

PROTEÇÃO QUÍMICA DE ESPÉCIES DE PLANTAS

THE IMPORTANCE OF NEW ACTIVE PRINCIPLE FOR AGRICULTURAL SUSTAINABILITY

Laércio Zambolim

Prof. Dr. , Universidade Federal de Viçosa

O aumento do consumo dos produtos fitossanitários na agricultura é apontado como fator importante na manutenção do potencial genético da produtividade de espécies de plantas cultivadas comercialmente, que são severamente atacadas por pragas. O controle químico teve e ainda terá papel muito importante no controle de inúmeras doenças e insetos-pragas e ácaros que apresentam grande importância econômica. A humanidade sempre dependeu e irá depender por inúmeras décadas da proteção química das culturas a despeito do consumidor demandar produtos com segurança alimentar e isentos de resíduos de produtos fitossanitários. As indústrias químicas têm feito sua parte, seja quando solicitadas pela comunidade ou por meio de ações próprias. O lançamento de produtos com perfil eco-toxicológico mais seguro para o aplicador e o meio ambiente é um exemplo do esforço em pesquisa e desenvolvimento de produtos fitossanitários seguros e eficientes. Nos últimos 10 anos a indústria química fez grande progresso em relação aos avanços tecnológicos dos produtos, destacando-se o modo de ação, novos tipos de formulação, redução da quantidade de ingrediente ativo, redução do número de aplicações na safra e nas propriedades físico-químicas. Além disto, houve grande evolução quanto a seletividade, impacto ambiental e toxicologia. Atualmente, a dose de alguns produtos sistêmicos atingiu 25-50 g de p. a. por ha para o controle de doenças. Cerca de 70% das formulações dos fungicidas registrados no Brasil pertencem às classes toxicológicas III e IV. As formulações evoluíram para concentrado solúvel e grânulos dispersíveis em água. A translocação dos fungicidas sistêmicos que era restrita ao apoplasto das plantas, com as novas moléculas chegam ao simplasto; moléculas modernas (sistêmicos) são translocadas via xilema, das raízes para a parte aérea. A meia vida hoje é menor do que há 20-30 anos atrás; os produtos têm menor persistência no meio ambiente. Houve também evolução nos critérios de recomendação passando do calendário de aplicação na década de 50 para critérios baseados no Manejo Integrado de Pragas e no sistema de previsão baseado no clima. Na história dos fungicidas, em determinadas épocas ocorreu predominância de um grupo de fungicidas sobre outro. De acordo com essa predominância, é possível dividir a história dos fungicidas em eras distintas: **1ª Era** - Inorgânicos sulfurados (enxofre e calda sulfo-cálcica) (1000 A. C. até descoberta do cobre - calda bordalesa - por volta de 1882.); **2ª Era** - Inorgânicos cúpricos (de 1882 até 1934); **3ª Era** - Protetores orgânicos (1934 até 1960); **4ª Era** - Orgânicos sistêmicos (a partir de 1966); **5ª Era** - Orgânicos sistêmicos com movimento no simplasto (a partir de 1990); **6ª Era** - "SAR" – resistência sistêmica adquirida (a partir do ano 2000). Os primeiros povos a empregar fungicidas na agricultura foram os gregos e romanos, no controle de doenças de plantas, empregando fumigação ou tratando partes de plantas. Entretanto, o progresso no conhecimento dos fungicidas, ocorreu após o século XVIII, graças aos avanços da química. O enxofre elementar é relatado por Homero, poeta grego, como utilizado para o controle do que denominavam de pestes. Em 1807, Prevost na França, mostrou que o carvão no trigo poderia ser controlado pelo sulfato de cobre. Em 1882, Pierre Alexis Millardet, na França, acidentalmente descobriu a calda bordalesa controlando o míldio da videira. No início do século XX, a calda bordalesa e a mistura de enxofre e cal eram universalmente usadas para o controle de quase todas as doenças de plantas. Em 1913, Reihm, na Alemanha introduziu os compostos orgânicos mercuriais para tratamento de sementes, visando controlar os carvões dos cereais. Hoje este grupo de fungicidas está proibido. Em 1932, Horsfall estudou o valor dos compostos de cobre com baixa solubilidade também chamados de compostos fixos de cobre (oxicloreto de cobre, fosfatos de cobre, silicatos de cobre, sulfatos básicos de cobre e óxidos de cobre). Em 1934, Tisdale e Williams e em 1943 - Dimond e co-autores nos Estados Unidos relataram a fungitoxicidade dos ditiocarbamatos iniciando assim a era dos fungicidas orgânicos (Thiram, Metiram, Mancozeb e Propineb). Na década de 50 surgiu o N-trichlorometil-4-ciclohexene-1,2-dicarboximida (Captan) lançado por Kittleson em 1952-1953 e os produtos à base de estanho (Trifenil Acetato de Estanho e Trifenil Hidróxido de Estanho). Em 1957 o congresso norte-americano aprovou lei que

determina os limites de resíduos de produtos fitossanitários em produtos agrícolas. No início da década de 60, Turner publicou as propriedades fungicidas do Chlorothalonil o 2,4,5,6 tetracoloro isofotalnitrila e logo a seguir em 1968 surgiu a Guazatina. Na década de 1960-70 Von Schmeling e Marshal Kulka relataram a atividade sistêmica fungicida dos derivados do 1,4-oxathiins (carboxin e oxicarboxin). O ano de 1966 marca o início da era dos fungicidas sistêmicos. Em 1968 foi desenvolvido o Benomil, fungicida com propriedades sistêmicas e logo a seguir no mesmo ano surgiu o Thiabendazole. Nas décadas de 1970-80 foram introduzidos o Myclobutanil, o Flutriafol, o Etridiazole, o Carbendazim, o Ethirimol, o Nuarimol, o Dimethirimol, o Fenarimol, o Fosetyl-Al, o Iprodione, O Pyrazophos, o Tricyclazole, o Triadimefon, o Procymidone, o Propiconazole, o Metalaxyl, o Vinclozolin, o Cymoxanil, o Triforine, o Triadimenol, o Imazalil, o Carbendamzil, o Tiofanato metílico. Nas décadas de 1980-90 surgiram, o Tebuconazole, o Bitertanol, o Fenpropimorph, o Oxadixil, o Prochloraz, o Fluazinam, o Probenazole, o Fenpiclonil, o Cyproconazole. Na década de 90 os seguintes fungicidas foram introduzidos: O Azoxystrobin, o Kresoxy Metil, o Dimethomorph, o Epoxiconazole, o Propamocarb, o Difenconazole, o Acibenzolar, o Trifloxystrobin, o Piraclostrobin. No início do ano 2000 foi introduzido o Picoxystrobin e outros produtos do grupo das Estrobilurinas. Em 2002 foi lançado o Acibenzolar S – methyl que pertence ao grupo dos produtos que ativam resistência de plantas a doenças (SAR). Os produtos fitossanitários (fungicidas) são modernamente aplicados sob a forma de suspensão concentrada e solúvel e, grânulos dispersíveis em água, embora ainda existam os concentrados emulsionáveis. A performance dos produtos fitossanitários depende da estabilidade metabólica. Quando são aplicados em plantas no campo são afetados por reações de hidrólise, oxidação, fotólise e por altas temperatura e umidade além do pH. Os fungicidas são classificados em protetores ou residuais, contato com efeito erradicante, sistêmicos com ação erradicante atuam a distancia do local de aplicação e translocam nas plantas via apoplasto e simplasto, penetrantes com efeito translaminar, mesostêmicos (efeito translaminar e de superfície) e indutores de resistência. Fisher & Hermann em 1998 descreveu que um fungicida mesostêmico possui alta afinidade com a superfície foliar e é adsorvido pelas camadas de cera da planta. Os fungicidas mesostêmicos são redistribuídos na superfície da planta pelo movimento superficial da fase de vapor e redeposição. Penetram no tecido da planta, e translocam no sentido translaminar das folhas. Entretanto, não são translocados dentro do sistema vascular. Quando os fungicidas sistêmicos penetram nas células da planta, está sujeito à degradação por muitas enzimas. Para que seja efetivo, o fungicida deve resistir à degradação. A penetração dos produtos fitossanitários no interior das folhas é afetada pela constituição da cutícula que consiste de uma camada de lipídios que reveste a superfície da planta. A camada mais externa da cutícula consiste de certos compostos de hidrocarbonetos de cadeia longa (21-35 carbonos), em vários estádios de oxidação, enquanto que a camada interna ou cutina é constituída de uma mistura de cadeias C_{16} a C_{18} interconectada por éster, peróxidos e ligações de éteres formando os polímeros. As ceras são tidas como a mais importante barreira limitando o movimento de produtos fitossanitários através da cutícula. A penetração ou movimento transcuticular não é aparentemente, dependente da espessura da cutícula, mas de diferenças qualitativas entre as espécies de plantas. Tem sido observado que a penetração na superfície foliar é aumentada pela adição de certos surfactantes à calda fungicida, pela redução da tensão superficial da suspensão. As formulações de fungicidas sistêmicos em concentrado emulsionável (CE) podem aumentar a penetração através da cutícula. Os CE são provavelmente mais eficientes porque permitem a participação rápida, líquido a líquido, entre as fases orgânicas e aquosa na gota de pulverização. Os fungicidas podem não ser muito solúveis em óleo ou água. O óleo parece que difunde para dentro ou através da cutícula e aumenta rapidamente a penetração do fungicida e outros produtos químicos. Acredita-se que as formulações líquidas CE podem proporcionar economia de 2 a 3 vezes na quantidade de fungicida requerida por hectare. Outro sítio de absorção de fungicidas sistêmicos é através das raízes. As raízes funcionam como órgãos de absorção de água e de nutrientes minerais do solo. Grande quantidade de água e substâncias dissolvidas são absorvidas pelas raízes e transportadas para as partes superiores da planta. No campo, os fungicidas podem ser aplicados às raízes das plantas através do tratamento no sulco de plantio, durante o semeio, ou em cobertura, porém em sulcos, durante o crescimento das plantas. Eles são absorvidos junto com a água, principalmente na região capilar das raízes, região esta, localizada entre 5 e 50 mm do ápice da raiz. As raízes de diferentes espécies de plantas variam em sua estrutura e permeabilidade à água e aos solutos. Uma raiz individual também mostra variação em permeabilidade ao longo de sua extensão. A região de maior absorção ocorre nas áreas mais jovens das raízes. Nas regiões mais velhas das raízes de muitas plantas, a epiderme torna-se suberizada ou forma-se a casca. Ambos eventos

conduzem a uma progressiva perda da permeabilidade. As raízes das monocotiledôneas, que não apresentam ramificações secundárias e suberização, são mais uniformemente permeáveis à água ao longo de sua extensão. A epiderme de raízes jovens, ao contrário das partes aéreas das plantas, não é coberta com cutícula bem desenvolvida. Portanto, os fungicidas em solução possuem relativamente fácil acesso ao apoplasto das raízes. Muitos íons inorgânicos são absorvidos ativamente pelas raízes, num processo requerendo energia metabólica. Mas as evidências indicam que os fungicidas são absorvidos pelas raízes num processo passivo. Há também a possibilidade de um produto químico penetrar nas raízes passivamente, decompor-se posteriormente, ou ligar-se a outros produtos dentro das raízes. A penetração nas raízes pode ocorrer via apoplasto, acima da endoderme. Aí, a faixa de Caspary e a deposição de suberina e de lignina na parede das células da endoderme (assim como na lamela média conectando as células) podem impedir o movimento de substâncias no apoplasto. Em alguns casos, a absorção de certos produtos químicos (Metil Benzimidazole Carbamato) processa-se por difusão através da faixa de Caspary ou penetram a plasmalema das células da endoderme, movendo-se através do simplasto para alcançar o xilema das raízes. Outro fator que pode interferir na absorção de fungicidas pelas raízes é a sua solubilização em lipídios. A fim de que um produto químico seja transportado para o resto da planta, após o tratamento das raízes, esse deve atravessar a barreira de lipídios, através da plasmalema das células da endoderme ou pela própria faixa de Caspary. Por outro lado, os produtos químicos que são muito solúveis em lipídios não são prontamente liberados na rota de transpiração, mas são retidos pelos lipídios das raízes. A absorção dos fungicidas é independente da concentração do produto na solução externa do solo, já que a entrada do produto é efetuada por difusão. Por outro lado, ela é dependente do pH. Fungicidas catiônicos como Carbendazim, Tiabendazol e Ethirimol têm sua absorção dependente do pH, que pode ser inibida pela adição de cátions bivalentes (Ca^{+2} e Mg^{+2}). Os fungicidas apresentam modo bioquímico de ação diferentes. Os protetores ou residuais inibem grupamentos sulfidrílicos de enzimas e proteínas e dificilmente ocorrem mutantes resistentes na população de fungos quando tais produtos são aplicados. Ao contrário, os fungicidas sistêmicos, pelo fato de apresentarem mecanismo de ação bioquímico específico, selecionam mutantes de fungos resistentes na população, quando são aplicados continuamente. Portanto, quando se aplica tais produtos torna-se necessário empregar estratégias anti-resistência. A proteção química de plantas contra doenças, ácaros e insetos-pragas se empregada de modo racional com critério, respeitando o meio ambiente e com segurança alimentar constitui um dos métodos mais importantes de controle de doenças de plantas no Brasil e no mundo.