favorecendo a comunidade microbiana do solo. Essa estratificação desaparece por ocasião do revolvimento do solo, através da aração. Um ano após o desmatamento, a ruptura do equilíbrio microbiológico do solo também acarretou perdas de 30% da matéria orgânica na profundidade 0 a 5 cm. Nesse mesmo período, os teores de matéria orgânica na profundidade 5 a 20 cm permaneceram inalterados.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os parâmetros microbiológicos foram eficientes para detectar mudanças que ocorreram no solo, em virtude do sistema de manejo e da sua incorporação a atividade agrícola. Por exemplo, no experimento onde o plantio direto foi estabelecido em 1997, ainda não é possível, por meio dos teores de matéria orgânica do solo, diferenciar os sistemas de PD e PC. Entretanto, observou-se que entre os vários parâmetros microbiológicos avaliados, a atividade das enzimas arilsulfatase e fosfatase ácida, na profundidade 0 a 5 cm, diferenciaram os dois sistemas, na estação chuvosa.

Neste contexto, deve ser destacada a importância da escolha correta não só da época de amostragem, mas também da profundidade de coleta das amostras, uma vez que a maior parte das diferenças foi detectada na profundidade 0 a 5 cm.

O tempo de implantação do PD acentuou as diferenças entre os dois sistemas. No experimento II, iniciado em 1992, as diferenças entre os sistemas de PD e PC estavam mais consolidadas e foram detectadas nas épocas seca e chuvosa. No experimento I, iniciado em 1997, as diferenças entre PD e PC foram observadas apenas na época chuvosa.

Outro aspecto importante revelado nesse estudo refere-se ao impacto da atividade agrícola no funcionamento biológico e bioquímico dos solos de Cerrado. Merecem destaque a redução acentuada nos teores de C biomassa microbiana (biomassa-C), o aumento na atividade da β -glucosidase e a redução na atividade da fosfatase ácida.

O próximo passo dessas pesquisas, na Embrapa Cerrados, será o estudo das implicações agronômicas em curto, médio e longo prazos desses impactos. Várias interrogações como até que ponto a perda de biomassa microbiana nas áreas agrícolas estará relacionada a perdas de biodiversidade genética e funcional, quais as implicações da perda de biomassa e biodiversidade microbiana no funcionamento dos sistemas agrícolas e até que ponto o aumento na atividade de enzimas, como a fosfatase ácida, poderá refletir-se ou não em uma redução no uso de adubos, ainda persistem. Respostas para essas perguntas serão muito importantes para que no futuro, além das propriedades químicas e físicas, determinações das propriedades biológicas e bioquímicas possam fazer parte das rotinas de análises de solo. A agricultura do terceiro milênio não poderá ignorar o fato de que o solo possui vida e que ela é fundamental para a manutenção das outras formas de vida existentes no planeta. Dentro das perspectivas de esgotamento de importantes fontes de recursos naturais não-renováveis, o melhor entendimento do componente biológico do solo será decisivo para a resolução da equação, envolvendo manutenção de altas produtividades e sustentabilidade de sistemas agrícolas.

5. LITERATURA CITADA

- GUPTA, V.V.S.R.; GERMIDA, J.J. Distribution of microbial biomass and its activity in different soil aggregation size classes as affected by cultivation. *Soil Biology Biochemistry*, v. 20, p.777-786, 1988.
- JENKINSON, D.S.; LADD, J.M. Microbial biomass in soil: measurement and turnover. In: PAUL, E.A.; LADD, J.M. (Ed.). *Soil biochemistry*. New York: M. Dekker, 1981. v.5. p.415-471.
- MENDES, I.C.; CARNEIRO, R.G; CARVALHO, A.M; VIVALDI, L.; VARGAS, M.A.T. Biomassa C e atividade microbiana em solos de cerrado sob plantio direto e plantio convencional. Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999. 5p (Embrapa Cerrados. Pesquisa em Andamento, 5).
- SILVA, J. E., LEMAINSKI, J., RESK, D.V.S. Perdas de matéria orgânica e suas relações com a capacidade de troca catiônica em solos da região dos cerrados do oeste baiano. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.18, p.541-547, 1994.
- SMITH, J.L.; PAUL, E.A.. The significance of soil microbial biomass estimations. In: BOLLAG, J.; STOTZKY, D.G.(Ed.). *Soil biochemistry*. New York: M. Dekker, 1990. v.6. p.357-396
- TABATABAI, M.A.. Soil enzymes. In: WEAVER, R.W.; SCOTT, A.; BOTTOMLEY, P.J.(Ed.). *Methods of soil analysis: microbiological and biochemical properties*. Madison: Soil Science Society of America, 1994. Part 2. p. 778-835. (Special Publication, 5).
- THENG, B.K.G.; TATE, K.R.; SOLLINS, P.; MORIS, N.; NADKARNI, N.; TATE III, R.L. Constituents of soil organic matter in temperate and tropical soils. In: COLEMAN, D.C.; OADES, J.M.; UEHARA, G.(Ed.). *Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems*. Hawaii: University of Hawaii/NifTAL Project, 1989. p.5-31.
- TISDALE, S.; NELSON, W.L; BEATON, J.D.; HAVLIN, J.H. *Soil fertility and fertilizers*. New York: Macmillan Publishing Company, 1993. 634p.
- Agradecimentos

Ao programa Centro-Oeste de Pós-Graduação e Pesquisa PCOPG/CNPq que apóia esse projeto, ao técnico agrícola Osmar Teago de Oliveira, aos funcionários do laboratório de Microbiologia do Solo: Emílio J. Taveira; Maria das Dores Silva; Odete J. dos Santos e Vilderete Castro Alves e aos estudantes Juliana R. Alexandre; Roberto G. Carneiro; João Vicente Pereira Neto; Laura V. de Souza; Iara V. Moura e Dilma L. Sousa. À colega Mariangela Hungria por todo incentivo e apoio na divulgação desses trabalhos.

Palavras-chave: biomassa microbiana, enzimas do solo, fosfatase ácida, arilsulfatase, β -glucosidase, sustentabilidade, qualidade do solo.

ASPECTOS BÁSICOS E APLICADOS DA FIXAÇÃO SIMBIÓTICA DO NITROGÊNIO

M. HUNGRIA¹; R.J. CAMPO¹; I.C. MENDES². ¹Embrapa Soja, Cx. Postal 231, CEP 86001-970, Londrina, PR; ²Embrapa Cerrados, Cx. Postal 08223, CEP 73301-970, Planaltina, DF. E-mail: hungria@cnpso.embrapa.br.

1. INTRODUÇÃO

O nitrogênio (N) é o nutriente requerido em maior quantidade pela cultura da soja [*Glycine max* (L.) Merrill], pois os grãos são muito ricos em proteínas, apresentando um teor médio de 6,5% N. Desse modo, para produzir 1.000 kg de grãos são necessários 65 kg de N. Adicionem-se, a isso, pelo menos mais 15 kg de N para as folhas, caule e raízes e tem-se uma necessidade de 80 kg de N. Conseqüentemente, para a obtenção de rendimentos de 3.000 kg de grãos/ha são necessários 240 kg de N, dos quais 195 kg são retirados da lavoura pelos grãos. Os solos brasileiros são pobres em N, sendo capazes de fornecer, em média, apenas 10 a 15 kg de N por cultura. Desse modo, as principais fontes de fornecimento do N necessário à cultura da soja são os fertilizantes nitrogenados e o processo de fixação biológica do nitrogênio atmosférico (N₂) (FBN) (Hungria et al., 2000a, 2001).

Os fertilizantes nitrogenados representam a forma assimilada com maior rapidez pelas plantas, mas a um custo elevado, estimado em seis barris de petróleo por tonelada de NH₃ sintetizada. Um agravante na utilização dos fertilizantes nitrogenados reside na baixa eficiência de sua utilização pelas plantas, raramente ultrapassando 50%. Isso significa que, se o agricultor colocar 100 kg de N no solo, 50 kg serão perdidos, em um curto espaço de tempo, pelos processos de lixiviação (lavagem no perfil do solo por percolação ou escorrimento superficial) e transformação em formas gasosas, tanto pela desnitrificação (redução, pela ação dos microrganismos, para formas gasosas, N₂ e N₂O) como pela volatilização (perdas gasosas na forma de NH₃). Assim, para fornecer os 240 kg de N necessários para a produção de 3.000 kg/ha de soja seriam necessários, na verdade, 480 kg de N ou, considerando a aplicação de uréia (45% de N), 1.067 kg de uréia. Com o preço da uréia cotado a U\$ 160/ton, isso implicaria em um custo de U\$ 170/ha, inviabilizando economicamente a cultura. Deve-se considerar, ainda, que o uso

indiscriminado de fertilizantes nitrogenados resulta em poluição ambiental, pois a lixiviação do N e o escorramento desse nutriente pela superfície do solo geram um acúmulo de formas nitrogenadas nas águas dos rios, lagos e lençóis subterrâneos, podendo atingir níveis tóxicos às plantas, peixes e ao homem (Hungria et al., 2000a, 2001).

Pelo processo de FBN, algumas bactérias que possuem uma enzima chamada dinitrogenase são capazes de romper a tripla ligação do N₂, que representa 80% dos gases da atmosfera, provocando a sua redução até amônia (NH₃), a mesma forma obtida no processo industrial. As bactérias se associam a diversas plantas em diferentes graus de especificidade, levando à classificação como bactérias associativas, endófiticas ou simbióticas. No caso da soja, bactérias que pertencem às espécies *Bradyrhizobium japonicum* e *B. elkanii* se associam simbioticamente às plantas, formando estruturas altamente especializadas nas raízes, chamadas nódulos, nos quais ocorre o processo de fixação biológica. No caso da soja, a eficiência da FBN pode ser bastante elevada, sendo capaz de fornecer todo o N necessário ao desenvolvimento das plantas (Hungria et al., 1994, 2000a, 2001).

2. ESTIRPES DE *BRADYRHIZOBIUM*

A soja é uma planta originária da China e introduzida no Brasil, por isso, os solos brasileiros não possuem bactérias capazes de se associar simbioticamente com essa leguminosa. Conseqüentemente, no período de expansão da cultura no País, na década de 1960, foram importados inoculantes contendo bactérias de *Bradyrhizobium*. Nessa mesma época, porém, tiveram início os trabalhos de seleção de estirpes mais eficientes e competitivas para as condições brasileiras, que resultaram em diversas recomendações desde então. Hoje, quatro estirpes são recomendadas para a produção de inoculantes comerciais: SEMIA 587, SEMIA 5019 (=29w), SEMIA 5080 (=CPAC 7) e SEMIA 5079 (=CPAC 15) (Hungria et al., 1994, Vargas & Hungria, 1997). Pela legislação atual, os inoculantes comerciais devem carregar duas dessas estirpes, não importando qual a combinação, pois todas são eficientes no processo de FBN. A cada ano, porém, são lançadas cultivares mais produtivas e, para garantir o suprimento adequado de N, os rizobiologistas têm trabalhado na seleção de estirpes com maior capacidade de FBN e melhorias na técnica de inoculação. Além disso, a seleção de

estirpes também é importante porque, hoje, poucas são as áreas de primeiro ano de cultivo e os solos já possuem população de *Bradyrhizobium* "naturalizada" bastante elevada, estabelecida por inoculações anteriores. Contudo, essa população naturalizada dificulta a introdução de novas estirpes com maior capacidade de FBN, sendo necessário que a pesquisa encontre mecanismos para conferir, às estirpes com desempenho superior, maior competitividade contra as bactérias naturalizadas do solo. Considerando todos esses itens abordados, conclui-se que o processo de seleção de estirpes de *Bradyrhizobium* deve ser contínuo e é fundamental como linha de pesquisa para a cultura da soja, havendo programas de seleção que vêm sendo conduzidos com sucesso na Embrapa Cerrados e na Embrapa Soja (Vargas & Hungria, 1997; Hungria & Vargas, 2000; Hungria et al., 1999). Novas perspectivas estão surgindo, também, pelo seqüenciamento dos genes ligados à nodulação e à FBN, tarefa na qual a Embrapa Soja está envolvida. O conhecimento e a manipulação desses genes pode levar a incrementos consideráveis na contribuição da FBN.

3. CULTIVARES DE SOJA

Estudos pioneiros conduzidos por pesquisadores brasileiros nas décadas de 1960 e 1970 já apontavam para a variabilidade existente entre cultivares de soja quanto à capacidade de FBN (Hungria et al., 1994, Vargas & Hungria, 1997). Nas décadas seguintes, porém, foi dada pouca atenção ao papel da planta hospedeira, resultando em que, em uma análise recente de 152 cultivares de soja, algumas chegassem a apresentar o dobro da massa nodular e de N total acumulado na planta (Hungria & Bohrer, 2000). Cultivares contrastantes quanto à capacidade de FBN foram, então, selecionadas e cruzadas, para determinar a herança dos parâmetros relacionados à fixação. Em um dos cruzamentos, Embrapa 20 X BRS 133, o DNA da família F3 foi extraído e analisado com o uso de microssatélites, tendo sido identificados alguns marcadores moleculares que podem ser úteis nos programas de melhoramento visando a obtenção de genótipos com maior capacidade de FBN (Nicolás, 2001).

4. ADUBAÇÃO NITROGENADA X FIXAÇÃO BIOLÓGICA DO N₂

A formação de um simples nódulo é resultante de um processo complexo, envolvendo diversos estádios e a expressão de muitos

genes, tanto na bactéria, como na planta hospedeira; mais detalhes sobre o processo podem ser encontrados na revisão feita por Hungria et al. (1994). Em condições de campo, entre cinco e oito dias após a emergência já é possível observar a formação dos primeiros nódulos com bom tamanho e, ao redor de dez a 12 dias após a emergência, de quatro a oito nódulos. Quando os nódulos estão em plena atividade apresentam, em sua parte interna, coloração rósea intensa, devido à atividade da leghemoglobina, relacionada ao transporte do oxigênio. Nessa etapa, muitas vezes se observa que as plantas noduladas estão um pouco amareladas, em relação àquelas que receberam uma dose inicial de fertilizante nitrogenado. Isso ocorre porque o fertilizante nitrogenado está "pronto" para ser utilizado, enquanto que, nos nódulos, o aparato enzimático responsável pela FBN ainda está sendo estabelecido. Esses sintomas de amarelecimento, porém, desaparecem após dois ou três dias e é importante mencionar que em diversos experimentos conduzidos pela Embrapa, nas regiões Sul, Centro-Oeste e Norte, não foi constatado nenhum incremento no rendimento das plantas devido à aplicação de doses iniciais de fertilizante nitrogenado, também conhecidas como dose "de arranque" ou dose "starter" (Hungria et al., 2000a; 2001; Campo & Hungria, 2000a; Mendes et al., 2000; Crispino et al., 2001; Loureiro et al., 2001). Em Londrina, por exemplo, a adição de 20 kg de N/ha, na semeadura, resultou em diminuição 14% na nodulação, avaliada aos 30 dias, de 14% e queda no rendimento de 147 kg de grãos/ha (Hungria et al., 2001).

Após esse período inicial, a nodulação e a FBN intensificam até o período de formação de vagens, época em que a planta deve apresentar de 15 e 30 nódulos, ou 100 a 200 mg de nódulos secos por planta. Os nódulos podem continuar ativos mesmo durante o período de enchimento dos grãos e, de fato, dados obtidos na estação experimental da Embrapa Soja indicam que cerca de 70% da contribuição da FBN ocorre entre o início do florescimento e o final do período final de enchimento de grãos. No florescimento, porém, já se podem observar nódulos senescentes, com alteração da coloração da leghemoglobina para tons esverdeados ou marrons. Frequentemente, porém, nessa mesma época também se observa uma formação secundária de nódulos, que contribuem para o fornecimento de N para a planta (Hungria et al., 1994, 1999, 2001; Vargas & Hungria, 1997). Muitas vezes, como resultado do conhecimento do processo de senescência dos nódulos ou por

acreditar que a FBN não é capaz de suprir as necessidades de N das novas cultivares mais produtivas, questiona-se sobre a complementação com fertilizantes nitrogenados. Contudo, em vários experimentos conduzidos nas regiões Sul e Centro-oeste, o fornecimento de fertilizantes no florescimento (50 kg a 150 kg de N/ha), no início do enchimento dos grãos (50 kg de N/ha) ou até 400 kg N/ha parcelados em dez vezes durante o crescimento das plantas resultou em decréscimos na nodulação sem trazer benefícios ao rendimento, tanto em plantio convencional, como em plantio direto (Hungria et al., 1997, 2000a, 2001; Campo & Hungria, 2000a; Crispino et al., 2001; Loureiro et al., 2001). Cabe salientar, ainda, que, em mais de 50 ensaios de inoculação conduzidos pela "Rede Nacional de Ensaios de Inoculação da Soja", que agrupa pesquisadores de diversas instituições, o tratamento controle, com soja não inoculada recebendo 200 kg de N/ha, parcelados em 100 kg no plantio na semeadura e 100 kg no florescimento, não resultou em incrementos no rendimento em relação ao tratamento só inoculado. Assim, patamares de rendimento superiores a 4.000 kg/ha podem ser obtidos exclusivamente pela inoculação e pela FBN, não sendo necessária nenhuma complementação com fertilizantes nitrogenados (Hungria et al., 2000b).

5. A REINOCULAÇÃO DA SOJA

Conforme já mencionado, hoje mais de 90% da soja é cultivada em solos que já receberam inoculantes e, por isso, apresentam população elevada de *Bradyrhizobium*. É importante verificar, portanto, se a reinoculação da soja, nessas áreas, traz benefícios para o agricultor. Em uma análise de diversos ensaios conduzidos na "Rede Nacional de Ensaios de Inoculação da Soja", foram constatados incrementos médios no rendimento de 7,8% na Região Sul e de 3,8% na Região Centro-Oeste. Em média, para todos os ensaios, o incremento foi de 4,5%, estatisticamente significativo em relação ao tratamento não inoculado (Hungria et al., 2000b). Em alguns desses experimentos, os incrementos observados foram de até 23% no rendimento e de até 25% no teor de N dos grãos (Hungria et al., 1994; 2000b, 2001; Campo & Hungria, 2000a). Isso ocorre porque as bactérias naturalizadas do solo estão limitadas por diversos fatores ambientais e nutricionais (Hungria & Vargas, 2000). Estima-se que, de toda a população microbiana do solo, no máximo 10% dos microrganismos estejam no estádio ativo e, no caso do

Bradyrhizobium, são estimulados por substâncias liberadas na germinação das sementes e durante o crescimento das raízes. Contudo, muitas vezes as bactérias somente atingem as raízes e se tornam aptas a formar nódulos quando já há um determinado crescimento das mesmas, resultando em decréscimo na nodulação. Ao contrário, nas sementes inoculadas, carregando centenas de milhares de bactérias a formação de nódulos é imediata, havendo abundância de nódulos na coroa da raiz principal. Esses nódulos são muito importantes para o estabelecimento do processo de fixação biológica e para que a planta não sofra deficiência inicial de nitrogênio (Hungria et al., 2001).

Os retornos econômicos obtidos pela reinoculação da soja podem ser muito importantes para o agricultor, cuja competitividade é estabelecida pela máxima relação custo/benefício, justificando a reinoculação e não o uso de um insumo caro, como é o caso do fertilizante nitrogenado. Como exemplo, em um ensaio conduzido em Ponta Grossa, PR na safra 1998/99, a reinoculação resultou em um incremento de 498 kg de grãos de soja/ha, ou seja, quase 8,3 sacas (60 kg) (Campo & Hungria, 2000^a). Considerando o custo da inoculação em US\$ 2,50/ha (inoculante + aplicação) e a saca de soja a US\$ 10 haveria, portanto, ganho de US\$ 80,50/ha. Quanto aos efeitos residuais do processo biológico, sabe-se que uma cultura de soja fixando taxas elevadas de N₂ também enriquecerá o solo com seus restos culturais, deixando N para a cultura seguinte. No Paraná, por exemplo, tem-se constatado incrementos no rendimento do trigo (*Triticum aestivum* L.) cultivado sobre as parcelas onde a soja havia sido reinoculada, aumentando, assim, o retorno econômico da inoculação (Hungria et al., 1994, 2001). Além disso, outros fatores devem ser considerados, como o de que o agricultor deve evitar o empobrecimento do solo, mas evitando o uso indiscriminado de fertilizantes nitrogenados e desse modo contribuindo para a preservação das águas dos rios e lagos e economizando derivados de petróleo, uma fonte energética não renovável.

6. PRINCIPAIS FATORES QUE ATUALMENTE LIMITAM A FIXAÇÃO BIOLÓGICA DO N₂ EM NOSSOS SOLOS

As temperaturas elevadas e o estresse hídrico, muitas vezes atuando juntos, são os principais fatores ambientais limitantes à FBN nos trópicos, afetando a simbiose em todos os estádios. O período mais

crítico, porém, é o inicial, quando o solo está descoberto, podendo atingir temperaturas superiores a 40°C na superfície, prejudicando a sobrevivência do rizóbio e a infecção das raízes. Nesse contexto, a semeadura direta é extremamente favorável, pois a cobertura do solo reduz as temperaturas e mantém a umidade por mais tempo (Hungria & Vargas, 2000).

As leguminosas que fixam N₂ são nutricionalmente mais exigentes, pois requerem os nutrientes necessários à planta hospedeira, ao rizóbio e ao sistema simbiótico. Desse modo, todo o trabalho de inoculação pode ser perdido se o agricultor não realizar calagem na dose adequada e com antecedência mínima para reação do calcário. O mesmo ocorre se houver deficiência de cálcio, fósforo, magnésio, enfim, todos os macro e micronutrientes (Hungria et al., 1994; Vargas & Hungria, 1994). Atenção especial, porém, deve ser dada aos micronutrientes cobalto (Co) e molibdênio (Mo), que participam diretamente do processo de FBN. Atualmente, mesmo em solos onde não ocorria deficiência desses micronutrientes, com a intensificação da agricultura têm sido constatadas, com freqüência, deficiências de Mo e Co. Assim, grandes incrementos no rendimento da soja vêm sido obtidos com a suplementação desses micronutrientes em solos deficientes, por exemplo, em um Latossolo Roxo de Londrina que, tradicionalmente, não respondia à aplicação de micronutrientes após a calagem, foram constatados ganhos no rendimento de grãos de 492 kg/ha pela aplicação de Mo e Co ao tratamento inoculado (Campo et al., 1999). Desse modo, as indicações técnicas atuais são de 2 a 3 g de Co e 12 a 30 g de Mo/ha. Com a aplicação de micronutrientes no tratamento de sementes, porém, surgiram alguns problemas, pois as formas salinas e/ou formulações inadequadas nas sementes podem afetar drasticamente a sobrevivência da bactéria, a nodulação e a eficiência da FBN. Isso foi recentemente demonstrado por Campo et al. (1999) e Campo & Hungria (2000a), que, com o teste de diversas fontes de Co e Mo, verificaram que diversas delas apresentavam grau elevado de toxicidade ao *Bradyrhizobium*. Detalhes sobre tecnologias e métodos alternativos de aplicação de micronutrientes e sobre sementes enriquecidas podem ser encontrados na palestra de R.J. Campo e colaboradores, neste congresso.

Há muito se conhece que os rizóbios são sensíveis a fungicidas, herbicidas e nematicidas que, por isso, devem ser usados com cautela. Com a expansão da soja e a falta de cuidados

fitossanitários, aumento na incidência de patógenos para todas as áreas cultivadas tem sido observado, resultando em incremento no número de princípios ativos de fungicidas recomendados. Além disso, para evitar problemas na emergência da soja, passou-se a recomendar as combinações de fungicidas sistêmico + contato. Contudo, com as alterações ocorridas nas formulações dos fungicidas e pelo uso da mistura de fungicidas, os efeitos tóxicos desses no processo de FBN tornaram-se muito significativos. Em consequência, nos últimos anos tem-se observado mortalidade elevada de células de *Bradyrhizobium* nas sementes tratadas com fungicidas, reduzindo a nodulação e, muitas vezes, o rendimento das culturas. Os efeitos variam com a formulação do fungicidas e com o tipo de solo; em solos de primeiro cultivo pobres em N, podem resultar na perda total da lavoura. Em solos com população estabelecida de *Bradyrhizobium* dificilmente ocorre perda da cultura, pois já existem muitas bactérias introduzidas pelas inoculações anteriores e, embora ocorra mortalidade, em geral, haverá a formação dos nódulos, mas os ganhos de rendimento resultantes da reinoculação serão perdidos (Campo & Hungria, 2000b; Hungria et al., 2001).

A qualidade do inoculante é essencial ao sucesso da FBN, pois a boa nodulação é o resultado da inoculação com grande número de células viáveis. Pela legislação atual, o inoculante deve permitir uma população mínima de 160.000 células/semente, mas a recomendação para a cultura da soja nas diversas regiões do País já é de 300.000 células/semente. Contudo, a população desejável para garantir boas taxas de FBN é de 1 milhão de células/semente. Essa concentração de células é ainda mais crítica na presença de fungicidas e micronutrientes, pois, para diminuir os problemas de toxicidade ao *Bradyrhizobium* deve-se colocar o maior número possível de células nas sementes. Os inoculantes também devem ser isentos de contaminantes e, pela legislação atual, nenhum outro microrganismo pode ser detectado na concentração 10^{-5} . Os inoculantes turfosos e produzidos em substrato estéril são os mais testados pela pesquisa, não havendo dúvidas sobre a sua eficiência agronômica. Contudo, a utilização de um adesivo para aumentar a aderência da turfa às sementes, como solução açucarada a 10%, é crítica, aumentando em até 90% a aderência (Brandão Junior et al., 1999). Hoje, cerca de 50% dos inoculantes comercializados no Brasil não são à base de turfa, pois os agricultores preferem utilizar novas formulações

líquidas, que facilitem o trabalho da inoculação e diminuam o desgaste das máquinas. O bom desempenho de um inoculante não-turfoso, porém, depende das moléculas protetoras de rizóbio presentes nas formulações, que devem oferecer proteção comparável à da turfa em condições de estresses hídricos e temperaturas elevadas, que ocorrem com bastante freqüência na hora da semeadura. Contudo, nem todos os inoculantes oferecem proteção adequada, conforme foi constatado em diversas avaliações feitas na Embrapa Soja (Campo & Hungria, 2000a; Hungria et al., 2000a). Em breve, para manter ou obter o registro no MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento), todos os inoculantes não-turfosos deverão comprovar a eficiência agronômica, isto é, apresentar nodulação e rendimento de grãos comparáveis aos obtidos com inoculante turfoso padrão e serem estatisticamente superiores à testemunha não inoculada.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo de fixação biológica do N₂, que ocorre pela associação de bactérias das espécies *Bradyrhizobium japonicum* e *B. elkanii* com soja é essencial para o sucesso da cultura no Brasil. Desse modo, para que a soja não consuma o N do solo e para que o agricultor não aumente o seu gasto com a compra de fertilizantes, basta inocular a soja. Os fertilizantes nitrogenados prejudicam a FBN e, em qualquer fase do crescimento da soja, experimentos têm constatado que sua aplicação não resulta em quaisquer incrementos no rendimento. Em solos já inoculados anteriormente, a reinoculação adiciona bactérias em estádio fisiológico mais adequado à formação dos nódulos e em maior concentração junto às sementes, resultando em incrementos na nodulação e no rendimento de grãos, além de apresentar efeitos residuais, pela adição de restos culturais com teores mais elevados de N.

8. LITERATURA CITADA

- BRANDÃO JUNIOR, O.; HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J..J. Inoculação de sementes de soja: efeito da dose de inoculante turfoso e do uso de açúcar como aderente da turfa. Londrina: Embrapa Soja, 1999. 7p. (Embrapa Soja. Comunicado Técnico, 61).
- CAMPO, R.J.; ALBINO, U.B; HUNGRIA, M. Métodos de aplicação de micronutrientes na nodulação e na fixação biológica do N₂ em soja.

Londrina: Embrapa Soja, 1999. (Embrapa Soja. Pesquisa em Andamento, 19). 7p.

CAMPO, R.J.; HUNGRIA, M. Inoculação da soja em sistema de plantio direto. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS NO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 1., Ponta Grossa, 2000a. Anais... Ponta Grossa: Associação dos Engenheiros Agrônomos, p.146-160.

CAMPO, R.J.; HUNGRIA, M. Compatibilidade do uso de inoculantes e fungicidas no tratamento de sementes de soja. Londrina: Embrapa Soja, 2000b. 32p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 26).

HUNGRIA, M.; BOHRER, T.R.J. Variability of nodulation and dinitrogen fixation capacity among soybean cultivars. *Biology and Fertility of Soils* v.31, p.45-52, 2000.

HUNGRIA, M.; VARGAS, M.A.T. environmental factors affecting N₂ fixation in grain legumes in the tropics, with an emphasis on Brazil. *Field Crops Research* v.65, p.151-164, 2000.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; MENDES, I.C. A fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja. Londrina: Embrapa Soja, 2001. 48p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 35).

CRISPINO, C. C.; FRANCHINI, J.C.; MORAES, J.Z.; SIBALDELLE, R.N.R.; LOUREIRO, M.F.; SANTOS, E.N.; CAMPO, R.J.; HUNGRIA, M. Adubação nitrogenada na cultura da soja. Londrina: Embrapa Soja, 2001. 6p. (Embrapa Soja. Comunicado Técnico, 75).

HUNGRIA, M.; VARGAS, M.A.T.; ANDRADE, D.S.; CAMPO, R.J.; CHUEIRE, L.M.O.; FERREIRA, M.C.; MENDES, I.C. Fixação biológica do nitrogênio em leguminosas de grãos. In: SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S.; LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G.; FAQUIN, V.; FURTINNI NETO, A.E.; CARVALHO, J.G., eds. *Soil fertility, soil biology and plant nutrition interrelationships*. Viçosa: SBCS, Lavras:UFLA/DCS, 1999. p.597-620.

HUNGRIA, M.; VARGAS, M.A.T.; ARAUJO, R.S.; KURIHARA, C.; MAEDA, S.; SÁ, E.S.; CAMPO, R.J.; CATTELAN, A.J.; MENDES, I.C.; OLIVEIRA, M.C.N. Brazilian trials to evaluate the effects of soybean reinoculation. In: PEDROSA, F.O.; HUNGRIA, M.; YATES, M.G.; NEWTON, W.E., eds. *Nitrogen fixation: from molecules to crop productivity*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000b. p.549.

- HUNGRIA, M.; VARGAS, M.A.T.; CAMPO, R.J.; GALERANI, P.R. Adubação nitrogenada na soja? Londrina: Embrapa Soja, 1997. 4p. (Embrapa Soja. Comunicado Técnico, 57).
- HUNGRIA, M.; VARGAS, M.A.T.; SUHET, A.R.; PERES, J.R.R. Fixação biológica do nitrogênio em soja. In: ARAUJO, R.S.; HUNGRIA, M., eds. Microrganismos de importância agrícola. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. p.9-89.
- LOUREIRO, M.F.; SANTOS, E.N.; HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J. Efeito da reinoculação e da adubação nitrogenada no rendimento da soja em Mato Grosso. Londrina: Embrapa Soja, 2001. 4p. (Embrapa Soja. Comunicado Técnico, 74).
- MENDES, I.C.; HUNGRIA, M ; VARGAS, M.A.T.; Resposta da soja à adubação nitrogenada na semeadura, em sistemas de plantio direto e convencional na Região do Cerrado. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2000. 15p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa, 12).
- NICOLAS, M.F. Fixação biológica do nitrogênio e nodulação em cultivares de soja brasileiras: controle genético e mapeamento dos QTLs que controlam esses caracteres. 2001. 134f. Tese (Doutorado em genética) – Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- VARGAS, M.A.T.; HUNGRIA, M. Fixação biológica do N₂ na cultura da soja. In: VARGAS, M.A.T.; HUNGRIA, M. (Eds.). Biologia dos solos de Cerrados. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1997. p. 297-360.

Agradecimentos

Os microbiologistas da Embrapa Soja são apoiados, em sua pesquisa, pelo CNPq/FINEP/MCT, Grupo de Excelência em Fixação do Nitrogênio (41.96.0884.00). M. Hungria agradece o auxílio de bolsas e financiamento de projetos pelo CNPq (520396/96-0).

Palavras chave: *Bradyrhizobium*, inoculação, microbiologia do solo, nitrogênio, soja, tratamento de sementes.

A NOVA LEI AGRÍCOLA DOS EUA E OS SUBSÍDIOS PARA A SOJA

Sávio Pereira

Apenas ao reduzir o *Loan Rate* da soja de US\$ 5,26/bushel para US\$ 5,00 e ao mesmo tempo aumentar o do milho de US\$ 1,89/bushel para US\$ 1,95, criou-se a falsa idéia de que a nova lei agrícola dos EUA seria favorável ao plantio da oleaginosa. É o que se pretende mostrar a seguir:

Em primeiro lugar é preciso deixar bastante claro que o nível do *Loan Rate* aprovado para a soja está acima do mercado: 5,00 contra 4,50 do mercado, ou 11,1% a mais, mantendo o produtor norte americano isolado das agruras do mercado internacional.

Ao se observar apenas a relação entre os *Loans* de soja e milho e se constata-se que ela caiu de 2,80 para 2,56, havendo uma aparente melhora para o milho. Entretanto esta ligeira mudança está ainda longe da relação media de 1,8 entre os preços do governo anteriores á Lei Agrícola de 1996 e acima dos 2,45 observados no mercado, também antes de 1996. Assim, se consideramos que a Lei de 1996 foi amplamente favorável à soja, as mudanças na atual lei não reverteram aquela vantagem.

Os produtores de soja passam agora a contar pela primeira vez na historia com os chamados *Target Prices*, que para todos os produtos (trigo, milho, soja, algodão), são fixados em níveis altamente remuneradores, independentemente do mercado. Apesar destes *Targets Prices* estarem relacionados a pagamentos históricos, são uma garantia absoluta de renda para o produtor qualquer que seja a cultura que ele deseje plantar.

Devemos considerar que o pacote da lei agrícola no que se refere ao Titulo I da Lei, Commodities, foi concebido como uma garantia absoluta de renda/remuneração bastante satisfatória para o produtor, podendo ele correr o risco de plantar a cultura de sua preferencia, que na realidade, no caso da soja, se torna quase um opção binária soja/milho. Como está mostrado em 1 e 2 se compararmos com a realidade pré 1996, a situação continua muito favorável à soja.

Por outro lado, apesar dos pagamentos fixos e contra cíclicos se referirem ao plantio no passado, o efeito riqueza mencionado em 3 e 4, e a permissão para atualização da base de área para seu recebimento, impossibilita sua notificação na OMC como *decoupled*.

A NOVA LEI AGRÍCOLA DOS EUA

	Milho	Soja	Trigo	Algodão	Total
1920	36,46	-	27,52	14,53	140,27
1930	34,60	1,25	27,36	17,52	149,53
1940	30,92	4,25	25,01	10,08	140,87
1950	29,30	6,07	28,85	7,65	142,94
1960	28,90	9,87	22,22	6,52	124,89
1970	23,23	17,44	19,71	4,82	118,66
1980	29,54	28,29	32,70	5,87	143,95
1990	27,11	23,39	31,16	4,98	132,05
2000	30,00	30,00	24,00	6,27	129,00

Fonte: USDA.

AREA PLANTADA NOS EUA

PAGAMENTOS COM PREÇO DE 15/05/02

	PF	C.C	T. Price	Mercado
Trigo	19,10	19,73	141,83	99,76
Milho	11,02	10,24	102,36	81,10
Algodão	6,67		72,40	38,00
Soja	0,44	0,36	5,80	4,50

PAGAMENTO POR HECTARE

	PF	C.C	TOTAL
Trigo	52,52	54,25	106,77
Milho	94,11	87,45	181,56
Soja	39,68	35,71	75,39

COERÊNCIA TECNOLÓGICA NA PROPRIEDADE RURAL

R. S. SETTE; L. M. ANTONIALLI – Professores do Departamento de Administração e Economia da Universidade Federal de Lavras, DAE/UFLA, CEP 37.200-000, Lavras-MG, E-mail: ricsouza@ufla.br

Após a batalha da produtividade acontecida nas últimas décadas, a empresas rurais na atualidade estão buscando a eficiência, o enxugamento na estrutura produtiva e a redução dos custos. No campo dos processos produtivos é que se darão as guerras da atual década. Vencedor será quem tiver competência para identificar processos produtivos que permitam o equilíbrio entre eficiência técnica, econômica, social e ecológica. Estes processos não podem estar fundamentados puramente nas ações dentro da porteira das propriedades rurais, sem uma política específica que coloque a agricultura em posição de igualdade com outros países. Sistemas produtivos puramente baseados em altas produtividades podem tornar-se inviáveis economicamente, como tem sido observado nos últimos anos no Brasil. Ou os responsáveis pela política econômica e agrícola brasileira tomam providências para viabilizar o setor agropecuário ou teremos grandes transformações nos sistemas de produção, com consequências sociais e econômicas extremamente sérias e irreversíveis. No momento, só resta aos produtores se unirem em defesa de uma política coerente. No médio e longo prazos terão que se adequarem aos processos tecnológicos que viabilizem a produção, seja a de alta produtividade ou outras, em função das políticas adotadas. Altas produtividades ou altos volume de produção não significam necessariamente adoção de alta tecnologia. Mais importante é a produção através de um sistema adequado, buscando coerência nos aspectos tecnológicos, econômicos, sociais e ecológicos.

Para obtenção de lucratividade em qualquer atividade atualmente, o produtor deve conduzir seu sistemas produtivos de forma eficiente e eficaz, observando os seguintes pontos: 1) adequar do sistema produtivo (estratégia): todo sistema de produtivo deve ser absolutamente adequado em termos de preparo, correção e adubação do solo; genética da semente; épocas de plantio, tratos culturais e colheita; maquinário adequado e compatível; e acompanhamento do processo produtivo; 2) planejar para implantar e conduzir o sistema produtivo: definir as metas a serem realizadas

a cada ano; quando e por quanto comprar insumos, máquinas e equipamentos, quando fazer a manutenção das máquinas, equipamentos, benfeitorias e conservação das terras; 3) organizar a propriedade: em função do que foi planejado deve-se definir e agir no que diz respeito aos aspectos materiais e humanos. Para os materiais, definir e executar as técnicas de conservação, manutenção, os novos investimentos, colocar as ferramentas e utensílios no lugar adequado eliminando as desnecessárias, manter a limpeza. Na área de pessoal, deve-se definir os cargos e tarefas para cada funcionário, definir as regras e transmiti-las aos funcionários, cumprir a legislação, definir e implantar os sistemas de controle financeiros, de produção, de manutenção, entre outros; 4) agir para fazer acontecer: nada acontece sem a ação do proprietário, gerente e/ou funcionários. Primeiro, deve-se treinar para fazer, aprender a fazer e/ou ensinar os funcionários a fazerem através de treinamento (cursos, leituras, visitas ou assistência técnica) e, depois, realizar as tarefas tendo como base o comando, a liderança e a motivação. Finalmente, após a realização, é necessário coletar dados para posterior análise e correção de rumos; 5) analisar e corrigir os rumos: a partir dos dados coletados faz-se a análise para verificar se as ações estão gerando resultados de acordo com o que foi planejado (verificar se as metas estão sendo atingidas). Se estão, continuar o processo; se as metas não estão sendo atendidas a contento, torna-se necessário tomar medidas corretivas, que podem ser através de novos treinamentos, o aprimoramento de um processo ou até mesmo a redefinição das metas e objetivos. O grande desafio cabe ao gerente escolher um sistema de produção que produza com qualidade e a custos compatíveis com o que a sociedade está disposta a pagar. Isto só é conseguido através do conhecimento, o qual pode vir da pesquisa, da observação, da experimentação, dos erros e acertos, das trocas de experiência, em fim, da aprendizagem. Para se ter sucesso em qualquer atividade ou ramo de negócio hoje em dia, só acontece trilhando o caminho da aprendizagem. Tecnologia, segundo Longo (1984), é o conjunto organizado de todos os conhecimentos, científicos ou empíricos, empregados na produção e comercialização de bens e serviços. Já, Kruglianskas (1996), define tecnologia como o conjunto de conhecimentos necessários para se conceber, produzir e distribuir bens e serviços de forma competitiva. Segundo Dosi (1988), a evolução tecnológica de uma empresa é um processo contínuo de absorção e criação de

conhecimento técnico, denominado por fatores externos e pelo histórico de evolução de habilidades e experiências internas. O processo de adoção de tecnologia por uma empresa, está intimamente ligado com o processo de aprendizagem organizacional, ou seja, a nova tecnologia deve passar por um processo em que os indivíduos e a organização aprendam e tenham domínio sobre ela, dessa forma, a tecnologia passa a ser incorporada à cultura da empresa. Há relativamente poucos trabalhos que tratam da capacitação tecnológica das empresas rurais. O tema vem despertando a atenção de acadêmicos e executivos, não só pela importância conquistada por este setor, mas também pelo fato de que estas organizações apresentam uma série de características e em função da vantagem competitiva do Brasil no agronegócio. Desta forma, têm aumentado progressivamente a importância conferida a modernização tecnológica das propriedades rurais como instrumento de buscar e alcançar a competitividade, a qualidade, a eficiência e a produtividade. A sobrevivência das empresas significa cada vez mais aprender a aprender, isto é, tornar-se uma empresa inteligente, ágil e adaptativa. Com o aumento vertiginoso da velocidade das mudanças no ambiente dos negócios, a aprendizagem está se tornando a forma predominante de trabalho. As empresas rurais têm que adequarem a esta nova estrutura de trabalho para sobreviverem a estes tempos modernos na era da informação e da globalização. O campo de estudos sobre estratégias de inovação e gestão tecnológica nas empresas rurais ainda possuem uma imagem pouco dinâmica, devido a fatores como: a) bases financeiras limitadas; b) setores relativamente tradicionais em que atuam; c) restrita disponibilidade de recursos humanos qualificados; d) pouco sofisticada estrutura organizacional; e) escassez de competência de planejamento; f) limites de investimento. Pesquisa realizada por Spínosa (1990), na região venezuelana de Zulia, ressalta a importância da tecnologia como insumo básico para qualquer atividade produtiva, e a gestão da tecnologia é uma forma de contribuir para o manejo dos aspectos tecnológicos, como forma de obter produtividade e eficiência empresarial. Trabalhos realizados em atividades do agronegócio têm evidenciado a ausência nas empresas de uma unidade administrativa orientada para a gestão tecnológica, apontando um conjunto de falhas nesta atividade, que proporcionam problemas no âmbito dos processos e produtos. Harvey et al. (1992), analisando as relações entre os problemas de

produtividade e adoção de tecnologia nas pequenas empresas, enfatiza que há uma tendência a considerar que a gestão da base tecnológica deve ser realizada através de um esforço participativo, envolvendo decisões do mais baixo ao mais alto escalão, em vez de se utilizar estruturas com excessiva centralização. O mesmo tem sido observado nas empresas do setor agropecuário. Prefontaine et al. (1992), fazem uma tipologia das capacitações ou ativos organizacionais, que podem estimular o processo de adoção de novas tecnologias e o desenvolvimento tecnológico das empresas, através da acumulação de conhecimentos e experiências. Tal tipologia classifica essas capacitações organizacionais em: 1) *ativos tecnológicos*, que promovem a capacitação tecnológica da empresa para conquistar a vantagem competitiva em áreas como redução de custos, aumento da flexibilidade produtiva, diversificação e melhoria da qualidade; 2) *ativos organizacionais*, incluem as características estruturais e culturais que promovem benefícios no ambiente de trabalho, qualificação dos trabalhadores e, a presença de mecanismos que facilitam a absorção e acumulação da base de conhecimentos; finalmente, 3) *ativos de interfaceamento*, que favorecem a rede de comunicação inter e intra-firmas, dando maior condição da empresa adaptar-se rapidamente ao ambiente. A palavra "ativo" utilizado pelos autores, têm o sentido de capacitação, referindo-se a todos ativos tangíveis e intangíveis, descrevendo uma realidade complexa e multifacetada. Nesse sentido, em uma propriedade rural pode-se considerar os seguintes ativos envolvidos no processo de adoção de tecnologia:

ATIVOS TECNOLÓGICOS:

recursos financeiros para investimentos em tecnologia;
importância estratégica da tecnologia;
experiência técnica dos proprietários;
experiência técnica do pessoal;
motivação dos funcionários;
acumulação de conhecimento (rotinas e procedimentos).

ATIVOS ORGANIZACIONAIS:

estrutura e cultura da organização;
clima organizacional;
habilidade humana dos proprietários;
acumulação de conhecimento (processo de decisão);
acumulação de conhecimento (planejamento estratégico).

ATIVOS DE INTERFACEAMENTO:

interface com a cooperativa;
interface com fornecedores;
interface entre concorrentes;
interface com universidades e centros de pesquisa;
interface com a assistência técnica contratada;
interface com o ambiente governamental.

As *capacitações ou ativos tecnológicos*, apresentam como pontos fortes a importância estratégica dada à tecnologia, que é uma maneira de garantir a competitividade da empresa. A capacidade do agropecuarista em utilizar estes ativos podem definir o seu nível tecnológico, sua capacidade de sobrevivência e competitividade no agronegócio. Desde quando foram introduzidas as tecnologias modernas de produção agrícola em nosso país, ouve-se falar no aumento da produtividade e suas justificativas (para reduzir custos, para aumentar a oferta de alimentos, para acabar com a fome, entre outras). A quem interessa esse aumento de produtividade? Ao consumidor, pela redução de preços? Ao ambiente pela redução na área cultivada? Aos fornecedores de insumos, pelo aumento no consumo dos mesmos? Aos produtores rurais, pelos ganhos e perdas? Ganhos, para aqueles que têm acesso à tecnologia, condições de aplicá-las e volume de produção. Ou perdas, para a grande maioria dos pequenos produtores. Coerência e adequação tecnológica tem por objetivo o desafio de obter lucro, preservar o meio ambiente e promover a justiça social. Esse deve ser o tema central dos próximos anos, para que seja garantida a sustentabilidade da agropecuária brasileira. Cada empresário rural deve analisar o conjunto de capacitações (ativos tecnológicos, organizacionais e de interfaceamento) disponíveis em sua fazenda e região na tentativa de adequar a tecnologia à sua realidade. Em outras palavras, deve procurar a coerência na gestão tecnológica optando por selecionar entre as várias tecnologias disponíveis no mercado aquelas mais adequadas às suas particularidades. Esse é o grande desafio dos empresários rurais na tentativa de atingir a eficiência técnica, econômica, social e ecológica. Há 30 anos assistimos a definição e implementação de políticas que buscaram aumentar a produção agropecuária no Brasil, incluídos produtos como soja, milho, café, leite entre outros. Aumentos na produção e produtividade contribuem para o aumento da oferta que, se não tiverem uma contrapartida para aumentar a demanda, a tendência natural é a queda dos preços. Como consequência histórica desse

processo vem ocorrendo a descapitalização dos produtores. Diante desse fato e sabendo-se da importância que as atividades agropecuárias representam para a economia e para os aspectos sociais brasileiros é chegada a hora de direcionar esforços para o aumento da demanda desses produtos pelos consumidores. Somente campanhas de marketing bem estruturadas poderão conscientizar os consumidores dos grandes centros a valorizarem o agronegócio brasileiro.

Palavras-chave: Tecnologia, Administração, Agronegócio

BIBLIOGRAFIA

- DOSI, G. *The nature of innovative process*. In: DOSI, G. *Technical change and economic theory*. London, Pinter, 1988.
- HARVEY, J.; LEFEBVRE, L.A. e LEFEBVRE, E. Exploring the relationship between productivity problems and technology adoption in small manufacturing firms. *IEEE Transactions on Engineering Management*. v. 39, n.4, p: 352-357, november. 1992.
- KRUGLIANSKAS, I. *Tornando a pequena e média empresa competitiva*. São Paulo, Instituto de Estudos Gerenciais e Editora, 1996.
- LONGO, W.P. *Tecnologia e soberania nacional*. São Paulo, Nobel, PROMOCET, 1994.
- MATTAR, F.N. *Pesquisa de marketing: metodologia e planejamento*. São Paulo, Atlas, 1996.
- PREFONTAINE, L.; SICOTTE, H. e GAGNON, Y.C. Defining organizational assets in small firms: a prerequisite to successful technology adoption. In: KHALIL, T. & BAYRAKTAR, B. *Management of technology III*. Institute of Industrial Engineers. p: 638-647. 1992.
- SOUZA, R. de. et al. *Administração da fazenda*. Rio de Janeiro, Editora Globo Rural, 1988.
- SETTE, R. S. *Estratégia Empresarial*. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998.
- SPINOSA, G.L. *gestión, aprendizaje y capacidad tecnológica en la industria de alimentos: el caso de la industria láctea en la región Zuliana*. Maracaibo, Universidad del Zulia, Facultad Experimental de Ciencias. 1990.

MR 514 - SISTEMA DE PLANTIO DIRETO & CERTIFICAÇÃO DE PRODUÇÃO ORGÂNICA IBD

DENNIS DITCHFIELD

O IBD –Associação de Certificação Instituto Biobinâmico- iniciou os trabalhos de certificação em 1990 desenvolvendo um sistema de certificação adequado às condições brasileiras e latino americanas buscando respeitar as características regionais dos projetos. O IBD é o único certificador brasileiro reconhecido internacionalmente. Seu sistema de qualidade é controlado e credenciado pelo programa de credenciamento IFOAM(International Federation of Organic Agriculture Movements) e pela instância de credenciamento EN45011/ISO 65 do DAR(Deutsche Akkreditierungs Rat) garantindo o acesso aos mercados da Europa, Estados Unidos e Japão .O IBD elabora as diretrizes para os padrões de qualidade Orgânico Instituto Biodinâmico e Demeter cujos selos são símbolos de processos mais ecológicos de cultivos e produção de alimentos.

Atualmente o IBD certifica cerca de 490 projetos, com mais de 30 tipos de produtos, em área aproximada de 300.000 hectares.

Os critérios básicos do sistema orgânico de produção e o plantio direto na palha tem vários pontos em comum, como a proteção da fertilidade dos solos, rotação de culturas, controle de erosão, intervenção cautelosa no solo, fornecimento de nutrientes de forma equilibrada às plantas, ‘conservação da água e preservação da vida’. Visando principalmente a soja, há um aumento de plantio de grãos no sistema orgânico de produção sendo acompanhados pelo IBD. Os dados de 2001 apresentam 7213,64 ha certificados como orgânicos e 2509,98 ha em conversão, totalizando 9723,62 ha. O Estado do Paraná apresenta a maior área plantada com soja orgânica e o maior número de produtores e o Estado do Mato Grosso tem a segunda maior área plantada de soja orgânica em um único produtor.

Os dados de 2002 apresentam 9324,71 ha de soja certificados orgânicos e 2435,23 ha em conversão, totalizando 11759,94 ha .Aumento anual de 20,94%.

O preço da soja orgânica certificada paga ao produtor nessa safra é de cerca de US\$ 250 por tonelada.

Os insumos utilizados para adubação de soja para orgânico são disponíveis no mercado em geral.

As técnicas de controle de doenças e insetos com produtos permitidos não dificultam o manejo orgânico.

O controle de plantas espontâneas necessita de um conhecimento detalhado da realidade de campo, das infestações, do prazo e potencial de cobertura do solo pela soja .As rotações e sucessões de culturas devem ser estudadas para atender o relaxamento da mão de obra e a redução das intervenções mecânicas.

Em áreas limpas ou com baixa infestação de plantas espontâneas, devido a um manejo adequado de rotação e sucessão, é possível a implantação do plantio direto. Normalmente para o controle de plantas espontâneas, nesse caso, é utilizado a capina manual.

Em geral se utiliza no início da implantação do sistema orgânico para soja um preparo de solo profundo quando se realizam as correções necessárias com insumos permitidos e visando um fornecimento de nutrientes a médio e longo prazos de forma equilibrada. Nos plantios subsequentes, em geral, são utilizados preparamos mínimos.

Em áreas maiores, se faz uma `catação` mecânica das reboleiras de plantas espontâneas com uma gradagem localizada, pós colheita e antes do plantio da cultura em sucessão ou rotação.O retoque é realizado manualmente durante o ciclo da soja.

Há uma busca permanente de para se atingir um plantio direto orgânico de grãos.

Algumas ações estão sendo realizadas para o controle de ervas no sistema de produção de soja orgânica:

-A rotação e sucessão em prazos e condições adequadas. As condições climáticas conhecidas.

-O conforto da planta. Distribuição das plantas, densidade correta e arquitetura de planta.

-Implementos com uso de fogo e eletricidade são testados.

-Implementos tipo roçadeiras entre linhas.

-Produtos formulados com substâncias permitidas em testes para dessecação.

-Melhoramento genético.

-Rotação com pastagens orgânicas buscando um prazo maior entre cultivos do solo.

Pontos gerais que são analisados como Conformidades Com os Critérios de Certificação IBD para Produção:

Geral : conhecimento das diretrizes, mapa ou croqui, divisas, plano de conversão.

Culturas: plano de manejo, adubação, controle de doenças, pragas e ervas, produção paralela, sementes e mudas, documentação(tabelas de insumos comprados, aplicados e lista de glebas e talhões).

Animais : manejo de pastagem, manejo reprodutivo, lotação, nutrição e manejo veterinário.

Estoque : separação de estoques, combate a microorganismos, insetos, roedores, documentação de estoque.

Comercialização : documentação das vendas(produtos vendidos, notas fiscais), etiquetagem, certificados de exportação.

Sustentabilidade ambiental : conservação de solo, conservação de água, áreas de preservação, biodiversidade.

Sustentabilidade social : legislação trabalhista, política de recursos humanos, uso de equipamento de proteção individual.

LIMITATIONS RESULTING FROM ABIOTIC FACTORS, ESPECIALLY INADEQUATE WATER, ON SOYBEAN YIELD IN LOW-LATITUDE AREAS

T.R. SINCLAIR¹; L.C. PURCELL². ¹USDA-ARS, University of Florida, Agronomy Department, PO Box 110965, Gainesville, FL 32611-0965, USA (trsincl@gnv.ifas.ufl.edu); ²University of Arkansas, Department of Crop, Soil and Environmental Sciences, 1366 Altheimer Drive, Fayetteville, AR 72704, USA

Consideration of abiotic limitations on soybean yield is a daunting task because all aspects of the environment not attributable to biological activity are included. In the space assigned to this paper only the major environmental factors limiting soybean development, growth, and yield in lower-latitude areas will be considered.

The first section of this paper is devoted to a very brief review of several environmental limitations that to a large extent have been successfully resolved. The next section will deal with the limitation of inadequate water, which is currently likely to be the greatest abiotic limitation to increased soybean production. The final section deals with possible plant adaptations that might contribute to ameliorating the limitation of soil drying on soybean yield.

Overview of Non-Water Environmental Limitations

Daylength. Plant development in most soybean cultivars is very dependent on daylength because reproductive development is usually initiated when the plants are subjected to short daylengths. Since much of the initial collection of soybean germplasm was from high-latitude regions of Asia, these lines evolved to flower when long days shortened in the summer. Consequently, introduction of these soybean lines into low-latitude areas in which daylengths were always relatively short resulted in flowering early in plant development and, consequently, plants were short statured and low yielding. Identification and breeding of soybean germplasm for delayed flowering under the short daylengths of lower latitudes was a critical success in the adaptation of soybean for production in the low latitudes of the United States, then even lower latitudes of Brazil, and finally the very low latitudes of the cerrados in Brazil.

The identification of a 'long juvenile' trait in PI 159925, which gave delayed flowering (Sinclair and Hinson, 1992; Cairo et al., 1999), was critical in the early development of soybean for very low-latitude regions (Hartwig and Kiihl, 1979). Subsequently, Ray et al. (1995) found that the 'long-juvenile' trait expressed in PI 159925 was controlled by a single recessive gene. Detailed anatomical studies demonstrated that each stage in the development of flowers was greatly slowed in 'long juvenile' lines (personal communication, E.N. Morandi, Universidad Nacional de Rosario, Argentina). Hence, the original label for this trait as 'long juvenile' is botanically incorrect. Nevertheless, the gene from PI 159925, and now other sources, has been well exploited to develop high-yielding cultivars for the very low latitude regions of Brazil (Kiihl and Garcia, 1989).

An additional opportunity for improved soybean production might exist in lower latitudes by exploiting daylength sensitivity to shorten the growing season. In the southern United States, there has been a shift from using long-season lines in maturity group (MG) VI and VII to shorter-season lines in MG III and IV (Bowers, 1995; Heatherly, 1999). The shorter-season lines have been adopted to avoid drought that occurs frequently in this region during late summer. The trend toward the use of shorter-season lines has been pursued in studies by Purcell and co-workers using MG I and II cultivars in which yields of these very short-season cultivars were similar to MG V and VI cultivars. A key feature of using shorter-season cultivars is sowing the crop in narrow rows (19 cm) at high populations (as high as 74 plants⁰²) resulting in a major advantage of decreasing the total water requirement for crop production, as discussed later. In addition, shorter-season cultivars sown at different times in the wet season would spread risks of production and increase the efficiency in use of equipment and labor.

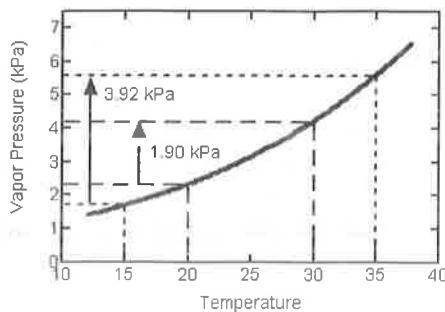
Temperature. Soybean is a robust species and with plant selection soybean is now grown over a wide range of temperature environments. While severe cold temperature will freeze the plants and cause great yield losses, short-season cultivars are effectively grown commercially in the northern United States and in Canada where night temperatures decrease to 5°C and lower. For low-latitude regions, low temperatures are likely not a constraint on yield.

Similarly, it appears that high temperature by itself is not a major limitation on yield. In a growth chamber study with cultivar Bragg, a day/night temperature regime of 40/30°C did not decrease plant growth, although seed yield was slightly decreased (Allen and Boote, 2000). Likely, the major problem when soybean is exposed to very high temperature results from high evaporative conditions that can cause water-deficit stress to develop in the plants.

Differences between day and night temperatures are sometimes thought to influence soybean growth. Direct physiological explanations for such antidiotal observations are difficult to develop. One possible factor, however, may result from the elevated atmospheric vapor pressure deficits (VPD) associated with large differences between day and night temperatures. Night, i.e. minimum, temperature reflects the vapor pressure of the atmosphere and day, i.e. maximum, temperature indicates the saturated vapor pressure in the leaves so that large differences between the minimum and maximum temperature indicate that the crop will experience increased VPD. Since vapor pressure increases exponentially, modest increases in the difference in night/day temperature can result in large increases in VPD as illustrated in Figure 1.

Figure 1. Saturated vapor pressure plotted as a function of temperature. Maximum vapor pressure deficit (VPD) to which the plants are subjected is dependent on the difference in vapor pressure calculated from minimum and maximum temperature. An example of maximum VPD is shown for a night/day temperature of 20/30°C and 15/35°C.

In this example, the maximum VPD for the 15/35°C cycle is more than double of the 20/30°C cycle, and hence, the water loss rate by the crop will be more than double. Consequently, a crop that experiences larger differences in night and day temperatures is both (1) subjected to much greater evaporative conditions and increases the possibility of midday water stress, and (2) loses water more



rapidly and will be subjected to water deficits earlier and of greater intensity. As discussed later, both conditions can adversely influence growth, especially as related to the ability to fix atmospheric nitrogen.

Soil pH and Aluminum Toxicity. Soils of lower latitudes are frequently of low pH with high aluminum and low calcium content. This condition is the case for some soils in the southern United States and much of the cerrados of Brazil. Liming of the soil is a clear management option to overcome this problem and this practice has been widely adopted. A difficulty, however, is that for the initial years following liming the benefits are restricted to the depth of lime incorporation. Thus, liming will allow root development in only the top few cm of the soil, and consequently, limiting plant extractable soil water to this top soil layer. Even with frequent rains, a few consecutive days without rain can subject the crop to a water-deficit (Spehar, 1995). As discussed later, the sensitivity of nitrogen fixation to even modest levels of soil drying makes soybean especially vulnerable to adverse consequences resulting from shallow rooting depths.

Genetic solutions have been explored to lessen the sensitivity of soybean to soil aluminum. Goldman et al. (1989) reported that PI 416937 had superior performance on a soil with a subsoil of high aluminum content. Five aluminum-tolerance alleles appear to contribute to aluminum tolerance in PI 416937 (Bianchi-Hall et al., 2000). Also, Spehar and Galwey (1996) demonstrated approaches to breeding for aluminum tolerance in soybean for the cerrados. Still, aluminum toxicity and shallow rooting can be major limitations for soybean yield.

An additional concern for soybean grown in soils with a pH of 5.5 or less is the availability of molybdenum (Mo), which is needed by *Bradyrhizobium japonicum* for both symbiotic nitrogen fixation and nitrate reduction (Marschner, 1996). Because of the role of Mo in nitrogen metabolism, a Mo deficiency manifests itself as a nitrogen deficiency, resulting in stunting and yellowing of foliage. Under low soil pH, Mo may be applied to the crop as a seed treatment, and in fact, several seed-applied fungicides include Mo in the seed treatment.

Water Requirement for Growth

Plants increase mass through photosynthetic fixation of atmospheric carbon dioxide. Stomata in the leaf epidermis open in daylight hours to allow carbon dioxide to diffuse from the atmosphere to the photosynthetic cells inside leaves. The 'penalty' for opening stomata is that water will evaporate from the cell walls inside the leaves and diffuse out of the leaf as vapor. Therefore, there is a very close relationship between plant mass accumulation (M) as a result of photosynthesis and plant water loss as transpiration (T). This relationship can be expressed mathematically in the following equation (Tanner and Sinclair, 1983).

$$M / T = k / VPD , \quad [1]$$

where k = a mechanistically defined transpiration use efficiency coefficient, which is 5 Pa in soybean. Equation [1] can be combined with a definition of seed yield (Y) to describe the limitation of Y based on water available for transpiration. Yield is defined as M multiplied by the harvest index (H , ratio of seed mass to M).

$$Y = H * M \quad [2]$$

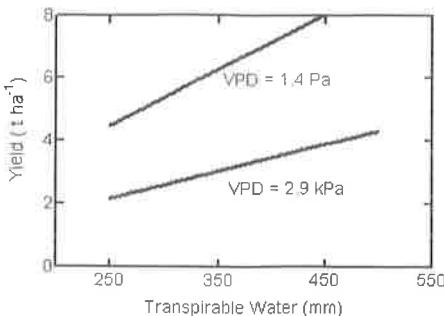
Rearranging Equation [1] and inserting Equation [2] gives the following equation.

$$Y = H * T * k / VPD \quad [3]$$

The value of H in soybean is currently approaching 0.5, and Austin (1994) argued for wheat that the maximum H is 0.62. Assuming $H = 0.5$, maximum Y can be calculated using Equation [3] for various environments as defined by VPD and water available for T . In Figure 2 the VPD estimates of 1.9 and 3.9 kPa obtained in Figure 1 were multiplied by 0.75, as suggested by Tanner and Sinclair (1983) to estimate the average daily VPD for calculating daily transpirational water loss. The resulting calculated limits to yield indicate that large amounts of water are required for transpiration in order to achieve high yields, especially when VPD is relatively large.

Figure 2. Maximum soybean seed yield based on amount of water available for transpiration as defined in Equation [3]. Calculations are done both for assumed daily VPD of 1.4 and 2.9 kPa.

In considering yield limits, it is also necessary to account for water losses other than the transpiration losses. For example, soil evaporation (E) can account for half or more of the total water (W) lost from a soybean field. To mathematically express the influence of E on yield, T can be replaced by $(W-E)$ in Equation [3].



$$Y = H * (W - E) * k / VPD \quad [4]$$

Equation [4] emphasizes the importance of minimizing E in order to maximize yield for a given amount of W in a water-limited environment. If E is roughly half of W , which is not uncommon for many crops, then the water required to achieve yield must be doubled for the X axis of Figure 2. Minimizing E is important to increase yields in view of the large requirements for water in the production of soybean. Mulch on the soil surface, for example, greatly decreases E and can be one of the major benefits of no-till management.

Short-season cultivars grown in narrow densities and high populations, which were discussed previously, also offer an advantage in decreasing E by rapid canopy closure so that little solar radiation reaches the soil surface. Hence, decreased E results in a delay in the onset of water deficit, which in the cerrados might be particularly important on shallow soils to avoid short periods of intermittent drought stress.

Plant Adaptations to Increase Potential Yield Under Limited Water Increasing Water Availability. Equations [3] and [4] do not indicate many options for plant improvement that will increase soybean yield

under water-limited conditions. Only increased amounts of water available to support transpiration appear to allow increased yields. Consequently, increased rooting depth that allows access to water stored deeper in the soil appears to be the major plant trait that would consistently increase potential yield (Sinclair and Muchow, 2001). An increased depth of water extraction in the soil offers an increased reservoir of water to sustain plant growth during intermittent episodes of drying in the upper soil layers. Simulations of soybean yields for various rooting depths showed dramatic increases as rooting depth were increased (Sinclair, 1994). As shown in Table 1, the average yield of simulations over 20 yr increased in all three locations and the greatest increases occurred as a result of depth increases at the lowest rooting depths. Increased rooting depth is likely to be especially critical in the cerrados where rooting depth can be quite shallow and only a few days without rain will adversely influence soybean.

Table 1. Simulated mean crop yields over 20 yr for soybean at three locations with various assumed depths of soil water extraction (Sinclair, 1994).

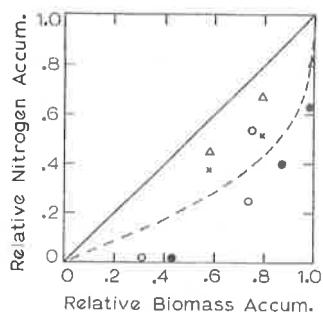
Depth	Columbi))))))))))))))))) g m ⁻²)))))))))))))	Holly)))))))))))))))	Athens,)))))))))))
40	123	183	152
60	185	236	212
80	211	259	234
100	227	276	252

Osmolyte accumulation in plant tissue being subjected to soil drying has resurfaced as a putative trait for decreasing the negative influences of water deficit. Unfortunately, most evidence indicates that this approach would not be beneficial, and may actually result in negative consequences (Serraj and Sinclair, 2002). The hypothesis of increased soil water extraction as a result of osmotic adjustment is not consistent with water retention in the soil. Plants typically extract soil water down to a matric potential of about -1.5 MPa. A large osmotic shift to allow extraction to -2.0 MPa results in very little additional available water from an already dry soil. Osmotic adjustment to maintain cell turgor so that leaves do not wilt and stomata remain open is opposite to the response desired to lessen the loss rate of the remaining soil water when the soil is dry (Sinclair

and Muchow, 2001). Finally, most claims for putative benefits of osmolyte accumulation are focused on plant survival during extreme drought. Since yields under conditions where severe drought develops are necessarily greatly decreased, it is likely the crop is no longer commercially viable (Serraj and Sinclair, 2002). Consequently, molecular genetics solutions for increasing soybean 'drought tolerance' by increasing osmolyte accumulation are not anticipated to contribute to increasing soybean yield under water-deficit conditions, unless osmolyte accumulation is focused on the root tips so that an increased rooting depth results.

Symbiotic Nitrogen (N_2) Fixation. A key advantage in soybean production is that the plants form a symbiosis to fix atmospheric N_2 , and hence the crop does not require the application of fertilizer nitrogen. It has been widely documented, however, that N_2 fixation in soybean is extremely sensitive to water deficit and it is the first process to decrease with soil drying (Serraj et al., 1999). Figure 3 shows that N_2 fixation of field-grown soybean was decreased to a much greater degree than mass accumulation when the crop was held under various water-deficit treatments (Sinclair et al., 1987). Purcell and King (1996) also demonstrated sensitivity of N_2 fixation under field conditions in an experiment where N accumulation was sustained under water-deficit conditions when a crop was fertilized with nitrate but there was a decreased N accumulation and yield when the crop was dependent on N_2 fixation.

Figure 3. Plot of relative nitrogen accumulation and biomass accumulation of two-year field experiment on nitrogen-free soil during a period in which the crops were subjected to water-deficit treatments (Sinclair et al., 1987). The symbols are results from various treatments and the solid diagonal line represent the line of equal sensitivity to water deficit in nitrogen and biomass accumulation. Data below the diagonal line indicate greater sensitivity in nitrogen accumulation than biomass accumulation.



The great sensitivity of N₂ fixation to soil drying is associated with the accumulation in the leaves of ureides, the N product transported from soybean nodules to the shoots (Serraj et al., 1999). In particular, the rate of ureide catabolism in the leaves appears to be closely linked to the inhibition of N₂ fixation with drying soil (Serraj et al., 1997; Purcell et al., 1998, 2000; Vadez and Sinclair, 2001). Low ureide concentrations were used as a first-stage screen in an effort to identify soybean germplasm that might express tolerance in N₂ fixation to soil drying. Over 3000 lines were initially screened under field conditions for low petiole ureide levels and the selected lines were subjected to two additional screens of increasing stringency. Ultimately, eight plant introductions were identified that demonstrated considerable tolerance of N₂ fixation to soil drying (Sinclair et al., 2000).

The explanation for the difference in sensitivity among soybean lines in N₂ fixation tolerance to soil drying focuses on the pathways for ureide catabolism in the leaves. Data are consistent with presence of two enzymes in soybean for catabolizing ureides, one of which requires manganese as a cofactor (Vadez and Sinclair, 2000). Seven of the plant introductions that were found to have the drought tolerant trait had the catabolic pathway that does not require manganese (Sinclair et al., 2002). Interestingly, those lines that have the pathway requiring manganese can be shifted to having N₂ fixation that is less sensitive to soil drying by manganese application (Vadez et al., 2000b). Hence, on those lands where lime is added to deal with low pH and high aluminum, such as in the cerrados, lost N₂ fixation activity with soil drying may be a special concern if liming results in low soil manganese availability.

Conclusions

Tremendous progress has been made in adapting soybean for high yield in low-latitude areas. The daylength limitation has been eliminated by careful selection and breeding using germplasm that had slower development of reproductive organs. Now, shorter-season cultivars with revised management practices at low latitudes may offer an opportunity to lower the water requirement, spread the production season to lower risks, and better utilize equipment and labor. Problems in the lower latitudes associated with low pH and

high aluminum availability in soils have been overcome mainly by soil liming. Research continues on developing soybean lines with aluminum tolerance.

The main constraint now limiting yields in low-latitude areas is likely to be soil water availability. Yields are very closely linked to available water and so increased water availability to support crop transpiration is likely necessary for additional yield increases. Increased rooting depth appears to be critical to increasing yields under water-limited conditions. Consequently, increasing rooting depth when the soil at depth has low pH and high available aluminum is a major challenge. Soybean also has the special limitation that its N₂ fixation is very sensitive to even modest soil drying. Decreased N₂ fixation is a likely occurrence when soil water storage holding capacity is low because of shallow rooting depth or the soil is sandy. Fortunately, recent research has identified germplasm that expresses considerable tolerance in N₂ fixation to soil drying. Therefore, much of the potential for increasing soybean yields in the future in low-latitude areas will likely result from improved below-ground traits, i.e. deeper rooting and water-deficit tolerant N₂ fixation.

References

- Allen, L.H., Jr. and K.J. Boote. 2000. Crop ecosystem response to climatic change: soybean. In: Reddy, K.R. and H.F. Hodges (eds.), Climate Changes and Global Crop Productivity. CABI Publishing, Wallingford, UK. p 133-160.
- Austin, R.B. 1994. Plant breeding opportunities. In: Boote, K.J., et al. (eds.). Physiology and Determination of Crop Yield, Am. Soc. Agron., Madison, WI.
- Bianchi-Hal, C.M., T.E. Carter, Jr., M.A. Bailey, M.A.R. Mian, T.W. Rufty, D.A. Ashley, H.R. Boerma, C. Arellano, R.S. Hussey, and W.A. Parrot. 2000. Aluminum tolerance associated with quantitative trait loci derived from soybean PI 416937 in hydroponics. *Crop Sci.* 40:538-545.
- Bowers, G.R. 1995. An early season production system for drought avoidance. *J. Prod. Agric.* 8:112-119.
- Cairo, C.A., E.N. Morandi, and T.R. Sinclair. 1999. Analysis of flowering response to photoperiod and temperature in long-juvenile

- soybean isolines. Proc. World Soybean Res. Conf. VI, Univ. Illinois, Urbana, IL. p 530.
- Goldman, I.L., T.E. Carter, Jr., and R.P. Patterson. 1989. Differential genotypic response to drought stress and subsoil aluminum in soybean. *Crop Sci.* 29:330-334.
- Hartwig, E.E. and R.A.S. Kiihl. 1979. Identification and utilization of a delayed flowering character in soybeans for short-day conditions. *Field Crops Res.* 2:145-151.
- Heatherly, L.G. 1999. Early soybean production system (ESPS). pp. 103-118. In: L.G. Heatherly and H.F. Hodges (eds.), *Soybean Production in the Midsouth*. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Kiihl, R.A.S. and A. Garcia. 1989. The use of the long-juvenile traits in breeding soybean cultivars. In: A.J. Pascale (ed.), *Proc. World Soybean Res. Conf. 4*, Vol. 2. AA Soja, Buenos Aires, Argentina. pp. 994-1000.
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Second edition. Academic Press, New York.
- Purcell, L.C. and C.A. King. 1996. Drought and nitrogen source effects on nitrogen nutrition, seed growth, and yield in soybean. *J. Plant Nutr.* 19:969-993.
- Purcell, L.C., C.A. King, and R.A. Ball. 2000. Soybean cultivar differences in ureides and the relationship to drought tolerant nitrogen fixation and manganese nutrition. *Crop Sci.* 40:1062-1070.
- Purcell, L.C., R. Serraj, M. DeSilva, T.R. Sinclair, and S. Bona. 1998. Ureide concentration of field-grown soybean in response to drought and the relationship to nitrogen fixation. *J. Plant Nutr.* 21:949-966.
- Ray, J.D., K. Hinson, J.E. Bidja Mankono, and M.F. Malo. 1995. Genetic control of a long-juvenile trait in soybean. *Crop Sci.* 35:1001-1006.
- Serraj, R. and T.R. Sinclair. 2002. Osmolyte accumulation: can it really help increase crop yield under drought conditions? *Plant Cell Environ.* 25:333-341.
- Serraj, R., S. Bono, L.C. Purcell, and T.R. Sinclair. 1997. Nitrogen fixation response to water-deficits in field-grown 'Jackson' soybean. *Field Crops Res.* 52:109-116.
- Serraj, R., T.R. Sinclair, and L.C. Purcell. 1999. Symbiotic N₂ fixation response to drought. *J. Exp. Bot.* 50:143-155.

- Sinclair, T.R. 1994. Limits to crop yield? In: Boote, K.J., et al. (eds), *Physiology and Determination of Crop Yield*. Am. Soc. Agron., Madison, WI.
- Sinclair, T.R. and K. Hinson. 1992. Soybean flowering in response to the long-juvenile trait. *Crop Sci.* 32:1242-1248.
- Sinclair, T.R. and R.C. Muchow. 2001. System analysis of plant traits to increase grain yield on limited water supplies. *Agron. J.* 93:263-270.
- Sinclair, T.R., R.C. Muchow, J.M. Bennett, and L.C. Hammond. 1987. Relative sensitivity of nitrogen and biomass accumulation to drought in field-grown soybean. *Agron. J.* 79:986-991.
- Sinclair, T.R., L.C. Purcell, V. Vadez, R. Serraj, C.A. King, and R. Nelson. 2000. Identification of soybean genotypes with N₂ fixation tolerance to water deficits. *Crop Sci.* 40:1803-1809.
- Sinclair, T.R., V. Vadez, and K. Chenu. 2002. Ureide accumulation in eight soybean genotypes with N₂ fixation tolerance to soil drying. *Crop Sci.* (In Review).
- Spehar, C.R. 1995. Impact of strategic genes in soybean on agricultural development in the Brazilian tropical savannahs. *Field Crops Res.* 41:141-146.
- Spehar, C.R. and N.W. Galwey. 1996. Diallel analysis for aluminum tolerance in tropical soybeans [*Glycine max* (L.) Merrill]. *Theor. Appl. Gen.* 92:267-272.
- Tanner, C.B. and T.R. Sinclair. 1983. Efficient water use in crop production: Research or re-search. p. 1-27. In: H.M. Taylor, W.R. Jordan, and T.R. Sinclair (eds.), *Limitations to efficient water use in crop production*. Am. Soc. Agron. Madison, WI.
- Vadez, V. and T.R. Sinclair. 2000. Ureide degradation pathways in intact soybean leaves. *J. Exp. Bot.* 51:1459-1465.
- Vadez, V. and T.R. Sinclair. 2001. Leaf ureide degradation and N₂ fixation tolerance to water deficit in soybean. *J. Exp. Bot.* 52:153-159.
- Vadez, V., T.R. Sinclair, R. Serraj, and L.C. Purcell. 2000. Manganese application alleviates the water deficit-induced decline in N₂ fixation. *Plant Cell Environ.* 23:497-505.

Key Words: Daylength, Aluminum, Drought Stress, Nitrogen Fixation

ESTRATÉGIAS DE REDUÇÃO DE ESTRESSE NA CULTURA DE SOJA (*Glycine max* (L.) MERRIL)

D. DOURADO NETO. Departamento de Produção Vegetal, Esalq, Universidade de São Paulo. Caixa Postal 9. Piracicaba, SP. 13.418-970. dourado@esalq.usp.br

A definição das estratégias referentes à redução do efeito do estresse do ambiente à cultura de soja deve ser norteada por critérios técnicos e econômicos. Neste trabalho serão abordados os seguintes critérios técnicos: (i) definição de época de semeadura; (ii) seleção de variedades cultivadas; (iii) definição de população de plantas; (iv) manejo da fertilidade do solo e arquitetura de sistema radicular e (v) adubação verde, bem como o uso de modelagem em agricultura. A intervenção no sistema de produção tem por objetivo obter uma situação ótima econômica, a qual é norteada por uma situação ideal técnica caracterizada por critérios pré-estabelecidos. A rigor, na prática, é o critério econômico que em última instância norteia a ação de manejo. Por outro lado, o uso de modelos de crescimento e desenvolvimento vegetal possibilita uma economia de tempo, trabalho e quantidade de recursos para tomada de decisões referentes ao manejo no setor agrícola por possibilitar uma previsão do processo de interesse e um melhor entendimento do sistema em estudo. O conhecimento da quantidade de energia solar disponível às plantas (em função do local, época do ano, e nebulosidade, principalmente), bem como da capacidade de conversão da mesma em energia química metabólica, contabilizada em termos de carboidrato, possibilita prever produtividade efetiva de grãos, no caso de soja, quanto a eficiência de conversão em biomassa, através de um modelo geral mecanístico, levando em consideração aspectos agrometeorológicos, fisiológicos, genéticos e edáficos. A assimilação de dióxido de carbono pode ser convertida em massa de carboidrato, produzida durante o processo de fotossíntese, em função do índice de área foliar, temperatura e radiação solar absorvida. Estimando-se os valores de radiação solar absorvida, numa escala diária, o fotoperíodo, o índice de área foliar e a duração do ciclo, considerando as correções quanto à respiração de manutenção e crescimento, bem como a variação temporal do aparelho interceptador de radiação solar absorvível (em função da variação do índice de área foliar), pode-se transformar esse valor em massa

líquida de carboidrato total final, por hectare, produzida durante o ciclo. Para se transformar a massa de carboidrato total final em massa de matéria seca referente a cada órgão (folha, raiz, haste e órgão reprodutivo, podendo discriminar o grão), leva-se em consideração as partições de fotoassimilados. O balanço hídrico pode ser utilizado com a finalidade de se estimar o estresse (deficiência e/ou excedente hídrico) ambiental durante o ciclo da cultura de soja (o cálculo permite elaborar o balanço hídrico com variação do coeficiente da cultura, da profundidade efetiva do sistema radicular e do fator de depleção de água no solo). Sendo assim, o rendimento (produção de grãos por unidade de área) da cultura de soja pode ser estimado a partir dos dados de produtividade (rendimento potencial) previstos pelo modelo multiplicado pelo fator de depleção de produtividade estimado em função do balanço hídrico, a partir de dados climáticos obtidos na localidade de interesse, e do levantamento das características e propriedades físico-hídricas dos solos. Sendo assim, o presente trabalho abordará os modelos empiricamente desenvolvidos tendo como enfoque a agricultura de sequeiro. Para planejamento da época de semeadura, deve-se levar em consideração basicamente três fatores: (i) possibilidade de chuva na época de semeadura; (ii) possibilidade de chuva no período de florescimento; (iii) possibilidade de veranico ou ausência de chuva na época de colheita; e (iv) fotoperíodo do ambiente inferior ao fotoperíodo crítico após terminado o período juvenil com índice de área foliar otimizado. A rigor, tecnicamente, a definição da época de semeadura é feita juntamente com a escolha da variedade cultivada. Para definição da época de semeadura, sugere-se o seguinte procedimento: (i) definição do ano representativo da região em termos de chuva e dos atributos do clima necessários para estimar evapotranspiração de referência (os atributos do clima necessários para estimativa da evapotranspiração variam de método para método. Os métodos mais utilizados são os de Penman, Thornthwaite, Hargreaves, Blaney & Cridle e tanque classe A). O procedimento mais usual é utilizar funções de distribuição de probabilidade (normal, gama e beta são as mais freqüentemente utilizadas). Há também outros procedimentos mais elaborados, como a utilização de análise de séries temporais usando modelos auto-regressivos ou a técnica *state-space*. Porém, para esses procedimentos mais elaborados, exige-se uma série histórica com pelo menos 20 anos (dependendo do procedimento

adotado); (ii) definição das prováveis épocas e períodos de florescimento. Normalmente, utiliza-se um período de 10 a 15 dias consecutivos, colocando o dia do florescimento como sendo o dia mediano desse período; (iii) estimativa da evapotranspiração máxima acumulada nos prováveis períodos de florescimento; (iv) definição da lâmina mínima de chuva necessária à emergência das plântulas. Usualmente, utiliza-se uma lâmina de chuva acumulada de 25 a 40 mm; (v) definição, em ordem decrescente, dos períodos com maior probabilidade de chover a evapotranspiração máxima durante o florescimento. Simultaneamente, registra-se a probabilidade de chover a lâmina mínima requerida na época de semeadura e a probabilidade de não chover no período (duração dependente da capacidade operacional da propriedade) de colheita; e (vi) escolha das três melhores épocas de semeadura em função da análise conjunta dos três critérios simultâneos (período chuvoso nas épocas de emergência e de florescimento, e período de seca na época de colheita), dando-se maior ênfase ao período do florescimento (em termos de planejamento) levando em consideração o índice de área foliar quando o fotoperíodo do ambiente se torna inferior ao fotoperíodo crítico. A quantidade de semente e, consequentemente, de área a ser semeada, será dependente do material genético (disponibilidade de semente, susceptibilidade a pragas e doenças, capacidade operacional referente à operação de semeadura, finalidade da produção e exigência do mercado), e da expectativa do preço de venda. Na prática, pode-se pensar num escalonamento de semeadura de 45 (melhor condição), 30 e 25% da área total a ser implantada. Para escolha da variedade cultivada deve-se levar em consideração a série histórica de temperatura do ar (escala diária), número ótimo e soma calórica referentes ao florescimento (duração do período juvenil). Esse procedimento é discutível quando ocorre deficiência hídrica. Porém, como se trata de planejamento com o intuito de minimizar o estresse do ambiente, fica subentendido que o objetivo é o de obter melhor desempenho fisiológico, além da previsão do dia do florescimento com erro de estimativa associado. Cabe salientar que a contagem (fenologia) é feita a partir do dia em que 50% das plantas emergiram. Sendo assim, o procedimento visa escolher o material genético mais adequado à condição climática da região. Nesse sentido, haverá otimização de desempenho fazendo com que o estresse do ambiente (estresse hídrico, ataques de pragas e doenças, bem como competição por água, nutrientes e luz com

plantas daninhas) seja minimizado, reduzindo assim custo de produção. Para escolha do material genético adequado à condição do clima do local de interesse, sugere-se o seguinte procedimento: (i) definição do ano representativo da região em termos de temperatura. O mais usual e funcional é utilizar a temperatura média do ar numa escala diária. Poder-se-ia também utilizar os procedimentos estatísticos usados para chuva; (ii) definição das variedades cultivadas comerciais disponíveis, utilizáveis em função da exigência do mercado. Para tal, torna-se necessário conhecer para cada genótipo a soma calórica (número de graus-dia ou índice térmico) e o número ótimo de dias para o florescimento (normalmente esses parâmetros não são informados pela empresa produtora de semente, necessitando a experiência do profissional para a definição utilizável na prática) e fotoperíodo crítico; (iii) definição da época e período de florescimento (procedimento descrito no item referente à definição da época de semeadura); (iv) ranqueamento dos genótipos disponíveis, em ordem crescente, em função da diferença entre o número de dias estimado e o definido como ótimo (o ideal é que a diferença seja nula) para cada época de semeadura. Para definição da população de plantas, deve-se levar em consideração a arquitetura da parte aérea da planta e do sistema radicular. A consideração da arquitetura da parte aérea da planta define a competição inter-específica (competição entre plantas de soja e plantas daninhas) e intra-específica (competição entre plantas de soja) por radiação solar. A interceptação de luz deve ser otimizada por área. Devido a isso, para cada material genético, há um número máximo utilizável de plantas, por unidade de área, correspondente ao rendimento máximo obtêvel. Essa população é tida como ideal. A arquitetura do sistema radicular é definida geneticamente e pela interação com o meio. Com o intuito de minimizar estresse do ambiente, o produtor deve corrigir o solo para teores próximos aos teores tidos como críticos. Ainda, deve manejear o sistema no intuito de propiciar maior quantidade de água efetivamente armazenada no solo, adotando técnicas como plantio direto e adubação verde. Minimizando a limitação de fertilidade química do solo, o produtor deve levar em consideração as limitações de retenção de água no solo (quanto mais próximo estiver de 2,0 mm/cm, mais próxima da população ideal poderá ser a população utilizada) e de disponibilidade hídrica (dependente da quantidade e distribuição de chuva, evapotranspiração e da curva de retenção de água no solo) para

otimizar a população de plantas. A fertilidade (química) do solo é de vital importância na definição da população de plantas, visto que quanto maior for a capacidade de retenção de água pelo solo (propriedade física), maior a possibilidade de utilizar populações próximas ao valor máximo limitado pela arquitetura de parte aérea. A utilização de análise química do solo e de folha é imprescindível para o adequado manejo do sistema de produção. Na maioria dos solos existentes na natureza, a capacidade de água disponível por unidade de profundidade efetiva do sistema radicular varia de 0,5 a 2,0 mm/cm. Por outro lado, a fertilidade química é imprescindível para atender a demanda da planta. Nesse sentido, deve-se corrigir a fertilidade no intuito de que não haja essa limitação (a limitação fica restrita à disponibilidade de água). Sendo assim, utiliza-se alguns critérios empíricos denominados teores críticos, os quais podem ser valores relativos ou absolutos usualmente representados em fertigramas. Por outro lado, os teores críticos devem ser entendidos como apenas uma primeira aproximação de definição de ordem de grandeza. Não se deve entender como verdade absoluta. Os teores críticos devem ser ajustados com bom senso e experiência, os quais devem estar em permanente avaliação para reajuste. A técnica de adubação verde tende a ser contemplada num sistema de produção, onde a seqüência das culturas deve ser cuidadosamente determinada, de forma planejada a curto, médio e longo prazo, levando em consideração a economicidade da exploração, a época de semeadura e os problemas fitossanitários e de plantas daniñas. A utilização de diferentes espécies é de fundamental importância para o sucesso da exploração agrícola. Teoricamente, preconiza-se, num sistema de rotação de culturas, que a mesma espécie só deve retornar ao mesmo local quando os restos culturais da mesma já foram completamente decompostos. Além disso, a cultura anterior não deve apresentar susceptibilidade à incidência de espécies semelhantes de pragas e doenças. O planejamento de um sistema de rotação equilibrado deve contemplar uma maior diversidade possível de espécies utilizadas como adubo verde. Por outro lado, o uso de modelos permite conhecer melhor o sistema, bem como definir estratégias de pesquisa em função da limitação do conhecimento. Modelo é a representação simplificada de um sistema, enquanto simulação é a arte de construir modelos. Pesquisadores de diversas partes do mundo vêm usando vários modelos de estimativa de rendimento de culturas, testando a habilidade na simulação de

eventos fenológicos e de produção de biomassa. Inúmeras vantagens podem ser conseguidas com o uso de modelos bem elaborados, considerando que os mesmos devem resumir convenientemente uma gama de informações, permitindo progressos no conhecimento da planta e suas interações com o ambiente, além de esclarecer pontos em que o conhecimento seja limitado. Os modelos de simulação do crescimento e previsão de rendimento da cultura de soja permitem fazer simulações de longo prazo, sendo realizadas a um baixo custo, utilizando-se características do solo e práticas de manejo da cultura durante o período de interesse utilizando dados climatológicos históricos disponíveis para o local. Há anos vêm sendo desenvolvidos modelos de estimativa do rendimento da cultura de soja, com base em variáveis meteorológicas e outras derivadas do balanço hídrico, porém com grandes limitações. A previsão de rendimento torna-se mais precisa quando os modelos de simulação são usados para estimar a produção em grandes áreas. Por outro lado, as aplicações dos modelos com fins de previsão podem se feitas tanto previamente à semeadura como durante o crescimento e desenvolvimento da cultura, podendo essa informação ser usada a nível do agricultor ou do governo para planejamento de políticas agrícolas. Diversos autores desenvolveram modelos que simulam o desenvolvimento da planta, o acúmulo de matéria seca nos diferentes órgãos da planta e o índice de área foliar em função de parâmetros fenológicos e climatológicos (radiação solar e temperatura, principalmente). A fotossíntese é dependente da magnitude da área foliar e da duração das folhas em plena atividade com balanço energético positivo. O índice de colheita, que se constitui na fração dos grãos produzidos em relação à massa de matéria seca total da planta, pode indicar a habilidade de um genótipo combinar produtividade e destinar massa de matéria seca acumulada a componentes de interesse econômico. Pesquisas mostram que o consumo de água pela cultura de soja varia de acordo com a localização geográfica e condições climáticas. A temperatura mostra, em valores numéricos, o nível de energia disponível naquele momento, possibilitando trocas com o sistema e o meio, provocando estímulos, ativando ou desativando funções vitais. Tendo em vista o sucesso na predição de datas de ocorrência dos estádios de desenvolvimento da cultura de soja, os modeladores têm assumido que o conceito *unidade térmica* é universalmente aplicável para previsão da fase vegetativa. A quantidade de energia exigida

por uma cultura tem sido expressa em graus-dia (ou unidades térmicas de desenvolvimento, ou exigência térmica, ou unidade de calor, ou exigência calórica). A base teórica para essa técnica é que, dos processos envolvidos no desenvolvimento da cultura, todos são sensíveis à temperatura do ar, cabendo enfatizar que a resposta das plantas à temperatura do ar obedece a limites inferior e superior. A elevação da temperatura acima da temperatura ótima contribui para a redução da taxa fotossintética líquida em função do aumento da respiração, interferindo diretamente no rendimento. Assim, temperaturas elevadas prevalecentes no período noturno promovem um consumo energético demasiado, em função do incremento da respiração, ocasionando menor saldo de fotoassimilados, com conseqüente queda no rendimento da cultura. A incidência de radiação na superfície terrestre é dependente da quantidade de energia que atinge o topo da atmosfera e da transmissividade da atmosfera à radiação. A distribuição difusa representa a parte da radiação que interage com gases e nuvens presentes na atmosfera. O balanço de energia radiante, também denominado de radiação líquida, vem a ser o saldo de radiação sobre uma superfície. Esses fatos são de muita importância para verificação da quantidade e distribuição de luz na cobertura vegetal. A radiação solar é praticamente a única fonte de energia para os processos fisiológicos e bioquímicos que ocorrem nos vegetais. Sendo assim, a produção final de matéria seca de uma planta depende, em última instância, da eficiência com que as folhas convertem energia radiante em energia química através da fotossíntese. Baseado nas relações entre dados agroclimáticos e a conversão de energia solar que resulta em produção de massa de matéria seca, elaborou-se o modelo para estimar a produtividade da cultura de soja. A fixação de CO₂ pelas plantas, para a produção de carboidrato (CH₂O) bruto está relacionada com a fração da radiação fotossinteticamente ativa do espectro solar, de acordo com a seguinte equação: CO₂ + H₂O + *energia solar* → CH₂O + O₂. A assimilação de CO₂ pelas plantas C₃ praticamente cessa com baixos valores de energia, e varia também em função da temperatura. Com base em dados experimentais obtidos por Heemst (1986), chegou-se ao modelo expresso pela equação: $Adc = a.(q.T)^b$, em que Adc se refere à assimilação de dióxido de carbono ($\mu\text{L.cm}^{-2}.\text{h}^{-1}$), q à radiação solar absorvida ($\text{cal.cm}^{-2}.\text{min}^{-1}$), T à temperatura ($^{\circ}\text{C}$) média do ciclo, e a e b aos

parâmetros empíricos determinados através de análise de regressão não linear. Conhecendo as massas de CO₂ (44g.mol⁻¹) e de CH₂O (30g.mol⁻¹), a assimilação de dióxido de carbono (μL.cm⁻².h⁻¹) pode ser convertida em massa de carboidrato produzido (MP_{CH₂O}, g.h⁻¹cm⁻² de folha), a partir do índice de área foliar (IAF) e de dados climáticos, como temperatura e radiação solar absorvida (q). Considerando-se o valor obtido como sendo o valor médio diário para o ciclo inteiro (C), estimado a partir do número de graus-dia para o florescimento (GD_f), e da duração da fase reprodutiva (D_{FR}), conhecendo-se o fotoperíodo médio do ciclo (H) e o índice de área foliar médio no ciclo (IAF_m), pode-se estimar o rendimento de carboidrato total (M_{CH₂O}, kg.ha⁻¹.ciclo⁻¹), através da seguinte equação:

$$M_{CH_2O} = \frac{36,585.P.AdC.IAF_m.C.H}{T + 273}. \text{ Para se transformar a massa de}$$

carboidrato bruto total final (M_{CH₂O}) em massa de matéria seca dos diferentes órgãos, é necessário que se considere a respiração de manutenção e crescimento, a correção da radiação solar média absorvida e o índice de colheita. Essa correção corresponde à matéria seca consumida nos referidos processos ao longo do desenvolvimento. Tal correção depende da temperatura média do ar (T), sendo assumida como: CR_{MC} = 0,6 (se T < 20°C) ou CR_{MC} = 0,5 (se T ≥ 20°C). A correção da radiação solar média absorvida (CR_s), numa escala diária, é obtida em função da variação do índice de área foliar máximo (IAF_{max}). Tal correção é expressa por CR_s = $\frac{1 - e^{-0,75IAF_{max}}}{2}$.

Sendo o índice de colheita, a fração de matéria seca do órgão de interesse (normalmente grãos) colhido em relação à matéria seca total produzida, a qual é obtida em função de dados experimentais, pode-se estimar a produtividade final de grãos (P_{gr}): P_{gr} = M_{CH₂O}.CR_{MC}.CR_s.IC. O balanço hídrico será elaborado com a finalidade de se conhecer deficiência (e/ou excedente) hídrica durante o ciclo da cultura de soja, constituindo-se uma ferramenta muito útil para a recomendação ou não do seu cultivo em determinada região, bem como para definir época de semeadura. Evapotranspiração de referência (ET₀) é definida como sendo a perda total de água, na forma de vapor normal de uma superfície natural bem suprida de água à atmosfera, vegetada com grama batatais, ocorrendo quando a folhagem vegetal se mantém turgida e quando o processo decorre dependente de atributos do clima, não havendo

restrição de água (Thorntwaite, 1948): $ET_0 = 0,53 \left(10 \cdot \frac{T_i}{I} \right)^a \left(\frac{H_i}{12} \right) N_i$,

em que T_i se refere à temperatura média ($^{\circ}\text{C}$) ocorrida no i -ésimo período, I ao índice térmico, a ao coeficiente empírico composto, N_i ao número de dias e H_i ao número possível de horas de brilho solar no dia mediano do i -ésimo período. O índice térmico (I) é calculado pela seguinte equação: $I = 0,08745 \sum_{i=1}^{12} T_j^{1,514}$. O coeficiente empírico

composto (a) é calculado da seguinte maneira: $a = a_0 + a_1 \cdot I + a_2 \cdot I^2 + a_3 \cdot I^3$, em que $a_0 = 0,49239$, $a_1 = 0,01792$, $a_2 = -0,0000771$, e $a_3 = 0,000000675$. O número médio diário de horas de brilho solar (H) é assim calculado:

$$H = \frac{24}{\pi} \arccos[-\tan(\alpha)\tan(\phi)],$$

em que α se refere à declinação solar

(radianos) no dia mediano do ciclo, e ϕ à latitude (radianos) do local. A evapotranspiração máxima (ET_{m_i}) representa a maior troca de gases possíveis entre a cultura e a atmosfera, e corresponde ao máximo rendimento da cultura. Estima-se a evapotranspiração máxima da cultura multiplicando-se a evapotranspiração de referência (ET_{0i}) pelo coeficiente de evapotranspiração da cultura (K_{ci}) no i -ésimo período, ou seja: $ET_{m_i} = ET_{0i} \cdot K_{ci}$, em que K_{ci} é obtido na literatura através de valores tabelados em função do estádio fenológico da cultura. Entende-se por saldo (S_i , mm) à diferença entre precipitação e evapotranspiração máxima: $S_i = C_i - ET_{m_i}$, em que C_i se refere à chuva (mm) e ET_{m_i} à evapotranspiração máxima (mm) da cultura ocorridos no i -ésimo período. O negativo acumulado (L_i , mm) pode ser entendido como o módulo da diferença acumulada das chuvas e evapotranspiração máxima da cultura até o período em questão, o qual é estimado utilizando o seguinte procedimento: Se $S_i < 0$: $L_i = L_{i-1} + |S_i|$ e

$$Arm_i = CAD_i e^{\left(\frac{L_i}{CAD_i} \right)}.$$

Porém, Se $S_i \geq 0$, tem-se que:

$$L_i = -CAD_i \ln \left(\frac{Arm_i}{CAD_i} \right)$$

e $Arm_i = Arm_{i-1} + S_i$, em que Arm_i se refere ao

armazenamento (mm) e CAD_i à capacidade de água disponível (mm) no i -ésimo período. No critério de iniciar o balanço hídrico, considera-

se que o solo se encontra na capacidade de campo no final do período úmido ($L=0$; $Arm = CAD$), que a evapotranspiração varia linearmente com o armazenamento de água no solo, e que o armazenamento varia exponencialmente com o negativo acumulado:

$$Arm_i = CAD_i \cdot e^{\frac{-L_i}{CAD_i}}$$

em que a capacidade de água disponível (CAD , mm) é o armazenamento máximo de água disponível para a cultura, podendo ser calculada pela seguinte expressão: $CAD_i = (\theta_{cc} - \theta_{pmp}) \cdot Zei \cdot 10$, em que Zei se refere à profundidade efetiva do sistema radicular (cm) no i -ésimo período, θ_{cc} à *capacidade de campo* ($cm^3 \cdot cm^{-3}$) e θ_{pmp} ao *ponto de murcha permanente* ($cm^3 \cdot cm^{-3}$). Armazenamento de água disponível (Arm_i , mm) é a quantidade de água armazenada no perfil do solo, da superfície à profundidade efetiva do sistema radicular, correspondente ao conteúdo de água entre o ponto de murcha permanente e a umidade atual: $AD_i = (\theta_i - \theta_{pmp}) \cdot Zei \cdot 10$, em que θ_i se refere à umidade atual média no perfil do solo no i -ésimo período. Sendo assim, a evapotranspiração real ($ETri$) é assim calculada: $ETri = ETmi$ (se $Ci \geq ETmi$) ou $ETri = Ci + |Vai|$ (se $Ci < ETmi$), em que Ci se refere à chuva, e Vai à variação de armazenamento ocorridas no i -ésimo período, sendo $Vai = Arm_i - Arm_{i-1}$. Deficiência hídrica (DHi) é definida como a diferença entre a $ETri$ e a $ETmi$. Existe então deficiência hídrica nos períodos em que a $ETri$ é menor que a $ETmi$, em consequência da soma da chuva e da variação de água armazenada no perfil de solo ocorridos não suprirem a demanda evapotranspiratória. O rendimento da cultura de soja pode ser estimado a partir dos dados de produtividade previstos pelo modelo multiplicado pelo fator de depleção (f) de produtividade estimado pelo balanço hídrico:

$$Rgr = (1-f) \cdot Pgr$$

Em suma, as seguintes estratégias básicas podem ser enumeradas no intuito de minimizar os efeitos do estresse hídrico: (i) corrigir o solo em profundidade; (ii) assegurar o crescimento efetivo do sistema radicular; (iii) não empregar saturação por bases excessiva na camada superficial do solo (0 a 20 cm); (iv) manter o teor de matéria orgânica no solo (adubação verde e plantio direto) em níveis mais elevados possíveis; (v) escolha criteriosa da época de semeadura levando em consideração estresse hídrico e índice de área foliar no florescimento; (vi) realizar semeadura escalonada; (vii) não exceder população de plantas recomendada; (viii) melhorar a distribuição espacial de plantas na área; e (ix) modelar o sistema, sempre que possível, para melhor nortear as ações de manejo.

Palavras-chave: deficiência hídrica, semeadura, população, adubação.

IMPACTOS SÓCIO-ECONÔMICOS DOS TRANSGÊNICOS

ELIBIO RECH Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia
rech@cenargen.embrapa.br

Nosso planeta é configurado como um sistema não linear fechado, onde causas e efeitos não possuem uma proporcionalidade direta. Como consequência, as avaliações, análises e interpretações de quaisquer modificações genéticas efetuadas em nosso ecossistema global, possuem características complexas, que atualmente, praticamente impossibilitam a determinação prévia dos efeitos absolutos que poderão advir. Existem evidências de que quase a totalidade da nossa biodiversidade, está concentrada na região dos trópicos e sub-trópicos. As florestas tropicais contém pelo menos a metade de todas as espécies vegetais e animais existentes no planeta. O valor econômico dessa biodiversidade pode ser enorme, tanto na área agrícola como farmacêutica. Este fato, nos sugere uma necessidade premente de avaliar as questões associadas à sustentabilidade e nosso crescimento econômico, de forma racional e objetiva, evitando posições lineares. Em adição, a sustentabilidade e crescimento econômico deverão estar em íntima relação com a regulamentação dos diferentes aspectos da propriedade intelectual. Não somente, em relação aos conceitos formais da legislação tradicional de propriedade intelectual que incluem direitos dos melhoristas, patentes, marcas e negócios confidenciais. Como também, com uma abrangência mais ampla que possibilite a efetiva proteção do acesso aos diferentes interesses na diversidade biológica.

Como modelo viável de desenvolvimento, a utilização associada das chamadas novas tecnologias - como a biotecnologia, a microeletrônica, os novos materiais, a automatização e a informação - deverá formar a base sustentável do desenvolvimento. Em relação à biotecnologia, especialmente quanto à manipulação da tecnologia do DNA recombinante - também denominada engenharia genética - os resultados na área agrícola tem apresentado evidências de que seus produtos geneticamente modificados deverão contribuir para um aumento de 15 a 25% em nossa produtividade de alimentos ao longo dos próximos anos. A demanda por produtos da biotecnologia agrícola deverá aumentar significativamente em relação à utilização das plantas transgênicas. Atualmente, os produtos comercializados

estão mais associados à produção de plantas transgênicas contendo características que conferem valores endógenos, como genes de tolerância a herbicidas e doenças, mas a tendência é que avancem também para a geração de plantas com características que confirmam valores exógenos, como a manipulação dos teores de óleos, e a sua utilização como bioreatores, para que produzam, por exemplo, anticorpos, hormônios e outros fármacos.

Desde a manipulação de genes, em laboratório, até chegar ao mercado, o desenvolvimento de uma planta transgênica envolve basicamente as seguintes etapas: disponibilizar da característica (o gene); introduzir o gene na planta de interesse; obter o evento (planta transgênica expressando a característica desejada); selecionar; introduzir no programa de melhoramento; produzir e lançar as sementes no mercado. Este desenvolvimento ocorre paralelamente às etapas fundamentais da propriedade intelectual, biossegurança, e segurança alimentar e ambiental.

O custo para a execução dessas etapas variam principalmente em função do gene, da planta e do tempo de desenvolvimento, podendo ser estimado em torno de três a cinco milhões de reais e um tempo médio de 8 anos. Diante disso, a manipulação dessas tecnologias deve estar fundamentada na utilização de metodologias que possibilitem avaliar a relação de planta transgênica como produto, com visão ampla do sistema produtivo. As plantas transgênicas estão sendo citadas aqui apenas como exemplo, já que essa sequência básica pode ser extrapolada para a geração de produtos que envolvam a utilização da tecnologia do DNA recombinante de maneira geral, com as adequações necessárias.

Para tanto, necessitamos discutir não somente a relação entre a estrutura e função de genes que transferimos de uma espécie para outra, com ou sem a utilização da engenharia genética. Como também, efetivar o desenvolvimento de mecanismos para a utilização racional de nossa biodiversidade. Onde nosso objetivo geral não seja somente a manipulação da natureza, mas também a avaliação e o estabelecimento de evidências sobre as modificações genéticas que ocorrem em diferentes ecossistemas e sua implicações sócio-econômicas.

BIOTECNOLOGIA NA AGRICULTURA: QUESTÕES ÉTICAS E DE BIOÉTICA ENVOLVENDO A SOJA GENETICAMENTE MODIFICADA

CRISTINA DE ALBUQUERQUE POSSAS CTNBIO (COMISSÃO TÉCNICA NACIONAL DE BIOSSEGURANÇA) Setor Policial Sul – Área 5 – Quadra 3 – Bloco A – 1º andar – sala 101 70610-2100 – Brasília DF cpossas@mct.gov.br

Os rápidos avanços do conhecimento científico e tecnológico na biotecnologia vêm colocando questões novas, importantes e polêmicas nos campos da ética e da bioética, conferindo especial destaque à questão da biossegurança, que constitui um de seus campos de aplicação. Como bem colocam autores como Henri Atlan (1999) e o próprio Potter(1970), criador do conceito de bioética, esse conceito refere-se à orientação do comportamento humano no momento da realização de pesquisas envolvendo a vida humana e extra humana (plantas e animais) no campo da biociência, diferenciando-se pois da ética clássica. Na agricultura os novos desafios da bioética colocados pela biotecnologia são enormes, pois tocam em questões sensíveis do ponto de vista cultural, social e político que envolvem mudanças em práticas agrícolas tradicionais, a relação com a natureza, o meio ambiente e a saúde dos agricultores e dos consumidores. Frente à rapidez do desenvolvimento desses processos biotecnológicos na agricultura, várias empresas se viram diante da necessidade de se pronunciar a esse respeito, manifestando-se sobre questões éticas e de responsabilidade social e ambiental. É interessante notar aqui o compromisso assumido por algumas empresas de biotecnologia no plano internacional de não desenvolver pesquisas tecnológicas com genes estéreis, não usar genes humanos ou animais em plantas geneticamente modificadas e de criar conselhos consultivos com a atribuição de examinar e se pronunciar sobre questões sensíveis de natureza social ou ambiental no campo da biotecnologia. Na esfera governamental os países vêm procurando aperfeiçoar suas estruturas institucionais e seus aparatos regulatórios. No Brasil o quadro institucional e regulatório da biossegurança e da bioética com relação aos organismos geneticamente modificados foi bem definido e implantado de forma pioneira. e inovadora no cenário internacional. A Lei 8.974/95 que criou a CTNBio e definiu suas atribuições, conferiu à CTNBio a responsabilidade de elaborar o Código de Ética de Manipulações

Genéticas, tarefa que a Comissão está realizando no momento. O processo de elaboração desse Código poderá, além de favorecer o aprofundamento do debate das diversas questões envolvendo a manipulação genética no país, contribuir para orientar a população e também para mostrar à sociedade que a CTNBio vem fundamentando suas decisões em consonância com os princípios centrais da bioética (princípios da prudência, da autonomia, responsabilidade e beneficência). A CTNBio analisa, caso a caso, com detalhe e em profundidade, as solicitações que recebe e não emite pareceres genéricos envolvendo por exemplo "soja geneticamente modificada", mas somente se pronuncia sobre eventos de transformação específicos, sobre determinada linhagem modificada para expressar determinada característica. Cabe ao solicitante o ônus de demonstrar a biossegurança do OGM, fornecendo todos os dados necessários para a avaliação da CTNBio, sendo que a Comissão pode exigir informações e testes adicionais. O Parecer Técnico Prévio Conclusivo da CTNbio contempla necessariamente os seguintes aspectos da segurança do OGM: 1. Riscos para o Meio Ambiente, que são examinados e avaliados pela Comissão Setorial Específica da Área Ambiental, presidida pelo representante do Ministério do Meio Ambiente e cientistas da área ambiental; 2. Riscos para a Agricultura e Saúde Animal, que são examinados pelas Comissões Setoriais Específicas das Áreas Vegetal e da Saúde Animal, presididas por representante do Ministério da Agricultura e cientistas com atuação nessas áreas; 3. Riscos para a Saúde Humana, examinados pela Comissão Setorial Específica da Saúde Humana, presidida pelo representante do Ministério da Saúde e cientistas dessa área. Com relação especificamente a este último tópico, referente às questões de bioética relacionadas à pesquisa com seres humanos a CTNBio tem estreita relação com a CONEP, Comissão de Ética em Pesquisa do Ministério da Saúde, voltada especificamente, conforme a Resolução 196/96 do Ministério da Saúde, a quem compete tratar questões de bioética envolvendo a pesquisa com seres humanos. As rápidas transformações até aqui apontadas no campo da biotecnologia na agricultura vêm exigindo da sociedade brasileira a definição de procedimentos que permitam identificar e mesmo antecipar as questões éticas e de bioética relacionadas aos experimentos e às novas práticas agrícolas, orientar a comunidade científica e a população quanto às complexas implicações das questões envolvidas nessas novas práticas e tornar

amplamente disponíveis os fatos relevantes identificados nessas novas tecnologias, como é o caso da soja geneticamente modificada, de modo a facilitar o debate público e o escrutínio social. O grande desafio para todos os envolvidos nesse processo é chegar a um pacto social quanto aos mecanismos institucionais e procedimentos mais adequados para lidar com as novas questões éticas e de bioética nessa área que vêm emergindo com velocidade crescente, promovendo as necessárias condições para o compartilhamento de pontos de vista distintos.e a adequada ponderação das possíveis consequências dessas novas tecnologias. Esse debate social se coloca em uma área extremamente sensível para o Brasil, que é hoje o segundo maior produtor de soja do mundo, superado apenas pelos Estados Unidos, sendo o mercado europeu (cuja população, ao que consta, segundo alguns analistas, se mostraria contrária à produção e ao consumo de transgênicos), o nosso principal mercado para esse cultivo. No entanto pesquisas recentemente divulgadas pela União Européia (81 projetos envolvendo 400 equipes nas mais diversas áreas), realizadas durante 15 anos (de 1985 a 2000) em vários países europeus, concluíram pela segurança dos plantios geneticamente modificados e parecem indicar, pelo menos nas esferas científica e governamental, nova visão do problema. O relatório conclui dizendo que "o uso de tecnologia mais precisa e a maior rigidez dos processos de regulamentação fazem das plantas e alimentos geneticamente modificados, provavelmente, produtos mais seguros que os convencionais". Resta saber qual tendência prevalecerá no caso específico do mercado europeu e qual a capacidade de ampliação e diversificação das exportações brasileiras de soja. No Brasil, quanto à biossegurança, a CTNBio deu em 1998 parecer favorável à comercialização da soja *Round Up Ready* da empresa Monsanto do Brasil Ltda., por entender não haver, neste caso específico, riscos ao meio ambiente, à agricultura, à saúde humana e animal, parecer este hoje ainda '*sub judice*'. É fundamental, portanto, para maior clareza do debate em nossa sociedade, discriminar com precisão os distintos aspectos e conceitos envolvidos no debate: biossegurança, bioética e estratégias de mercado (este último tópico, é importante lembrar, fora do âmbito de atuação da CTNBio restrito por lei à biossegurança de organismos geneticamente modificados), diferenciando a atividade de experimentação da atividade de comercialização de

plantas geneticamente modificadas em nosso país e assegurando desta forma a adequada inserção do Brasil no cenário internacional.

BIOÉTICA BIOSSEGURANÇA SOJA

BIOLOGIA DE PLANTAS DANINHAS NA CULTURA DA SOJA.

R. A. PITELLI E R.L.C.M.PITELLI. FCAV/UNESP, 14884-900,
Jaboticabal, SP

Principais plantas daninhas da cultura da soja: No Brasil, grande parte das áreas de plantio de soja estão localizadas na região Sul, com clima ameno e solos de boa fertilidade, e na região dos cerrados, com clima sub-tropical e solos freqüentemente ácidos. São duas condições edafo-climáticas predominantes na cultura da soja e que influenciavam expressivamente as ocorrências e densidades das diferentes populações de plantas daninhas. Em decorrência das facilidades de transporte (antrópico) e de disseminação de propágulos das plantas daninhas, adicionadas com a grande disponibilidade de nichos proporcionados pelos métodos de controle, a vantagem competitiva conferida pela adaptação edafo-climática de uma população passou a ser suplantada pela sua susceptibilidade ao método de controle empregado, alterando totalmente as comunidades infestantes regionais, promovendo maior uniformidade nas composições específicas nas diferentes regiões do Brasil. Ainda há uma certa diferenciação, mas é menor do que no passado. Por exemplo, *Cenchrus echinatus*, *Blainvillea rhomboidea* e *Hyptis* spp são mais comuns em lavouras de soja do Centro-Oeste e Norte. *Cardiospermum halicacabum* e *Polygonum convolvulus* são mais comuns na região Sul. Atualmente *Euphorbia heterophylla*, *Bidens pilosa* e *Brachiaria plantaginea* são encontradas em praticamente todas as áreas de plantio de soja no Brasil.

Os herbicidas colaboraram significativamente para as alterações verificadas nas comunidades de plantas daninhas no Brasil. No passado, *Euphorbia heterophylla* e *Brachiaria plantaginea* foram selecionadas após um longo período de utilização de sistema de produção com a utilização da seqüência soja-milho, com usos dos herbicidas metribuzin e trifluralin em soja e triazinas em milho. Sistemas mais recentes utilizando imidazolinonas e sulfonil-ureias contribuíram para as seleções de *Cardiospermum halicacabum*, algumas espécies do gênero *Ipomoea* e/ou *Desmodium tortuosum*.

Outro fator que contribuiu para as alterações das comunidades infestantes da cultura da soja foi a adoção do sistema de plantio

direto em algumas áreas. Algumas espécies, como *Digitaria insularis*, *Spermaccoce latifolia* e *Erigeron bonariensis* que eram pouco importantes no sistema convencional são muito importantes em áreas de plantio direto. É aceito que a falta de movimentação (distúrbio) do solo e a limitação do uso de certos herbicidas são os fatores principais para tal mudança.

A região do Brasil Central foi uma importante área no incremento da importância de novas plantas daninhas na cultura da soja. Foi nesta região que algumas plantas daninhas se fixaram em termos de importância econômica como *Tridax procumbens*, *Blainvillea rhomboidea*, *Nicandra physaloides*, *Hyptis suaveolens* e *Senna obtusifolia*.

Outro fato bastante importante para as dinâmicas das populações das plantas daninhas em áreas de soja foi o desenvolvimento de resistência à alguns herbicidas, detectada no início dos anos 90. As primeiras citações foram populações de *Euphorbia heterophylla* e *Bidens pilosa* resistentes aos herbicidas inibidores da ALS e de *Brachiaria plantaginea* resistente aos inibidores da ACCase.

Interferência das plantas daninhas no crescimento e produtividade da soja. O termo interferência é utilizado para referir ao conjunto de ações bióticas e econômicas sofrido pela cultura da soja devido a presença de plantas daninhas no agroecossistema. As principais formas de interferência biótica das plantas daninhas são a competição, alelopatia e parasitismo. A ocorrência de plantas daninhas parasitas em culturas da soja não é considerada importante no Brasil.

A aquisição de qualquer recurso para o desenvolvimento da planta cultivada é suscetível de competição pelas plantas daninhas. Este processo é predominantemente importante para a luz, os nutrientes e a água. A interceptação da luz causada pelo rápido crescimento da planta daninha deve ser a forma mais importante de interferência na cultura da soja. Muitos autores, como Pitelli & Neves (1978), Chemalle & Fleck (1982), Pitelli et al. (1983), Gazziero et al. (1989), Velini (1989) e Spadotto (1991), observaram uma forte redução na área foliar da soja quando a cultura foi submetida a interferência da planta daninha. Estudos de análise de crescimento de soja

conduzidos por Pitelli & Neves (1978), Velini (1989) e Spadotto (1991) demonstraram que a redução da área foliar é especialmente devido a senescência prematura das folhas quando o ponto de compensação de luz foi alcançado, como consequência da intensidade de sombreamento causado pelas plantas daninhas.

Um aspecto interessante observado por Velini (1989) e Rossi (1985) é que, em estádios prematuros do ciclo da soja (40-60 dias), uma expressiva redução da área foliar ocorre sem causar danos na produção de grãos. Uma possível explicação para tal comportamento é que a senescência ocorreu somente nas folhas basais da planta, que estavam submetidas ao sombreamento das folhas superiores e, por isso, representavam pequena contribuição global para o crescimento e desenvolvimento da planta. Num estádio avançado do ciclo da soja, as plantas daninhas começam a sombrear as folhas superiores, as quais são fotossinteticamente mais ativas e de maior contribuição para a planta de soja. Com isso, os reflexos sobre a produtividade da cultura serão mais expressivos, conforme relatado por Rossi (1985).

Outro aspecto importante relacionado com a interceptação da luz e senescência de partes da planta é a redução da formação de ramos laterais na soja, como observado por Pitelli & Neves (1978), Machado Neto (1981); Velini (1989). Este comportamento parece ser fundamental uma vez que pode ser relacionado às principais características de produção afetadas pela interferência das plantas daninhas, que é o número de vagens por planta (Chemalle & Fleck, 1982; Machado Neto 1981; Maia et al, 1981; Rossi, 1985; Velini, 1989). A redução no número de vagens pode ser consequência de um número menor de botões florais, devido a redução dos ramos laterais.

É importante mencionar que o número de sementes por vagem (Chemalle & Fleck, 1982; Durigan et al, 1983; Machado Neto, 1981; Maia et al, 1981; Rossi, 1985; Velini, 1989) e o tamanho médio das sementes (Chemalle & Fleck, 1982; Durigan et al, 1983); Machado Neto, 1981) freqüentemente não são afetados pela interferência das plantas daninhas. No entanto, Velini (1989) observou uma redução expressiva no tamanho da semente de soja como resultado da interferência das plantas daninhas. Uma possível

explicação para este resultado pode estar contida na observação de Pitelli (1980) de que a baixa uniformidade na distribuição das espécies de plantas daninhas na área cultivada pode fornecer uma grande desuniformidade no florescimento e amadurecimento das sementes de soja. Assim, é possível que durante a colheita algumas sementes possam ser coletadas durante o processo de formação, refletindo nos resultados de tamanho médio de grãos.

A competição por água não mereceu muita atenção na pesquisa brasileira, provavelmente porque a cultura da soja é plantada durante a estação chuvosa, com pequena possibilidade de restrição hídrica.

A competição por nutrientes entre a soja e *Cyperus rotundus* foi estudada por Pitelli et al. (1983) que observaram reduções no acúmulo de matéria seca da soja e nos teores de nitrogênio, cálcio e magnésio na leguminosa. Eles também observaram reduções no número e tamanho dos nódulos de *Rhizobium* spp. presentes na raiz da soja. Rassini (1988) observou que a competição das plantas daninhas reduziu os teores de nitrogênio e fósforo nas folhas da soja, mas não alterou os conteúdos de potássio, cálcio e magnésio. Durigan et al. (1983) observou que os efeitos da interferência das plantas daninhas nos teores de proteína nas sementes da soja não foram expressivos. Normalmente os solos brasileiros apresentam baixos teores de fósforo, mas a aplicação de fertilizantes na linha de semeadura e a imobilização deste nutriente no solo reduz a possibilidade de uma forte competição por este elemento, explicando efeitos de concentração verificados por Pitelli et al (1983).

No Brasil, pesquisas envolvendo interferência alelopática de plantas daninhas na cultura da soja são poucas. Podem ser citados alguns trabalhos sobre os efeitos de extratos aquosos de partes de plantas daninhas na germinação e crescimento da soja. Tais estudos foram conduzidos envolvendo *Brachiaria plantaginea* (Almeida & Rodrigues, 1986), *Mabea* sp (Souza, 1986), e *Nycandra physaloides* (Braga & Pereira, 1991). Gastal & Casela (1981) e Almeida et al. (1986) estudaram os efeitos da incorporação de resíduos de *Brachiaria plantaginea* e *Cyperus rotundus* no solo. Todas estas publicações mostraram efeitos de redução na germinação e crescimento primário da soja.

Fatores que afetam o grau de interferência das plantas daninhas na cultura da soja. Os fatores que afetam o grau de competição entre as plantas daninhas e a culturas agrícolas foram esquematizados por Bleasdale (1960), modificados por Blanco (1972) e adaptados para interferência por Pitelli (1985). Segundo este esquema o grau de interferência depende de fatores relacionados à cultura da soja (cultivar, densidade e distribuição da cultura no campo) e de fatores ligados à comunidade infestante (composição específica, densidade e distribuição das populações) e ao ambiente da interação (fatores edáficos, climáticos e manejo cultural). Além disso, o grau de interferência depende da época e extensão do período de convivência da soja com as plantas daninhas.

Existem grandes diferenças na habilidade competitiva de cultivares de soja. Chemalle & Fleck (1982) comparando seis cultivares de soja observaram que o cultivar Prata foi o mais suscetível à interferência de *Euphorbia heterophylla*. Esta alta suscetibilidade foi atribuída à característica de baixo porte e pequeno índice de área foliar. O cultivar de soja menos suscetível foi o BR-1, o qual exibiu porte alto, rápido crescimento inicial e elevado índice de área foliar. Rassini (1988) observou uma maior eficácia no controle de plantas daninhas com baixas doses de lactofen e fomesafen em parcelas plantadas com IAC-8 quando comparado com Foscarin. Esta diferença na eficácia dos herbicidas foi atribuída ao rápido crescimento inicial e maior sombreamento proporcionado pelo cultivar IAC-8.

O espaçamento entre linhas e a densidade de semeadura são fatores muito importantes na determinação da velocidade e do grau de sombreamento promovido pela cultura da soja. Maia et al. (1981) mostraram que os efeitos da interferência das plantas daninhas na cultura da soja foram reduzidos com o aumento da população da soja. Rassini (1988) observou que sub-doses de lactofen e fomesafen promoveram uma maior eficácia no controle de plantas daninhas em espaçamentos de 0,30 m entre linhas de soja, quando comparado com o espaçamento de 0,60 m. Resultados similares foram observados por Brizuela (1994) utilizando diferentes doses de imazaquin e trifluralin e comparando os cultivares IAC-8 e IAS-5. Este tipo de comportamento da intensidade de interferência relacionado à velocidade e intensidade de ocupação dos recursos do agroecossistema pela soja deve ser constante motivo de

preocupação quando do lançamento de cultivares que permitam reduções nas populações de plantas por unidade de área ou espaçamentos diferenciados.

Nas áreas de cultivo de soja no Brasil as comunidades de plantas daninhas são muito diversificadas, sendo comum a ocorrência de várias espécies enquadradas em diferentes famílias botânicas num pequena unidade de área. Talvez, por este motivo, existem poucos trabalhos estudando interferência envolvendo plantas de soja e uma espécie particular de planta daninha, Chemalle & Fleck (1982) estudaram a interferência de *Euphorbia heterophylla* na cultura da soja. Os efeitos foram influenciados pelo período de presença da planta daninha e pela sua densidade. A redução da produção de grãos foi de 43% para uma população de 54 plantas por metro quadrado. O estudo da interferência entre soja e *E. heterophylla* é justificado pelo fato desta planta ser selecionada pelos herbicidas utilizados em soja tanto por tolerância como pelo desenvolvimento de resistência.

Gazziero et al. (1989) estudaram os efeitos de populações de *Sorghum halepense* (48 colmos por metro, em média) na produtividade da soja. As reduções de produção foram de 23%, 45% e 64% para períodos de presença da planta daninha da emergência até 28, 42 e 56 dias, respectivamente. Estudos de campo visando obter correlações entre densidade ou matéria seca acumulada pelas plantas daninhas e a produtividade da soja, não alcançaram resultados satisfatórios. A possível explicação é a grande desuniformidade que ocorre na composição específica, distribuição geográfica e no crescimento das plantas daninhas mesmo em áreas pequenas. Chemalle & Fleck (1982) observaram redução na produtividade da soja proporcional à densidade de *Euphorbia heterophylla*, com valores de 19% e 43% para densidades de plantas daninhas de 12 e 54 plantas por metro quadrado, respectivamente.

Estudos envolvendo os efeitos de períodos considerados críticos na convivência ou no controle das plantas daninhas na produtividade da soja foram aqueles que receberam uma maior atenção por parte dos programas de pesquisa no Brasil. O período que é mais estudado é o período desde a emergência da soja em a cultura deve ser mantida

livre da presença de plantas daninhas de modo que a produtividade não seja afetada pelo processo de interferência. Este período foi denominado por Pitelli & Durigan (1984) como "Período de Prevenção Total da Interferência na produção (PTPI)". Como um todo, os modelos experimentais usados foram os tradicionais envolvendo períodos crescentes de controle de plantas daninhas. No passado, a interpretação de resultados era baseada em testes de comparação de médias (Tukey ou Duncan). Mais recentemente tem sido adotadas interpretações por modelos de tendência, como o exponencial (Velini, 1989), Broken Stick (Spadotto, 1991) e o sigmoidal de Boltzman. Os estudos feitos no Brasil mostraram baixos valores para o período total de prevenção da interferência das plantas daninhas (Blanco, 1972; Durigan et al., 1983; Pitelli, 1980; Rossi, 1985; Spadotto, 1991; Velini, 1989), provavelmente devido ao comportamento de germinação das plantas daninhas em nossas condições climáticas. Durigan et al. (1983), Rossi (1985), Velini (1989) e Spadotto (1991) observaram que durante o período de 0 a 30 dias após a semeadura da soja ocorreu a emergência da maior parte das plantas daninhas da comunidade infestante. Após este período, a emergência das plantas daninhas foi pouco expressiva. Provavelmente, por esta razão, a maioria dos modelos experimentais utilizados no Brasil apresenta períodos de estudo abrangendo desde a emergência da soja até 60 dias após a semeadura, o que dificulta nova análise de dados por modelos de tendência.

O período no qual a cultura pode conviver com a comunidade de plantas daninhas antes que ocorra um dano significativo na sua produtividade, também foi estudado por vários pesquisadores e é denominado por Período Anterior à Interferência (PAI). Normalmente estes períodos são muito longos e pouco úteis para dar orientação nas medidas de controle a serem aplicados em pós-emergência. (Pitelli & Durigan, 1984).

O grande trunfo do conhecimento destes períodos é interpretação dos resultados considerando que os efeitos da interferência das plantas daninhas em diferentes períodos de convivência com a soja pode ser utilizado como indicador da intensidade de ocupação do agroecossistema pela cultura e as relações entre o PTPI e o PAI ser utilizados como indicador biológico. Quando o PAI é inferior ao PTPI há uma indicação de que a competição inicia-se precocemente no

ciclo da cultura e a soja necessitará de um longo tempo para sombrear o solo ao nível suficiente para o controle das plantas daninhas. Por outro lado, quando o PAI for maior que o PTPI, o agricultor tem uma situação adequada para usar somente uma medida pós-emergente de controle de plantas daninhas, indicando que a prática agrícola foi adequada e a cultura ocupou rápida e eficiente os nichos do agroecossistema (Pitelli, 1985).

Bibliografia

ALMEIDA,F.S., RODRIGUES,B.N., VOSS, M. Efeitos alelopáticos e competição da *Brachiaria plantaginea* na soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 16, 1986, Campo Grande, 1986. Resumos..., Campinas, SBHED, 1986. p. 5-6.

BLANCO, H.G., A importância dos estudos ecológicos nos programas de controle de plantas daninhas. O Biológico, v. 38, p. 343-350, 1972.

BLANCO,H.G.; OLIVEIRA, D.A.; ARAÚJO, J.B.M.; GRASSI, N.. Observações sobre o período em que as plantas daninhas competem com a soja (*Glycine max* (L.) Merril). O Biológico, v.38, p. 33-35, 1972.

BLEASDALE, J.K.A.. Studies on plant competition. In: The Biology of Weeds, ed. J.L. Harper, Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1960, p.1323-42.

BRAGA, P.E.T.; PEREIRA, R.C.. Propriedades alelopáticas do joá de capote (*Nicandra physaloides*) em tomate, soja e milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 18, 1991, Brasília. Resumos..., Brasília, SBHPD, p18.

CHEMALLE, V.M; FLECK, N.G.. Avaliação de cultivares de soja em competição com *Euphorbia heterophylla* sob três densidades e dois períodos de ocorrência. Planta Daninha, v.05, 1982. p. 36-45.

DURIGAN, J.C.; VICTORIA FILHO, R.; MATUO, T.; PITELLI, R.A ., Períodos de matocompetição na cultura da soja [*Glycine max*_(L.) Merril], cultivares Santa Rosa e IAC-2. II- Efeitos sobre

características morfológicas das plantas e constituição química dos grãos. Planta Daninha, v.06, 1983, p.101-114.

DURIGAN, J.C.; VICTORIA FILHO, R.; MATUO, T.; PITELLI, R.A.. Períodos de matocompetição na cultura da soja [*Glycine max* (L.) Merril], cultivares Santa Rosa e IAC-2. I- Efeitos sobre os parâmetros de produção. Planta Daninha, v. 06, 1983, p.86-100.

GASTAL, M.F; CASELA, C.R.. Influência alelopática de *Cyperus rotundus* L. em *Glycine max* (L.) Merril. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 2, Brasília, 1981. Anais, Brasília, EMBRAPA, p. 366-370.

GAZZIERO, D.L.P.; ULRICH, A.V.; VOLL, E.; PITELLI, R.A.. Estudos dos efeitos do período de convivência do capim-massambará (*Sorghum halepense* (L.) Pers.) no crescimento e a produção da cultura da soja. In: Brasil, EMBRAPA , 1989, Relatório Anual 88/89, p.306-308.

MAIA, A.C.; MACHADO, A.M.; LACA-BUENDIA, J.P.. Efeito de espaçamento e população de plantas no controle de plantas daninhas na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merril) em solo de cerrado. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 2, 1981, Brasília. Anais, Brasília., EMBRAPA, p. 331-338.

PITELLI, R.A.. Efeitos do período de competição das plantas daninhas sobre a produtividade do amendoim (*Arachis hypogaea*) e o teor de macronutrientes em suas sementes. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP, 1980. 89 p. Dissertação de Mestrado, 1980.

PITELLI, R.A.. Interferência das plantas daninhas em culturas agrícolas. Informe Agropecuário, v.11, 1985, p.16-27.

PITELLI, R.A.; DURIGAN, J.C.. Terminología para períodos de convivência e controle das plantas daninhas em culturas anuais e bianuais. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 15, 1984, Belo Horizonte. Resumos... Campinas, SBHED, 1984. p.73-74.

PITELLI, R.A.; DURIGAN, J.C.; BENEDETTI, N.J.. Estudos de competição inter e intraespecífica envolvendo *Glycine max* (L.) Merril e *Cyperus rotundus* L., em condições de casa de vegetação. Planta Daninha, v.06, 1983, p. 129-137.

PITELLI, R.A.; NEVES, A.S.. Efeitos da competição das plantas daninhas sobre algumas características morfológicas e agronômicas de plantas de soja. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E ERVAS DANINHAS, 12, 1978, Fortaleza. Resumos..., Campinas, SBHED, 1978, p.104.

RASSINI, J.B.. Integração de práticas culturais e baixas dosagens de herbicidas em pós-emergência para o controle de plantas daninhas na cultura da soja (*Glycine max*). Jaboticabal, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, 1988, 115 p. Tese de Doutoramento, 1988.

ROSSI, C.A.. Efeitos de períodos de controle e convivência de plantas daninhas na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merril). Jaboticabal, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, 1985, 40 p. Trabalho de Graduação, 1985.

SIXTO FELÍCIANO BOGADO BRIZUELLA. Efeitos de variedades, espaçamentos e doses de herbicidas nas relações de interferência entre a cultura da soja e a comunidade infestante. Jaboticabal, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, 1994, 98 p. Dissertação de Mestrado, 1994.

SOUZA, I.F.. Potencial alelopático do jamboreiro (*Mabea* sp) sobre a cultura da soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 16, 1986, Campo Grande. Resumos... Campinas, SBHED, p. 12.

SPADOTTO, C.A.. Determinação do período crítico para prevenção da interferência e avaliação de parâmetros para o controle monitorizado de plantas daninhas de folhas largas na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merril). Botucatu, Faculdade de Ciências Agronômicas/UNESP, 1991, 83 p..Dissertação de Mestrado, 1991.

VELINI, E.D.. Avaliação dos efeitos de comunidades infestantes naturais ,controladas por diferentes períodos , sobre o crescimento e produtividade da cultura da soja (*Glycine max (L.) Merril*). Jaboticabal, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, 1989, 85 p. Dissertação de Mestrado, 1989.

INFLUÊNCIA DA PALHA NO MANEJO DE PLANTAS DANINHAS.

E. D. VELINI (FCA / UNESP – BOTUCATU; velini@fca.unesp.br); M. L. B. TRINDADE; A. L. CAVENAGHI.

1. Introdução

Nos últimos anos, tem-se observado, no Brasil, uma rápida expansão da área total cultivada em que é utilizada algum tipo de cobertura morta. O plantio direto, para culturas anuais, apresenta um nível de adoção alto e crescente. Em reflorestamentos, o cultivo mínimo, com manutenção da serapilheira sobre o solo, já é a tecnologia predominante em praticamente todas as regiões e empresas produtoras. Em cana-de-açúcar, a colheita sem queimada deixa sobre o solo uma espessa camada de palha que pode superar 20 t/ha. A palhada associada às modificações técnicas necessárias para implementar a colheita mecânica da cultura, criam um novo sistema de produção de cana-de-açúcar popularmente denominado de canacrua.

As três condições mencionadas (plantio direto, cultivo mínimo em reflorestamento e canacrua) são completamente distintas em termos de quantidade e composição da cobertura morta, além da periodicidade da produção dos resíduos que a compõem. Contudo, estes três sistemas de produção têm em comum o menor impacto ambiental; a redução do uso de máquinas; a menor movimentação do solo; o controle das plantas daninhas e a modificação da composição da comunidade infestante pela palha; o predomínio do uso de herbicidas aplicados em pós-emergência, como resultado da dificuldade de utilização de herbicidas de pré-emergência; a necessidade de adaptação de diversas tecnologias.

Quanto a plantas daninhas, poucos trabalhos têm sido feitos, no Brasil, procurando avaliar os efeitos da cobertura morta sobre a sua ocorrência e controle. A seguir discutiremos as poucas informações disponíveis.

2. Efeito das palhadas sobre a germinação de plantas daninhas

Quando se avalia o efeito de coberturas do solo sobre a germinação de plantas daninhas há a necessidade de procurar determinar a origem dos mesmos. Infelizmente, não foram encontrados trabalhos feitos no Brasil, em que discriminou-se a contribuição de alterações físicas e químicas do ambiente para a ocorrência dos efeitos de

coberturas mortas sobre as plantas daninhas. Na maioria das situações, as alterações na comunidade infestante têm sido creditadas aos efeitos de supostos compostos alelopáticos, que até o momento não foram isolados ou identificados. Adicionalmente, muitos dos trabalhos realizados visando estudar ou comprovar a presença de efeitos alelopáticos têm importantes limitações metodológicas que dificultam ou impossibilitam a extração de conclusões a partir dos mesmos.

Deve ser ressaltado que um efeito alelopático só pode ser aceito de modo incontestável, quando o agente causal é purificado e ao ser aplicado em plantas testes em concentrações compatíveis com as de campo, reproduz os sintomas inibitórios observados inicialmente.

Em termos de metodologias experimentais, as que têm promovido os maiores problemas de interpretação, são as fundamentadas no uso de extratos de plantas (aquosos, etanólicos, metanólicos e acetônicos, dentre outros). Normalmente tais extratos são utilizados para umedecimento do substrato para germinação de plantas indicadoras. Pequenos atrasos na embebição e desenvolvimento das plântulas, normalmente devidos a reduções no potencial osmótico das soluções (em função de sais, açúcares, ácidos e outros compostos liberados pela matéria seca ou fresca utilizada) podem ser tomados por potentes efeitos alelopáticos. Uma alternativa metodológica bastante interessante é o uso da solução de solo de unidades experimentais (mantidas em condições naturais) para umedecimento do substrato de germinação; tal método foi utilizado pela primeira vez por Velini et al. (1996) para avaliação dos efeitos alelopáticos de leguminosas utilizadas como adubos verdes.

A principal evidência prática contrária à existência de efeitos alelopáticos de coberturas mortas refere-se à seletividade dos possíveis compostos envolvidos. Ou seja, os supostos compostos alelopáticos têm demonstrado sistematicamente a capacidade de controlar a germinação de plantas daninhas apenas, sem qualquer efeito prejudicial em plantas cultivadas de diferentes hábitos de crescimento e famílias botânicas. O mesmo padrão de comportamento, bastante desejável em herbicidas, não foi encontrado, até o momento, nos vários milhões de moléculas já testadas.

A presença de efeitos exclusivamente nas plantas daninhas indica que os mesmos se devem, predominantemente, a efeitos físicos. As plantas cultivadas, melhoradas para germinar prontamente em

condições favoráveis, não são sensíveis a alterações provocadas pela palha nos regimes hídrico, térmico e luminoso. O oposto ocorre com as plantas daninhas.

Contudo, é de grande relevância a avaliação do potencial alelopático das palhadas mais importantes no Brasil. Existem duas situações em que estes efeitos poderão apresentar importantes implicações econômicas. A primeira refere-se ao próprio potencial de controle de plantas daninhas, que poderia ser incrementado em programas de melhoramento específicos. Em termos mundiais, já existem alguns programas de melhoramento procurando obter novas variedades que produzam compostos com capacidade de intoxicar e controlar plantas daninhas. Arroz, cevada e alguns adubos verdes são exemplos de espécies que estão sendo melhoradas para este fim.

A segunda situação refere-se à possibilidade de que os possíveis compostos liberados pelas palhadas intoxiquem a própria cultura. Em geral, quando os efeitos alelopáticos são suficientemente potentes para que possam ter utilidade prática, controlando plantas daninhas, deixam de apresentar seletividade, ocorrendo, com intensidade variável, em muitos tipos de plantas, incluindo-se a espécie que o gera.

Devem ser destacados os efeitos de fatores de estresse na produção de compostos e na intensidade de efeitos alelopáticos. O trabalho de Del MORAL (1972) foi um dos primeiros a tratar do assunto; o autor avaliou os efeitos de diversos tipos de estresse sobre a concentração de ácidos clorogênicos e isoclorogênicos em girassol e verificou que, quando as plantas foram submetidas a deficiência hídrica, deficiência de Nitrogênio, ou as duas combinadas a concentrações destes ácidos foram elevadas em até 15 e 16 vezes, para os dois tipos de compostos, respectivamente. O maior mérito deste e outros estudos similares é o de demonstrar que o efeito alelopático é uma característica fenotípica e não exclusivamente genotípica, como admitem, implícita e erroneamente, muitos pesquisadores. Ou seja, *o efeito alelopático não é característico de uma determinada espécie vegetal, mas sim de um determinado genótipo estudado, em uma determinada condição ambiental.*

Os efeitos físicos da cobertura morta sobre a comunidade infestante não podem ser negligenciados, pois a totalidade das espécies de plantas daninhas apresentam dormência ou algum tipo de controle da germinação. A importância da quantidade e qualidade da luz sobre a germinação de plantas daninhas é destacada por

TAYLORSON & BORTHWICK (1969), FENER (1980) e ZIMDAHL (1993). Exemplificando, dentre dezoito espécies estudadas pelo segundo autor, apenas duas, *Aschirantes aspera* e *Conyza bonariensis*, mostraram-se insensíveis aos efeitos da luz em termos de germinação. Outras sete espécies, incluindo *Ageratum conyzoides* e *Galinsoga parviflora*, apresentaram decréscimos nas taxas de germinação sempre que a quantidade de luz incidente sobre as sementes foi reduzida. Outras sete espécies, incluindo *Bidens pilosa* e *Richardia brasiliensis*, apresentaram capacidade de germinar na presença ou ausência de luz, mas as sementes entraram em dormência sempre que expostas à radiação filtrada por folhas; a absorção seletiva da clorofila modifica o balanço entre o vermelho (650 nm) e o vermelho distante (730 nm), condicionando dormência nestas espécies. Várias das espécies estudadas por FENER (1980) apresentam grande importância em diversas regiões do Brasil. Embora os mecanismos gerais de controle da germinação pela luz sejam relativamente bem conhecidos, não se sabe, com precisão, quais deles são operantes em cada espécie vegetal.

Os efeitos do regime térmico sobre a germinação de plantas cultivadas têm sido estudados por vários autores. Quanto às plantas daninhas, segundo EGLEY & DUKE (1985), a amplitude térmica, um dos componentes do regime térmico, interfere de modo decisivo na germinação de muitas espécies. A exigência de maior ou menor amplitude térmica constitui-se no modo mais eficiente de controlar a profundidade de germinação no solo. Através deste mecanismo, algumas espécies de plantas daninhas conseguem suprimir a germinação quando as reservas são insuficientes para alcançar a superfície. Nas Figuras 1 e 2, são apresentadas informações referentes à variação da temperatura do solo a 1 e a 5 cm de profundidade em áreas sem cobertura ou com 7,5 ou 15 t/ha de palha de cana. Observa-se que as duas quantidades de palha reduziram drasticamente a variação da temperatura a 1 e a 5 cm de profundidade. Este efeito certamente contribui de modo decisivo para a redução da germinação de plantas daninhas. Não se conhece exatamente quais espécies têm sua germinação controlada pela amplitude térmica, mas várias gramíneas forrageiras, como *Brachiarias* e *Panicuns* que também podem ocorrer como daninhas, apresentam germinação ótima em temperaturas alternadas.

Em contraste com o que ocorre com as plantas daninhas, praticamente todos os mecanismos de dormência, ou controle da

germinação, foram eliminados pelo processo de melhoramento genético das plantas cultivadas. É claro que luz, temperatura média, amplitude térmica e umidade, continuam limitando a germinação de plantas cultivadas, mas, normalmente, esta limitação não passa pela superação ou indução de dormência. Quando isto acontece, como no gênero *Brachiaria*, trata-se, em geral, de espécies ainda pouco melhoradas geneticamente.

Tem sido criada a falsa impressão de que em áreas de plantio direto com palhada o controle de plantas daninhas será mais simples ou poderá, até mesmo, ser suprimido. Contudo, a maioria dos técnicos que tiveram oportunidade de trabalhar com controle de plantas daninhas em áreas com palhadas consideram que o controle é mais complexo nesta condição. A presença da palha pode reduzir a incidência de algumas espécies de plantas daninhas, mas limita o uso herbicidas de pré-emergência. Adicionalmente, os efeitos supressivos da palha sobre as plantas daninhas exigem quantidades mínimas de biomassa, nem sempre fáceis de serem alcançadas, sobre o solo. A capacidade de controle da palhada pode ser bastante reduzida se a mesma estiver distribuída de modo desuniforme na área de produção.

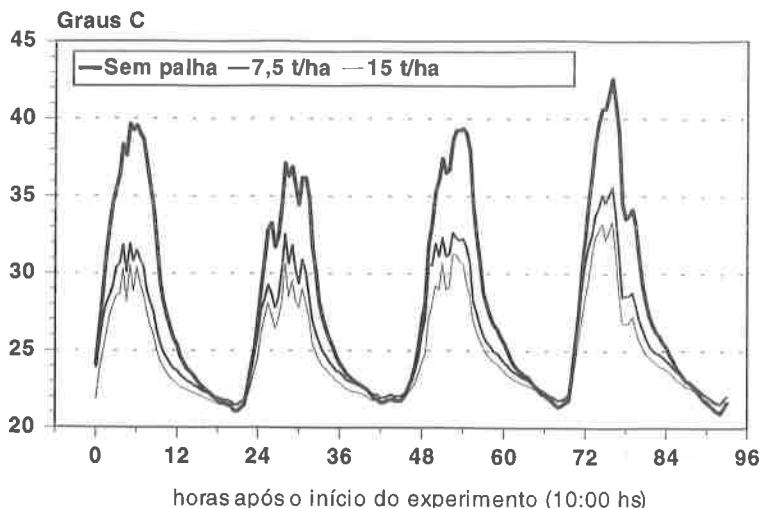


Figura 1 – Variação da temperatura do solo a 1cm de profundidade em função da cobertura com palha.

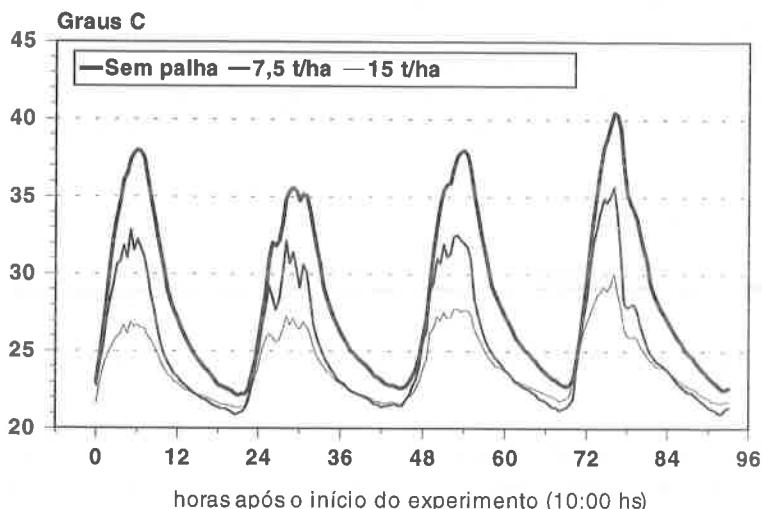


Figura 2 – Variação da temperatura do solo a 5cm de profundidade em função da cobertura com palha.

Quanto à avaliação dos efeitos da cobertura com palha sobre a germinação de plantas daninhas, VELINI et al (1998) e MARTINS et al (1999) estudaram os efeitos da cobertura do solo com 0, 2, 4, 6, 8, 10 e 15 t/ha de palha de cana sobre a germinação das principais espécies de plantas daninhas. As principais conclusões dos autores são apresentadas a seguir. As espécies *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria plantaginea*, *Digitaria horizontalis* e *Sida rhombifolia* apresentaram comportamentos bastante similares frente à cobertura com a palha. Dentre estas quatro espécies, a *Sida rhombifolia* foi a menos sensível aos efeitos da cobertura do solo, havendo germinação desta espécie mesmo no tratamento com 15 t de palha / ha. As espécies *Brachiaria decumbens* e *Brachiaria plantaginea* apresentaram germinação nula somente na maior quantidade de palha. A espécie *Digitaria horizontalis* mostrou-se a mais sensível aos efeitos da palha, apresentando germinação nula para os tratamentos com 10 e 15 t/ha e grandes reduções na germinação nos tratamentos com quantidades de palha entre 4 e 8 t/ha. Para *Panicum maximum*, houve estímulo à germinação, na primeira fase do experimento, quando o solo foi coberto com 2 t de palha/ha. Com 4 t / ha, o número de plantas foi similar ao verificado na testemunha (0 t/ha). Nos demais tratamentos, a germinação do capim-colonião foi reduzida de modo intenso e significativo. Quanto à *Euphorbia heterophylla*, o efeito dos tratamentos foi não significativo indicando que a emergência da espécie não foi afetada por até 15 t / ha de palha. Para *Bidens pilosa*, houve aumentos da germinação nos tratamentos com 2 a 8 t de palha/ha e no tratamento com 10 t/ha os resultados foram similares aos verificados na testemunha; somente a maior quantidade de palha reduziu significativamente a germinação do picão-preto. Quanto à *Ipomoea grandifolia*, os tratamentos com quantidades de palha entre 2 e 10 t/ha, promoveram estímulos à sua germinação; somente no tratamento com 15 t/ha houve uma pequena redução na emergência da espécie. Estes trabalhos indicaram, ainda, que: 1) a palha constituiu-se excelente agente de controle de plantas daninhas gramíneas e dicotiledôneas de sementes pequenas (*Sida rhombifolia*); 2) dicotiledôneas com sementes grandes (*Ipomoea grandifolia* e *Euphorbia heterophylla*) mostraram-se pouco sensíveis à palhada. Um outro desafio importante para a maximização da capacidade de controle da parte é o aumento da quantidade de biomassa de palha sobre o solo durante a fase do ciclo das culturas anuais que vai da

germinação até o fechamento da cultura (cruzamento de folhas e sistemas radiculares). Uma alternativa é aumentar a capacidade de produção de biomassa pelas culturas utilizadas para cobertura do solo. Um extenso levantamento realizado por Maciel (2001) indicou valores iniciais médios de 5.718, 7.287, 5.886, 6.428, 4.697, 10.613, 7434 e 7825 kg/ha (avaliados quando da semeadura da cultura de verão) de biomassa de cevada, trigo, aveia colhida, aveia rolada, azevém, milho, milheto e capim-braquiária, respectivamente. Uma segunda alternativa é priorizar o uso de palhadas de degradação mais lenta e, conseqüentemente, efeito mais longo sobre as plantas daninhas. Pereira (2001) observou valores de meia vida (tempo necessário para degradar a metade da quantidade inicial de palha) de 18, 27, 29, 31, 34, 26 e 18 dias para crotalaria, aveia-preta, feijão, milho safrinha, sorgo, guandu milheto e Girassol, de modo respectivo.

Uma terceira alternativa corresponde ao atraso na aplicação do herbicida de manejo. Em algumas situações tal aplicação pode ser feita, com alguns riscos, até mesmo após a semeadura da cultura. O atraso no controle da cultura de cobertura pode gerar um importante atraso na liberação dos nutrientes da palhada para a cultura. Portanto, a decisão de atrasar ou não a operação de manejo deve considerar os possíveis efeitos sobre a liberação de nutrientes e nutrição da cultura.

3. Efeitos da palha sobre a dinâmica de herbicidas no solo

O que tem sido observado em todos os sistemas de produção com algum tipo de cobertura de solo é o predomínio do uso de herbicidas de pós-emergência. No caso de herbicidas de pré-emergência, normalmente são empregadas as mesmas técnicas de aplicação, as mesmas doses e as mesmas formulações utilizadas nos sistemas de produção sem palha. Em muitas situações em que o controle de plantas daninhas dever ser mantido por maiores períodos (ex.: algodão e milho) há urgência na procura de soluções que permitam o uso de herbicidas de ação residual mesmo em áreas com camadas espessas de palha.

A palha é apenas uma das barreiras para o uso de herbicidas com ação exclusiva ou preferencial no solo. O acréscimo do teor superficial de matéria orgânica no solo, tende a exercer forte sorção dos herbicidas limitando a sua eficiência.

Uma segunda limitação importante refere-se a problemas ambientais. É amplamente conhecido e divulgado que a cobertura com palha diminui a perda de água na superfície do solo e este aspecto associado à abertura de microcanais de drenagem pode facilitar a lixiviação de fertilizantes, herbicidas ou outros agrotóxicos. Há a necessidade de um constante monitoramento dos níveis destes compostos no lençol freático de áreas de plantio-direto. Infelizmente, este tipo de avaliação é praticamente inexistente no Brasil e se existe, as informações não vêm sendo divulgadas.

A palha ainda pode atuar retendo herbicidas, liberando-os lentamente ao solo. Este efeito seria bastante interessante, mas ainda não foi adequadamente avaliado para qualquer dos herbicidas disponíveis comercialmente para uso em cada-de-açúcar.

A camada de palha limita, também, a quantidade de luz que incide sobre o solo, podendo reduzir a intensidade da degradação de herbicidas. Estudos recentes conduzidos no Laboratório de Matologia da FCA / UNESP têm indicado que praticamente toda a luz de comprimentos de onda entre 190 e 700 nm (luz ultravioleta e visível) é retida quando incide sobre uma única folha seca de diversos tipos de palhadas. Considerando que quantidades mínimas de palha podem praticamente extinguir a luz ultravioleta que atinge o solo, tanto a desintoxicação do solo quanto a persistência do controle de plantas daninhas poderiam ser drasticamente modificados pela presença da palhadas.

É consenso entre os técnicos que trabalham com controle de plantas daninhas em áreas com palhadas, que os herbicidas tradicionais de pré-emergência não conseguem atravessar a camada de palha deixada pela cultura e atingir o solo onde poderiam ser absorvidos pelas plantas daninhas gerando o processo de intoxicação. Para melhor avaliar esta premissa, foi feito um estudo com aplicação do corante FDC-1 (simulando um herbicida) procurando determinar a porcentagem de interceptação do mesmo por camadas de palha de 0, 1, 2, 4, 6, 8, 10 e 15 t/ha. Os resultados referem-se a médias para palhadas de aveia, milheto e cana. Foram utilizados bicos XR 110.02 operando a 25psi e espaçados de 0,5m; a velocidade de aplicação foi de 3,6 km/h, condicionando um consumo de calda de 195 l/ha. As porcentagens do corante que conseguiram transpor as camadas de palha são apresentadas na Figura 3.

Os resultados indicam que com uma camada de palha de apenas 1 t/ha, 35,5% da calda de pulverização atinge o solo. Com 10 e 15

t/ha as porcentagens de interceptação da calda pela palha são de 99,4 e 99,5%, respectivamente. Nas condições normalmente encontradas em áreas de plantio direto, praticamente todo o herbicida aplicado sobre a palha é por ela interceptado.

É fundamental que as empresas e os órgãos de pesquisa estabeleçam rotinas de trabalho procurando estudar a dinâmica de herbicidas em palhadas. Estas pesquisas certamente conduzirão à seleção de ingredientes ativos ou formulações com menor afinidade com a palha, facilitando a sua remoção e carregamento para o solo com um mínimo de chuvas. Provavelmente vários dos herbicidas utilizados em culturas anuais, após possíveis modificações nas formulações, poderão ser utilizados neste tipo de situação.

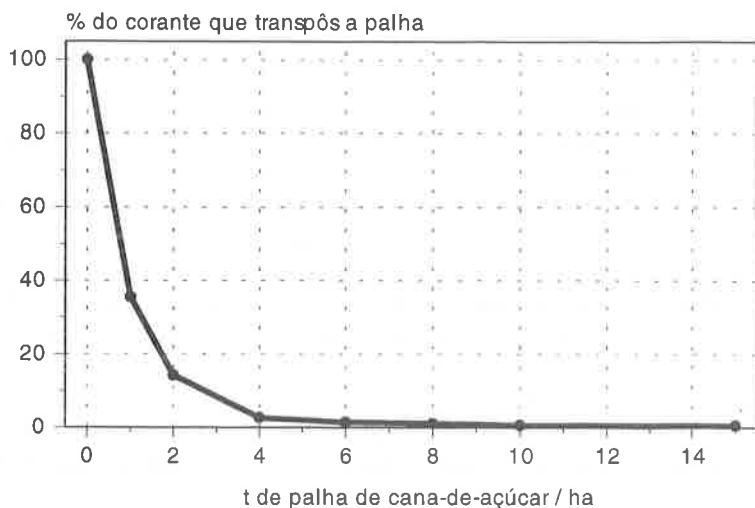


Figura 3 – Porcentagens da calda de pulverização que transpuseram camadas com diferentes quantidades de palha.

No caso de herbicidas de pré-emergência, o conhecimento da dinâmica em palhadas é fundamental para definição do nível de eficiência do herbicida. No caso de herbicidas de pós, a dinâmica na palhada é fundamental para a definição da dinâmica dos mesmos no ambiente.

4. Palavras chave: plantas daninhas, herbicidas, plantio direto.

5. Literatura Citada

- DEL MORAL, R. On the variability of chorogenic acid concentration. *Oecologia*, 9: 289-300, 1972.
- EGLEY, G.H. & DUKE, S. Physiology of weed seed dormancy and germination. In: DUKE, S.O. Weed Physiology. I. Reproduction and Ecophysiology. Florida, CRC Press, Inc., 1985. pp. 27-64.
- FENER, M. Germination tests of thirty-two East African weed species. *Weed Research*, 20:135-138, 1980.
- MARTINS, D.; VELINI, E.D.; MARTINS C.C. & SOUZA, L.S. Emergência em campo de dicotiledôneas infestantes em solo coberto com palha de cana-de-açúcar. *Planta Daninha*, 17(1):151-161, 1999.
- MACIEL, C. D. G. Simulação do caminhamento de herbicidas em diferentes tipos e quantidades de palhadas utilizadas no sistema de plantio direto. Botucatu, 2001. 89p. Tese (Doutorado em Agronomia – Programa em Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista / UNESP.
- PEREIRA, F.A.R. Efeitos de sistemas de cultivo sobre as populações de plantas daninhas, em condições de cerrado. Botucatu, 2001. 87p. Tese (Doutorado em Agronomia – Programa em Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista / UNESP.
- TAYLORSON, R.B. & BORTHWICK, H.A. Light filtration by foliar canopies: significance for light-controlled weed seed germination. *Weed Science*, 17(1):48-51, 1969.
- VELINI, E.D. & MARTINS, D. *Efeito da palha da cana-de-açúcar sobre a germinação das principais espécies de plantas daninhas desta cultura*. Relatório Técnico, Botucatu: FCA / UNESP, 1998.26p.
- ZIMDAHL, R.L. Fundamentals of Weed Science. 1º Ed. Academic Press, New York, 1993. 450p.

MECANISMO DE AÇÃO DE HERBICIDAS E A RESISTÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS

P. J. CHRISTOFFOLETI¹ R. F. LOPEZ OVEJERO²

1. Introdução

As comunidades de plantas daninhas infestantes dos agroecossistemas estão representadas por espécies, cuja composição florística responde a um ambiente comum proporcionado pelas condições agroecológicas da cultura. No entanto, devido à utilização intensiva de herbicidas, as mesmas, como seres biológicos em processo de coevolução com a agricultura (Ghera et al., 1994), criam mecanismos de resposta ao distúrbio ambiental provocado pela pressão de seleção dos herbicidas através da mudança na flora específica (Fryer & Chancellor, 1979) ou seleção de biótipos resistentes de plantas daninhas aos herbicidas (Christoffoleti, 1998). A ocorrência de biótipos resistentes de plantas daninhas aos herbicidas em uma área é um fenômeno espontâneo decorrente da variabilidade genética natural que ocorre em suas populações, não sendo, portanto o herbicida o agente causador, mas sim selecionador dos indivíduos resistentes que se encontram em baixa freqüência (Christoffoleti et al., 1994). Sendo assim, a presença de biótipos resistentes em alta freqüência é percebida quando existe alta pressão de seleção imposta pela aplicação repetitiva dos mesmos de herbicidas ou de herbicidas com o mesmo mecanismo de ação. Esta publicação tem como objetivo descrever algumas definições sobre resistência, agrupar os herbicidas de acordo com os mecanismos de ação, e propor estratégias de prevenção e manejo da resistência.

2. Resistência de plantas daninhas aos herbicidas

Define-se como resistência aos herbicidas à capacidade natural e herdável de alguns biótipos de plantas daninhas de uma determinada população, em sobreviverem a tratamentos com herbicidas que deveriam controlar com eficácia esta população, sob condições normais de uso (Gunsolus, 1993). O surgimento da resistência aos

¹ Professor Associado, Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (USP/ESALQ), Departamento de Produção Vegetal, Área de Biologia e Manejo de Plantas Daninhas; Endereço: USP/ESALQ – Dep. Produção Vegetal – Caixa Postal 09 – CEP 13.418-900 – Piracicaba – SP; e-mail: pjchrist@esalq.usp.br.

² Eng. Agr., M.Sc., Doutorando do Curso de Agronomia, Área de Concentração Fitotecnica, da Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (USP/ESALQ), Departamento de Produção Vegetal. E-mail: rfoveje@esalq.usp.br

herbicidas é identificado, geralmente, quando 30% das plantas mostram-se resistentes (Maxwell & Mortimer, 1994). Outra definição diz respeito aos termos resistência cruzada e resistência múltipla. No primeiro caso, Heap (1997) descreve a resistência cruzada quando biótipos de plantas daninhas são resistentes a dois ou mais herbicidas devido à presença de um único mecanismo de resistência. Rubim (1991) complementa que o termo resistência múltipla deve ser usado em casos em que a planta resistente possui dois ou mais mecanismos de resistência distintos. As características das plantas daninhas e dos herbicidas são fatores determinantes no desenvolvimento da resistência. Os fatores mais importantes na planta daninha seriam: grande diversidade genética, poucos genes para resistência, mutações, número de ciclos por ano e a germinação espacial e temporal do banco de sementes no solo. Entre os fatores mais importantes relacionados aos herbicidas pode-se mencionar: um único local de ação, aplicação freqüente, alta atividade e efetividade no controle, um único modo de detoxificação e persistência longa no solo (Vidal & Fleck, 1997). Existem pelo menos três mecanismos gerais que podem explicar o desenvolvimento da resistência a herbicidas (Sherman et al, 1996) e influenciar o modo de ação destes compostos: a) redução da concentração do herbicida no local de ação, absorção foliar e/ou translocação do herbicida pelo biótipo resistente; b) metabolização ou detoxificação do herbicida a substâncias menos fitotóxicas; c) perda de afinidade do herbicida pelo local de ação na enzima. A adaptação ecológica é definida como o sucesso reprodutivo ou a proporção de genes que um indivíduo deixa no conjunto de genes da população. Estes dois componentes são fundamentais para o sucesso da adaptação ecológica com reflexos na sobrevivência e reprodução (Silvertown, 1987).

3. Principais herbicidas e mecanismos de ação

Antes de abordar as diferentes estratégias de prevenção e manejo da resistência é fundamental entender os diferentes mecanismos de ação dos herbicidas.

3.1. Herbicidas inibidores da síntese de lipídios (inibidores da ACCase)

Os ariloxifenoxipropionatos e ciclohexanodionas são dois grupos químicos de herbicidas utilizados para o controle de gramíneas perenes e anuais, em condições de pós-emergência. Esses herbicidas são geralmente recomendados para culturas pertencentes à classe

das dicotiledôneas. Apresentam como mecanismo de ação a inibição da síntese de ácidos graxos (Burton et al., 1989), que é uma das enzimas responsável pela síntese de ácidos graxos; sendo que, as dicotiledôneas apresentam ACCase insensível a estes herbicidas (Walker et al., 1988). Os principais herbicidas inibidores da ACCase são Ciclohexanodionas (CHD): butroxydim, alloxydim, clefoxydim, clethodim, tralkoxydim, tepraloxodim, sethoxydim, cicloxydim e Ariloxifenoxypropionatos (AOP): Quizalofop-p-ethyl, propaquizafop, fluozifop-p-butyl, haloxyfop-p-methyl, clodinafop propargyl, cyhalofop-butyl, diclofop-methyl, fenoxaprop-p-ethyl. A resistência de plantas daninhas aos herbicidas inibidores da ACCase no Brasil tem sido detectada na planta daninha capim marmelada (*Brachiaria plantaginea*), na cultura da soja (HRAC-BR, 2002); sendo esta resistência cruzada tanto ao grupo químico CHD quanto aos AOP.

3.2. Herbicidas inibidores da síntese de aminoácidos

Dentre os herbicidas inibidores da síntese de aminoácidos utilizados na cultura do algodão destacam-se aqueles que inibem a ALS (acetolactato sintase), EPSPs (enol piruvil shiquimato fosfato sintetase) e a GS (glutamina sintetase).

3.2.1. Inibidores da síntese dos aminoácidos valina, leucina e isoleucina (inibidores da ALS)

Estes herbicidas tem como mecanismo de ação a inibição da síntese dos aminoácidos valina, leucina e isoleucina, mais especificamente a ALS, enzima que participa de uma das etapas iniciais de síntese destes aminoácidos. Os herbicidas pertencentes aos grupos químicos das sulfoniluréias, imidazolinonas, triazolo-pirimidinas e pirimidiloxitobenzoatos, os quais apresentam este mecanismo de ação, são os seguintes: Sulfoniluréias: chlorimuron-ethyl, etoxysulfuron, metsulfuron-methyl, flazasulfuron, pirasulfuron-ethyl, halosulfuron, nicosulfuron, oxasulfuron; Imidazolinonas: imazamox, imazethapyr, imazapic, imazaquin, imazapyr; Triazolo-pirimidina: flumetsulam, diclosulan, chloransulan-methyl; Pirimidi-oxitobenzoato: pyrithiobac-sodium, bispyribac-sodium. No Brasil existem várias espécies de plantas daninhas que desenvolveram resistência aos herbicidas inibidores da ALS, sendo relatado até o momento as plantas daninhas: a) *Bidens pilosa*; b) *Bidens subalternans*; c) *Euphorbia heterophylla*, d) *Sagittaria montevidensis* e *Cyperus difformis* (HRAC-BR, 2002).

3.2.2. Inibidores da síntese dos aminoácidos triptofano e fenilalanina (inibidores da EPSPs)

Os herbicidas glyphosate e sulfosato têm como mecanismo de ação a inibição da enol-piruvil-shikimato-fosfato sintetase, enzima responsável por uma das etapas de síntese dos aminoácidos triptofano e fenilalanina. Estes herbicidas são utilizados no plantio direto principalmente para manejo da vegetação antes do plantio da cultura. Poucos são os casos observados de resistência de plantas daninhas a estes herbicidas na agricultura, embora o glyphosate seja uma dos herbicidas mais utilizados para o controle de plantas daninhas. Desta forma, os riscos de desenvolvimento de biótipos de plantas daninhas resistentes a estes herbicidas são baixos, embora não impossíveis. Porém, é importante observar que nas áreas de aplicação sucessiva destes herbicidas pode ocorrer a seleção de espécies tolerante difíceis de serem controladas pelo glyphosate e sulfosato. Espécies como *Commelina benghalensis*, *Borreia alata* e algumas espécies de *Ipomoea* spp, são exemplos de plantas daninhas de difícil controle pelo glyphosate e sulfosato.

3.2.3. Inibidores da síntese do aminoácido glutamina (inibidores da GS)

O amônio glufosinato, usado como dessecante em algumas culturas ou eventualmente como herbicida de ação total para manejo da vegetação dificilmente selecionará populações resistentes de plantas daninhas, pois sua utilização não é muito expressiva. Seu mecanismo de ação está relacionado com a inibição do metabolismo do nitrogênio, portanto, a incorporação do nitrato ao glutamato para transformar-se em glutamina é interrompida, pois o amônio glufosinato inibe a glutamina sintetase (GS), responsável pela catalisação desta reação.

3.3. Herbicidas destruidores de membranas celulares

A peroxidação dos lipídeos que compõem as membranas celulares e das organelas é o mecanismo de ação dos herbicidas inibidores do fotossistema I (formadores de radicais livres) e dos inibidores da Protox (inibidores da formação do tetrapirolo).

3.3.1. Inibidores do fotossistema I (formadores de radicais livres)

Tanto o paraquat como o diquat são herbicidas do tipo bipiridiluns e, portanto apresentam duas cargas positivas fortes em sua estrutura molecular, capturando os elétrons que normalmente, dentro do fotossistema I da fotossíntese, seriam utilizados para reduzir o NADP para NADPH₂. No entanto, estes herbicidas quando oxidado pelos elétrons são altamente instáveis, produzindo um superóxido de hidrogênio, ou seja, água oxigenada (H₂O₂), sendo este um potente

destruidor de membranas celulares, através da peroxidação dos lipídeos. Alguns biótipos de plantas daninhas tem sido selecionado com resistência a estes herbicidas, embora no Brasil não tem sido relatado nenhum caso até o momento (HRAC, 2001). Como estes herbicidas são usados como dessecantes da cultura (diquat) e para o manejo não seletivo da vegetação em pré-plantio, ou através de jato dirigido protegido, existem possibilidades de seleção de biótipos resistentes. No entanto, isso poderia acontecer quando várias aplicações anuais durante vários ciclos da cultura fossem efetuadas. Desta forma, é pouco provável que em curto prazo sejam selecionados biótipo resistente na cultura do algodão no Brasil.

3.3.2. Inibidores da fosforilação oxidativa

O herbicida MSMA é bastante utilizado na cultura do algodão em jato dirigido para o controle de plantas daninhas em pós-emergência tardia, através de jato dirigido. Seu mecanismo de ação é de peroxidação dos lipídeos, porém o herbicida é oxidado através da fosforilação oxidativa dos transportadores de elétrons no processo respiratório da plantas. Os registros de resistência de plantas daninhas a estes herbicidas são raros, portanto, os riscos de seleção de biótipos resistentes na cultura do algodão são pequenos.

3.3.3. Inibidores da Protox (inibidores da formação do tetrapirol)

O mecanismo de ação destes herbicidas está baseado na inibição da reação de transformação do protoporfirinogeno (PPO) em protoporfirina; no entanto, esta reação é catalizada pela protoporfirinogeno oxidase (PROTOX). Com a inibição desta enzima, presente no cloroplasto existe um transporte do PPO para o citoplasma, onde provoca a peroxidação dos lipídeos, destruindo assim as membranas. Até o momento não foi detectado nenhum biótipo de planta daninha resistente a estes herbicidas na agricultura. Os herbicidas inibidores da Protox são: Difeiléteres: acifluorfen sodium, oxyfluorfen, diclofop-methyl, fomesafen, lactofen; Triazolinone: sulfentrazone, carfentrazone, azefendim; Oxadiazoles: oxadiazon, oxadiargil; Ftalimidas: fumiclorac-pentil, flummioxazin.

3.4. Herbicidas mimetizadores das auxinas (hormonais)

O herbicida 2,4-D é eventualmente utilizado em plantio dierto com o objetivo de controle total da vegetação. Seu uso é restrito para as áreas onde existe predominância de folhas largas, em mistura com outros herbicidas de manejo total da vegetação, tais como o glyphosate e sulfosate. Os principais herbicidas do grupo são: Fenoxiacéticos: 2,4-D, MCPA; Ácidos Benzóicos: Dicamba; Piridinas:

quinclorac; Ftalimidas: fluroxipyr, triclopyr, picloran. Estes herbicidas agem da mesma forma que as auxinas naturais nas plantas, porém como são aplicados em doses maiores que os reguladores de crescimento, apresentam ação herbicídica nas plantas daninhas da classe das dicotiledôneas. A resistência de plantas daninhas aos hormonais no Brasil tem sido detectada na planta daninha capim-arroz (*Echinochloa spp*) (HRAC-BR, 2002)

3.5. Herbicidas inibidores do fotossistema II (fotossíntese)

Para estudo dos riscos de desenvolvimento de resistência de plantas daninhas aos herbicidas inibidores do fotossistema II é necessário que seja feita uma subdivisão em dois grupos de herbicidas que normalmente não ocorrem resistência cruzadas entre eles: a) triazinas/trizinonas e b) uréias substituídas/amidas. Ambos os grupos de herbicidas tem como mecanismo de ação a inibição do transporte de elétrons no fotossistema II da fotossíntese, impedindo assim a produção de ATP e NADPH₂, além de causar um acúmulo de elétrons no ponto de inibição (proteína Q_B) que por sua vez promove uma peroxidação dos lipídeos. A resistência de plantas daninhas aos Inibidores da fotossíntese no Brasil tem sido detectada na planta daninha caruru (*Amaranthus sp.*) (HRAC-BR, 2002)

3.5.1. Triazinas/triazinonas

As triazinas são os herbicidas cujo maior número de casos de biótipos resistentes de plantas daninhas tem sido encontrado; no entanto, é mais importante para a cultura do milho. Para a cultura do algodão é pouco provável a seleção de biótipos resistentes. Os principais herbicidas do grupo são: Triazinas: atrazine, ametryne, cimazine, cyanazine, prometrine; Triazinonas: metribuzin, hexazinone.

3.5.2. Uréias substituídas/amidas

O mecanismo de ação é o mesmo do grupo das triazinas/triazinonas, porém o sítio de ação no composto Q_B é diferenciado, portanto normalmente não existe resistência cruzada entre triazinas/amidas e uréias substituídas. Na cultura do algodão o uso do diuron é bastante expressivo, sendo também utilizado em menor escala o linuron. Dentre as uréias substituídas mais utilizada na agricultura brasileira destacam-se diuron, linuron e tebuthiuron e dentre as amidas o propanil.

3.6. Herbicidas inibidores da biossíntese de caroteno

O caroteno é um pigmento das plantas responsável, dentre outras funções, pela proteção da clorofila da foto-oxidação; portanto, as

plantas suscetíveis tem como sintomatologia o albinismo ("branqueamento") dos tecidos fotossintéticos. Com relação a possibilidade de desenvolvimento de biótipos resistentes é necessário que dividir os herbicidas com este mecanismo de ação em três grupos: a) inibidores dos diterpenos (clomazone); b) inibidores da enzima hidroxifenil-piruvato-dioxigenase (isoxaflutole) e c) inibidores da fitoeno desaturase (norflurazon). Embora estes herbicidas atuem no mesmo processo metabólico, os sítios de ação são enzimas diferentes, portanto não apresentam resistência cruzada.

3.7. Herbicidas inibidores da divisão celular

Trifluralina e pendimethalin são herbicidas utilizados em várias culturas e que apresentam mecanismo de ação da inibição da divisão celular, impedindo a formação dos microtúbulos durante a formação do fuso de divisão celular. Existem vários casos relatados na literatura em que biótipos resistentes de plantas daninhas foram selecionados ao herbicida trifluralin (HRAC, 2001). Os principais herbicidas do grupo são: Dinitroanilinas: trifluralin, pendimenthalin, oryzalin; Piridinas: dithiopyr, thiazopyr; Ácidos Benzóicos: DCPA.

3.8. Herbicidas inibidores do crescimento inicial da raiz e/ou caule

Estes herbicidas não tem ainda um mecanismo de ação completamente definido, no entanto, alguns autores tem descrito como sendo inibidores dos ácidos graxos de cadeia muito longa (HRAC, 2001). Dentre os herbicidas usados destacam-se alachlor, metolachlor e dimethenamid. Não existem muitos casos de resistência de plantas daninhas registrados na literatura com estes herbicidas. Dentre os herbicidas que podem selecionar plantas daninhas com resistência cruzadas em uso no Brasil destacam-se: a) cloroacetamidas (alachlor, metolachlor, acetochlor, butachlor e dimethanamid) e b) acetamidas (napropamide e diphenamid). Embora o grupo de herbicidas com este mecanismo de ação que possam eventualmente selecionar biótipos resistentes seja grande no Brasil, as chances são pequenas dada ao uso restrito destes herbicidas.

4. Prevenção e manejo de áreas com plantas daninhas resistentes

Diversas estratégias devem ser adotadas no manejo da resistência aos herbicidas, com atuação tanto na prevenção ao surgimento da resistência, como também para o manejo destas nas situações onde já existam plantas daninhas resistentes.

4.1. Opções químicas para prevenção e manejo de plantas resistentes a herbicidas

O aspecto mais importante na prevenção e manejo da resistência é a recomendação de práticas e sistemas de produção em que a pressão de seleção de biótipos resistentes a determinado herbicida seja reduzida (HRAC-BR, 2002). As estratégias químicas podem ser utilizadas para reduzir essa pressão de seleção (Boerboom, 1999). Algumas dessas técnicas estão descritas a seguir:

4.1.1. Manejo de herbicidas

Algumas considerações no manejo de herbicidas para prevenção e manejo da seleção de biótipos resistentes de plantas daninhas são listados a seguir: i) utilizar herbicidas com pouca atividade residual no solo; ii) otimizar a dose, época e número de aplicações; iii) aplicar herbicidas somente quando necessário, permitindo níveis mínimos de infestação que não causem danos significativos à cultura (nível de dano econômico - NDE); iv) minimizar a aplicação de herbicidas específicos, evitando o uso contínuo, no mesmo campo, de herbicida ou herbicidas com mesmo mecanismo de ação, a não se que integrado com outras práticas de controle; v) acompanhar os resultados das aplicações dos herbicidas, deixando pequenas área testemunhas sem aplicação, afim de detectar quaisquer tendências ou mudanças na densidade populacional das plantas daninhas presentes; vi) evitar a utilização de herbicidas para o qual a resistência foi confirmada, a menos que em mistura com outro(s) herbicida(s) de diferente(s) mecanismo(s) de ação, cujo espectro de controle das plantas daninhas inclua a espécie da população resistente. Estas recomendações reduzem a pressão de seleção, diminuindo os riscos de resistência e mantendo a diversidade de biótipos no banco de sementes do solo.

4.1.2. Rotação de herbicidas

A aplicação sucessiva de herbicidas com mecanismos de ação diferenciados, porém efetivos sobre o mesmo espectro de plantas daninhas, é uma estratégia que contribui para a redução da probabilidade de surgimento de biótipos resistentes. No entanto, a mudança de um herbicida para um alternativo com mecanismo de ação diferente pode também constituir um risco de seleção de biótipos resistentes ao herbicida alternativo, se este for aplicado como única opção de controle (Gould, 1995). Também, produtos que apresentem menor eficiência podem ser utilizados em rotação com herbicidas mais eficazes, porém de maior risco ao surgimento

da resistência, pois com isso reduz a pressão de seleção ao biótipo resistente. Ainda, a rotação de herbicidas com diferentes mecanismos de detoxificação, evita a seleção de biótipos com resistência decorrente da metabolização dos herbicidas. A rotação de culturas permite o uso de outros herbicidas de forma a permitir controle de plantas daninhas em diferentes ocasiões durante a estação. É de fundamental importância o conhecimento da classificação dos herbicidas quanto ao seu mecanismo de ação para que possa planejar adequadamente a rotação do uso de herbicidas e de culturas visando evitar e retardar o aumento da freqüência do biótipo resistente na área. Alternar herbicidas com mecanismo de ação similares porém de grupos químicos diferentes (por exemplo triazinas e uréias substituídas; sulfoniluréias e imidazolinonas, etc.) pode eventualmente ser utilizada sem risco de seleção de biótipos resistentes se o biótipo resistente não apresentar resistência cruzada da espécie daninha a esses herbicidas. Este fato é comum quando o mecanismo de resistência do biótipo é devido a uma alteração do sítio de ação do herbicida que não é comum para os herbicidas de mesmo mecanismo de ação, porém de grupos químicos diferenciados.

4.1.3 Mistura de herbicidas

A alternativa de mistura de herbicidas no tanque de pulverização, misturas formuladas de herbicidas ou aplicações seqüências de herbicidas para o manejo e prevenção da resistência está baseada no fato de que os ingredientes ativos controlam eficientemente os dois biótipos da mesma espécie, ou seja, o biótipo resistente a um dos herbicidas é controlado pelo outro ingrediente ativo da mistura e vice-versa (Powles & Holtum, 1994). É importante ressaltar que a mistura de herbicidas de diferentes mecanismos de ação como forma de manejo e prevenção de resistência, é mais eficiente quando o sistema de reprodução da planta daninha é a autogamia, pois a recombinação gênica de diferentes alelos que conferem resistência tem menor probabilidade de ocorrer do que em relação às plantas alógamas (Gould, 1995). Os componentes das misturas em tanque ou aplicações seqüenciais devem atender os critérios de: diferentes sítios de ação, espectro de controle e persistência semelhantes; caso contrário, a resistência pode eventualmente ser selecionada, independente dos diferentes mecanismos de ação dos herbicidas aplicados na área.

4.1.4. Adoção de cultivares transgênicas

As cultivares resistentes aos herbicidas também proporcionam a adoção de mecanismos de ação diferentes daqueles usados em aplicações normalmente seletivas, possibilitando também o manejo de plantas daninhas resistentes. Segundo Powles et al (1997) se desconhece os reflexos dos herbicidas totais aplicados em culturas resistentes aos herbicidas com relação aos efeitos sobre o surgimento de plantas daninhas resistentes. Estes autores apontam que, se esse herbicida total for utilizado na mesma intensidade que os ACCase e ALS, poderá acontecer o surgimento de plantas daninhas resistentes. Para Boerboom (1999) a rápida adoção de culturas transgênicas como soja e milho, supõe a utilização anual freqüente do glyphosate na rotação soja-milho em lugar da rotação com outros herbicidas.

4.1.5 Agricultura de precisão

A agricultura de precisão baseia-se no gerenciamento localizado de sistemas agrícolas, utilizando recursos como mapeamento dos fatores de produção, ferramentas de suporte e decisão e aplicação localizada de insumos. A aplicação localizada de insumos compreende três etapas: coleta de dados (mapeamento), interpretação dos mapas (sistemas para suporte a decisão) e aplicação localizada (Antuniassi, 2001). A determinação do posicionamento dos alvos é uma das etapas mais importantes dos sistemas de aplicação localizada. Conceitualmente, duas metodologias podem ser utilizadas para este propósito. A primeira opção considera a detecção do alvo e controle da aplicação em um sistema "on-line", onde o equipamento se desloca sobre o campo de aplicação, os alvos vindo sendo identificados através de sensores (por reflexão) e a aplicação é realizada somente sobre as áreas desejadas, tudo em uma única operação. A outra opção compreende a coleta de informações para a elaboração de mapas georeferenciados dos alvos através de caminhamento autônomo (pequenas áreas) ou em conjunto com outras atividades mecanizadas como a colheita (grandes áreas), os quais são processados com o auxílio de sistemas de suporte a decisão, gerando os mapas de tratamento ou aplicação. Na seqüência, tais mapas são utilizados pelo sistema de controle do equipamento aplicador para comandar a distribuição localizada dos defensivos (Antuniassi, 2001). Alguns sistemas utilizam pulverizadores para aplicar diferentes defensivos e/ou diferentes doses de maneira localizada, de acordo com informações de um mapa eletrônico dos alvos presentes na área o qual seria uma

excelente ferramenta para o manejo ou prevenção de resistência a plantas daninhas.

4.2 Opções não químicas para prevenção e manejo de plantas resistentes a herbicidas

As estratégias não químicas afetam a dinâmica das populações suscetíveis e resistentes de plantas daninhas porque provocam elevada mortalidade de plantas e a pressão de seleção permanece sem alteração, a menos que exista diferença de adaptação ecológica (entre plantas resistente e suscetíveis) a práticas não químicas, a qual é improvável (Boerboom, 1999). Algumas dessas técnicas estão descritas a seguir:

4.2.1 Rotação de culturas

A rotação de culturas, particularmente aquelas com diferentes ciclos de vida, reduz o sucesso intrínseco das plantas daninhas, que estão sincronizadas com a cultura, implicando na variação dos padrões de uso do solo e da interferência das plantas daninhas, e sua duração deve ser baseada no tamanho e taxa de declínio do banco de sementes de biótipos resistentes presentes no solo.

4.2.2 Características relacionadas ao Sistema de cultivo

Sistemas de cultivos mínimo e plantio direto são amplamente utilizados por razões de conservação do solo e da água, porém favorecem alguns tipos de plantas daninhas, especialmente algumas variedades anuais e perenes. Isso ocorre porque o desenvolvimento de populações de plantas daninhas é facilitado a partir de sementes produzidas na cultura anterior, que são mantidas na superfície do solo. Este processo acelera o desenvolvimento de plantas daninhas resistentes porque a porção do banco de sementes recrutada para germinação é menor (Madsen & Jensen, 1998). Utomo & Susanto³, citado por Mortimer & Hill (1999), demonstraram que diferentes sistemas de manejo conduzem à diferentes infestações de plantas daninhas. Comparando sistemas de plantio direto, cultivo mínimo e convencional, observaram uma grande diferença entre as espécies dominantes no final do estudo, onde a composição da população inicial era a mesma. No plantio direto, logo nos primeiros anos de cultivo, houve um grande aumento de folhas largas, mostrando claramente a adaptação destas plantas daninhas ao sistema. Tal

³ UTOMO, M.; SUSANTO, H. Effect of long-term conservation tillage on soil properties and weed dynamics in Sumatra. In.: Proceedings 16 th Asian-Pacific Weed Science Society Conference, 1997, p.336-339.

adaptação também é observada em função do herbicida usado na área.

4.2.3 Método mecânicos

Práticas de cultivo mecânico, tais como enxada rotativa e cultivadores seletivos, reduzem a pressão de seleção na população de plantas daninhas pelos herbicidas. O cultivo primário de preparo do solo também reduz a pressão de seleção por causa do enterro das sementes de plantas daninhas recém produzidas (HRAC-BR, 2002). O cultivo mecânico pode substituir o manejo químico, principalmente quando as plantas daninhas ainda estão na fase jovem. O problema desta técnica é que não apresenta ação residual.

4.2.4 Método Cultural

Este método consiste na utilização de medidas e procedimentos objetivando a prevenção de infestações e disseminação de plantas daninhas (biótipos resistentes), bem como o fortalecimento da capacidade competitiva da cultura, representada pelo seu rápido estabelecimento e desenvolvimento. O uso de práticas alternativas de manejo de plantas daninhas tais como: i) Cultivo de culturas mais competitivas; ii) escolha de cultivares adaptadas a região junto com plantio na época, espaçamento e densidade adequadas; iii) ausência ou diminuição das épocas de pousio; iv) extremo cuidado no emprego de material orgânico como estrume (ou esterco) provenientes de locais infestados de plantas daninhas; v) uso de cobertura morta; vi) quando necessário espaçamento adensado ou retardamento do plantio; vii) uso de práticas de prevenção à introdução de propágulos de plantas daninhas resistentes como aquisição (sementes certificadas) ou uso de sementes de culturas isentas de sementes de plantas daninhas (especialmente de soja e culturas de inverno), limpar equipamentos antes de deixar um campo infestado ou com suspeita de plantas daninhas resistentes, quarentena de animais e utilização de quebra ventos; viii) limpeza de beiras de estrada, carreadores e terraços existentes nas áreas; ix) considerar os efeitos alelopáticos positivos, na escolha das culturas em rotação; x) consórcios e plantas supressoras. Os mesmos são métodos não químicos de controle de plantas daninhas que podem, em algumas situações, constituir-se em alternativas viáveis juntamente com os herbicidas.

4.2.5 Manejo do banco de sementes

É conhecido entre os agricultores que um ano de controle ineficiente de plantas daninhas em uma cultura é suficiente para restabelecer o

banco de sementes original, mesmo depois de vários anos de controle eficiente em um programa de redução do banco de sementes. Sendo assim, é importante que o produtor faça um planejamento a longo prazo de manejo de plantas daninhas visando reduzir o banco de sementes; no entanto, qualquer descuido no manejo em uma das etapas é suficiente para perda de todo o trabalho contínuo de desinfestação.

5. Considerações finais

O conhecimento das características das plantas daninhas, dos herbicidas e do sistema de produção, que favorecem o aparecimento de biótipos de plantas daninhas resistentes a herbicidas, é de fundamental importância para que técnicas de manejo sejam utilizadas para evitar ou retardar o aparecimento de plantas resistentes em uma área e, caso já esteja presente na área, evitar sua disseminação e reduzir sua presença na área. Desta forma, o controle de plantas daninhas em uma propriedade deve ser levado em consideração a longo prazo, através de um sistema integrado de controle em sistemas de produção que envolva métodos culturais, físicos, mecânicos, químicos além de outros.

6. Referências bibliográficas

- ANTUNIASSI, U.R. Agricultura de precisão: precisão na aplicação para controle de plantas daninhas. In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE MANEJO E CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS EM PLANTIO DIRETO, 3., 2001, Passo Fundo. Resumo de palestras. Passo Fundo: Editora Aldeia Norte, 2001. p.25-38
- BOERBOOM, C.M. Nonchemical options for delaying weed resistance to herbicides in midwest cropping systems. *Weed Technology*, v. 13, p.636 642, 1999.
- BURTON, J.D.; GRONWALD, J.W.; SOMERS, D.A.; BURLE, G.G.; WYSE, D.L. Inhibition of corn acetyl CoA carboxylase by cyclohexanodiones and aryloxypropionate herbicides. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, n.34, p.76-85, 1989.
- CHRISTOFFOLETI, P.J. Dinâmica de populações de plantas daninhas e manejo de herbicidas para a cultura da soja. In: CÂMARA, G.M.S. (Ed.). *Tecnologia da produção*. Piracicaba: Publique, 1998. p.121-138.
- CHRISTOFFOLETI, P.J.; VICTORIA FILHO, R.; SILVA, C.B. Resistência de plantas daninhas aos herbicidas. *Planta Daninha*, v.12, n.1, p.13-20, 1994.

- FRYER, J.D.; CHANCELLOR, R.J. Evidence of changing weed population in arable land. In: BRITISH WEED CONTROL CONFERENCE, 14., 1979. p. 958-964, 1979.
- GHERSA, C.M.; ROUSH, M.L.; RADOSEVICH, S.R.; CORDRAY, S.M. Coevolution of agroecosystems and weed management. BioScience, v. 44, p.85-94, 1994.
- GOULD, F. Comparisons between resistance management strategies for insects and weeds. Weed Technology, v. 9, p.830-839, 1995.
- GUNSOLUS, J.L. Herbicide resistant weeds. Minnesota Extension Service, 1993. 468p. Extension Publication.
- HEAP, I. The occurrence of herbicide-resistant weeds worldwide. Pesticide Science, v.51, p.235-243, 1997.
- HRAC - Herbicide resistance action committee - <http://www.PlantProtection.org/HRAC/>, 2001.
- HRAC-BR (Associação Brasileira de Ação a Resistência de Plantas aos Herbicidas) - www.hrac-br.com.br/, 2002.
- MADSEN, K.H.; JENSEN, J.E. Meeting and training on risk analysis of HRCSs and exotic plants. Piracicaba:ESALQ-USP,1998. Trabalho apresentado no Curso sobre análise de risco da introdução de cultívaras exóticas e plantas daninha resistentes aos herbicidas.
- MAXWELL, B.D.; MORTIMER, A.M. Selection for herbicide resistance. In:
- POWLES, S.B.; HOLTUR, J.A.M. Herbicide resistance in plants: biology and biochemistry. Boca Raton: Lewis, 1994. p.1-26
- MORTIMER, A.M.; HILL, J.E. Weed species shifts in response to broad spectrum herbicides in sub-tropical and tropical crops. In: THE BRIGHTON CONFERENCE - WEEDS, 1999. Proceedings... Brighton: British Crop Protection Council, 1999. v.11, p.425-436.
- POWLES, S.B.; HOLTUM, J.A.M. Herbicide resistance in plants: biology and biochemistry. Boca Raton: Lewis, 1994. 353 p.
- POWLES, S.B.; PRESTON, C.; BRYAN, I.B.; JUTSUM, A.R. Herbicide resistance: impact and management. Advances in Agronomy, v.58, p.57-93, 1997.
- RUBIM, B. Herbicide resistance in weeds and crops, progress and prospects. In: CASELEY, J.C.; CUSANS, G.W.; ATKIN, R.K.

- Herbicide resistance in weeds and crops. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1991. p.387-414
- SHERMAN, T.D.; VAUGHN, K.C.; DUKE, S.O. Mechanism of action and resistance to herbicides. In: Duke, S.O. (Ed.) Herbicides resistant crops. Boca Raton: CRC, 1996. p.14-28.
- SILVERTOWN, J.W. Introduction to plant population ecology. 2ed. New York: Longman, 1987. 220 p.
- VIDAL, R.A.; FLECK, N.G. Herbicidas: mecanismos de ação e resistência de plantas. Porto Alegre: Palotti, 1997. p.165.
- WALKER, K.A.; RIDLEY, S.M.; LEWIS, R.; HARDWOOD, J.L. Fluazifop, a grass selective herbicide which inhibits acetyl-CoA carboxylase in sensitive plant species. Biochemistry Journal, v.254, p.307-10, 1988.

PALAVRAS CHAVES: Herbicida, Planta daninha, Resistência, Manejo, Prevenção

CAMBIOS EN LA FLORA DE MALEZAS COMO CONSECUENCIA DEL CAMBIO TECNOLÓGICO EN ARGENTINA MALEZAS "NOVEDOSAS" QUE PUEDEN AFECTAR AL CULTIVO DE SOJA

J.C. M. PAPA , J.C. FELIZIA e A. J. ESTÉBAN EEA Oliveros INTA – Ruta Nac. Número 11, Km 353 – 2206 Oliveros – Santa Fe – Argentina Tel. 54-3476-498010/011/277 e-mail: eoliver@correo.inta.gov.ar jcmpapa@hotmail.com Centro Regional Santa Fe

INTRODUCCIÓN

En la últimas tres décadas el gran auge del cultivo de soja, con sus variados e importantes problemas de malezas, trajo aparejado el desarrollo de una serie herbicidas cuya eficacia, actividad biológica y selectividad fue mejorando con el transcurso del tiempo constituyéndose en una herramienta fundamental para manejar el cultivo económico. El mal uso (abuso) de estos productos trajo aparejado algunos problemas como el de las malezas resistentes a herbicidas que en nuestro país tiene como principal representante al yuyo colorado (*Amaranthus quitensis*) resistente a los herbicidas del grupo de los inhibidores de la ALS (imidazolinonas, sulfonilureas y triazolpirimidinas). La introducción en los sistemas agrícolas extensivos de los cultivares de soja tolerantes a glifosato, contribuyó a atenuar este efecto, no obstante el empleo incorrecto de esta tecnología también podría traer problemas, lo que restaría utilidad a una herramienta que es, indiscutiblemente, de sumo valor. Pero la mejor manera de reconocer un problema es comprender cuál es su origen: La naturaleza, a través de la presión de selección ejercida por los distintos factores que constituyen el ambiente, escoge a los genotipos más aptos, los cuales son capaces de multiplicarse y transmitir sus características a la descendencia. Cuando el hombre, a través de las prácticas agrícolas, produce algún tipo de disturbio, crea nuevas condiciones que servirán de base para la selección de los genotipos más aptos para prosperar en el nuevo ambiente. Cuando aplicamos un herbicida lo que hacemos, en realidad, es crear artificialmente condiciones ambientales negativas extremas para la vegetación en general, cuando usamos herbicidas de acción total o bien sólo para las malezas cuando empleamos herbicidas selectivos. Dentro de una comunidad o dentro de la población de una especie existe, en general, una gran diversidad lo

que implica que algunos genotipos, eventualmente, puedan sobrevivir frente a la agresión. Si este ambiente persiste y/o se reitera en el tiempo, lo que lograremos será una reducción significativa en la frecuencia de los genotipos susceptibles y un incremento de los tolerantes y/o de los resistentes. La resistencia se manifiesta cuando por el uso contínuo de un mismo herbicida o bien de herbicidas distintos pero que tienen un mismo modo de acción, se selecciona a el/los biotipos resistentes dentro de la población de una especie. La tolerancia se presenta cuando por el uso contínuo de un mismo herbicida, a una dosis dada, se selecciona una o más especies naturalmente tolerantes a ese herbicida y a esa dosis, dentro de la comunidad. La tolerancia a los herbicidas no es un problema nuevo ya que se evidenció en los comienzos del control químico selectivo, por ejemplo con el abuso del 2,4 D en cultivos de cereales y está estrechamente relacionado (entre otros factores) con el espectro de acción de un herbicida en particular, a una dosis dada, con la frecuencia de empleo de ese herbicida y su persistencia. Así cuando utilizamos un herbicida, normalmente vemos que algunas especies son bien controladas y otras no tanto o nada; estas últimas podrán prosperar con ventaja frente a la/las especies más susceptibles y eventualmente, si se continúa empleando el mismo principio activo con elevada frecuencia y a esa dosis, podrían llegar a dominar en la comunidad. En los últimos años, coincidentemente con el aumento en la difusión de la siembra directa y con la introducción en nuestros agroecosistemas de los cultivares de soja tolerante a glifosato, se han comenzado a percibir ciertos cambios en la flora de malezas caracterizados por una mayor abundancia relativa de algunas especies con una baja susceptibilidad al glifosato (al menos a las dosis más frecuentes de uso) y que tenderían a predominar en los predios donde se han efectuado tratamientos muy frecuentes con este herbicida. El problema se iniciaría en los bordes de los lotes (alambrados) y paulatinamente iría ganando el interior del predio. Estas especies se constituirían, por lo tanto en sospechosas de ser tolerantes al glifosato y merecerían un estudio más profundo con el objetivo de determinar el grado de tolerancia y las posibles vías alternativas para su control. Dentro de este grupo de especies, podemos citar a las siguientes (ver cuadro 1).

Cuadro 1 -Algunas especies de malezas sospechosas de ser tolerantes a dosis estándar de glifosato.

Especie	Familia botánica	Biología
<i>Parietaria debilis</i>	Urticácea	Anual Invierno-Primavera
<i>Petunia axillaris</i>	Solanácea	Perenne Primavera-Verano
<i>Verbena litoralis</i>	Verbenácea	Perenne Primavera-Verano
<i>Verbena bonariensis</i>	Verbenácea	Perenne Primavera-Verano
<i>Hybanthus parviflorus</i>	Violácea	Perenne Invierno-Primavera
<i>Iresine difusa</i>	Amaranthacea	Perenne Primavera-Verano
<i>Commelina erecta</i>	Commelinácea	Perenne Primavera-Verano
<i>Ipomoea spp.</i>	Convolvulácea	Perenne, algunas anuales Primavera-Verano

Fuente: H. Rainero y N. Rodríguez (INTA Manfredi)

ENSAYOS SOBRE *Parietaria debilis* Y SOBRE *Commelina erecta*

Con el objetivo de determinar el grado de tolerancia a glifosato u otros herbicidas y obtener un primer conocimiento sobre las posibles alternativas de control, se realizó un ensayo sobre *Parietaria debilis* y otro sobre *Commelina erecta*. La primera especie puede ser problemática para el cultivo de soja durante el barbecho químico en presiembra o durante la implantación del cultivo; la segunda puede afectar al cultivo de soja al final del barbecho, en presiembra o durante su ciclo.

Ensayo sobre *Parietaria debilis*

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en la localidad de San Jerónimo Sur, provincia de Santa Fe, en un lote con más de diez años de agricultura continua y seis años de siembra directa. Sobre un suelo caracterizado como argiudol vértico perteneciente a la serie Peirano. Los tratamientos realizados pueden apreciarse en el cuadro 2.

Cuadro 2 - Tratamientos correspondientes al ensayo de control de *Parietaria debilis*

Número de Tratamiento	Herbicida Concentración	Dosis (litros o gramos de producto formulado/ha)
1	Glifosato 48 %*	2
2	Glifosato 48% *	4
3	Glifosato 48% *	6
4	Glifosato 48% *	8
5	2,4 D 100 %	0,3
6	2,4 D 100 %	0,5
7	Dicamba 57,71%	0,1
8	Dicamba 57,71%	0,2
9	Fluroxipir 20 % (Starane)	0,5
10	Fluroxipir 20 % (Starane)	1,0
11	Paraquat 27,6 % **	2,0
12	Metsulfurón Metil 60 % **	6
13	Metsulfurón Metil 60 % **	10
14	Testigo sin tratar	-----

*Se empleó una formulación estándar de glifosato líquido soluble a una concentración del 48%

** Se agregó tensioactivo no iónico a razón de 200 ml/100 l de caldo.

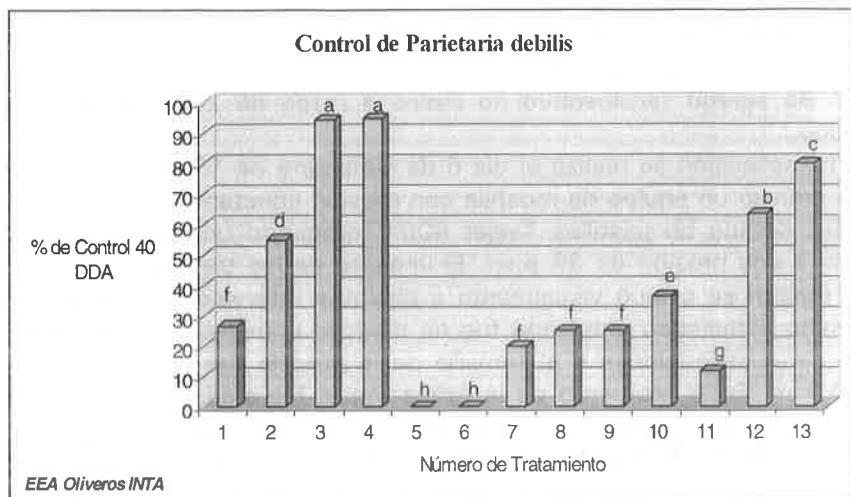
La aplicación se realizó el día 6 de setiembre de 1999 para lo cual se empleó un equipo de mochila con presión constante por fuente de CO₂, dotado de pastillas Teejet 8001, erogando un caudal de 120 l/ha a una presión de 35 p.s.i. El impacto de los tratamientos sobre la maleza se evaluó visualmente a distintos intervalos de tiempo. El diseño estadístico empleado fue de bloques completos aleatorizados con tres repeticiones y el tamaño de la parcela fue de 2,10 m por 10,0 m. En el momento de la aplicación la Parietaria se encontraba en estado de floración-fructificación con ramificaciones de 10-20 cm de longitud, formando un tapiz más o menos uniforme. Los resultados de control fueron sometidos al análisis de la variancia y las medias comparadas a través del test de Duncan. Además, los valores de control obtenido con los tratamientos correspondientes a glifosato fueron ajustados de acuerdo al análisis de Probit.

RESULTADOS

En el gráfico 1 podemos apreciar los resultados de control obtenidos con los distintos tratamientos realizados, donde las dos dosis más altas de glifosato tuvieron el mayor impacto, seguidos por los tratamientos correspondientes a metsulfurón metil. Las dos dosis

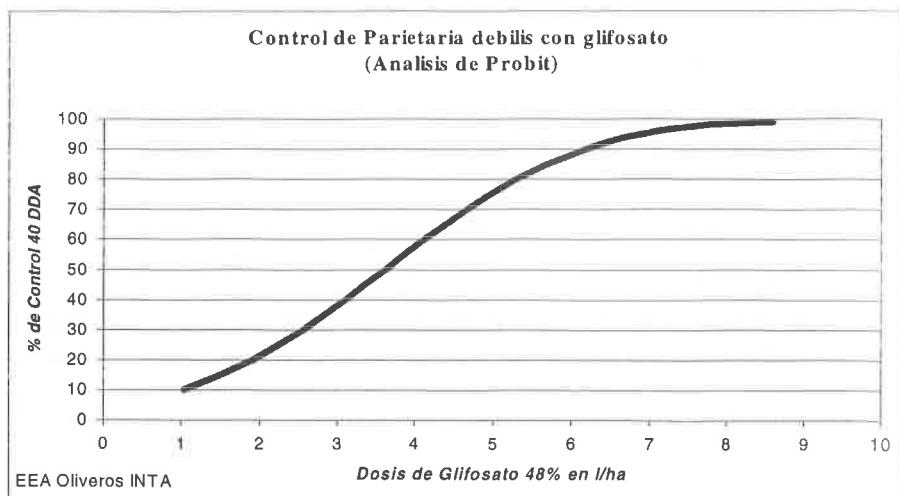
más bajas de glifosato y los herbicidas hormonales, tuvieron una performance muy pobre, especialmente el 2,4 D. Lo mismo se observó para el paraquat, lo que puede ser atribuido a que éste es un producto de contacto y, por el tamaño de las plantas en el momento de la aplicación, las hojas de la parte superior bloquearon la llegada del producto a las hojas inferiores. De acuerdo al análisis de Probit (ver gráfico 2) realizado utilizando los datos de control correspondientes a los tratamientos con glifosato, la Parietaria debilis necesitaría (en las condiciones en las que se realizó el ensayo) una dosis de 3,63 l/ha de glifosato para lograr un 50 % de control y una dosis de 6,19 l/ha para lograr un 90 % de control, por lo que podríamos considerar a esta maleza como poco susceptible a dosis de glifosato de entre 2 y 3 l/ha las que brindarían controles muy bajos de entre 20 y 35 % respectivamente.

Gráfico 1



Los valores acompañados de igual letra no difieren entre sí según el test de Duncan al 5%

Gráfico 2



Ensayo sobre *Commelina erecta*

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en la localidad de San Jerónimo Sur, provincia de Santa Fe, en un lote con más de diez años de agricultura continua y seis años de siembra directa. Sobre un suelo caracterizado como argiudol vértico perteneciente a la serie Peirano. Los tratamientos realizados pueden apreciarse en el cuadro 3.

Cuadro 3 - Tratamientos correspondientes al ensayo de control de *Commelina erecta*

Número de Tratamiento	Herbicida Concentración	Dosis (litros o gramos de producto formulado/ha)
1	Glifosato 48 % *	2
2	Glifosato 48% *	4
3	Glifosato 48% *	6
4	Glifosato 48% *	8
5	Imazamox 70% (Sweeper)* *	100
6	2,4 D 100 %	0,800
7	Lactofen (Cobra)	0,700
8	Testigo sin tratar	-----

*Se empleó una formulación estándar de glifosato líquido soluble a una concentración del 48%

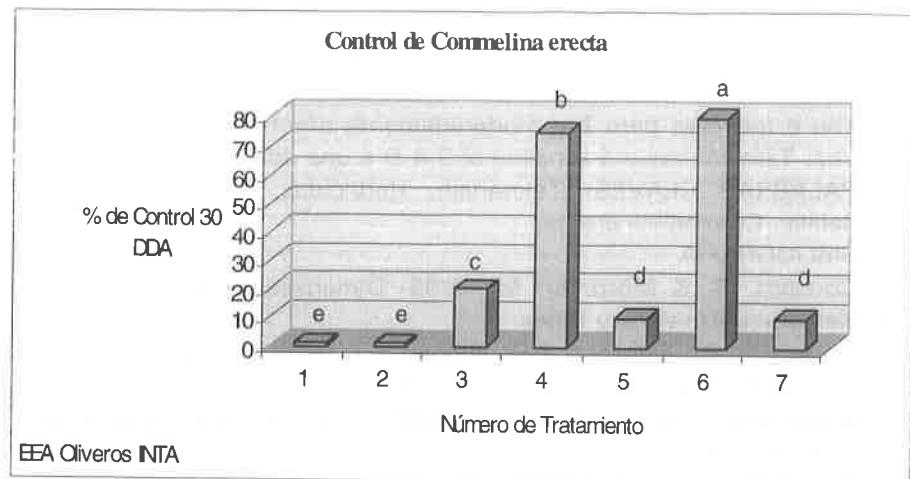
** Se agregó tensioactivo no iónico a razón de 200 ml/100 l de caldo.

La aplicación se realizó el día 27 de enero de 2000 para lo cual se empleó un equipo de mochila con presión constante por fuente de CO₂, dotado de pastillas Teejet 8001, erogando un caudal de 120 l/ha a una presión de 35 p.s.i. El impacto de los tratamientos sobre la maleza se evaluó visualmente a distintos intervalos de tiempo. El diseño estadístico empleado fue de bloques completos aleatorizados con tres repeticiones. El tamaño de la parcela fue de 2,10 m por 10,0 m. En el momento de la aplicación la Commelina se encontraba en estado de floración-fructificación con ramificaciones de 30 cm de longitud en promedio. Los resultados de control fueron sometidos al análisis de la variancia y las medias comparadas a través del test de Duncan. Además, los valores de control obtenido con los tratamientos correspondientes a glifosato fueron ajustados de acuerdo al análisis de Probit.

RESULTADOS

En el gráfico 3 podemos apreciar los resultados de control obtenidos, donde los mayores impactos correspondieron a el tratamiento con 2,4 D y con Glifosato a la dosis más alta. Las tres dosis más bajas de glifosato prácticamente no tuvieron ningún impacto y los restantes tratamientos tuvieron una performance muy pobre. De acuerdo al análisis de Probit (ver gráfico 4) realizado utilizando los datos de control correspondientes a los tratamientos con glifosato, la Commelina necesitaría (en las condiciones en las que se realizó el ensayo) una dosis de 7,1 l/ha de glifosato para lograr un 50 % de control y una dosis de 9,04 l/ha para lograr un 90 % de control, por lo que podríamos considerar a esta maleza como relativamente tolerante a dosis estándar de glifosato de entre 2 y 3 l/ha

Gráfico 3



Los valores acompañados de igual letra no difieren entre sí según el test de Duncan al 5%

Gráfico 4

CONCLUSIONES



Para las condiciones en las que se realizó el ensayo, podemos concluir que:

Parietaria debilis resultó ser relativamente poco susceptible a dosis estándar de glifosato de entre 2 y 3 l/ha y también mostró baja

susceptibilidad a herbicidas hormonales como 2,4 D, dicamba o fluroxipir. Dosis de glifosato de 6 l/ha o mayores brindaron controles satisfactorios. También se mostró relativamente sensible al metsulfurón metil.

Commelina erecta resultó ser tolerante a dosis de glifosato de 4 l/ha o menores pero fue moderadamente afectada por la dosis de 8 l/ha. También resultó sensible al 2,4 D a una dosis de 0,8 l/ha.

PALABRAS CLAVES: Tolerancia, Herbicidas, Glifosato, Parietaria debilis, *Commelina erecta*.

BIBLIOGRAFÍA

- Cousens, R. & Mortimer, M. 1995- Dynamics of weed populatios. Cambridge University Press
- Chapin, F. S.; Zavaleta, E.S; Eviner; E.T – 2000 – Consequences of changin biodiversity. Nature. Vol 450 . Pp 234-242.
- Grossbard, E & Atkinson, D –1985- The Herbicide Glyphosate Butterworths & Co.
- Nisensohn Luisa y Tuesca Daniel – 1997 – Susceptibilidad de biotipos de Amaranthus quitensis a herbicidas de uso frecuente en cultivo de soja. Actas XIII Congreso Latinoamericano de Malezas.
- Papa, J.C. (1997) Resistencia de las malezas a los herbicidas. Jornada de intercambio técnico de soja. Setiembre de 1997. AAPRESID.
- Powles S. & Holtum J. 1994 – Herbicide Resistance in Plant. Biology and Biochemistry. Lewis Publisher.
- Rainero, Hector y Rodríguez, Nora – 1999 – Jornada sobre control de malezas en EEA Manfredi INTA.
- Vitta, J.; Faccini, L; Nisensohn, L.; Puricelli, E.; Tuesca, D. y Leguizamón. 1999 – Las malezas en la región sojera núcleo Argentina: Situación actual y perspectivas. Cátedra de Malezas. Facultad de Ccias. Agrarias. Universidad Nacional de Rosario.

IMPORTÂNCIA DOS MICRONUTRIENTES NA FIXAÇÃO BIOLÓGICA DO NITROGÊNIO

R.J. CAMPO, M. HUNGRIA. Embrapa Soja, Cx. Postal, 231, 86001-970, Londrina, PR. E-mail: rjcampo@cnpso.embrapa.br.

1. Introdução

O nitrogênio (N) é o nutriente que a soja necessita em maior quantidade. Para uma produção de soja de 4.000 Kg/ha (66,7 sacos/ha), são necessários aproximadamente 320 Kg de N. A aplicação de N - fertilizantes inviabilizaria economicamente a cultura, contudo, o processo de fixação biológica do N₂ (FBN), com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, pode fornecer todo o N necessário a cultura. Mais detalhes sobre o processo biológico esta disponível na palestra de Hungria e colaboradores, neste congresso.

A eficiência do processo de FBN, porém, depende de vários fatores inerentes à soja e à bactéria. Fatores físicos do solo, temperatura, umidade e luz solar, assim como, genéticos e nutricionais ligados à planta, a eficiência e a capacidade das estirpes de competir e formar nódulos. Dentre os fatores nutricionais ligados à planta, (a) a presença de N; (b) a disponibilidade de P, K, Ca, Mg e S; (c) o excesso de Al e Mn; e (d) a essencialidade de alguns micronutrientes é extremamente importante para o processo de FBN. De modo geral, todos os fatores que afetam positivamente a nutrição da planta afetam também, de forma positiva, a FBN e os fatores que afetam negativamente a planta, também o fazem, em relação à FBN. Embora, algumas exceções ocorrem. O N, por exemplo, é o nutriente mais exigido pela soja, mas se adicionado na forma fertilizante nitrogenado é extremamente prejudicial ao processo de fixação biológica. Por outro lado, os micronutrientes Co e Mo são pouco importantes para a soja, mas indispensáveis para a eficiência do processo de FBN.

Os trabalhos de pesquisa de soja, no Brasil, têm desenvolvido novas tecnologias de cultivo de soja com aumentos sucessivos de produtividade. Como o N é o nutriente mais exigido pela cultura, isso implica em uma maior necessidade de N para a cultura. Assim, torna-se indispensável à busca de novas técnicas para aumentar a eficiência do processo de FBN. Nesse contexto, o aperfeiçoamento da aplicação de inoculantes com a necessidade de micronutrientes, garantindo uma maior população da bactéria nas sementes, é

indispensável para aumentar a nodulação nas principais raízes da soja, onde os nódulos são mais eficientes. Por consequência, a demanda de micronutrientes estaria sendo suprida sem limitar o potencial de FBN (Campo et al., 1999 e Campo & Hungria, 2000).

2. Micronutrientes para a soja.

Os micronutrientes considerados essenciais para a cultura da soja são o B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn. A adubação da soja com micronutrientes até a alguns anos era restrita a áreas de Cerrado e era feita através da correção do solo, pois aqueles solos são conhecidamente deficientes em Zn e outros micronutrientes. Outros micronutrientes, como o Mn, por exemplo, passaram a ter alguma importância econômica para o cultivo da soja e foram recomendados sob condições específicas de deficiência, causada por aplicações excessivas de calcário que induzem à deficiência desse nutriente. Os cultivos sucessivos aliado aos aumentos da demanda de N e outros nutrientes pela soja devido aos aumentos de rendimento da cultura, que aumentam a extração dos nutrientes do solo, têm provocado decréscimo generalizado na disponibilidade de alguns micronutrientes e, até mesmo os solos de alta fertilidade têm, atualmente, apresentando resposta positiva á adição de micronutrientes, como o Mo e Co (Campo et al., 1999; Campo & Hungria 2000).

Disponibilidade de Co e Mo no solo

Os teores de Co no solo variam de 1 a 40 ppm. Valores superiores podem ocorrer em solos originários de rochas ricas em minerais ferromagnesianos (Mitchel, 1964). Por outro lado, solos ácidos, normalmente, apresentam teores de Co inferiores a 10 ppm. Nessa condição, os solos ricos em óxidos de Mn podem apresentar deficiência de Co devido à sua adsorção pelos óxidos de Mn (Taylor & McKenzie, 1966).

O Mo é encontrado em toda a crosta terrestre, porém, sempre em pequenas concentrações. As formações sedimentares são os ambientes mais ricos em Mo, especialmente os depósitos marinhos, onde as concentrações podem exceder 0.04%, (Manheim & Landergren 1978), citado por Gupta & Lipsett, 1981). Bataglia et al. (1976), também encontraram em solos do estado de São Paulo maiores teores de Mo em solos sedimentares e os menores nos solos mais recentes. Ainda, a disponibilidade de Mo no solo é extremamente afetada pelo pH do solo. Quanto maior for o pH do

solo, maior a disponibilidade de Mo. Segundo Lindsay (1972), a disponibilidade de Mo aumenta 100 vezes para cada unidade de aumento de pH.

4. Fontes de Co e Mo

As principais fontes de Co são o cloreto de cobalto, sulfato de cobalto e nitrato de Co. As principais fontes de Mo são o molibdato de sódio, molibdato de amônio, ácido molibídico e o trióxido de molibdênio. Existem atualmente no mercado diversos produtos comerciais contendo Mo e Co em concentrações variáveis, mas sempre na proporção 10:1 de Mo e Co. De modo geral, estes produtos comerciais têm apresentado ótimos resultados no fornecimento desses nutrientes quando aplicados por pulverização foliar ou na semente.

5. Importância do Co e do Mo para a soja e para o processo de FBN

A absorção do Co pela planta é feita por fluxo de massa, principalmente, na forma de Co^{2+} e a sua translocação na planta ocorre somente após formação de quelados com ácidos orgânicos (Malavolta et. al. 1997). Por isso, esse elemento é considerado pouco móvel e sua deficiência na planta ocorre nas folhas mais novas. No caso específico da cultura da soja, o Co é um elemento essencial para o processo de FBN. Ele é componente da vitamina B₁₂, importante na formação da coenzima cobamida que é indispensável ao processo de FBN por ser precursora da leghemoglobina (Kliewer & Evans, 1963). A deficiência de Co inibe a síntese da leghemoglobina e por consequência a FBN (Mengel & Kirkby, 1978).

A absorção do Mo pela planta é por fluxo de massa, forma de MoO_4^{2-} . Sua translocação na planta ocorre na forma aniónica de oxidação máxima Mo (VI), mas também na forma Mo (V) e Mo (IV) (Martens & Westermann, 1991). A função do Mo na planta está diretamente relacionada com a formação das molibdo enzimas, proteínas responsáveis pela transferência de elétrons (cofatores) das reações de formação das enzimas nitrogenase, redutase de nitrato, oxidase do sulfato. A nitrogenase é a enzima responsável, no processo de FBN, por quebrar da tríplice ligação do N₂, transformando-o em duas moléculas de NH₃. A redutase do nitrato é uma enzima importante para o processo de metabolização e absorção do N pela soja,

evitando o acumulo de nitrato na planta e aumentando o rendimento da soja. Mesmo com a ausência de nódulos, o uso de sementes enriquecidas em Mo (Tabela 1) proporcionou rendimentos superiores às sementes mais pobres em Mo. Sementes de soja mais ricas em Mo, até teores de $11,8 \mu\text{g.g}^{-1}$, apresentaram N total nos grãos e rendimentos de grãos superiores aos tratamentos com as sementes pobres em Mo ($1,3 \mu\text{g.g}^{-1}$), demonstrando a importância do Mo para o metabolismo e absorção do N pela soja. Outra causa provável para explicar esses resultados seria a participação do Mo na enzima sulfato redutase, facilitando o metabolismo do S aumentando o conteúdo dos aminoácidos que possuem enxofre em sua composição, por exemplo, metionina e cisteína.

TABELA 1. Efeito da aplicação complementar de Mo nas sementes de soja, c.v. conquista (produzida em Londrina), com distintos teores de Mo no número e massa de nódulos secos, N total nos grãos e rendimento de grãos de soja. Experimento conduzido em Uberaba MG, em solo sem população estabelecida de *Bradyrhizobium* ($0,0 \times 10^{-2}$). Safra 99/00, EPAMIG, MG. Embrapa Soja, 2000.

TRATAMENTO	Nº/pl	MSN/ (mg/pl)	N (kg/ha)	Rend. (kg/ha)
Mo ($1,3 \mu\text{g.g}^{-1}$) com Mo	1	3	185,9	3203
Mo ($1,3 \mu\text{g.g}^{-1}$) sem Mo	1	13	164,9	2972
Mo ($11,8 \mu\text{g.g}^{-1}$) com Mo	1	11	225,2	3915
Mo ($11,8 \mu\text{g.g}^{-1}$) sem Mo	1	8	202,6	3517
Mo ($23,9 \mu\text{g.g}^{-1}$) com Mo	0	3	217,3	3664
Mo ($23,9 \mu\text{g.g}^{-1}$) sem Mo	1	7	185,9	3723
C.V.(%)	-	-	12,8	11,0
D.M.S.(5%) ¹	-	-	21,2	324

1. Diferença entre médias de dois tratamentos, cujo valor é superior a esses valores, para cada coluna, indica que os dois tratamentos são diferentes entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste "t".

Segundo (Vunkova -Radeva et al., 1988, citado por Lindsay, 1991), a deficiência de Mo torna as plantas mais susceptíveis a determinados estresses, como baixas temperaturas e alagamento. Na Tabela 1, como foi dito anteriormente, as sementes enriquecidas apresentaram melhor desempenho do que as sementes mais pobres em Mo. Esta é também uma das causas prováveis para explicar os

resultados acima. Parece que plantas de soja proveniente de sementes mais enriquecidas com Mo foram menos afetadas pelo déficit hídrico ocorrida na região. Resultados semelhantes foram observados em Londrina, PR.

Diferentemente dos demais micronutrientes, a deficiência de Mo não ocorre nas folhas mais novas, porque ele é de fácil translocação na planta. Pela Figura 1, verifica-se que a translocação do Mo, aplicado nas folhas de soja, c.v. BRS 133, para os nódulos foi muito rápida. Em apenas cinco dias após aplicação de Mo nas folhas, as concentrações de Mo nos nódulos foi máxima. Resultados similares foram obtidos com "Embrapa 48" e "BRS 156". Esses resultados confirmam que o Mo apresenta uma rápida e fácil translocação na planta, por isso, o sintoma típico de deficiência de Mo é o amarelecimento das folhas mais velhas. Quando as plantas são bem supridas de N, os sintomas de deficiência de Mo são a má formação das folhas e clorose das margens das folhas mais velhas.

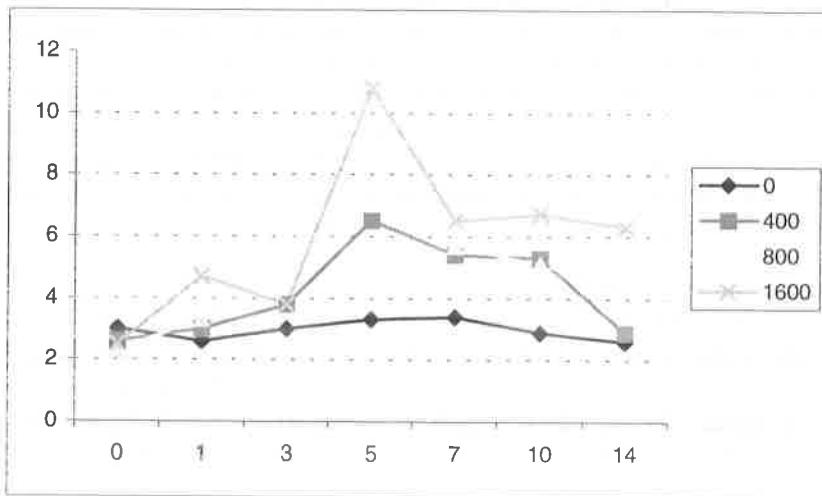


Fig. 1. Teores de Mo em $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ de nódulo, medidos aos 0, 1, 3, 5, 7, 10 e 14 dias após aplicação foliar de 0, 400, 800, 1600 g de Mo/ha.

6. Efeito dos micronutrientes na sobrevivência da bactéria na semente.

Biró et al. (1995) avaliaram a sensibilidade de bactérias fixadoras de N_2 e estírpes de *Pseudomonas* quanto à sensibilidade a metais

pesados (Cu^{2+} , Zn^{2+} , Zn^{2+} , Mn^{2+} , Mo^{2+} e Fe^{2+}) *in vitro*. O Mo^{2+} foi um estimulante do crescimento para *Rhizobium* e *Bradyrhizobium* em todas as concentrações testadas (0.1, 1.0 e 10 $\mu\text{g. ml}^{-1}$). No entanto, doses de Mo acima de 1,600 $\mu\text{g. ml}^{-1}$ prejudicam o crescimento de *Bradyrhizobium* em meio de cultura (Tong & Sadowsky, 1994). Já a aplicação de Mo juntamente com o inoculante diminui a população sobre a semente prejudicando a nodulação e, consequentemente, a FBN (Sedberry et al., 1973; Gault & Brockwell, 1980). Similarmente, trabalhos anteriores, (Burton & Curley 1966) mostraram que o uso do Mo, na forma de molibdato de sódio, em peletização na semente afeta a sobrevivência da bactéria na semente, bem como, a nodulação e a eficiência de FBN. Segundo estes autores, 99% das células morrem, após quatro dias da aplicação do Mo. Recentemente, Albino & Campo (2001), mostraram que a adição de concentrações crescentes de diversas fontes de Mo, aos meios de cultura de crescimento do *Bradyrhizobium*, afetou o crescimento das quatro estírpes que são recomendadas para os inoculantes no Brasil. Resultados de pesquisa realizada no campo demonstraram que os produtos comerciais normalmente em uso dos agricultores, contendo Co e Mo, quando aplicados nas sementes de soja junto com o inoculante reduzem a nodulação da soja e, por consequência, o potencial de FBN (Campo et al. 1999).

Modos e época de aplicação de Co e Mo.

Devido à eficiência, economia e facilidade de aplicação, os micronutrientes à base de Co e Mo foram recomendados para a cultura da soja para aplicação via semente. Diversos fatores levaram as indústrias de micronutrientes a alterarem a composição e as formulações de seus produtos, de forma que, atualmente, os produtos disponíveis no mercado são líquidos e contêm concentrações variáveis desses elementos. Altas concentrações dos elementos no produto final, aliadas à alta acidez (baixo pH), implicam em problemas, ainda, maiores para FBN quando esses nutrientes são nas sementes junto com o inoculante. O contato direto da bactéria com os sais que contêm Co e Mo parece ser um dos fatores limitantes da FBN. Diversos estudos foram desenvolvidos e os resultados mostraram que a aplicação foliar isolada de Mo e Co ou em conjunto com herbicidas pós-emergentes, baculovírus ou inseticidas para lagartas, nos estádios V4 e V5 da cultura,

apresentaram resultados similares aos da aplicação nas sementes, sem reduzir o potencial de FBN (Campo et al. 1999). Em sendo possível aplicar o Mo e Co, via semente e foliar, trabalhos adicionais necessitam ser realizados na busca de selecionar os produtos a base desses elementos mais eficientes se aplicados via foliar e os que apresentam maior eficiência se aplicados nas sementes. Outro método alternativo de fornecimento de Mo que tem apresentado resultados consistentes no aumento da eficiência na FBN e dos rendimentos da soja é o uso de sementes enriquecidas de Mo. Alguns resultados serão abordados no tópico seguinte.

8. Efeito da aplicação de Co e Mo na eficiência da FBN e no rendimento da soja

A resposta da soja à aplicação de Mo depende de vários fatores, entre eles a quantidade desse micronutriente estocado na semente. Harris et al. (1965), trabalhando com sementes oriundas de várias regiões dos Estados Unidos, perceberam que aquelas vindas do Texas não respondiam à aplicação de Mo. O solo do Texas é rico nesse micronutriente e seu teor nos grãos de soja chega a 22,4 ppm, sendo portanto suficiente para suprir a necessidade da geração F1 das plantas colhidas naquele estado americano. Efeito positivo da aplicação de Mo na FBN e na soja têm sido observados em diversos trabalhos (Aghatise & Tayo, 1994; Campo & Lantmann, 1998; Maier & Graham 1990). De modo geral, os resultados positivos com a aplicação de Mo são mais freqüentes do que com o Co. Entretanto, quando a planta está bem suprida de Mo ou o elemento é aplicado, sobre ela, observa-se respostas positivas da aplicação de Co na FBN e no rendimento da soja (Tabela 2).

Tabela 2. Efeito da aplicação de Co e inoculação da soja, cv, BR 37, no número de nódulos e rendimento de grãos. Londrina, PR, safra 98/99, solo LRd. Embrapa Soja. 1999.

Tratamentos	Nódulos (Nº/pl)	Rend. (kg/ha)
S/ Inoculação	20	2636
IP ¹	21	3085
IP + 200 kg N	14	3630
IP + Mo	18	3617
IP + Mo + 2,5g Co	16	3726
IP + Mo + 5,0 g Co	17	3659

¹. 300 ml de água açucarada mais 500g (por 50 kg de semente) de inoculante turfoso, contendo as estirpes SEMIA 587 + SEMIA 5019, com população de células de 3×10^9 /g inoculante.

Com a utilização de sementes enriquecidas em Mo, o efeito da aplicação de Co nos rendimentos são ainda mais expressivos. Os rendimentos passaram de 3441 para 3643 kg/ha com as sementes normais e de 3441 para 3674 kg/ha, quando se usou semente enriquecida em Mo (Tabela 3). Por outro lado, somente o uso de sementes enriquecidas em Mo proporcionou 34,4% de aumento de rendimento. O uso de sementes ricas em Mo mais Co e Mo, aumentaram em 58,8% os rendimentos de grãos, ou seja, de 2314 kg para 3674 kg/ha. Verifica-se, ainda, que esses aumentos de rendimentos de grãos e N total nos grãos estão diretamente correlacionados ao peso de 100 sementes, mostrando que nos tratamentos onde houve maior disponibilidade de Co e Mo para a FBN os grãos foram mais pesados.

Tabela 3. Efeito da aplicação de Co e Mo sobre sementes de soja normais (SN) ou enriquecidas (SR) em Mo e da inoculação da soja, cv, BR 16, na massa de nódulos, peso 100 sementes, N total grãos e rendimento de grãos. Todos os tratamentos foram inoculados com *Bradyrhizobium*. Londrina, PR, safra 98/99, solo LRd. Embrapa Soja. 1999.

Tratamentos	Nod. (g/10pl)	100 (g)	sem.	N (kg/ha)	Rend. (kg/ha))
SN (0,73 µg/g)	0,50	13,3		125	2314
SN + Co	0,43	13,2		133	2419
SN + Mo	0,33	16,3		203	3441
SN + Co + Mo	0,39	16,5		216	3643
SR (13,3 µg/g)	0,46	15,3		184	3109
SR + Co	0,39	15,0		194	3341
SR + Co + Mo	0,43	16,9		227	3674
SR + Mo	0,42	15,8		224	3602
C.V. (%)	35,6	4,7		9,4	9,6
DMS (5%)	0,12	0,59		14,6	254

9. Conclusão.

Aplicações de Co e Mo em soja não têm mostrado efeitos positivos sobre a nodulação da soja. Esses micronutrientes, quando aplicados individualmente nas sementes ou nas folhas, são pouco eficientes, mas quando aplicados em conjunto, são muito importantes para o aumento da eficiência do processo de FBN, ou seja, quantidades de N fixado por nódulo, no N total nos grãos e no rendimento de grãos de soja.

10. Literatura citada

AGHATISE, V.O.; TAYO, T.O. Response of soybean (*Glycine max*) to molybdenum application in Nigeria. Indian Journal of Agricultural Sciences, New Delhi, v.64, n.9, p.597-603, 1994.

ALBINO, U.B.; CAMPO, R.J. Efeito de fontes e doses de molibdênio na sobrevivência do *Bradyrhizobium* e na fixação biológica de nitrogênio em soja. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 36. n.3, p.527-534, 2001.

BATAGLIA, O.C.; FURLANI, P.R.; VALADARES, J.M.A.S. O molibdênio em solos do estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15., 1975, Campinas. Anais... Campinas: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 1976. p.107-111.

BIRÓ, B.; BAYOUMI, H. E. A.; BALAZSY, S.; KECSKÉS, M. Metal sensitivity of some symbiotic N₂-fixing bacteria and *Pseudomonas* strains. *Acta Biologica Hungarica*, Budapest, v.46, p.9-16, 1995.

BURTON, J.C.; CURLEY, R.L. Compatibility of *Rhizobium japonicum* and sodium molybdate when combined in a peat carrier medium. *Agronomy Journal*, v.58, p.327-330, 1966.

CAMPO, R.J.; ALBINO, U.B; HUNGRIA, M. Métodos de aplicação de micronutrientes na nodulação e na fixação biológica do N₂ em soja. Londrina: Embrapa Soja, 1999. 7p. (Embrapa Soja. Pesquisa em Andamento, 19).

CAMPO, R.J.; HUNGRIA, M. Inoculação da soja em sistema de plantio direto. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS NO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 1., Ponta Grossa, 2000. Anais... Ponta Grossa: Associação dos Engenheiros Agrônomos, 2000. p.146-160.

CAMPO, R.J.; LANTMANN, A.F. Efeitos de micronutrientes na fixação biológica do nitrogênio e produtividade da soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.33, n.8, p.1245-1253, 1998.

GAULT, R.R.; BROCKWELL, J. Studies on seed pelleting as aid to legume inoculation. 5. Effectts of incorporation of molybdenum compounds in the seed pellet on inoculant survival, seedlings nodulation and plant growth of lucerne and subterranean clover. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*, v. 20, p.63-71, 1980.

GUPTA, U.C.; LIPSETT, J. Molybdenum in soil, plants, and animals. *Advances in Agronomy*, Madison, v.34, p.73-115, 1981.

HARRIS, H. B.; PARKER, M. B.; JOHNSON, B. J. Influence of molibdenum content of soybean seed and other factors associated with seed source on progeny response to applied molibdenum. *Agronomy Journal*, Madison, v.57, p.397-399, 1965.

KLIEWER, M. EVANS, H.J. Cobamide coenzyme contents of soybean nodules and nitrogen fixing bacteria in relation to physiological conditions. *Plant Physiology*, v.38, p.99-104, 1963.

LINDSAY, W.L. Inorganic phase equilibria of micronutrients in soils. In: MORTVEDT, J.J.; GIORDANO, P.M.; LINDSAY, W.L. (Ed.). *Micronutrients in agriculture; Zn, Fe, Mo, Cu, B. Mn.* Madison: Soil Science Society of America, 1972. p.41-57.

LINDSAY, W.L. Inorganic equilibria affecting micronutrients in soils. In: MORTVEDT, J.J.; COX, F.R.; SHUMAN, L.M.; WELCH, R.M. (Ed.). *Micronutrients in agriculture.* 2ed. Madison: Soil Science Society of America, 1991. p.549-592.

MAIER, R.J.; GRAHAM, L. Mutant strain of *Bradyrhizobium japonicum* with increased symbiotic N₂ fixation rates and altered Mo metabolism properties. *Applied and Environmental Microbiology*, v.56, n.8, p.2341-2346, 1990.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. OLIVEIRA, S.A. de. Avaliação do estado nutricional das plantas, princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1997.

MARTENS, D.C.; WESTERMANN, D.T. Fertilizers applications for correcting micronutrient deficiencies. In: MORTVEDT, J.J.; COX, F.R.; SHUMAN, L.M.; WELCH, R.M. (Ed.). *Micronutrients in agriculture.* 2.ed. Madison: Soil Science Society of America, 1991. p.90-112.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. *Principles of plant nutrition.* Bern: International Potash Institute, 1978. 593p.

MITCHELL, R.L. Trace elements in soil. In: BEAR, F.E. (Ed.). *Chemistry of the soil.* New York: Reinhold Publishing Corporation, 1964. p.320-368.

SEDBERRY, J. E.; SHARMAPUTRA, R. H.; BRUPBACHER, S.; PHILLIPS, J. G.; MARSHALL, J. G.; SLVANE, L. W., MELVILLE, D. R.; RALB, J. I.; DAVIS, J. Molybdenum investigations with soybeans in Louisiana. [S.I.]: Louisiana Agricultural Experiment Station, 1973. (Bulletin, 670).

TAYLOR, R.M.; MCKENZIE, R.M. The association of trace elements with manganese mineral in Australian soils. *Australian Journal Soil Research*, v. 4, p. 29-39, 1966.

TONG, Z.; SADOWSKY, M.J. A selective medium for the isolation and quantification of *Bradyrhizobium japonicum* and *Bradyrhizobium elkanii* strains from soils and inoculants. *Applied and Environmental Microbiology*, Washington, v.60, p.581-586, 1994.

IMPACTO DO USO DE MICRONUTRIENTES NA PRODUTIVIDADE DA SOJA.

A.S. LOPES, DCS-UFLA, Caixa Postal 37, 37200-000, Lavras (MG).
E-mail: ascheidl@ufla.br.

Introdução

Nos últimos anos, tem sido observado um aumento sensível no interesse em relação à utilização de micronutrientes para aumentar a produtividade nas mais diferentes culturas na agricultura brasileira. No caso específico da soja, são em número reduzido os trabalhos de campo envolvendo curvas de resposta aos micronutrientes, calibração de análises de solos e foliar para o estabelecimento de níveis críticos, eficiência de fontes e métodos de aplicação para as diversas condições de clima e solos do Brasil.

O presente trabalho apresenta um resumo sobre o impacto do uso de micronutrientes na produtividade da soja, com ênfase em pesquisas mais recentes e em trabalhos de campo. Para facilidade de discussão, o assunto será apresentado em relação a cada micronutriente. Aos interessados em revisões mais amplas sobre vários aspectos referentes ao uso de micronutrientes na cultura da soja, recomendam-se os trabalhos de Quaggio et al. (1991), Santos (1999) e Rosolem et al. (2001).

Molibdênio

O molibdênio é o micronutriente mais estudado e mais utilizado na cultura da soja no Brasil. A grande maioria das pesquisas no campo tem mostrado efeitos amplamente positivos no aumento da produtividade da soja pela aplicação desse micronutriente seja no solo, via tratamento de sementes, ou pela adubação foliar.

No Rio Grande do Sul, uma série de experimentos mostrou aumentos expressivos na produtividade da soja pelo uso de molibdênio. Santos et al. (1987) obtiveram aumentos de produtividade da soja que variaram de 10 a 22% no 1º ano e de 43 a 92% no 2º ano pela utilização de várias fontes, doses e métodos de aplicação. Os autores verificaram que a aplicação de 9 a 27 g/ha de Mo, via tratamento de semente, era tão eficiente como pulverizações foliares com cerca de 80 g de Mo/ha ou via aplicações no solo de 1100 a 1400 g/ha. Aumentos expressivos da produtividade da soja por

aplicações de molibdênio foram também obtidos por Rubin et al. (1995) e Voss & Pöttker (2001).

Evidências adicionais do elevado impacto do uso de molibdênio, por aplicação via tratamento de semente ou via adubação foliar da soja foram obtidas também no Estado do Paraná por Lantmann et al. (1989), Sfredo et al. (1996), Sfredo et al. (1997) e Campo & Lantmann (1998). Lantmann et al. (1989), encontraram aumentos de produtividade da ordem de 370 e 477 kg de soja/ha, pela aplicação de 30 g de Mo/ha, na forma de molibdato de sódio, aplicado via semente em solução de açúcar a 10%, em um Latossolo Roxo Álico (pH 4,2 em CaCl₂) e em um Latossolo Vermelho-Escuro Álico (pH 4,4 em CaCl₂), respectivamente, no Paraná. Nesse mesmo experimento, não houve resposta à aplicação de Mo com pH em CaCl₂ ao redor de 5,8-6,0.

Sfredo et al. (1996) apresentam ainda evidências de que nos produtos multinutrientes para aplicação foliar ou tratamento de sementes, o aumento de produtividade foi praticamente devido ao Mo uma vez que os tratamentos que receberam apenas molibdênio produziram, em média, 31% mais que o tratamento com inoculante apenas. Mais recentemente, dos vários micronutrientes (Zn, Co, Mo e B) aplicados via tratamento de sementes, apenas o Mo nas doses de 4,5 e 9,0 g/80 kg de semente apresentou aumentos significativos na produtividade da soja em dois dos três solos estudados (Campo & Lantmann, 1998).

No Estado de São Paulo, Vitti et al. (1984), em um Latossolo Vermelho-Escuro, textura média de Jaboticabal, SP, a aplicação via semente de 200 g/ha de um produto comercial contendo 10% de Mo e 1% de Co proporcionou aumentos de produtividade de 858 kg de soja/ha em solo com pH em H₂O de 4,8, além de aumentos significativos no peso de 100 sementes, na atividade da redutase de nitrato e nos teores foliares de N e Mo. Mais recentemente, Quaggio et al. (1998) calcularam isoquântas que permitem prever a produção de soja, para diferentes níveis de correção da acidez do solo e doses de molibdênio. De modo geral, a dose de 50 g de Mo/ha, via tratamento de sementes otimiza a relação de substituição de calcário por molibdênio, ou seja, permite a máxima redução no nível de calcário sem perder a produtividade.

Na quase totalidade desses trabalhos não há nenhuma referência a possíveis teores de Mo no solo ou na folha para uma avaliação mais detalhada do tipo de respostas observadas. Embora na literatura

estrangeira, Hagstrom & Berger (1963) tenham encontrado resposta da soja ao Mo em solos que possuíam entre 0,09 e 0,12 mg Mo/kg no extrator oxalato de amônio a pH 3,3, Sedberry Jr. et al. (1973) não encontraram correlação entre o teor de molibdênio no solo, extraído por oxalato de amônio e a resposta da soja. Entretanto, Quaggio et al. (1991), reinterpretando os resultados dos 24 experimentos conduzidos por Sedberry Jr. et al. (1973), verificaram que teores de Mo extraídos com a solução de oxalato de amônio a pH 3,3, quando interpretados conjuntamente com o pH do solo, resultavam num índice capaz de predizer 77% dos casos de resposta da soja ao molibdênio. Esse tipo de enfoque deve ser levado em conta para todos aqueles que se dedicam a pesquisas para avaliação de respostas ao Mo na cultura da soja.

Outro aspecto importante a ser considerado em relação ao Mo é a relação entre o seu conteúdo nas sementes e a possibilidade de respostas a esse micronutriente. Sementes de soja com teores de Mo de 0,05 a 48,4 mg/kg proporcionaram produções de grãos de 1.505 a 2.755 kg/ha, mostrando que, se a semente de soja for rica em Mo, a aplicação pode ser dispensada em solos com deficiência moderada (Rosolem et al., 2001, citando dados de Gurley & Giddens, 1969). Uma das possíveis explicações para as grandes respostas ao molibdênio na cultura da soja no Rio Grande do Sul, anteriormente mencionadas, são os teores extremamente baixos encontrados nas sementes juntamente com a possível deficiência natural desse micronutriente nos solos daquele estado. Teores de molibdênio encontrados em sementes de soja colhidas em oito diferentes locais do Estado do Rio Grande do Sul variaram de 0,12 a 8,08 mg/kg (Santos et al., 1986). Em levantamento mais recente, Voss et al. (1995), trabalhando com 88 amostras de 36 localidades do Rio Grande do Sul, encontraram valores entre 0,10 e 3,90 mg/kg, confirmando que as sementes produzidas naquele estado apresentam baixos teores de molibdênio, não conferindo auto-suficiência para as plantas nesse micronutriente.

Zinco

As maiores respostas ao zinco em termos de aumento de produtividade da soja têm sido obtidas nos solos da região dos cerrados que, por sua própria natureza geológica, são extremamente deficientes nesse micronutriente. Em um Latossolo Vermelho-Escuro, argiloso, originalmente com 0,6 mg de Zn/dm³ (Mehlich-1), as doses

de 3 e 9 kg de Zn/ha, aplicadas três anos antes a lanço com incorporação em área total, proporcionaram aumentos de produção da ordem de 1250 e 1600 kg de soja/ha, respectivamente (Ritchey et al., 1986). Outro aspecto relevante dessa pesquisa é o fato de que essas doses relativamente altas de Zn apresentaram considerável efeito residual por 3 a 4 anos, podendo ser usadas para a construção da fertilidade com esse micronutriente em solos extremamente deficientes. Resultados semelhantes foram obtidos em um Latossolo Vermelho-Amarelo, franco-argilo-arenoso, com 0,8 mg de Zn/dm³ (Mehlich-1), com a aplicação de 6 kg de Zn/ha na forma de sulfato, também com aplicação a lanço e incorporação em área total. Os aumentos na produtividade da soja foram de 188 e 190 kg/ha no 1º e 2º ano, sendo atingidas, também, altas produtividades no 3º e 4º cultivos (média de 2900 kg de soja/ha). Esses dados confirmam o acentuado efeito residual de doses elevadas de fertilizantes contendo Zn nos solos sob cerrado (Gralão, 1989; 1991). A mesma dose, fonte e forma de aplicação proporcionou aumentos significativos na produção de soja no 1º cultivo - 891 kg/ha, e de 379 e 193 kg/ha no 2º e 3º cultivos, respectivamente em um solo glei húmico, franco-argilo-arenoso com 8,7% de matéria orgânica, pH em água 4,5 e 1,4 mg Zn/dm³ no extrator Mehlich -1 (Gralão, 1990).

Apesar de ser extremamente importante a utilização da análise de solos e da análise foliar como "ferramentas" de diagnose de possíveis problemas de deficiências de zinco para a cultura da soja, são em número reduzido os experimentos conduzidos a campo que permitam estabelecer níveis críticos, calibração e correlação de doses aplicadas e produtividade. Uma exceção foi o experimento conduzido num Latossolo Vermelho-Amarelo, fase cerrado, com 2,0% de matéria orgânica e 0,6 mg Zn/dm³ no extrator de Mehlich-1, em que foram aplicadas doses de Zn de 0, 1, 3 e 9 kg/ha, como sulfato de zinco, a lanço, com incorporação através de grade, apenas no 1º cultivo (Gralão, 1993). Os dados do 3º cultivo na seqüência soja/milho/soja mostram que um aumento de produtividade de 311 kg de soja/ha pela aplicação de 1 kg de Zn/ha, três anos antes, foi altamente expressivo, aumentando também os teores de zinco extraídos do solo e os de zinco na folha, e indicando um grande efeito residual mesmo com essa baixa dose. Os níveis críticos de zinco no solo, após o cultivo da soja, foram de 1,2, 0,8 e 0,6 mg/dm³, quando avaliados, respectivamente, através da extração

com HCl 0,1 mol/L, Mehlich-1 e DTPA e o nível crítico de zinco na folha, no florescimento, foi de 17,2 mg/kg (Galrão, 1993).

Cobre

São em pequeno número as pesquisas envolvendo avaliação de respostas ao cobre na cultura da soja no Brasil. Na região dos cerrados, os poucos trabalhos que avaliaram o efeito da aplicação desse micronutriente nessa cultura (Mascarenhas et al., 1967; Mascarenhas et al., 1973; Galrão, 1984; Buzetti et al., 1990; Galrão, 1991 e Galrão, 1999), apenas nos dois últimos observaram-se aumentos na produtividade. No trabalho de Galrão (1991), conduzido em um Latossolo Vermelho-Amarelo, franco-argilo-arenoso, com baixo teor de cobre (0,2 mg de Cu/dm³ - Mehlich-1), a aplicação de 2 kg de Cu/ha a lanço, com incorporação em área total, na forma de sulfato, não apresentou aumentos significativos na produção no 1º cultivo, mas no 2º, 3º e 4º cultivos os aumentos na produtividade da soja foram espetaculares, 578, 409 e 471 kg/ha, respectivamente.

Já o trabalho de Galrão (1999) procurou avaliar por 3 cultivos sucessivos de soja os efeitos de várias formas e doses de aplicação de cobre (via solo – lanço e sulco, adubação foliar e tratamento de sementes) em um Latossolo Vermelho-Amarelo, franco-argilo-arenoso, fase cerrado em Planaltina, DF, com 1,5% de matéria orgânica e níveis extremamente baixos de cobre (0,1 mg/dm³ no extrator Mehlich-1). Os resultados de rendimento de grãos mostraram que, no 1º cultivo, não houve resposta aos tratamentos em função de déficit hídrico na fase de enchimento de grãos. No 2º e 3º cultivos, com exceção do tratamento que recebeu 0,4 kg de Cu/ha, a lanço, por ocasião do 1º cultivo, todos os demais proporcionaram aumentos significativos na produtividade da soja, com média de 0,44 e 0,59 t/ha a mais em relação à testemunha, no 2º e 3º cultivo, respectivamente. Estes dados são extremamente interessantes e demonstram que existem várias opções de comprovada eficiência agronômica para a correção de possíveis deficiências de cobre para a cultura da soja, ou seja, no solo (lanço e sulco), na folha e na semente. Além disso, com o estabelecimento de níveis críticos de cobre no solo (0,6, 0,5, 0,5 e 0,6 mg de Cu/dm³ nos extratores, HCl 0,1 mol/L, Mehlich-1, Mehlich-3 e DTPA, respectivamente) e na folha (3,9 mg de Cu/kg), o autor deu uma fantástica contribuição para melhorar as análises de solos e a análise

foliar como instrumentos de tomada de decisão sobre adubação com cobre na cultura da soja no Brasil. Os significativos aumentos de produtividade da soja no 3º cultivo pela aplicação a lanço de 1,2 ou mais kg de Cu/ha, apenas no 1º cultivo, são evidências de grande efeito residual, à semelhança do que foi observado também para o zinco (Ritchey et al., 1986; Galrão, 1989; 1991).

Manganês

Experimentos com respostas positivas ao manganês no aumento da produtividade da soja no Brasil são também em número reduzido. Um complicador a mais para a obtenção de respostas positivas a Mn é a facilidade com que a forma de Mn^{+2} , a mais importante sob aspectos de absorção pelas plantas, é oxidada para Mn^{+3} e Mn^{+4} , principalmente quando da aplicação de doses relativamente pequenas do fertilizante a lanço com incorporação e a falta de experimentos de calibração, a campo. Um exemplo de ausência de resposta à aplicação de Mn foi o experimento conduzido por 4 anos em um Latossolo Vermelho-Amarelo, franco-argilo-arenoso, com 4,0 mg de Mn/dm³ no extrator Mehlich -1, onde 4 kg de Mn/ha como sulfato com aplicação a lanço com incorporação em área total não mostrou efeito significativo no aumento da produtividade da soja em quatro cultivos sucessivos (Gralão, 1989; 1991). Essa ausência de resposta, nesse caso, parece estar mais relacionada à pequena dose de Mn utilizada (4 kg/ha) para aplicação a lanço com incorporação em área total do que com alta disponibilidade de Mn no solo. Randall et al. (1975) mencionam que sintomas de deficiência de Mn em soja foram eliminados pela aplicação de sulfato de manganês na dose de 17 kg de Mn/ha a lanço ou 5 kg de Mn/ha no sulco. Da mesma forma, produções ótimas de soja foram obtidas pela aplicação de 14 kg de Mn/ha a lanço e 3 kg de Mn/ha no sulco (Mascagni & Cox, 1985).

Trabalho mais recente, conduzido em um solo com 3,4 mg de Mn/dm³ (extrator DTPA), pH em água de 6,8, apresentou respostas altamente significativas de duas cultivares de soja à aplicação de Mn tanto no sulco de plantio como através da adubação foliar. A maior resposta para aplicação no sulco (43% de aumento na produtividade) foi na dose de 7,0 kg de Mn/ha, como sulfato de manganês e para a aplicação foliar, 300 g de Mn/ha, no estádios V4 e V8 (61% de aumento na produtividade) (Mann, 1999).

Um fato que merece ser enfatizado é o aumento da freqüência do aparecimento de carência de manganês na cultura da soja, principalmente quando cultivada em solos de baixa fertilidade, recentemente incorporados ao processo produtivos e em glebas que receberam calcário mal incorporado ou em doses acima da adequada (Tanaka et al., 1993). Isso vem sendo observado notadamente na região dos cerrados, quando da abertura de áreas novas sob sistema convencional de preparo do solo em que a dose de calcário geralmente recomendada para uma camada de incorporação de 0-20 cm é incorporada com gradagem leve na camada de 0-10 cm (observação pessoal).

Boro

Um solo glei húmico, franco-argilo-arenoso, com 8,7% de matéria orgânica, pH em água 4,5 e 0,10 mg B/dm³ em água quente, apresentou respostas altamente significativas em três cultivos sucessivos de soja, à aplicação, apenas antes do 1º cultivo, de 1 kg de B/ha (bórax) a lanço com incorporação em área total. O aumento no rendimento foi de 1062, 1105 e 1949 kg/ha, respectivamente, no 1º, 2º e 3º cultivos. É interessante notar o alto efeito residual dessa aplicação de boro, que foi suficiente para manter bons rendimentos por, pelo menos, três cultivos sucessivos (Gralão, 1990). Entretanto, a mesma dose e forma de aplicação de boro em um Latossolo Vermelho-Amarelo, franco-argilo-arenoso, fase cerrado com 0,15 mg de B/dm³ em água quente, aumentou significativamente o rendimento de grãos de soja (em 141 kg/ha) apenas no 2º dos quatro cultivos sucessivos, embora nos outros três cultivos as parcelas que receberam boro tivessem mostrado tendência para respostas positivas (Gralão, 1989; 1991). Esses dados confirmam, a semelhança dos resultados obtidos por Mascarenhas et al. (1988) e Buzetti et al. (1990), em casa de vegetação, que existe uma alta probabilidade de resposta à aplicação de boro na cultura da soja em solos com 0,2-0,3 mg B/dm³ ou menos no extrator água quente. Além disso, é importante levar em conta que a calagem excessiva, altas doses de fertilizantes potássicos, altos teores de matéria orgânica e argila podem fixar o boro, diminuindo sua disponibilidade para a soja e aumentando a probabilidade de respostas positivas (Rosolem et al., 2001).

Cobalto, Ferro e Cloro

Embora o cobalto não seja um nutriente essencial para as plantas cultivadas, ele é um elemento essencial ao processo de fixação de N pelo *Bradyrhizobium* presente nos nódulos da soja. Entretanto, existem poucos trabalhos envolvendo a aplicação de cobalto e a grande maioria não mostra efeitos significativos no aumento da produtividade da soja. Em um Latossolo Vermelho-Amarelo, franco-argilo-arenoso, sob vegetação de cerrado, a dose de 0,4 kg de Co/ha, na forma de sulfato, aplicados a lanço com incorporação em área total não apresentou efeitos significativos na produção de soja por 4 cultivos (Galrão, 1989; 1991). Santos (1999), citando Santos et al. (1984), relata estudos conduzidos durante cinco safras consecutivas em Santa Maria, Rio Grande do Sul (1979/80 a 1983/84) onde foi constatada resposta à aplicação do cobalto nas sementes, em duas delas: 1979/80, com resposta linear até a dose de 1,5 g/ha em solo ácido, e 1981/82, com resposta linear até a dose de 2,0 g/ha em solo ácido e dose ótima estimada de 0,94 g/ha em solo com acidez corrigida.

Um problema que limita mais inferências sobre possíveis efeitos do Co na produtividade da soja é que nos experimentos de campo envolvendo o cobalto não há referência a dados de análise de solo e análise foliar para uma avaliação mais profunda dos dados obtidos.

Em relação a ferro e cloro, praticamente não existem trabalhos avaliando o efeito da aplicação desses micronutrientes na cultura da soja no Brasil.

Considerações finais

Essa síntese de resultados de pesquisa a campo, procurando avaliar o impacto do efeito dos micronutrientes na produtividade da soja permite as seguintes considerações finais:

1 - As respostas mais marcantes em termos de aumento da produtividade da soja, em relação aos micronutrientes, têm sido obtidas pela aplicação de molibdênio, tanto via tratamento de sementes como via adubação foliar.

2 - Em solos com deficiências acentuadas de zinco e cobre, estimadas por análise do solo e análise foliar, aplicações via solo (lanço e sulco), via tratamento de sementes e adubação foliar têm sido formas eficientes de correções do problema e contribuído para aumentos significativos da produtividade da soja.

3 - Para o caso do zinco e do cobre, o grande efeito residual por 3-4 anos, das aplicações via solo, permite a construção da fertilidade em

relação a esses micronutrientes. Nesses casos, doses mais altas no 1º cultivo proporcionam o benefício do efeito residual nos anos subseqüentes.

4 - Embora a deficiência de manganês não seja muito generalizada na cultura da soja no Brasil, o uso de doses elevadas de calcário, a incorporação inadequada das doses corretas no sistema de preparo convencional e o aumento de produtividade das lavouras, têm induzido a situações de deficiências desse micronutriente.

5 - A aplicação de pequenas doses de manganês no sulco de plantio, de doses mais elevadas a lanço e a adubação foliar têm mostrado aumentos significativos na produtividade da soja. Essas aplicações de manganês devem ser feitas anualmente, pois esse micronutriente apresenta pequeno efeito residual.

6 - Solos com teores baixos em boro, pelo extrator água quente, têm apresentado aumentos significativos na produtividade da soja pela aplicação via solo de fertilizantes contendo esse micronutriente no aumento da produtividade da soja.

7 - O esforço da pesquisa, em trabalhos que envolvam doses, fontes e métodos de aplicação de micronutrientes, procurando estabelecer relações entre teores do solo, teores foliares e produtividade deve ser desenvolvido a nível regional e em experimentos de campo planejados para duração mínima de 3 a 4 anos.

Palavras-chave: Molibdênio, zinco, cobre, manganês, boro.

Literatura Consultada

BUZETTI, S.; MURAOKA, T. & SÁ, M.E. Doses de boro na soja, em diferentes condições de acidez do solo: I. Produção de matéria seca e de grãos e nível crítico no solo. R. Bras. Ci. Solo, 14:157-161, 1990.

CAMPO, R.J. & LANTMANN, A.F. Efeitos de micronutrientes na fixação biológica do nitrogênio e produtividade da soja. Pesq. Agropec. Bras., 33(8): 1998.

GALRÃO, E.Z. Efeito de micronutrientes e do cobalto na produção e na composição química do arroz, milho e soja em solo de Cerrado. R. Bras. Ci. Solo, 8:111-116, 1984.

GALRÃO, E.Z. Efeito de micronutrientes e do cobalto na produção de soja em solo de cerrado. R. Bras. Ci. Solo, 13:41-44, 1989.

- GALRÃO, E.Z. Aplicação de micronutrientes e calcário no rendimento da soja em solo de várzea. *R. Bras. Ci. Solo*, 14:381-384, 1990.
- GALRÃO, E.Z. Micronutrientes e cobalto no rendimento da soja em solo de cerrado. *R. Bras. Ci. Solo*, 15:117-120, 1991.
- GALRÃO, E.Z. Níveis críticos de zinco em Latossolo Vermelho-Amarelo argiloso sob cerrado para a soja. *R. Bras. Ci. Solo*, 17:83-87, 1993.
- GALRÃO, E.Z. Métodos de aplicação de cobre e avaliação da disponibilidade para a soja num Latossolo Vermelho-Amarelo, franco-argilo-arenoso fase cerrado. *R. Bras. Ci. Solo*, 23:265-272, 1999.
- GURLEY, W.H. & GIDDENS, S. Factors affecting uptake, yield response and carryover molybdenum in soybean seed. *Agron. J.*, 61:7-9, 1969.
- HAGSTOM, G.R. & BERGER, K.C. Molybdenum status of Wisconsin soils and its effect on four legume crops. *Agron. J.*, 55:394-401, 1963.
- LANTMANN, A.F.; SFREDO, G.J.; BORKERT, C.M. & OLIVEIRA, M.C.N. de. Resposta da soja ao molibdênio em diferentes níveis de pH do solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 13:45-49, 1989.
- MANN, E.N. Efeito da adubação com manganês, via solo e foliar em diferentes épocas, no rendimento de grãos e na qualidade da semente de soja. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 1999. 68p. (Dissertação de Mestrado).
- MASCAGNI Jr. H.J. & COX, F.R. Effective rates of fertilization for correcting manganese deficiency in soybeans. *Agron. J.*, 77:363-366, 1985.
- MASCARENHAS, H.A.A.; MIYASAKA, S.; FREIRE, E.S. & IGUE, T. Adubação da soja. VI - Efeitos do enxofre e de vários micronutrientes (Zn, Cu, Mn, Fe e Mo), em solo Latosol Roxo com vegetação de cerrado. *Bragantia*, 26:371-379, 1967.
- MASCARENHAS, H.A.A.; MIRANDA, M.A.C.; BATAGLIA, O.C.; PEREIRA, J.C.V.N.A. & TANAKA, R.T. Deficiência de boro em soja. *Bragantia*, 47:325-331, 1988.
- MASCARENHAS, H.A.A.; KIIHL, R.A.S.; NAGAI, V. & BATAGLIA, O.C. Aplicação de micronutrientes em soja cultivada em solos de cerrado. *O Agronômico*, 25:71-77, 1973.
- QUAGGIO, J.A.; GALLO, P.B.; FURLANI, A.M.C. & MASCARENHAS, H.A.A. Isoquantas de produtividade da soja e sorgo para níveis de calagem e molibdênio. *R. Bras. Ci. Solo*, 22:337-344, 1998.

- QUAGGIO, J.A.; SILVA, N.M. da & BERTON, R.S. Culturas oleaginosas. In: FERREIRA, M.E. & CRUZ, M.C.P., eds. Micronutrientes na agricultura. Piracicaba, POTAFO/CNPq, p.445-484, 1991.
- RANDALL, G.W.; SCHULTE, E.E. & COREY, R.B. Effect of soil and foliar-applied manganese on the micronutrient content and yield of soybeans. *Agron. J.*, 67:502-506, 1975.
- RITCHEY, K.D.; COX, F.R.; GALRÃO, E.Z. & YOST, R.S. Disponibilidade de zinco para as culturas do milho, sorgo e soja em Latossolo Vermelho-Escuro, argiloso. *Pesq. Agropec. Bras.*, 21:215-225, 1986.
- ROSOLEM, C.A.; QUAGGIO, J.A. & SILVA, N.M. da. Algodão, amendoim e soja. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. da; RAIJ, B. van & ABREU, C.A. de., eds. Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura. Jaboticabal, POTAFO/ FAPESP/CNPq, 2001. p.319-354.
- RUBIN, S.A.L.; SANTOS, O.S.; RIBEIRO, N.D. & RAUPP, R.O. Tratamento de sementes de soja com micronutrientes. *Ciência Rural*, Santa Maria, 25:39-42, 1995.
- SFREDO, G.J.; BORKERT, C.M. & CASTRO de, C. Efeito de micronutrientes sobre a produção de soja em três solos do Estado do Paraná. *Informações Agronômicas*, Piracicaba, POTAFO, Nº 75, set. p.2-3, 1996.
- SFREDO, G.J.; BORKERT, C.M.; NEPOMUCENO, A.L. & OLIVEIRA, M.C.N. de. Eficácia de produtos contendo micronutrientes, aplicados via semente, sobre a produtividade e teores de proteína da soja. *R. Bras. Ci. Solo*, 21:41-45, 1997.
- TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A. & BULISANI, E.A. Manganese deficiency in soybeans induced by excess lime. *Better Crops International*, 9:7-8, 1993.
- SANTOS, O.S.; ESTEFANEL, V.; CAMARGO, R.P.; ZAGO, A.; TRINDADE, A.D.M.; REGINATTO, E.F.; WEISS, L.C.S.; Efeitos da aplicação de molibdênio e de zinco em sementes de soja sobre o teor desses nutrientes. In: Soja - Relatório de Pesquisa do Centro de Ciências Rurais. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria/FATEC, p.39-44, 1986.
- SANTOS, O.S.; ESTEFANEL, V.; CAMARGO, R.P.; ZAGO, A.; TRINDADE, A.D.M.; WEISS, L.C.S.; PLEIN, O.F.S. & PFITSCHER, C.A. Fontes, doses e modos de aplicação de molibdênio em soja. In:

- Soja – Relatório de Pesquisa do Centro de Ciências Rurais. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria/FATEC, p.22-28, 1987.
- SANTOS, O.S. dos, 1999. Micronutrientes na cultura d soja. Informações Agronômicas, POTAPOS, Nº 85, 8p. março 1999 (encarte técnico).
- SEDBERRY Jr. J.E.; DHARMADUTRA, T.S.; BRUPBACKER, R.H.; PHILLIPS, S.A.; MARSHALL, J.G.; SLOANE, L.W.; MELVILLE, D.R. & RABB, J.L. Molybdenum investigation with soybeans in Louisiana, Louisiana, Louisiana State University, Bulletin 670, 39p. 1973.
- VITTI, G.C.; FORNASIERI Fº, D.; PEDROSO, P.A.C. & CASTRO, R.S.A. Fertilizante com molibdênio e cobalto na cultura da soja. R. bras. Ci. Solo 8:349-352, 1984.
- VOSS, M. & PÖTTKER, D. Adubação com molibdênio em soja, na presença ou ausência de calcário aplicado na superfície do solo, em plantio direto. Ciência Rural, Santa Maria, 31:787-791, 2001.
- VOSS, M.; ROSINHA, R.C. & BISSANI, C.A. Teor de molibdênio em sementes de soja no Rio Grande do Sul. In: Soja – Resultados de Pesquisa 1994/1995. Passo Fundo: Centro Nacional de Pesquisa de Trigo, p.71-76, 1995.

OFERTA E DEMANDA TECNOLÓGICA EM MICRONUTRIENTES DA SOJA NO PARANÁ

J.M.COSTA. Cooperativa Agropecuária Mourãoense Ltda. – Coamo, Caixa Postal 460, CEP 87308-970, Campo Mourão, PR, E-mail: jmariano@coamo.com.br

A cultura da soja expandiu-se no Paraná até o final da década de 70 praticamente sem contar com os micronutrientes no bojo das tecnologias de produção, especialmente dos fertilizantes sintéticos. Os solos predominantes do Estado e as baixas produtividades conseguidas até então, realmente justificavam esta ausência. As constantes produções, sem reposição de micronutrientes e problemas de manejo físico e/ou químico, reduziram sua oferta nos solos em função da disponibilidade e/ou extração ao longo dos anos. Com o desenvolvimento de novas e melhores tecnologias de produção, as altas produtividades almejadas e conseguidas, levaram a justificar em muitos casos o uso de micronutrientes na cultura, com respostas técnicas e custo x benefício favoráveis. Todavia, uma fabulosa quantidade de produtos invadiu o mercado, misturando conceitos com necessidades, dificultando e confundindo produtores e técnicos, quanto aos critérios, formas e importância do uso. Neste contexto, produtos importados; ausência de dados consolidados; dados apenas de ensaios cujos resultados foram positivos; ensaios sem repetição de anos; recomendações sem prescrição; produtos em mistura de micronutrientes com outras substâncias ou mesmo macronutrientes, foram oferecidos e comercializados numa velocidade muito maior que as próprias pesquisas e experimentos de validação tecnológica a respeito. O presente trabalho, demonstra a variabilidade de resultados obtidos, ainda que no mesmo ambiente de experimentação (solo, clima e localização) e sugere a necessidade de ensaios com repetição de anos, no máximo de locais possíveis e a recomendação por prescrição.

Palavras-chaves: custo x benefício, prescrição, repetição de anos, validação tecnológica, critérios.



Gráfica e Editora PJ Eventos – Feiras e Congressos
Rua José Risseto, 1023 – Santa Felicidade
CEP 82.015-010 – Curitiba – PR
www.pjeventos.com.br
pjeventos@pjeventos.com.br
Fone/Fax: 55 41 372-1177

Novo Endereço

*A Cheminova
tem nova razão social,*

Cheminova Brasil Ltda.

novos números de telefone e fax

Tel. (11) 5182-1010 – Fax (11) 5182-2142

*e agora tem também
casa nova.*

**R. Alexandre Dumas, 2.220 - 6º andar
Chácara Sto. Antônio - São Paulo - SP
CEP 04717-004**

*Tudo isso
para poder atender você
ainda melhor.*



CHEMINOVA

Inovação em todos os campos

Ceminova Brasil Ltda. - Rua Alexandre Dumas, 2220 - 6º andar
Chácara Santo Antônio - São Paulo - SP - CEP 04717-004

Tel. (11) 5182-1010 – Fax (11) 5182-2142 – E-mail: cheminova@cheminova.com.br



DowAgroSciences

Melhorando a qualidade de vida



Uma parceria de resultados

Desde a década de 70, o grupo vem colaborando intensamente para ampliação das fronteiras agrícolas do país e sempre se aproximando do produtor rural, apoiando e incrementando a produção, oferecendo suporte na comercialização dos grãos.



Unidade Industrial de processamento de soja em São Simão-GO



Unidade armazenadora em Chapadão do Céu-GO



Unidade Industrial de processamento de soja em Itumbiara-GO



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Centro Nacional de Pesquisa de Soja

*Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
Caixa Postal, 231 - CEP: 86001-970 - Londrina - Paraná*

*Telefone: (43) 371 6000 - Fax: (43) 371 6100
<http://www.cnpso.embrapa.br> - E-mail: sac@cnpso.embrapa.br*

**Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento**

