

Modificações no Desenvolvimento de Plantas de Milho Cultivadas sob Palhada Dessecada



***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Milho e Sorgo
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento***

DOCUMENTOS 238

**Modificações no Desenvolvimento de Plantas de
Milho Cultivadas sob Palhada Dessecada**

Maurilio Fernandes de Oliveira
Williams Pinto Marques Ferreira

Esta publicação está disponível no endereço:
<https://www.embrapa.br/milho-e-sorgo/publicacoes>

Embrapa Milho e Sorgo
Rod. MG 424 Km 45
Caixa Postal 151
CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG
Fone: (31) 3027-1100
Fax: (31) 3027-1188
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações
da Unidade Responsável

Presidente
Sidney Netto Parentoni

Secretário-Executivo
Elena Charlotte Landau

Membros
*Antonio Claudio da Silva Barros, Cynthia Maria
Borges Damasceno, Maria Lúcia Ferreira Simeone,
Roberto dos Santos Trindade e Rosângela Lacerda
de Castro*

Revisão de texto
Antonio Claudio da Silva Barros

Normalização bibliográfica
Rosângela Lacerda de Castro (CRB 6/2749)

Tratamento das ilustrações
Tânia Mara Assunção Barbosa

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Tânia Mara Assunção Barbosa

Foto da capa
Henrique Amarinho Nunes

1ª edição
Publicação digitalizada (2019)

Todos os direitos reservados.

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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Milho e Sorgo

Oliveira, Maurílio Fernandes de.

Modificações no desenvolvimento de plantas de milho cultivadas sob palhada
dessecada / Maurílio Fernandes de Oliveira, Williams Pinto Marques Ferreira. --
Sete Lagoas : Embrapa Milho e Sorgo, 2019.

22 p. : il. -- (Documentos / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1518-4277; 238).

1. Milho. 2. Produtividade. 3. Plantio direto. 4. Herbicida. I. Ferreira, Williams
Pinto Marques. II. Título. III. Série.

CDD 633.15 (21. ed.)

Autores

Maurilio Fernandes de Oliveira

Eng. –Agrôn., MSc. Fitotecnia, DSc. Produção vegetal, pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo.

Williams Pinto Marques Ferreira

Meteorologista, MSc. Meteorologia agrícola, PhD. Engenharia Agrícola, pesquisador da Embrapa Café

Apresentação

O uso de palhada no sistema de plantio beneficia a produção das culturas e o ambiente. Os esforços para a adoção da palhada em sistemas de plantio são crescentes, mesmo em regiões produtoras de grãos que tradicionalmente apresentam limitações em produzi-la e mantê-la sob o solo. As opções de plantas de cobertura conjugadas com as opções de sistemas de produção são numerosas e diversificadas, e podem variar, e podem. Além disso, os fatores envolvidos no uso da palhada são diversos, assim como as dificuldades em garantir o uso eficiente. O documento enumera os fatores que podem influenciar a produção de grãos quando do uso da palhada em sistema de plantio, entre eles: a imobilização de nitrogênio quando do uso de palhada com relação C/N larga, o tempo entre a dessecação da planta de cobertura e o plantio da cultura econômica principal, o efeito físico da presença da palhada promovendo sombreamento durante a emergência e desenvolvimento das plantas cultivadas além de modificações na temperatura, aeração e umidade no entorno da cultura recém-germinada. O documento descreve como estes fatores atuam no sistema, as interdependências, e aponta trabalhos de pesquisa necessários para a elucidação e validação dos mesmos.

Frederico Ozanan Machado Durães

Chefe-geral

Sumário

Caracterização do problema	06
Fatores que influenciam o desenvolvimento das plantas no SPD	06
A palhada no sistema de plantio direto (SPD).....	06
A palhada no sistema aplique-plante	07
Manejo da palhada	09
Herbicida glifosato	09
Transferência do glifosato da planta-alvo para a planta não alvo	11
Estresse de nitrogênio no sistema plantio direto	12
Temperatura do ar na palhada e luminosidade	13
Acúmulo de L-prolina em tecidos vegetais.....	14
Ácido chiquímico	14
Apontamentos a partir das abordagens	15
Referências	15
Literatura Recomendada	22

Caracterização do problema

A produtividade das culturas visando altos rendimentos está muito dependente da adoção e da eficiente utilização de tecnologias. Para o sucesso do sistema de produção, torna-se necessário amplo conhecimento das diferentes etapas componentes do processo produtivo, ou seja, das tecnologias adotadas. A área plantada no Brasil para a produção de grãos foi estimada em 62,9 milhões hectares, com a produção podendo chegar a 238,9 milhões de toneladas na safra 2018/2019 (Acompanhamento da Safra Brasileira [de] Grãos, 2019).

O plantio direto é uma técnica largamente utilizada no Brasil, especialmente em áreas de alto nível tecnológico, seguido de alta produtividade de grãos. A área plantada no Sistema de Plantio Direto (SPD), no Brasil, foi de 32,8 milhões de hectares em 2017 (Federação Brasileira de Plantio Direto e Irrigação, 2019).

Atualmente, o herbicida glifosato muito utilizado na dessecação no SPD representa 60% do mercado mundial de herbicidas não seletivos. O glifosato foi o princípio ativo mais utilizado no Brasil entre 2012 e 2016 (Pignati et al., 2017).

A redução na produtividade de culturas (de cana-de-açúcar, de soja e do milho) semeadas imediatamente após a dessecação da palhada foi relatada por diversos autores (Campos et al., 2010; Constantin et al., 2007). A redução na produtividade de culturas anuais tem se mostrado menor ou inexistente quando a semeadura acontece num maior intervalo de tempo, em dias, após a aplicação do herbicida dessecante. Vários fatores podem estar envolvidos na redução de produtividade: a morte mais lenta das plantas daninhas e da palhada pode estar interferindo no desenvolvimento inicial da cultura, possivelmente em razão do sombreamento, conseqüentemente, promovendo o estiolamento da cultura. Alta quantidade de palha com larga relação C/N, especialmente em áreas em que o cultivo é mais recente, pode acarretar menor disponibilidade de nitrogênio no solo no período inicial de desenvolvimento da cultura. Além disso, podem ocorrer situações de maior umidade no solo no momento da germinação das plantas, especialmente na presença de altos volumes de palhada. Finalmente, altas temperaturas atmosféricas também têm sido apontadas como fator promotor de estiolamento em plântulas.

Toda forma de radiação que chega ao solo pode ser alterada pela presença da palhada. Conseqüentemente, a planta que desenvolve sob palhada recebe radiação em quantidade e qualidade das que desenvolvem em solo sem palhada.

Esses fatores citados anteriormente relacionam-se com o estiolamento da cultura em maior quantidade de palhada. O estiolamento pode ser considerado como estresse nas plantas. A variação no teor de L-prolina em tecidos vegetais tem sido correlacionada como indicador de estresse de plantas (Costa, 1999), tanto pela aplicação de herbicidas quanto por estresse por falta de água e excesso de sais no solo (Marques, 2009).

Fatores que influenciam o desenvolvimento das plantas no SPD

A palhada no sistema de plantio direto (SPD)

A cultura do milho ocupou 17,3 milhões de hectares, com produção de 97 milhões de toneladas. Na região Sudeste, para o ano agrícola de 2018/2019, a produção de milho foi de 11,64 milhões de

toneladas em área colhida de 1,98 milhões de hectares (Acompanhamento da Safra Brasileira [de] Grãos, 2019). Com produção de 115 milhões de toneladas de grãos na safra passada, a cultura da soja ocupou quase 36 milhões de hectares (Acompanhamento da Safra Brasileira [de] Grãos, 2019), majoritariamente semeada por semeadura direta. A região Centro-Sul ocupou próximo de 82% da área plantada nas safras 2017/2018 e 2018/2019 (Acompanhamento da Safra Brasileira [de] Grãos, 2019).

O plantio direto é caracterizado pelo não revolvimento do solo e pela manutenção do solo com cobertura por resíduos vegetais, além do uso do sistema de rotação de culturas. As espécies envolvidas na rotação devem ser consideradas do ponto de vista de sua exploração comercial e ao mesmo tempo ser destinadas à cobertura do solo para benefícios tais como a melhoria da fertilidade, o controle de pragas e doenças, afetos ao melhor desenvolvimento do sistema de produção (Cruz et al., 2015).

O problema da baixa disponibilidade de nitrogênio em sucessão de gramíneas parece ser agravado no sistema plantio direto. Embora o plantio direto promova um aumento nos teores de nitrogênio total do solo, frequentemente observa-se uma menor absorção de nitrogênio por cereais neste sistema, em comparação com o sistema convencional (Kitur et al., 1984; Amado et al., 2000). Dentre as causas prováveis para a menor disponibilidade de nitrogênio no SPD, a imobilização microbiana do N especialmente por palhada de gramíneas, tem sido considerada a mais importante (Kitur et al., 1984).

Um dos métodos sugeridos para reduzir a imobilização microbiana é aumentar para 30 kg ha⁻¹ a dose de nitrogênio (N) a ser aplicada na semeadura, para que haja N disponível para o milho na fase inicial (Sá, 1996). Balbinot Júnior et al. (2019) não observaram efeito benéfico da aplicação de nitrogênio na semeadura da soja sob palhada. Todavia, somente é possível diagnosticar visualmente a deficiência de N na planta de milho quando, provavelmente, parte significativa da produção estiver comprometida (Fontes, 2001). Isto porque, segundo Malavolta (1980), a deficiência de N em plantas é determinada visualmente por uma clorose nas folhas velhas.

Vários trabalhos têm demonstrado altas correlações entre os valores obtidos por meio do clorofilômetro medidor do índice SPAD (Soil Plant Analysis Development), e a tonalidade verde da folha durante o ciclo da cultura, comparada com o rendimento de grãos em milho (Oliveira, 1998; Argenta et al., 2002).

Na cultura do milho, a relação entre o teor de nitrogênio na folha e rendimento de grãos já está bem estabelecida (Waskom et al., 1996). No entanto, o consumo de luxo desse nutriente pela planta, sob forma de nitrato, pode resultar em concentração acima do nível adequado. A cor verde da folha se correlaciona positivamente com o teor de nitrogênio e com o rendimento de grãos (Argenta et al., 2002). Esta relação é atribuída, principalmente, ao fato de 50 a 70% do nitrogênio total das folhas ser integrante de enzimas que estão associadas aos cloroplastos (Chapman; Barreto, 1997).

A vantagem da leitura do índice SPAD é que ele não sofre influência do consumo de luxo de nitrogênio pela planta, que se acumula como nitrato, forma que se associa à molécula de clorofila e, portanto, não pode ser quantificada pelo clorofilômetro.

A palhada no sistema aplique-plante

Devido aos herbicidas de manejo normalmente serem sistêmicos e de amplo espectro, como no caso do glifosato e do 2,4-D, eles permitiram o processo denominado sistema aplique-plante.

Por causa da natureza sistêmica desses herbicidas, o efeito sobre as plantas daninhas é lento, e a cobertura demora alguns dias para dessecar completamente. Assim, quando da adoção do sistema aplique-plante em decorrência da emergência da cultura, as plantas que recebem a aplicação se encontram eretas ou muitas vezes ainda não se encontram completamente dessecadas. Essa situação proporciona um sombreamento na cultura, que, juntamente com a competição por uma posição de dominância no dossel, leva ao estiolamento dela (Calegari et al., 1998).

Por outro lado, o rendimento de grãos do milho pode ser reduzido quando ele é implantado imediatamente sobre resíduos culturais de espécies de inverno, principalmente de gramíneas (Raimbault et al., 1991).

Neste sentido, a determinação do intervalo de tempo para semeadura do milho após a dessecação de culturas de cobertura do solo representa prática de manejo a ser adotada, visando-se a implantação da cultura em época mais favorável para reduzir a competição desta com os microrganismos pelo nitrogênio (Raimbault et al., 1991; Ruedell, 1995). De acordo com Ruedell (1995) e Recomendações... (1997), a eliminação mecânica e/ou química das culturas de inverno, antes da implantação do milho, mais especificamente nos casos da aveia-preta e do azevém, deve ser realizada no mínimo 20 dias antes da semeadura do milho. Evita-se, assim, possíveis efeitos alelopáticos, competição por nitrogênio ou mesmo efeito de resíduos dos herbicidas utilizados na dessecação, conforme enfatizam diversos autores.

Segundo Radosevich et al. (1997), há algumas mudanças no desenvolvimento das plantas em decorrência do efeito competitivo, que podem ocorrer em estádios iniciais de desenvolvimento, pois estas possuem habilidade em perceber precocemente alterações no comprimento de onda luminosa resultante da presença de palhadas ou plantas na vizinhança.

O crescimento de planta em meio aos resíduos vegetais pode afetar suas características morfológicas. Plântulas de *Carduus nutans* e de carvalho, por exemplo, cresceram através de camadas de palha, apresentando hipocótilo maior e estiolado quando comparadas às que cresceram sob menor quantidade ou sem presença de palha (Hamrick; Lee, 1987; Facelli; Pickett, 1991). A presença da palha em elevada quantidade pode provocar estiolamento em plantas de soja (Franchini et al., 2015). Após a emergência da cultura, se houver sombreamento imposto pela palha, as plantas tendem a alongar o hipocótilo e epicótilo, a fim de aumentar a capacidade de interceptação de luz (Debiasi; Franchini, 2012). No entanto, a redução da produtividade da soja nesta condição é incerta.

A redução na produtividade da cultura de soja semeada após dessecação de pastagem, realizada em período inferior a 15 dias após a aplicação do dessecante, resultou em clorose acentuada na parte aérea, especialmente na fase inicial. Na cultura do milho, também se observou clorose acentuada (Jaremtchuk, 2005). Mais recentemente, trabalhos de Ricce et al. (2011) descrevem que a dessecação pode ser realizada a 0, 10, 20 e 30 DAS, sem prejuízo para a produtividade de grãos de soja. Estes autores descrevem que os componentes de produção se ajustam para reduzir as variações da produtividade de grãos e que a redução no número de plantas por metro foi compensada pelo maior número de vagens por planta.

Constantin e Oliveira Júnior (2005) verificaram que a dessecação 20 dias antes da semeadura resultou num aumento da produtividade da soja de 6,8 e 7,8 sacos ha^{-1} , quando comparada respectivamente com as dessecações 7 dias antes da semeadura e na data da semeadura (aplique-plante). No milho, estas diferenças foram de 10,9 sacos ha^{-1} e 18,5 sacos ha^{-1} a mais a favor da dessecação realizada 20 dias antes da semeadura. Para a cultura da soja, observou-se queda média de 11,23 sacos ha^{-1} no sistema aplique-plante em comparação com a dessecação realizada 20 dias

antes. Esses autores concluíram que a soja e o milho tiveram desenvolvimento inicial em meio à cobertura vegetal que não dessecou totalmente, e tiveram suas produtividades reduzidas. Além disso, resultados obtidos em Londrina por Balbinot Júnior et al. (2019) indicaram que dessecações realizadas com antecedência superior a 30 dias da semeadura da soja não proporcionaram aumento de produtividade, comparativamente às dessecações realizadas mais próximas da semeadura.

Manejo da palhada

O efeito causado pela presença da palhada no início do desenvolvimento da cultura é a supressão, que é a interrupção temporária do crescimento das plantas cultivadas. Esse efeito, embora não provoque a morte, mantém as plantas em estado de impossibilidade competitiva com as espécies dominantes, ou seja, seu crescimento por um determinado período fica inibido, interferindo de forma negativa e significativa no potencial competitivo.

Alguns trabalhos realizados com o manejo de plantas de cobertura (Constantin et al., 2000; Argenta et al., 2001; Kozłowski, 2001a, 2001b; Valentine et al., 2001; Constantin; Oliveira Júnior, 2005; Procópio et al., 2006; Oliveira Júnior et al., 2006) tiveram objetivo de avaliar sistemas de manejo em relação à semeadura, quantidade de massa formada e seus efeitos sobre a cultura. No entanto, nesses trabalhos, o efeito do herbicida sobre plantas não alvo raramente foi estudado. Segundo Coupland e Lutman (1982), existe a possibilidade de exsudação pelo sistema radicular de herbicidas das plantas daninhas para a cultura, em especial do glifosato, em decorrência da aplicação de manejo, principalmente se as raízes da cultura estiverem muito numerosas e próximas às raízes das plantas daninhas tratadas com o herbicida. Mais recentemente, Matallo et al. (2009) descrevem a exsudação de glifosato por plantas de soja RR cultivadas em hidroponia, conjuntamente com plantas de soja convencional. Esses autores descrevem a absorção do herbicida glifosato, presente na solução nutritiva, por plantas de soja não tratadas com herbicida. A absorção do herbicida pela soja convencional foi mensurada pelo acúmulo do ácido chiquímico nas plantas de soja convencional.

A palha sobre o solo acarreta modificações na atmosfera bem próxima da superfície do solo, como o efeito da barreira física da palha, conseqüentemente, efeito físico de sombreamento (Radosevich et al., 1997; Oliveira et al., 2006) e a liberação de aleloquímicos (Trezzi; Vidal, 2004; Souza et al., 2006), além de modificações na temperatura, aeração e umidade (Dalmago; Bergamaschi, 2017; Jakelaitis et al., 2003).

Silva e Rosolem (2001), em avaliação de diversas culturas antecessoras sobre a absorção de nutrientes da soja, verificaram, após o pousio, que as plantas de soja apresentaram menor acúmulo de N, K, Ca, Mg e S, mostrando, assim, que o cultivo anterior pode promover maior eficiência no acúmulo dos nutrientes na parte aérea da planta. Muzilli (1985) também se referiu a alterações nas propriedades químicas do solo, com efeitos diretos na fertilidade e na eficiência de aproveitamento de nutrientes pelas plantas, quando do cultivo de várias espécies. Portanto, por esses aspectos, o cultivo de espécies antecessoras pode apresentar diferentes efeitos sobre o desempenho da cultura seguinte (Pöttker; Roman, 1994; Jessop; Stewart, 1983; Lynch, 1984).

Herbicida glifosato

No sistema de plantio direto, o método químico é utilizado no manejo de cobertura verde e no controle de plantas daninhas nas culturas. O herbicida glifosato é largamente utilizado como dessecante em sistema de plantio direto. No período de 2012 a 2016, o glifosato foi o herbicida mais aplicado no Brasil (Pignati et al., 2017). Neste período, segundo o autor citado anteriormente, este herbicida

foi o mais aplicado na soja e na cana-de-açúcar, e o segundo mais aplicado no cultivo do milho. A participação de uso do glifosato no setor agrícola aumentou nas últimas décadas acentuadamente, atingindo 92% em 2014 (Benbrook, 2016).

Dentre as estratégias mais comuns utilizadas no manejo, tanto das culturas de cobertura quanto da vegetação infestante nas áreas de semeadura direta, destacam-se o sistema de manejo aplique-plante e o sistema de manejo antecipado ou sequencial. O sistema de manejo aplique-plante consiste na aplicação de um ou mais herbicidas para o manejo imediatamente antes da semeadura. Este sistema de manejo é adotado por muitos produtores com a finalidade de ganhar tempo e maximizar a utilização de máquinas na propriedade. No entanto, pode restringir o desenvolvimento e a produtividade da cultura quando a cobertura do solo é elevada (Constantin et al., 2007). Estes autores afirmam que, em geral, em áreas com cobertura do solo maior que 50%, deve-se priorizar a dessecação antecipada.

O sistema de manejo antecipado ou sequencial consiste no uso de herbicidas sistêmicos aplicados aproximadamente 20 dias antes da semeadura, seguido de uma segunda aplicação, normalmente, com produtos de contato, no momento da semeadura. Desta forma, na emergência da cultura, a cobertura manejada já se encontra completamente seca. Este manejo apresenta boa eficácia no controle da cobertura vegetal, tendo como vantagem a eliminação dos fluxos de emergência das plantas daninhas que antecedem a semeadura.

São evidentes os benefícios do manejo antecipado nas áreas de alta infestação e, ou, elevada cobertura do solo por ocasião da operação de manejo. Em áreas com elevada cobertura do solo, haverá, portanto, ocasiões nas quais não será possível realizar duas aplicações de manejo, seja por questões de logística da propriedade, seja pelo atraso do início das chuvas ou mesmo pela resistência do produtor em adotar o sistema de manejo antecipado. Partindo do pressuposto que a decisão tomada privilegiou uma única aplicação de manejo em áreas-problema, é necessário traçar novas estratégias eficazes para evitar a interferência negativa da biomassa sobre a emergência e o desenvolvimento inicial das culturas semeadas. Em razão da natureza sistêmica dos herbicidas tradicionalmente utilizados em manejo, o efeito sobre as plantas daninhas é lento e a cobertura demora alguns dias para morrer completamente. Por isso, é comum relatos de casos de estiolamento da cultura semeada em áreas com elevada cobertura do solo. Em alguns casos, o amarelecimento da cultura imediatamente após emergência tem sido correlacionado com o efeito fitotóxico do herbicida dessecante sistêmico devido à transferência do herbicida de plantas-alvo para plantas não alvo. Além disso, menor intensidade de radiação no colo da cultura por causa da presença de grande quantidade de palhada em lenta degradação, assim como possível efeito de imobilização do nitrogênio na fase inicial de desenvolvimento da cultura, especialmente sob palhada com larga relação C/N, pode contribuir para o estiolamento observado em áreas agrícolas.

Dependendo da época em que é realizada a dessecação da cobertura vegetal, o ambiente inicial para o desenvolvimento da cultura pode variar. Em áreas com grande cobertura (acima de 40 a 50% de cobertura no solo), as culturas que são semeadas, em períodos muito curtos após a operação de dessecação, apresentam clorose das folhas e estiolamento no período inicial com redução no desenvolvimento vegetativo posterior, podendo inclusive haver repercussão negativa na produtividade.

A dessecação eficiente estabelecida na fase de pré-semeadura da cultura representa o principal fator de sucesso do sistema. A adição de outro herbicida de ação não sistêmica ao herbicida sistêmico pode, portanto, acelerar a dessecação das plantas daninhas e, conseqüentemente, reduzir o período de tempo necessário entre o manejo e a semeadura. Tal fato pode, inclusive, contribuir num

fechamento mais efetivo e precoce da cultura. Adicionalmente, esse manejo permitirá condição de secamento mais rápido da palhada, conseqüentemente, aceleração na sua degradação, reduzindo o sombreamento.

O glifosato é um herbicida pós-emergente, pertencente ao grupo químico das glicinas substituídas, classificado como não seletivo e de ação sistêmica, foi originalmente sintetizado em 1964, como potencial quelante industrial, e seu uso como herbicida foi descrito apenas em 1971. Em razão da solubilidade (1,2% a 25 °C) do ácido em água, os sais mais solúveis do ácido são preferidos para formulações. O termo glifosato é geralmente utilizado para indicar tanto o ácido como seus sais, pois é reconhecido que eles são biologicamente equivalentes (Yamada; Castro, 2007). Apresenta largo espectro de ação, o que possibilita controle de plantas daninhas anuais ou perenes, tanto de folhas largas como estreitas (Galli; Montezuma, 2005). É considerado um potente herbicida de largo espectro capaz de controlar efetivamente 76 das 78 plantas invasoras mais agressivas (Franz, 1985; Quinn, 1993; Gruys; Sikorski, 1999).

Estudos realizados por Sprankle et al. (1975a) demonstraram que a germinação de sementes de trigo, milho e soja plantadas em areia foi pouco afetada pela dose de glifosato, e o oposto ocorreu com o crescimento, que ficou bastante reduzido. Esses autores verificaram que o linho foi a espécie mais sensível a esse herbicida, ficando o milho, a soja e o trigo no grupo intermediário. Entre as espécies mais resistentes ao glifosato, Sprankle et al. (1975b) descreve a cevada, a aveia e o pepino. Yamada e Castro (2007) argumentam que esse fato pode ocorrer nos solos mais arenosos, com a semeadura feita logo após a dessecação da cobertura com o glifosato, mas que esperam que estes efeitos do glifosato sobre as plantas cultivadas sejam difíceis de se repetir, principalmente em solos com textura média ou argilosa e com altos teores de matéria orgânica. Segundo os últimos autores, para os produtores que estão abrindo novas áreas de plantio em solos arenosos, pode ser conveniente esperar duas ou mais semanas entre a dessecação com glifosato e o plantio da soja convencional.

Glifosato é uma molécula altamente solúvel em água e extremamente sorvida pelo solo (Prata; Lavorenti, 2002). A taxa de degradação do glifosato no solo, em geral, é inicialmente rápida, mas, posteriormente, é seguida por um lento e prolongado período de degradação (Moshier; Penner, 1978; Nomura; Hilton, 1977). Prata et al. (2000) mencionam que no solo o glifosato é caracterizado pela sua alta capacidade de sorção e que vários são os mecanismos explicando este fenômeno, tais como a troca de ligantes com óxidos de Fe e Al e as ligações de hidrogênio com substâncias húmicas.

Transferência do glifosato da planta-alvo para a planta não alvo

Além da deriva e do glifosato residual do solo, é sabido, desde de 1982, que pode haver passagem do glifosato da planta-alvo, que pode ser a planta de cobertura ou invasora, para a planta não alvo (planta cultivada) em situações em que pode ocorrer o entrelaçamento entre as raízes. Esta transferência foi comprovada por Rodrigues et al. (1982), que estudaram, em casa de vegetação, os efeitos da exsudação do glifosato de diferentes populações de trigo (5 a 30 plantas por vaso) interplantadas com milho ou soja no mesmo vaso. Os autores observaram pequena interferência no desenvolvimento das plantas de milho e soja somente quando se empregou a dose de 5,04 kg ha⁻¹ de equivalente ácido e apenas para a maior densidade de plantas de trigo por vaso (30). Nas densidades menores (5 plantas por vaso), essa mesma dose chegou inclusive a favorecer o desenvolvimento das culturas de soja e milho.

Santos et al. (2007) estudaram a exsudação radicular de glifosato por braquiária e seus efeitos em plantas de eucalipto, e observaram esta transferência, e que maiores concentrações de ^{14}C -glifosato foram encontradas em plantas cultivadas com solo arenoso (24% de argila) do que no argiloso (75% de argila).

Römheld (2007), cultivando simultaneamente soja RR (planta-alvo) e girassol (planta não alvo), observou que em curto prazo (7 dias) houve maior acúmulo de chiquimato (indicador para toxicidade de glifosato) na soja RR cultivada em solo arenoso, comparada à cultivada no solo argiloso. Levantando a hipótese de possibilidade de uma rápida imobilização do glifosato pelo maior teor de cálcio neste último, além do maior poder tampão do solo argiloso. Já com intervalo superior a 28 dias há uma queda brusca na transferência do glifosato da planta-alvo para a não alvo.

Matallo et al. (2009) demonstraram que houve exsudação do glifosato e de seu metabólito ácido aminometilfosfônico (AMPA) pela soja RR na solução nutritiva e posterior absorção do herbicida, indicada pelo acúmulo do ácido chiquímico nas plantas de soja convencional.

Estresse de nitrogênio no sistema plantio direto

A relação C/N dos resíduos de cobertura de solo determina se há predominância dos processos de mineralização ou imobilização de nitrogênio, durante a fase inicial de sua decomposição. Uma relação C/N acima de 30:1 resulta na imobilização do nitrogênio mineral pela biomassa microbiana, finalizando apenas quando o valor da relação no mineral em decomposição estiver próximo a 20:1 (Argenta; Silva, 1999).

A sequência de espécies de culturas em sucessão também afeta a disponibilidade de nitrogênio no solo (Argenta et al., 1999). As gramíneas mantêm a cobertura do solo por períodos mais longos. Nestas condições, há necessidade de maior atenção para adubação nitrogenada na semeadura para que possa haver a compensação do efeito da imobilização do nitrogênio pelos microrganismos do solo na fase inicial de crescimento da cultura de sucessão.

Embora parte do nitrogênio contida na forma orgânica no solo seja mineralizada pela atividade dos microrganismos, essa quantidade, às vezes, não é suficiente para atender à demanda exigente (Amado et al., 2000). Além disso, o nitrogênio é liberado lentamente, em torno de 2 a 3% durante o ano, enquanto a demanda do nutriente pelo milho é maior no início do desenvolvimento das plantas.

Apesar de as exigências nutricionais do milho no estágio inicial de desenvolvimento serem baixas, a concentração de nutrientes na zona radicular pode ser elevada, o que proporciona arranque inicial satisfatório no período de diferenciação das diversas partes da planta (Vitti; Favarini, 1997). Estes autores ressaltam também que, apesar da baixa produção de massa de matéria seca até os vinte primeiros dias, é coerente a preocupação com o fornecimento de maior quantidade de nitrogênio no sulco de plantio pois sua disponibilidade depende da taxa de mineralização dos resíduos e do húmus do solo (Rocha, 2003).

Kluthcouski et al. (2006) descreveram que a aplicação do nitrogênio em cobertura, no estágio V-6, resulta em aumento da disponibilização do nitrogênio, mas não coincide com a época de maior demanda por parte da cultura. Com a aplicação antecipada, o nitrogênio fica mais disponível justamente na fase em que é mais requerido pela planta.

Temperatura do ar na palhada e luminosidade

A temperatura na interface solo-atmosfera pode ser influenciada pela presença ou não de cobertura na sua superfície (Furlani et al., 2008). O uso de palhada é uma técnica amplamente utilizada para moderar as características do microclima, assegurando temperatura e umidade mais uniforme ao solo. A quantidade e a qualidade da radiação no interior de uma lavoura de milho são influenciadas pelo dossel das plantas, sendo que, segundo Assunção et al. (2008), a radiação solar que atinge o solo pode ser na forma direta e difusa, sendo essa última decorrente da transmissão ou reflexão das diferentes partes das plantas. Todavia, toda forma de radiação que chega ao solo pode ser alterada pela presença da palhada.

Dalmago e Bergamaschi (2017) descrevem que a palhada presente na superfície do solo em sistemas de plantio direto modifica as relações solo-água-atmosfera, influenciando nas perdas por evaporação basicamente de duas maneiras: alterando a ação dos elementos meteorológicos que compõem a demanda evaporativa da atmosfera (radiação solar, velocidade do vento, temperatura do ar e umidade relativa) próximo à superfície; e contribuindo para a formação de uma camada de ar estável que dificulta o fluxo de vapor a partir do solo, desde que o ar presente no interior da palhada esteja próximo ao nível de saturação, ou seja, com baixa capacidade de absorção do vapor d'água.

A temperatura do solo pode influenciar os processos fisiológicos de crescimento e o desenvolvimento das plantas. No verão, quando as temperaturas são mais elevadas, a cobertura do solo reduz a temperatura da superfície durante as horas mais quentes do dia e diminuiu a taxa na qual a temperatura do solo cai no inverno (Buerkert et al., 2002).

De acordo com Aziz et al. (2013), em comparação com os solos de manejo convencional, os solos sob plantio direto têm maior armazenamento de biomassa vegetal em superfície indeformada, resultando em solo úmido e baixa temperatura com atividade microbiana eficiente, melhor estrutura agregada e melhoria considerável nas suas propriedades em geral.

Levien et al. (2005) observaram que a amplitude térmica do solo até um mês após a emergência do milho foi menor nos tratamentos com escarificação e plantio direto em relação ao convencional. Após esse período, essas diferenças foram reduzidas em torno de 50% devido à cobertura do solo propiciada pela cultura do milho.

As temperaturas altas no solo têm efeitos negativos sobre plântulas e raízes e na atividade microbiana. Simultaneamente, provocam maiores perdas por evaporação, principalmente no preparo convencional, pois a secagem da camada superficial do solo é mais rápida, influenciando negativamente esses fatores (Derpsch et al., 1991). Furlani et al. (2008) descreveram que o sistema plantio direto apresentou temperaturas do solo menores que as do preparo convencional até o 14º dia após a emergência (DAE) das plantas de cobertura. A partir do 30º DAE das plantas, a temperatura do solo não foi mais influenciada pelos diferentes tratamentos, por causa da cobertura do consórcio adotado e da ocorrência de boa disponibilidade de água no solo. Os autores concluíram que a temperatura do solo não interferiu no crescimento e no desenvolvimento das culturas de cobertura.

Todavia, valores de temperatura na palhada não estão disponíveis na literatura. Além disso, não há descrição da influência desta temperatura na palhada na emergência e no desenvolvimento das plântulas de culturas.

Acúmulo de L-prolina em tecidos vegetais

A prolina é um aminoácido sintetizado a partir do glutamato e da arginina sob condições fisiológicas normais, sendo o glutamato o caminho preferencial sob condições de estresse (Chen; Kao, 1993). Esse aminoácido teria a função de proteger as células dos processos de desnaturação sob condições de estresse salino, em razão da alta solubilidade em água. A prolina é acumulada no citoplasma (Leggh et al., 1981) ocorrendo em folhas, colmos e raízes, sendo a capacidade de acúmulo e a concentração do aminoácido decrescentes com a idade da folha (Sawazaki et al., 1981).

A quantidade de prolina pode variar em função de diversos fatores (Costa, 1999). Diferenças no conteúdo de prolina em função de cultivares, período e duração do estresse foram observadas em arroz (Lima et al., 2004).

Existem na literatura contradições em relação à função do acúmulo de prolina em plantas submetidas a estresse, alguns autores afirmam que a prolina teria funções ligadas a processos de adaptação ao déficit hídrico (Sing et al., 1973), contudo outros apontam a prolina como indicador de estresse (Becker; Fock, 1986). Apesar de não haver claras evidências de maior acúmulo de prolina em espécies tolerantes de que maior acúmulo de prolina em espécies sensíveis (Greenway; Munns, 1980), em alguns casos este mecanismo parece fazer parte da proteção contra o estresse hídrico.

Carneiro et al. (2006) realizaram estudo objetivando avaliar a sensibilidade de plantas transgênicas de porta enxerto citrumelo Swingle ao herbicida glufosinato de amônia. Esses autores observaram maiores teores de prolina nas folhas das plantas transgênicas, em comparação com as plantas não transgênicas. Os autores concluíram comprovar que o herbicida glufosinato de amônia aumenta a concentração de prolina.

Marques (2009), trabalhando com estresse mineral induzido por fontes potássicas (KCl e K_2SO_4), observou que a maior concentração de L-prolina foi para o excesso de K_2O . Estes resultados concordam com (Blanco, 2004; Leonardo, 2003) que verificaram que o aumento da salinidade no solo resultou maior concentração de prolina. O acúmulo de prolina foi detectado já nas primeiras 24 horas do início do tratamento com sal, com taxas mais elevadas para as cultivares de tomate tolerantes exercendo, neste caso, atividade osmoregulatória.

Ácido chiquímico

Esta via metabólica foi descoberta como uma rota biossintética para a síntese dos aminoácidos aromáticos (fenilalanina, tirosina e triptofano) através do estudo clássico de Bernhard Davis e David Sprinson e seus colaboradores (Herrmann, 1995). Seu mecanismo de ação é bem definido, já que inibe especificamente a enzima 5 enolpiruvilchiquimato-3-fosfato sintase (EPSP sintase, EC. 2.5.1.19), que catalisa a condensação do chiquimato-3-fosfato com fosfoenolpiruvato (Steinrucken; Amrhein, 1980).

O glifosato causa inibição competitiva em relação ao fosfoenolpiruvato (PEP) e incompetitiva em relação ao chiquimato 3-fosfato (S3P), indicando a formação do complexo ternário EPSPsintase-S3P-glifosato. A formação deste complexo é um processo de equilíbrio de modo que o acúmulo do S3P, provocado pela obstrução da via, propicia a formação do complexo binário EPSPsintase-S3P, que é a forma preferencial para a ligação do glifosato, aumentando a velocidade de associação em cerca de 80.000 vezes (Franz et al., 1997).

O alto grau de especificidade do glifosato pela EPSP sintase tem sido explicado pelo fato de o herbicida se ligar à proteína somente quando em proximidade com o chiquimato-3-fosfato (Christensen; Schaefer, 1993). Entretanto, o produto da catálise enzimática, o EPSP, também facilita a ligação do glifosato, muito embora a orientação espacial entre este e a enzima, no complexo ternário com chiquimato-3-fosfato ou EPSP, seja desconhecida, parte do glifosato deve se ligar próximo, mas fora do sítio ativo (Sammons et al., 1995).

Singh e Shaner (1998) observaram que, na soja, o ácido chiquímico se acumula após 24 horas da aplicação de uma dose subletal de glifosato; após 96 horas, os níveis de glifosato foram menores do que os constatados com 24 horas. Harring et al. (1998) também relataram que o acúmulo de ácido chiquímico foi proporcional à concentração de glifosato. Buehring et al. (2007) relataram que, no milho, a exposição ao glifosato resultou em acúmulo de 297% dos teores de ácido chiquímico, 7 dias após a aplicação, e de 489%, 5 dias após a aplicação, quando comparado com o controle.

Segundo Maria et al. (2006), a inibição da EPSP sintase desregula a via do chiquimato, resultando em descontrole no fluxo de carbono e subsequente acúmulo massivo de ácido chiquímico e ácidos hidroxibenzoicos em determinadas regiões da planta, tais como folhas e nódulos.

Apontamentos a partir das abordagens

O conhecimento dos fatores e suas interações demandam pesquisar o efeito da palhada dessecada antes do plantio da cultura de milho na redução da produtividade. Além disso, existe a necessidade de monitorar estas práticas visando identificar as fontes de estresse na cultura, como variação na luminosidade, a possível deficiência de nitrogênio quando do uso de palhada com relação C/N alta, a variação da temperatura na palhada durante a emergência da cultura, o sombreamento na cultura em emergência pela palhada, a presença do herbicida dessecante nas plântulas da cultura como fator de redução da produtividade, assim como a possível transferência do herbicida dessecante da palhada para as plantas de milho em condições de campo.

Referências

ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA [DE] GRÃOS: safra 2018/19: décimo primeiro levantamento. Brasília, DF: Conab, v. 6, n. 11, ago. 2019. 104 p. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/gaos/boletim-da-safra-de-gaos>>. Acesso em: 19 ago. 2019.

AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; FERNANDEZ, S. B. V. Leguminosas e adubação mineral como fontes de nitrogênio para o milho em sistemas de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 179-189, 2000.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. Adubação nitrogenada em milho implantado em semeadura direta após aveia preta. **Ciência Rural**, v. 29, n. 4, p. 745-754, 1999.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; BORTOLINI, C. G. Clorofila na folha como indicador do nível de nitrogênio na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 4, p. 519-527, 2002.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. da; RIZZARDI, M. A.; BARUFFI, M. J.; BEHEREGARAY NETO, V. Manejo do nitrogênio no milho em semeadura direta em sucessão a espécies de cobertura de solos no inverno e em dois locais. I- Efeito sobre a absorção de nitrogênio. **Ciência Rural**, v. 29, n. 4, p. 577-586, 1999.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. da; FLECK, N. G.; BORTOLINI, C. G.; NEVES, R.; AGOSTINETTO, D. Efeitos do manejo mecânico e químico da aveia-preta no milho em sucessão e no controle do capim papuã. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 6, p. 851-860, 2001.

ASSUNÇÃO, H. F.; ESCOBEDO, J. F.; CARNEIRO, M. A. C. Eficiência de uso da radiação e propriedades óticas da cultura do amendoim. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 38, p. 215-222, 2008.

AZIZ, I.; MAHMOOD, T.; ISLAM, K. R. Effect of long term no-till and conventional tillage practices on soil quality. **Soil and Tillage Research**, v. 131, p. 28-35, 2013.

BALBINOT JÚNIOR, A. A.; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; WERNER, F. Plantio direto momento de dessecação das braquiárias em soja sob SPD. **A Granja**, p. 63-65, jan. 2019.

BECKER, T. W.; FOCK, H. P. The activity of nitrate reductase and the pool sizes of some amino acids and some sugars in water-stressed maize leaves. **Photosynthesis Research**, v. 8, p. 267-274, 1986.

BENBROOK, C. M. Trends in glyphosate herbicide use in the United States and globally. **Environmental Science Europe**, v. 28, n. 3, p. 1-15, 2016.

BLANCO, F. F. **Tolerância no tomateiro à salinidade sob fertirrigação e calibração de medidores de íons específicos para determinação de nutrientes na solução do solo e na planta**. 2004. 96 p. Tese (Doutorado em Agronomia, Irrigação e Drenagem) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2004.

BUEHRING, N. W.; MASSEY, J. H.; REYNOLDS, D. B. Shikimic acid accumulation in field-grown corn (*Zea mays*) following simulated glyphosate drift. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n. 3, p. 819-824, 2007.

BUERKERT, A.; BATIONO, A.; DOSSA, K. Mechanisms of residue mulch-induced cereal growth increases in West Africa. **Soil Science Society of America Journal**, v. 64, n. 1, p. 346-358, 2002.

CALEGARI, A.; HECKLER, J. C.; SANTOS, H. P. dos; PITOL, C.; FERNANDES, F. M.; HERNANI, L. C.; GAUDÊNCIO, C. de A. Culturas, sucessões e rotações. In: SALTON, J. C.; HERNANI, L. C.; FONTES, C. Z. **Sistema plantio direto: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa-SPI; Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 1998. p. 59-80. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas).

CAMPOS, L. H. F. de; CARVALHO, S. J. P. de; CHRISTOFFOLETI, P. J.; FORTES, C.; SILVA, J. S. da. Sistemas de manejo da palhada influenciam acúmulo de biomassa e produtividade da cana-de-açúcar (var. RB855453). **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 32, n. 2, p. 345-350, 2010.

CARNEIRO, C. E. A.; MOLINARI, H. B.; ANDRADE, G. A.; PEREIRA, L. F. P.; VIEIRA, L. G. E. Produção de prolina e suscetibilidade ao glufosinato de amônia em plantas transgênicas de citrumelo Swingle. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 4, n. 5, p. 747-753, 2006.

CHAPMAN, T. M.; BARRETO, H. J. Using chlorophyll meter estimate specific leaf nitrogen of tropical maize during vegetative growth. **Agronomy Journal**, v. 89, n. 4, p. 557-562, 1997.

CHEN, C.; KAO, C. H. Osmotic estress and water estress have opposite effects on putrescine and proline production in excised rice leaves. **Plant Growth Regulation**, v. 13, p. 197-202, 1993.

CHRISTENSEN, A. M.; SCHAEFER, J. Solid-state NMR determination of intra and intermolecular ^{31}P - ^{13}C distances for shikimate 3-phosphate and [^{13}C] glyphosate bound to enolpyruvylshikimate 3-phosphate synthase. **Biochemistry**, v. 32, p. 2868-2873, 1993.

CONSTANTIN, J.; MACIEL, C. D. G.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. Sistemas de manejo em plantio direto e sua influência sobre herbicidas aplicados em pós-emergência na cultura da soja. **Revista Brasileira de Herbicida**, v. 1, n. 3, p. 233-242, 2000.

CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. Dessecação antecedendo a semeadura direta pode afetar a produtividade. **Informações Agrônomicas**, n. 109, p. 14-15, 2005.

CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; CAVALIERI, S. D.; ARANTES, J. G. Z.; ALONSO, D. G.; ROSO, A. C.; COSTA, J. M. Interação entre sistemas de manejo e controle de plantas daninhas em pós-emergência afetando o desenvolvimento e a produtividade do milho. **Planta Daninha**, v. 25, n. 3, p. 513-520, 2007.

COSTA, R. C. L. da. **Assimilação de nitrogênio e ajustamento osmótico em plantas noduladas de feijão-de-corda (*Vigna unguiculata* (L.) Walp submetidas ao estresse hídrico**. 1999. 225 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1999.

COUPLAND, D.; LUTMAN, P. Investigations into the movement of glyphosate from treated to adjacent untreated plants. **Annals of Applied Biology**, v. 101, n. 2, p. 315-321, 1982.

CRUZ, J. C.; VIANA, J. H. M.; ALVARENGA, R. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; ALBUQUERQUE FILHO, M. R. de; PEREIRA, F. T. F.; MANTOVANI, E. C. Manejo de solos. In: PEREIRA FILHO, I. A. **Cultivo do milho**. 9. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de produção, 1). Disponível em: <https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducaolf6_1ga1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaold=7905&p_r_p_-996514994_topicold=8663>. Acesso em: 18 ago. 2019.

DALMAGO, G. A.; BERGAMASCHI, H. Evaporation of the soil water in response to the amount of straw and evaporative demand. **Agrometeoros**, v. 25, n. 2, p. 361-371, 2017.

DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C. Atributos físicos do solo e rendimento da soja em sistema de integração lavoura-pecuária com braquiária e soja. **Ciência Rural**, v. 42, n. 7, p. 1180-1186, 2012.

DERPSCH, R.; ROTH, C. H.; SIDIRAS, N.; KOPKE, U. **Controle da erosão no Paraná, Brasil: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo**. Eschborn: GTZ, 1991. 268 p. (Sonderpublikation der GTZ, 245).

FACELLI, J. M.; PICKETT, S. T. A. Plant litter: its dynamics and effects on plant community structure. **The Botanical Review**, v. 57, n. 1, p. 1-32, 1991.

FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO E IRRIGAÇÃO. **Áreas do sistema plantio direto**. Disponível em: <<https://febrapdp.org.br/area-de-pd>>. Acesso em: 10 jun. 2019.

FONTES, P. C. R. **Diagnóstico do estado nutricional das plantas**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2001. 122 p.

FRANCHINI, J. C.; BALBINOT JÚNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; CONTE, O. Desempenho da soja em consequência de manejo de pastagem, época de dessecação e adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 12, p. 1131-1138, 2015.

FRANZ, J. E. Discovery, development and chemistry of glyphosate. In: GROSSABARD, E.; ATKINSON, D. (Ed.). **The herbicide glyphosate**. London: Butterworths, 1985. p. 3-17.

FRANZ, J. E.; MAO, M. K.; SIKORSKI, J. A. Glyphosate's molecular mode of action. In: FRANZ, J. E.; MAO, M. K.; SIKORSKI, J. A. **Glyphosate: a unique global herbicide**. Washington: American Chemical Society, 1997. p. 521-615. (ACS. Monograph, 189).

FURLANI, C. E. A.; GAMERO, C. A.; LEVIEN, R.; SILVA, R. P. da; CORTEZ, J. W. Temperatura do solo em função do preparo do solo e do manejo da cobertura de inverno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 1, p. 375-380, 2008.

GALLI, A. J. B.; MONTEZUMA, M. C. **Alguns aspectos da utilização do herbicida glifosate na agricultura**. São Paulo: Monsanto do Brasil, 2005. 60 p.

GREENWAY, H.; MUNNS, R. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 31, p. 149-190, 1980.

GRUYS, K. J.; SIKORSKI, J. A. Inhibitors of tryptophan, phenylalanine and tyrosine biosynthesis as herbicides. In: SINGH, B. K. **Plant amino acids: biochemistry and biotechnology**. New York: Marcel Dekker, 1999. p. 357-384.

HAMRICK, J. L.; LEE, J. M. Effects of soil surface topography and litter cover on germination, survival and growth of musk thistle. **American Journal of Botany**, v. 74, n. 3, p. 541-547, 1987.

HARRING, T.; STREIBIG, J. C.; HUSTED, S. Accumulation of shikimic acid: a technique for screening glyphosate efficacy. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 46, p. 4406-4412, 1998.

HERRMANN, K. M. The common aromatic biosynthetic pathway. In: HERRMANN, K. M.; SOMERVILLE, R. L. (Ed.). **Amino acids: biosynthesis and genetic regulation**. Reading: Addison-Wesley, 1995. p. 301-322.

JAREMTCHUNK, C. C. **Efeito residual e velocidade de dessecação de flumioxazin em sistemas de manejo antecedendo a semeadura da soja**. 2005. 55 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2005.

JAKELAITIS, A.; FERREIRA, L. R.; SILVA, A. A.; AGNES, E. L.; MIRANDA, G. V.; MACHADO, A. F. L. Dinâmica populacional de plantas daninhas sob diferentes sistemas de manejo nas culturas de milho e feijão. **Planta Daninha**, v. 21, n. 1, p. 71-79, 2003.

JESSOP, R. S.; STEWART, L. W. Effects of crops residue, soil type and temperature on emergence and early growth of wheat. **Plant and Soil**, v. 74, p. 101-109, 1983.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H.; THUNG, M.; OLIVEIRA, F. R. de A. Manejo antecipado do nitrogênio nas principais culturas anuais. **Informações Agrônomicas**, n. 113, p. 1-24, mar. 2006. Encarte técnico.

KITUR, B. K.; SMITH, M. S.; BLEVINS, R. L.; FRYE, W. W. Fate of ¹⁵N-depleted ammonium nitrate applied to no-tillage corn. **Agronomy Journal**, v. 76, n. 2, p. 240-242, 1984.

KOZLOWSKI, L. A. Aplicação sequencial de herbicidas de manejo na implantação da cultura do feijoeiro-comum em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Herbicida**, v. 2, n. 1, p. 49-56, 2001a.

KOZLOWSKI, L. A. Eficácia de herbicidas de manejo no controle de *Richardia brasiliensis* em semeadura direta na cultura do feijoeiro. **Revista Brasileira de Herbicida**, v. 2, n. 3, p. 149-154, 2001b.

LEGGH, R. A.; AHMAD, N.; JONES, R. G. W. Assessment of glicinebetaine and proline compartmentation, by analysis of isolated beet vacuoles. **Physiologia Plantarum**, v. 153, n. 1, p. 34-41, 1981.

LEONARDO, M. **Estresse salino induzido em plantas de pimentão (*Capsicum annuum* L.) fertirrigadas e seus efeitos sobre a produtividade e parâmetros bioquímicos**. 2003. 88 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Irrigação e Drenagem) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

LEVIEN, R.; GAMERO, C. A.; FURLANI, C. E. A. Temperaturas do solo e do ar durante o desenvolvimento do milho em diferentes condições de manejo do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 34., 2005, Canoas. **Anais**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, 2005.

LIMA, M. da G. de S.; LOPES, N. F.; BACARIN, M. A.; MENDES, C. R. Efeito do estresse salino sobre a concentração de pigmentos e prolina em folhas de arroz. **Bragantia**, v. 63, p. 335-340, 2004.

LYNCH, J. M. Interactions between biological processes, cultivation and soil structure. **Plant and Soil**, v. 76, n. 1/3, p. 307-318, 1984.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980.

MARIA, N.; BECERRIL, J. M.; GARCÍA-PLAZAOLA, J. I.; HERNANDEZ, A.; FELIPE, M. R.; FERNANDEZ-PASCUAL, M. New insights on glyphosate mode of action in nodular metabolism: role of shikimate accumulation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, n. 7, p. 2621-2628, 2006.

MARQUES, D. J. **Estresse mineral induzido por fertilizantes potássicos em plantas de berinjela (*Solanum melogena* L.) e seu efeito sobre parâmetros agrônomicos e metabólicos**. 2009. 169 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009.

MATALLO, M. B.; FRANCO, D. A. S.; ALMEIDA, S. D. B.; MOURA, M. A. M.; CERDEIRA, A. L.; QUEIRÓZ, S. N.; MORAES, R.; DUKE, S. O.; SILVA, D. F. P. da. Absorção de glifosato por soja não transgênica a partir de exsudatos de raiz de soja RR cultivadas em sistema hidropônico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 5.; MERCOSOJA, 2009, Goiânia. **Soja: fator de desenvolvimento do cone sul: resumos**. Londrina: Embrapa Soja, 2009.

MOSHIER, L. J.; PENNER, D. Factors influencing microbial degradation of $^{14}\text{CO}_2$ in soil. **Weed Research**, v. 17, p. 689-691, 1978.

MUZILLI, O. Fertilidade do solo em plantio direto. In: FANCELLI, A. L.; TORRADO, P. V.; MACHADO, J. (Ed.). **Atualização em plantio direto**. Campinas: Fundação Cargill, 1985. p. 147-160.

NOMURA, H. S.; HILTON, H. W. The adsorption and degradation of de gyphosate in five Hawaii sugarcane soils. **Weed Research**, v. 17, p. 113-121, 1977.

OLIVEIRA, R. H. de. **Produção e teores de nitrogênio no milho “safrinha” irrigado em respostas a doses de nitrogênio, de composto orgânico e de molibdênio**. 1998. 128 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1998.

OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; COSTA, J. M.; CAVALIERI, S. D.; ARANTES, J. G. Z.; ALONSO, D. G.; ROSO, A. C.; BIFFE, D. F. Interação entre sistemas de manejo e de controle de plantas daninhas em pós-emergência afetando o desenvolvimento e a produtividade da soja. **Planta Daninha**, v. 24, n. 4, p. 721-732, 2006.

PIGNATI, W. A.; LARA, S. S. de; CORREA, M. L. M.; BARBOSA, J. R.; LEÃO, L. H. da C.; PIGNATTI, M. G. Distribuição espacial do uso de agrotóxicos no Brasil: uma ferramenta para a Vigilância em Saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 22, n. 100, p. 3281-3293, 2017.

PÖTTKER, D.; ROMAN, E. S. Efeito de resíduos de culturas e do pousio de inverno sobre a resposta do milho a nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n. 5, p. 763-770, 1994.

PRATA, F.; LAVORENTI, A.; REGITANO, J. B.; TORNISSIELO, V. L. Influência da matéria orgânica na sorção e dessorção do glifosato com diferentes atributos mineralógicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 947-951, 2000.

PRATA, F.; LAVORENTI, A. Retenção e mobilidade de defensivos agrícolas no solo. In: ALLEONI, L. R. F.; REGINATO, J. B. (Org.). **Apostila do simpósio sobre dinâmica de defensivos agrícolas no solo: aspectos práticos e ambientais**. Piracicaba: ESALQ, 2002. p. 57-69.

PROCÓPIO, S. O.; PIRES, F. R.; MENEZES, C. C. E.; BARROSO, A. L. L.; MORAES, R. V.; SILVA, M. V. V.; QUEIROZ, R. G.; CARMO, M. L. Efeitos de dessecantes no controle de plantas daninhas na cultura da soja. **Planta Daninha**, v. 24, n. 1, p. 193-197, 2006.

QUINN, J. P. Interactions of the herbicides glyphosate and glufosinate (*phosphinothricin*) with the soil microflora. In: ALTMAN, J. (Ed.). **Pesticides interactions in crop production-beneficial and deleterious effects**. Boca Raton: CTC Press, 1993. p. 245-265.

RADOSEVICH, S.; HOLT, J.; GHERSA, C. **Weed ecology: implications for management**. 2. ed. New York: Wiley, 1997. 588 p.

RAIMBAULT, B. A.; VYN, T. J.; TOLLENAAR, M. Corn response to rye cover crop, tillage methods, and planter options. **Agronomy Journal**, v. 85, n. 2, p. 98-106, 1991.

RECOMENDAÇÕES técnicas para a cultura do milho no Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: FEPAGRO: EMATER/RS: FECOTRIGO, 1997. 140 p. (Boletim Técnico, 4).

RICCE, W. da S.; ALVES, S. J.; PRETE, C. E. C. Época de dessecação de pastagem de inverno e produtividade de grãos de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1220-1225, out. 2011.

ROCHA, R. N. C. **Resposta de híbridos de milho de ciclo superprecoce, precoce e normal à aplicação de nitrogênio no sistema plantio direto**. 2003. 47 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2003.

RODRIGUES, J. J.; WORSHOM, A. D.; CORBIN, F. T. Exudation of glyphosate from wheat (*Triticum aestivum* L.) plants and its effects on intraplanting corn (*Zea mays*) and soybeans (*Glycine max*). **Weed Science**, v. 30, p. 316-320, 1982.

RÖMHELD, V. Dinâmica do glifosato nas rizosferas das plantas-alvo e não-alvo: In: SIMPÓSIO SOBRE PROBLEMAS DE NUTRIÇÃO E DOENÇAS DE PLANTAS NA AGRICULTURA MODERNA: AMEAÇAS À SUSTENTABILIDADE? **Palestras**. Piracicaba: IPNI, 2007.

RUEDELL, J. **Plantio direto na região de Cruz Alta**. Cruz Alta: FUNDACEP: FECOTRIGO, 1995.

- SÁ, J. C. M. **Manejo do nitrogênio na cultura do milho no sistema plantio direto**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1996. 24 p.
- SAMMONS, R. D.; GRUYS, K. J.; ANDERSON, K. S.; JOHNSON, K. A.; SIKORSKI, J. A. Re-evaluating glyphosate as a transition-state inhibitor of EPSP synthase: identification of an EPSP synthase* EPSP*glyphosate ternary complex. **Biochemistry**, v. 34, p. 6433-6440, 1995.
- SANTOS, L. D. T.; TIBURCIO, R. A. S.; SANTOS, J. B.; FERREIRA, F. A.; OLIVEIRA, J. A.; BENTIVENHA, S.; FERREIRA, L. R. Exsudação radicular de glyphosate por braquiária e seus efeitos em plantas de eucalipto. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GLYPHOSATE, 1., 2007, Botucatu. **Anais...** Botucatu: FCA-UNESP, 2007. p. 318-321.
- SAWAZAKI, H. E.; TEIXEIRA, J. P. F.; ALMEIDA, L. D'A. de. Estresse de água no crescimento, produtividade e acúmulo de prolina em feijão. **Bragantia**, v. 40, n. 1, p. 157-166, 1981.
- SILVA, R. H. da; ROSOLEM, C. A. Influência da cultura anterior e da compactação do solo na absorção de macronutrientes em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 10, p. 1269-1275, 2001.
- SING, T. N.; ASPINALL, D.; PALEG, L. G.; BOGGESS, S. F. Changes in proline concentration in excised plant tissues. **Australian Journal of Biological Science**, v. 26, n. 1, p. 57-63, 1973.
- SINGH, B. K.; SHANER, D. L. Rapid determination of glyphosate injury to plants and identification of glyphosate-resistant plants. **Weed Technology**, v. 12, p. 527-530, 1998.
- SOUZA, L. S.; VELINI, E. D.; MARTINS, D.; ROSOLEM, C. A. Efeito alelopático de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) sobre o crescimento inicial de sete espécies de plantas cultivadas. **Planta Daninha**, v. 24, n. 4, p. 657-668, 2006.
- SPRANKLE, P.; MEGGIT, W.; PENNER, D. Adsorption, mobility and microbial degradation of glyphosate in soil. **Weed Science**, v. 23, p. 229-234, 1975a.
- SPRANKLE, P.; MEGGIT, W. F.; PENNER, D. Absorption, action, and translocation of glyphosate. **Weed Science**, v. 23, p. 235-240, 1975b.
- STEINRUCKEN, H. C.; AMRHEIN, N. The herbicide glyphosate is a potent inhibitor of 5-enolpyruvyl shikimic acid-2-phosphate synthase. **Biochemistry and Biophysical Research Communications**, v. 94, p. 1207-1212, 1980.
- TREZZI, M. M.; VIDAL, R. A. Potencial de utilização de cobertura vegetal de sorgo e milheto na supressão de plantas daninhas em condição de campo: II - Efeitos da cobertura morta. **Planta Daninha**, v. 22, n. 1, p. 1-10, 2004.
- VALENTINI, M. H. E.; RONZELLI JÚNIOR, P.; DAROS, E.; PAULETTI, V.; KOEHLER, H. S. Épocas de manejo químico de coberturas de solo para a cultura do feijoeiro. **Scientia Agricola**, v. 2, n. 1/2, p. 11-16, 2001.
- VITTI, G. C.; FAVARIN, J. L. Nutrição e manejo químico do solo para a cultura do milho. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Tecnologia de produção do milho**. Piracicaba: ESALQ, 1997. p. 104-120.
- WASKOM, R. M.; WESTFALL, D. G.; SPELLMAN, D. E. Monitoring nitrogen status of corn with a portable chlorophyll meter. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 27, n. 3, p. 545-560, 1996.

YAMADA, T.; CASTRO, P. R. C. Efeitos do glifosato nas plantas implicações fisiológicas e agronômicas. **Informações Agronômicas**, n. 119, p. 1-32, 2007.

YOSHIBA, Y.; KIYOSUE, T.; NAKASHIMA, K.; YAMAGUCHI-SHINOZAKI, Y.; SHINOZAKI, K. Regulation of levels of proline as an osmolyte in plants under water stress. **Plants and Cell Physiology**, v. 38, p. 1095-1102, 1997.

Literatura Recomendada

AMARANTE JÚNIOR, O. P. de; SANTOS, T. C. R. dos. Glifosato: propriedade, toxicidade, usos e legislação. **Química Nova**, v. 25, n. 4, p. 589-593, 2002.

BATES, L. S.; WALDERN, R. P.; TEARE, I. D. Rapid determination of free proline for water stress studies. **Plant and Soil**, v. 39, n. 1, p. 205-207, 1973.

EBERBACH, P. Applying non-steady-state compartmental analysis to investigate the simultaneous degradations of soluble and sorbed glyphosate (N-phosphonomethyl) glycine in four soils. **Pesticide Science**, v. 52, p. 229-240, 1998.

GUIMARÃES, G. L.; BUZETTI, S.; SILVA, E. C. da; LAZARINI, E.; SÁ, M. E. de. Culturas de inverno e pousio na sucessão da cultura da soja em plantio direto **Acta Scientiarum**, v. 25, n. 2, p. 339-344, 2003.

LORENZI, H. (Coord.). **Manual de identificação e controle de plantas daninhas**: plantio direto e convencional. 4. ed. Nova Odessa: Plantarum, 1994. 299 p.

LUTTS, S.; MAJERUS, V.; MAJEERUS, V.; KINET, J. M. NaCl effects on proline metabolism in rice (*Oryza sativa*) seedlings. **Physiologia Plantarum**, v. 105, p. 450-458, 1999.

PANOSO, L. A.; RAMOS, D. P.; BRANDÃO, M. **Solos do campo experimental da Embrapa Milho e Sorgo**: suas características e classificação no novo sistema brasileiro. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. 92 p. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 5).

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**: 5a. aproximação. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359 p.

SILVA, F. C. da (Org.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Rio de Janeiro: Embrapa Solos; Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 1999. 370 p.

Embrapa

Milho e Sorgo



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO

