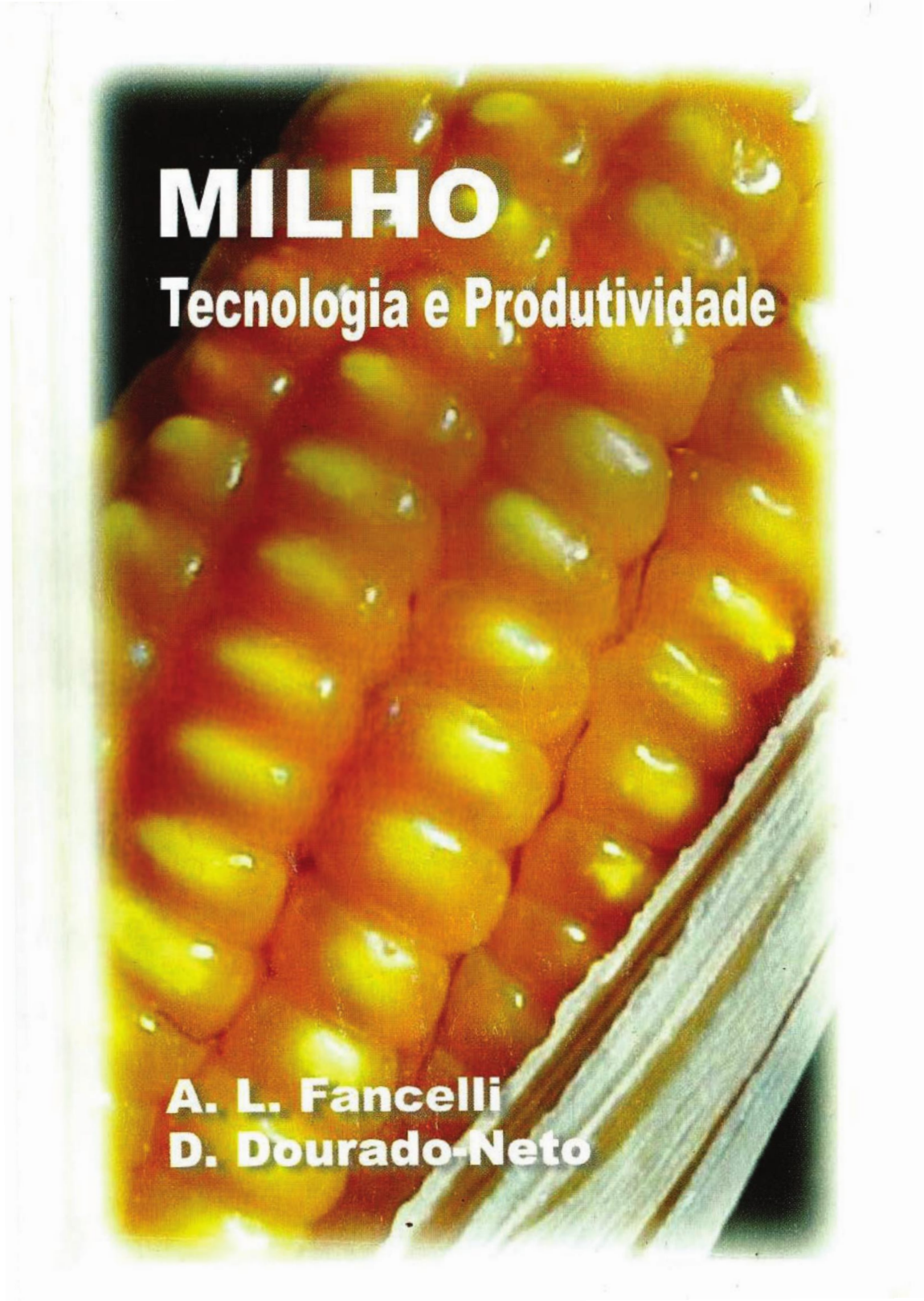




MILHO

Tecnologia e Produtividade

**A. L. Fancelli
D. Dourado-Neto**

Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”
Departamento de Produção Vegetal

MILHO

Tecnologia e produtividade

DOI: 10.11606/9788586481987

A. L. FANCELLI
D. DOURADO NETO
(Editores)

Piracicaba, SP
2001

Catálogo na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP

Milho: tecnologia e produtividade [recurso eletrônico] / editores Antônio Luiz Fancelli e Durval Dourado Neto.- - Piracicaba : ESALQ/Departamento de Produção Vegetal, 2001.
261 p. : il.

ISBN: 978-85-86481-98-7
DOI: 10.11606/9788586481987

1. Milho - Produtividade 2. Tecnologia agrícola I. Fancelli, A. L., ed. II. Dourado Neto, D., ed.
III. Título

CDD 633.15

Elaborada por Maria Angela de Toledo Leme - CRB-8/3359

Esta obra é de acesso aberto. É permitida a reprodução parcial ou total desta obra, desde que citada a fonte e a autoria e respeitando a Licença Creative Commons



MILHO: TECNOLOGIA E PRODUTIVIDADE

Nova realidade do mercado de milho Wlamir Brandalitze	Página 1
Milho transgênico e seus reflexos na agricultura Joaquim A. Machado	10
Milho: fisiologia da produção e produtividade Antonio Luiz Fancelli Durval Dourado Neto	25
Ação de bioreguladores na cultura de milho Paulo Roberto Camargo Castro Élvis Lima Vieira	48
Controle de plantas daninhas na cultura de milho: enfoque atual Pedro Jacob Christoffoleti Cristiane Gonçalves de Mendonça	60
Cercosporiose de milho: ocorrência e controle Antonio Luiz Fancelli	96
Milho: produtividade e uso de água Durval Dourado Neto Antonio Luiz Fancelli	114
Milho: população e distribuição de plantas Durval Dourado Neto Antonio Luiz Fancelli Pablo Paulino Lopes	120

Dinâmica da matéria orgânica do solo e estratégias de seqüestro de carbono em sistemas de produção sob plantio direto João Carlos Moraes Sá Carlos Clemente Cerri W. A. Dick R. Lal	Página 127
Possibilidades de aplicação de nitrogênio em sistema de plantio direto Waldo A. R. Lara Cabezas	138
Diagnóstico da fertilidade do solo e adubação para alta produtividade de milho Godofredo César Vitti Massimiliano Cesar de Barros Júnior	179
Milho: manejo integrado de doenças Erlei Melo Reis	223
Agricultura de precisão A. I. Elias José Roberto O. Camargo	238
Manejo de pragas associadas ao milho Dirceu Gassen	248

NOVA REALIDADE DO MERCADO DE MILHO

Vlamir Brandalizze

Engenheiro Agrônomo, Consultor

e-mail: brandalizze@uol.com.br

INTRODUÇÃO

O mercado de milho, neste ano de 2001, está passando para uma nova fase de comercialização. Com a entrada efetiva no mercado internacional, passando de um dos maiores importadores mundiais para um dos principais exportadores. Essa mudança está criando uma melhor liquidez aos produtores, que têm como garantia de preço mínimo real em cima da liquidação que o produto nacional propicia ao produtor interno. Com isso, além de termos uma demanda crescente por aqui, onde os setores de frangos e de suínos seguem ganhando espaço no mercado internacional, e junto temos crescimento da produção interna, que avança ano após ano e deverá continuar assim por muito tempo.

Lembrando que temos o frango e o suíno mais competitivo do mundo, e assim garantindo-nos crescimento da vendas internacionais sem a necessidade de subsídios, como é o caso dos produtores dos EUA, da Europa e da China.

Neste ano o mercado do milho está contando com grande volume de exportações, que tirou boa parte do excedente da safra de verão. E deverá fazer com que cheguemos ao final do ano com um quadro de oferta e demanda bastante apertado.

EXPORTAÇÕES

No final do ano passado o mercado olhava com cautela os primeiros embarques de milho para a Espanha, onde se esperava colocar 80 mil toneladas. Em janeiro deste ano o quadro foi alterado, havendo um aumento para 300 mil toneladas. No final de janeiro já se apontava para 500 mil toneladas, e em fevereiro já apontava embarcar 1 milhão de toneladas. Quando começou março, os números previstos estavam em 2 milhões de toneladas. e no mês de

maio já se comentava em chances de bater a marca das 3 milhões de toneladas neste ano. Assim, verifica-se que tudo que começou com uma intenção de escoar parte de um grande estoque de uma cooperativa, transformou-se em um grande negócio para a balança comercial brasileira, que somente em junho faturou mais de 60 milhões de dólares americanos com as vendas do milho. Há uma boa possibilidade de continuar embarcando bons volumes, já que o câmbio tem dado boa liquidez nas posições e atualmente temos marcado espaço no mercado internacional com um milho de boa qualidade.

PANORAMA INTERNACIONAL

Como podemos observar na Tabela 1, referente aos principais países produtores de milho, a produção não vem avançando, e isso vai de encontro a problemas que os países têm para crescer com o milho.

Tabela 1. Produção mundial de milho (em milhões de toneladas).

Países	97/98	98/99	99/00	00/01 ¹
EUA	233,9	247,9	239,7	253,2
CHINA	104,3	132,9	128,0	105,0
BRASIL	31,8	32,6	32,8	39,2
EUROPA(CEE)	38,6	35,0	36,2	37,6
EUROPA OR.	17,9	24,0	24,0	25,0
MÉXICO	16,9	17,6	19,0	19,0
ARGENTINA	19,4	13,8	16,7	15,0
MUNDIAL	575,3	605,9	605,7	585,6

Fonte: USDA, Brandalizze Consulting

1 Estimativa

POUCAS CHANCES DE CRESCIMENTO DA PRODUÇÃO

Os EUA mostram problemas junto aos baixos preços praticados, que fazem com que o governo local tenha que despejar grandes volumes de subsídios ao setor, e assim deixando a soja como um produto mais atrativo que o milho, já que tem um preço mínimo de

US\$11,30 por saca, enquanto o milho tem um preço mínimo de US\$4,47. Assim, o tradicional produtor de milho tem optado em crescer com a soja e deixar o milho de lado. Lembrando que nos EUA já não existem mais áreas para serem semeadas, e assim para se poder crescer com qualquer tipo de produto agrícola, ela deverá se dar em cima de lavouras pré-existentes, ou entra uma em cima da redução da outra.

O segundo maior produtor mundial, que é a China, tem sofrido fortemente com o clima. No ano passado ceifou boa parte da safra e mostra a produção em apenas 105 milhões de toneladas. Para essa nova safra também mostra grandes perdas em função da forte estiagem que atinge aquele país.

Dessa forma, restam poucas opções para aumentar a produção de milho, que é o produto que mais se necessita nesse momento. O ideal para o mundo seria um crescimento médio de 30 milhões de toneladas ao ano e assim atenderia a necessidade de crescimento do setor. Para que isso aconteça, teríamos que ter uma maior presença do Brasil na produção internacional e também que melhorasse-mos nas exportações, consolidando nossa forte presença externa.

Tabela 2. Oferta e demanda mundial de milho (em milhões de toneladas).

Safra		98/99	99/00	00/01 ¹
Oferta	Estoques iniciais	98,1	123,2	125,1
	Produção	605,9	605,7	585,6
	Importações	75,5	75,7	76,3
	Oferta total	779,5	804,6	787,0
Demanda	Ração	402,2	416,5	420,4
	Consumo interno	580,9	600,0	602,6
	Exportações	75,5	79,5	78,2
	Consumo total	656,4	679,5	680,8
Estoques finais		123,2	125,1	106,2

Fonte: USDA, Brandalitze Consulting

1 estimativa

APERTANDO O QUADRO MUNDIAL

A oferta e demanda mundial vem mostrando avanço no consumo total, enquanto a produção não consegue acompanhar no mesmo ritmo. Assim, os grandes estoques que carregamos a vários anos começam a recuar fortemente. Um dos exemplos que podemos citar é a China, que chegou a ter mais de 52 milhões de toneladas em estoque, e agora sinaliza cair para próximo de 20 milhões de toneladas, um dos piores momentos desde o final da década de 80. Com isso, já se observa bom avanço nas cotações internas do milho na China, mas que a nível internacional ainda não foram absorvidos. Outro ponto importante dos Chineses foi a suspensão das exportações em busca de uma estabilidade interna, para não correr o risco de ter que importar muito milho no próximo ano. Sem as vendas chinesas, que chegaram a superar a marca das 12 milhões de toneladas, e foi apontada em 10 milhões no ano passado, deverá recuar para menos da metade neste ano, e continuar reduzindo no ano que vem. Sendo assim, abre-se espaço para o crescimento da vendas por outros países. Como a safra americana não acena para crescimento, e o mesmo ocorre com a Argentina, os dois principais exportadores, sobra esse espaço para o Brasil, que está apreendendo a negociar milho no mercado mundial. O mercado apresenta boas expectativas para os próximos dois ou três anos, período que nos dará espaço para consolidarmos no mercado mundial como exportadores de milho de alta qualidade.

SITUAÇÃO DO MERCADO BRASILEIRO

RECORDE DE SAFRA E NECESSIDADE DE CRESCIMENTO DA PRODUTIVIDADE

Passando para o mercado Brasileiro, temos visto o crescimento da tecnologia empregada pelo setor, com sementes melhoradas e insumos cada dia mais eficientes. Com isso, avançamos fortemente em produtividade, e assim, avanço em produção. Porém, ainda temos grande espaço para evoluir em produtividade, o que nos daria uma safra ainda maior sem grande avanço de área plantada. Lembramos que estamos cultivando cerca de 14 milhões de hectares de milho, e colhendo números ao redor das 40 milhões de toneladas, com

produtividade média ainda abaixo das 3 toneladas por hectare. Portanto, ainda temos muito para melhorar. Enquanto isso temos visto que alguns Estados já têm produtividade média passando dos 4 mil kg por hectare, como é o caso do Sul, Sudeste e Centro-Oeste. Mesmo nesses locais, ainda há grandes diferenças entre os melhores e piores rendimentos, o que certamente nos próximos anos terão que ser mais equilibrados.

Neste ano de 2001 estamos colhendo a melhor safra da história do milho em terras brasileiras, e assim deveremos atender a demanda interna e também garantir a presença no mercado internacional como já foi citado anteriormente.

Os setores de frango e de suíno continuam sendo pontos importantes para o setor, os quais apresentam crescimento forte na demanda do cereal. Como podemos observar no quadro de oferta e demanda, veremos que o consumo total de milho que no ano passado foi de apenas 34,3 milhões de toneladas, agora está sendo apontada por mais de 40 milhões de toneladas. Fica aqui uma pergunta importante: como é que está crescendo tanto? O ponto importante é que no ano passado muitos outros produtos foram usados em ração em substituição ao milho que teve forte queda na produção, com a entrada do arroz, ou dos quebrados de arroz, com preços baixos. Neste ano o arroz está com os preços em alta, e assim não poderá entrar no setor de rações. Outro produto que foi fortemente usado para ração foi o trigo, que enfrentou problemas de qualidade em cima das geadas e chuvas na colheita, e assim ganhou espaço do milho, além de produtos tradicionais de ração como sorgo e tritcale, que neste ano mostram menor oferta. Assim o quadro tende ficar atrelado ao milho. Os granjeiros e formuladores de ração normalmente dão preferência ao milho como fonte de energia, e só usam outros produtos quando esses estão muito baratos ou quando o milho está escasso.

A oferta e a demanda de milho apresentam-se ajustadas (Tabela 3), sem indicar falta de produto, mas com forte tendência de aperto no abastecimento na virada do ano. Há sinalização de que o milho que for plantado cedo poderá encontrar um mercado bastante comprador e com cotações vantajosas.

Tabela 3. OFERTA E DEMANDA de milho no BRASIL (por mil toneladas).

Safra	97/98	98/99	99/00	00/01 ¹
OFERTA				
Est. Iniciais	5.024	2249	1.542	1.642
Produção	31.775	32.643	32.800	39.200
Importação	1.600	2.000	1.600	600
Oferta total	38.399	37.092	35.942	41.442
DEMANDA				
Exportação				2.500
Avicultura	11.050	11.200	10.800	12.300
Suinocultura	6.200	6.100	6.000	6.800
Ind. Moageira	5.600	5.650	5.600	5.850
Con. Rural	9.700	9.000	8.500	9.000
Outros	3.600	3.600	3.400	4.200
Demanda total	36.150	35.550	34.300	40.650
EST. FINAL	2.249	1.542	1.642	792

FONTE: Brandalizze Consulting

1 Estimativas iniciais

SAFRINHA

SAFRINHA, UMA GRANDE OPÇÃO DE NEGÓCIO

Os produtores dos estados do Sudeste, Centro-Oeste e Sul têm trabalhado nos últimos anos com uma tecnologia de duas safras em uma. Plantando a soja, ou o feijão (Sul) cedo e milho na sequência, antes do inverno ou da seca. Com isso, melhora o faturamento dos produtores. Sendo assim, este tipo de operação veio e se consolidou, porém não é em todo o Brasil que se pode realizar. Assim, as chances de ganhos com a safrinha devem continuar sendo bastante grandes e favorecendo os produtores que trabalharem nesse modelo de produção.

Nesse ano as lavouras foram atingidas por geadas em junho, mas que pouco devem ter afetado na produção, continuam sendo apontadas entre 5,5 e 6 milhões de toneladas, que somadas as quase

34 milhões de toneladas da safra de verão irá dar o quadro final, próximo a 40 milhões de toneladas para o ano.

Tabela 4. Área plantada na safrinha de milho de 2000/2001 (por mil hectares).

Ano	Estados								
	RS	SC	PR	SP	MG	GO	MS	MT	BR
2001	55	60	600	420	100	170	200	270	1875
2000	80	100	850	550	140	250	285	350	2605

Fonte: Brandalizze Consulting

IMPORTAÇÕES: DIFÍCIL CONSOLIDAÇÃO EM TEMPOS DE DÓLAR EM ALTA

O mercado terá dificuldade para importar milho neste ano, já que os custos devem ficar muito altos e assim inviabilizando muitos fechamentos. Até agora se internalizaram cerca de 400 mil toneladas, e projeta-se chegar a 600 mil toneladas, resultado muito abaixo dos anos anteriores, os quais superavam com facilidade a marca de 1 milhão de toneladas. Os custos de importações do milho em 2001 estão apresentados na Tabela 5..

Tabela 5. Custos da importação do milho pelo Brasil (base câmbio R\$2,50/US\$).

Origem	Argentina	EUA
Cotação FOB Porto	84,00	84,50
Frete Marítimo e Seguro	16,00	17,50
Despesas Portuárias	10,00	10,50
Despesas Comerciais	1,00	1,00
Taxa de Importação(EUA 3%)	0,00	2,54
Total Porto US\$/toneladas	111,00	116,04
Frete de 500 km	20,00	20,00
Total CIF Indústria	131,00	136,04
US\$/60kg Interior	7,86	8,16
R\$/60 kg Interior	19,65	20,40

Fonte: BRANDALIZZE Consulting

TENDÊNCIAS: FUTURO POSITIVO PARA O MILHO DO BRASIL

O mercado do milho continuará andando em cima do quadro que apontamos na seqüência, onde mostra um ritmo de comercialização dos produtores, que normalmente vendem a maior parte da safra logo após a colheita ou no máximo 4 meses depois da mesma., assim ficando pouco para ser negociado entre os meses de outubro a fevereiro, quando normalmente deveremos ver circular as melhores cotações.

Para os próximos anos o Brasil terá que incentivar a produção de milho, já que o consumo local tende a se manter em forte ritmo de crescimento e também deveremos continuar tendo bom espaço para colocar o produto no mercado internacional. Em duas ou no máximo 3 safras deveremos estar colhendo próximo a 50 milhões de toneladas. Caso não consigamos, teremos que reduzir as exportações e provavelmente voltar a importar grandes volumes. Lembrando que o mercado internacional que estava em queda nos indicativos das *commodities* agrícolas deverá começar a avançar nos próximos anos, buscando a normalidade, que para o milho gira ao redor dos US\$110,00 por tonelada, e não os US\$80,00 a US\$90,00 que vem sendo praticado atualmente.

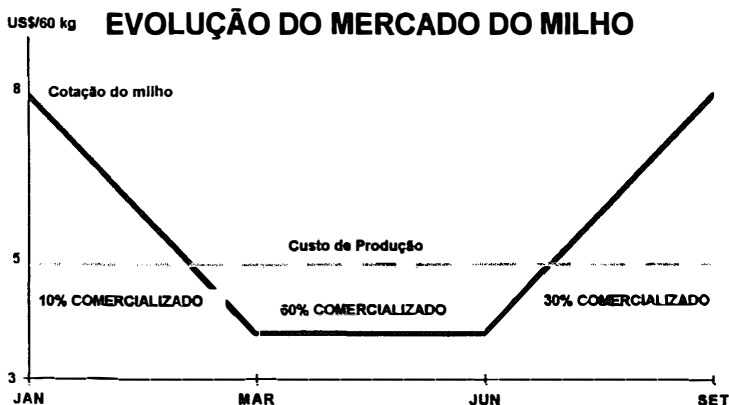


Figura 1. Evolução do mercado de milho. Fonte: Brandalizze Consulting.

Para os produtores brasileiros o milho será uma grande alternativa de negócio para os próximos anos, onde poderá ganhar com a melhoria da produtividade e também com a recuperação das cotações reais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

USDA, Departamento de Agricultura dos Estados Unidos.

MARA, Ministério de Agricultura e Ganaderia da Argentina.

FAO, ABEF, CONAB, ABCS, ABIMILHO, Brandalizze Consulting.

MILHO TRANSGÊNICO E SEUS REFLEXOS NA AGRICULTURA

Joaquim A. Machado

Engenheiro Agrônomo. Novartis Seeds Ltda.

Chefe do projeto especial em biotecnologia

Av. Professor Vicente Rau, 90

CEP: 04.706-900 – São Paulo – SP

e-mail: joaquim.machado@seeds.novartis.com

INTRODUÇÃO

Organismos transgênicos no contexto do melhoramento genético de plantas.

Cada tempo tem a sua tecnologia. Dentre as características de uma nova tecnologia, certamente a principal reside no fato de que a tecnologia tem influência imediata na sociedade que a adota, modificando padrões de produção e modos de vida, provocando inclusão e exclusão de pessoas e grupos sociais, até que se estabeleça um novo patamar de atividades e estilo de vida em sociedades rurais e urbanas. A inovação tecnológica supõe um ritmo progressivo a taxas até certo ponto constantes. Entretanto, conhece-se vários exemplos de tecnologias disruptivas, que acabam por cruzar de maneira explícita a linha de progressão de uma tecnologia anterior, invalidando-a e ocupando rapidamente seu lugar.

Um outro fenômeno social pouco vinculado à discussão sobre transgênicos é aquele bastante conhecido na área econômica, que trata da aversão ao risco. Observe-se a mídia procurando divulgar o potencial de cura de um anti-cancerígeno, como exemplo. Frente a cautela recomendada por parte do especialista, em não promover esperanças infundadas no novo fármaco, da necessidade de melhor compreensão dos efeitos colaterais comumente a mídia segue insistindo em que o cientista emita ao menos alguma indicação de que aquele produto poderia promover a cura. Conclui-se que, a exemplo de outros casos na área de Saúde Humana, a Ciência é a única esperança possível.

Por que então a polêmica sobre alimentos transgênicos? O fenômeno da aversão ao risco explica em grande parte essa resistência, advinda da percepção de risco, muito mais do que do risco verificado propriamente dito. Se estou gravemente doente, o risco de uma droga transgênica é minimizado. Se posso ingerir algo que não traga riscos, por que então eu deveria me alimentar de transgênicos?

Essa é portanto a percepção básica. O contexto demonstra como os diversos grupos de pressão da sociedade humana trabalham o fenômeno da aversão ao risco, distorcem o princípio da precaução para fazer dele o gerenciador do Método Científico, não esclarecendo o senso comum sobre o fato básico de que a Ciência possui um método já há muito tempo em uso para avaliação da adequabilidade das descobertas científicas e tecnológicas, o que não ocorre em Filosofia e Pedagogia, por exemplo.

Esses comentários iniciais são pertinentes pelo fato de que os transgênicos vêm sendo discutidos como se uma imensa revolução científica, da qual não se pode inferir as consequências, estivesse sendo maquinada em laboratórios subterrâneos, por cientistas aéticos, financiados por entidades obscuras. Mais uma vez, interessa a conhecidos grupos de pressão, que essa seja a percepção pública. E mais uma vez, é muito interessante observar que o mesmo não ocorre, ou ocorre com muito menor intensidade, em relação à saúde humana e medicina. Como exemplo, discute-se muito pouco os impactos ecológicos da Medicina, com seus antibióticos, por exemplo. Em termos de biodiversidade, seria ético eliminar o vírus da poliomielite, por exemplo? Não seria melhor dar tempo ao tempo, não interferir com a criação divina abandonando os esforços da espécie humana em sua competição pela vida no planeta Terra, e admitindo um comportamento mais harmônico com a natureza, ou seja, aquele de reconhecer que a peste bubônica, que eliminou um terço da população européia, a partir de 1348, era parte dos desígnios divinos?

Como foi dito, pode-se perceber um transgênico como sendo uma impressionante revolução científica. O fato é que não é! Transgênicos são apenas mais um capítulo, de cunho marcadamente tecnológico, de uma ciência denominada Genética. As tecnologias definitivas da Genética, em pleno desenvolvimento, e de imediato

aplicáveis à nossa antiga e honrada Arte do Melhoramento, praticada desde o início do Neolítico e mesmo antes, essas sim estão revolucionando a Genética. Em curto prazo nos lembrarão sobre como associamos nossa cautela com organismos transgênicos, muito mais com a origem do gene (e portanto, com formas – escorpiões, ratos, bactérias e outros) do que com o produto da expressão do gene. Observar o produto de expressão do gene faz muito mais sentido, porque é o que se pratica quando se desconfia da qualidade do queijo branco nas prateleiras do supermercado, por exemplo.

A genética nos está ensinando que as diferenças percebidas entre os seres vivos são muito mais de forma do que de função. E se a função e a expressão gênicas diferem, o que devemos estabelecer são mecanismos regulatórios que permitam monitorar desde um eventual alucinado que decida clonar um gene de expressão de botulismo em bananas, com o intuito de produzir “baby-food” (entretanto, estima-se o estoque mundial de toxina botulínica acondicionada como arma biológica, em 20.000 litros), até um eventual produto transgênico que apresente um potencial alergênico para uma parcela da população (verifique que sua lata de refrigerante “diet” traz uma recomendação de cautela ao fenilcetonúricos, por exemplo). Cientistas, no Brasil, onde tanto se critica as tais “decisões apressadas” relativas a produtos transgênicos, não obtém um centavo de suporte ao seu projeto científico em biotecnologia de transgênicos, por parte das agências financiadoras, se antes não submetê-lo à aprovação da CTNBio (Comissão Técnica Nacional de Biossegurança).

Assim, este texto pretende inserir o milho transgênico no contexto da evolução da Genética e do Melhoramento, apresentando as opções tecnológicas atuais para os agricultores (os quais, pasmem, são também consumidores!), e para os consumidores urbanos (leia-se, cidade grande), com ligeiras noções sobre de onde vem o alimento comercializado em nossos “shopping-centers”. Pretende ainda apresentar algumas tecnologias em Genética que estão promovendo um imenso avanço no melhoramento do milho, as quais transcendem aquilo que se define como transgenia.

Portanto, o que definirá se transgênicos são uma tecnologia do nosso tempo, não será a indústria do medo ignorante, mas sim, a relação custo-benefício dos mesmos, calculada na decisão de compra do agricultor, na planilha de custos da indústria, e na eficiência e

qualidade (termo que vem sendo substituído por “segurança”, de maneira a induzir outras conclusões relativas a transgênicos) dos aditivos alimentares e alimentos funcionais desejados pela sociedade moderna. Nada de novo. Simplesmente mais um capítulo na história da sócio-economia.

O MERCADO DE PRODUTOS DE VALOR AGREGADO NO MUNDO CONTEMPORÂNEO

Consumidores sempre preferem adquirir produtos-plataforma, isto é, aqueles que oferecem mais de uma solução num só produto e ação de compra. E isso desde o início da manufatura. A Biotecnologia oferece esse tipo de produto, num fenômeno similar ao da área de Informática. Da mesma forma, as tecnologias de engenharia genética mais e mais demonstram estar tornando-se maduras e portanto mais acessíveis, conforme se observa no “marketing” de produtos e processos em Biotecnologia.

Produtos transgênicos caracterizam uma tendência contemporânea de comercialização de “produtos-plataforma”, que oferecem várias soluções com apenas uma operação de venda. A tendência para o futuro próximo é oferecer “gene-stacks”, ou seja, produtos que possuam mais de uma modificação genética, como por exemplo, resistência a herbicida, a um ou mais insetos-praga e a uma ou mais doenças. O agricultor tem então facilitada a sua aquisição de “valores” para a produção da safra. Esse tipo de produto já é comum em informática, onde “pacotes” aplicativos oferecem um editor de texto, uma planilha de cálculo e um editor de arte, numa só operação de venda. Os produtos da Engenharia Genética para a Biomedicina e Nutrição são o enriquecimento dos alimentos em carboidratos, proteínas e lipídios, assim como vitaminas e novos compostos bioativos, tais como as isoflavonas de soja modificadas, denominados de nutricêuticos e alimentos funcionais.

Os avanços promovidos pela Engenharia Genética caracterizam-se recentemente pela “comoditização” de processos e equipamentos, o que indica um mercado maduro para a aplicação dessa tecnologia. Por seu turno, as grandes empresas ligadas à Biomedicina (as “Big Pharma”) reestruturam-se profundamente de maneira a incorporar no processo produtivo os impressionantes avanços científicos e tecnológicos obtidos na pesquisa universitária e nas pequenas

empresas de alta tecnologia que orbitam o *campus*. Estas, atuam como “links” entre a pesquisa universitária e as grandes companhias. Por sua vez, essas grandes empresas organizam-se como companhias de “ciências da vida”, evidenciando a profunda integração de tecnologias promovida pela Genética e pela Biologia Molecular. Essa nova revolução industrial incorpora contribuições oriundas da Informática, da Nanotecnologia, da Robótica e da Física Estatística, em máquinas de raciocínio genético as quais, de fato, provêm um meio físico para o tratamento da Informação. Genética como Física da Informação.

Assim, um novo modelo mercadológico já está implantado em Engenharia Genética. “Biology goes to business”, não apenas no sentido da comercialização de produtos de origem biológica, como, principalmente, no sentido de que a tecnologia biológica já está disponível e em comercialização no sistema econômico mundial. Transgênicos, portanto, conquanto paradigmáticos como produto, representam apenas um passo rumo ao impressionante conjunto de soluções definitivas que a Genética tem a oferecer.

FATOS E NÚMEROS ATUAIS SOBRE MILHO TRANSGÊNICO

Uma das melhores fontes de informação sobre a participação de plantas transgênicas na agricultura mundial, é o ISAAA (International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications – www.isaaa.org ou <http://agbio.cabweb.org>).

O relatório de 1999 demonstra que entre 1996 e 1999, oito países industrializados e quatro países em desenvolvimento, contribuíram para um aumento de mais de 23 vezes na área global com plantas transgênicas. É muito interessante notar que a taxa de adoção dessa tecnologia é uma das mais elevadas, pelos padrões do setor agropecuário: (i) 1996: $1,7 \cdot 10^6$ ha; (ii) 1997: $27,8 \cdot 10^6$ ha; (iii) 1998: $11,0 \cdot 10^6$ ha; e (iv) 1999: $39,9 \cdot 10^6$ ha. Em termos de área global com plantas transgênicas, por país, em 1998 e 1999 pode-se verificar na Tabela 1.

Tabela 1. Área global com plantas transgênicas, por país, em 1998 e 1999.

País	1998	1999
EUA	20,5.10 ⁶ ha	28,7.10 ⁶ ha
Argentina	4,3.10 ⁶ ha	6,7.10 ⁶ ha
Canadá	2,8.10 ⁶ ha	4,0.10 ⁶ ha
China	< 0,1.10 ⁶ ha	0,3.10 ⁶ ha
Austrália	0,1.10 ⁶ ha	0,1.10 ⁶ ha
África do Sul	< 0,1.10 ⁶ ha	0,1.10 ⁶ ha

Os demais países que compõem o total de 39,9 milhões de hectares são México, Espanha, França, Portugal, Romênia e Ucrânia.

Quando se compara países industrializados com países em desenvolvimento, observa-se que do total, 32,8 milhões de hectares estão nos países industrializados e 7,1 milhões de hectares em países em desenvolvimento, sendo que a taxa de adoção aumentou 9,4 vezes entre 1998 e 1999 nos primeiros e 2,7 vezes nos últimos.

Em termos de área global de espécies transgênicas, os dados podem ser visualizados na Tabela 2.

Tabela 2. Área global de espécies transgênicas.

Espécie	1998	1999
Soja	14,5.10 ⁶ ha	21,6.10 ⁶ ha
Milho	8,3.10 ⁶ ha	11,1.10 ⁶ ha
Algodão	2,5.10 ⁶ ha	3,7.10 ⁶ ha
Canola	2,4.10 ⁶ ha	3,4.10 ⁶ ha
Batata	< 0,1.10 ⁶ ha	< 0,1.10 ⁶ ha
Abóbora	< 0,1.10 ⁶ ha	< 0,1.10 ⁶ ha
Mamão	< 0,1.10 ⁶ ha	< 0,1.10 ⁶ ha

Do total, 21,6 milhões de hectares estavam ocupados, em 1999, com soja tolerante a herbicida (54%), 7,5 milhões de hectares com milho tolerante a insetos (19%), 9 milhões de hectares com canola tolerante a herbicida (9%) e 2,1 milhões de hectares com milho tolerante simultaneamente a herbicida e insetos (5%). Compõe o total da área com transgênicos, algodão e milho tolerantes a herbicida, algodão tolerante a insetos apenas e a insetos e herbicida

simultaneamente. Esses dados refletem claramente o esforço inicial de investimento em características interessantes para o agricultor.

Os dois principais fatores que contribuíram para o aumento da área com plantas transgênicas entre 1998 e 1999 foram, pela ordem, o aumento substancial de 4,8 milhões de hectares com soja transgênica tolerante a herbicida, nos EUA em 1999, equivalente a 50 % do total de 30 milhões de hectares de soja naquele país, acrescido do aumento de 2,1 milhões de hectares com o mesmo tipo de soja transgênica na Argentina, o que equivale a 90 % dos 7 milhões de hectares da soja argentina.

Em segundo lugar, o aumento significativo de 2,2 milhões de hectares de milho transgênico (tolerante a insetos, tolerante a herbicidas, ou a combinação das duas características) nos EUA, equivalente a 33 % dos 31,4 milhões de hectares totais com milho em 1999.

O que representam esses valores em termos financeiros? O mercado global para plantas transgênicas, segundo o ISAAA, em 1995, era estimado em 75 milhões de dólares. As vendas triplicaram em 1996 e novamente em 1997, atingindo 235 milhões de dólares em 1996 e 670 milhões de dólares em 1997. Esse mercado duplicou em 1998, atingindo 1,6 bilhões de dólares, e foi acrescido de mais um terço em 1999, atingindo um valor estimado entre 2,1 e 2,3 bilhões de dólares. As estimativas futuras apontam para um mercado de plantas transgênicas de 3 bilhões de dólares este ano, 8 bilhões de dólares em 2005, e 25 bilhões de dólares em 2010.

Obviamente, os pontos de vista diferem quanto a taxa de expansão desse mercado, ora evidenciando o imenso potencial de mercado para esse tipo de produto, ora evidenciando uma menor taxa de expansão em 1999, associando-a a uma “não-aceitação” do produto por consumidores preocupados com os riscos associados a transgênicos. Já se comentou que ponto de vista quer dizer exatamente isso: a vista a partir do ponto onde se está. Assim, é interessante observar que a imensa maioria daqueles que afirmam ser esse um mercado não significativo, e até sujeito a retração, não possuem a menor idéia do que seja um hectare. Assim, não conseguem associar a área total plantada com transgênicos no mundo à mais simples e honesta das perguntas: onde estão as vítimas confirmadas da alimentação com produtos transgênicos e seus

derivados? A ética do discurso os obrigaria à evidência documentada, e não à simples afirmação irresponsável sobre os “riscos científicos”. O fato é que Genética e Biotecnologia tem providenciado vários empregos indiretos, em diversas áreas, além daquela diretamente ligada à produção agropecuária.

MILHO GENETICAMENTE MODIFICADO DE ALTO VALOR AGREGADO E SEU REFLEXO NA AGRICULTURA

A que se deve o fato de que em 1999, os agricultores norte-americanos capturaram o valor agregado ao milho geneticamente modificado - em sua maioria milho resistente a insetos - em aproximadamente um terço da área total plantada com milho? Certamente porque essa e outras características genéticas auxiliam os agricultores a maximizar a produtividade e obter maiores colheitas. Observe-se a distribuição desses produtos de valor agregado, no “portfólio” total de uma empresa de sementes típica dos EUA: de 221 híbridos de milho oferecidos ao mercado, para semeadura neste ano, 57 contêm características geneticamente modificadas. Desses, 43 são híbridos tolerantes a insetos, 10 híbridos oferecem tolerância a herbicida e 4 representam “gene-stacks”, ou seja, acumulam ambas as modificações genéticas. Observe-se também que ambas as características foram introduzidas comercialmente pela primeira vez, no caso do milho, em 1997.

Quais foram as respostas dos agricultores à performance desses produtos geneticamente modificados? Quais as vantagens identificadas por eles?

No que tange ao milho resistente a insetos, observou-se que de fato oferece maior tolerância contra a principal praga existente naquela região de produção de milho, qual seja a *European Corn Borer*. Diversas avaliações demonstraram que essa modificação genética ofereceu entre 5 e 20 % de aumento na produção, em relação aos mesmos híbridos convencionais. Essa variação depende do nível de infestação da praga. A previsão desses níveis de infestação é precária, dependendo do comportamento climático durante a safra. Assim, híbridos geneticamente modificados para tolerância a insetos representam uma excelente política de seguro contra redução de produtividade frente a incidências de praga imprevistas. Outras

vantagens apontadas foram: (i) maior valor comercial dos grãos em função da melhor qualidade, uma vez que a infestação por doenças de espiga e grãos associada aos danos causados por insetos diminui; (ii) maior tolerância aos insetos que provocam quebraimento de colmo, melhorando os índices de colheita; (iii) redução dos custos de aplicação de inseticidas químicos; e (iv) manejo racional da resistência de pragas, pela adoção de áreas de refúgio e pelo desenvolvimento de tolerância múltipla mediante a utilização de dois ou mais transgenes.

Dados da Universidade de Iowa demonstram que, no meio-oeste americano, 26% dos agricultores de milho, em seis estados, reduziram o uso de inseticidas químicos em função da adoção de híbridos de milho tolerantes a insetos por meio de modificação genética transgênica. De acordo com o Professor Marlin Rice, entomologista daquela Universidade, “Esse é um dos maiores benefícios do uso de plantas geneticamente modificadas – o uso de inseticidas de espectro amplo foi muito reduzido, resultando em melhoria da qualidade ambiental”.

No que tange ao milho tolerante a herbicida, essa modificação genética oferece a oportunidade de controle de um espectro de ervas mais amplo, possibilitando também a ampliação da janela de aplicação do herbicida, em função de que se transforma um herbicida de amplo espectro em um herbicida de pós-emergência. Esses detalhes de adequação genética da tecnologia de uso de insumos para o agricultor, são de difícil compreensão para os críticos urbanos com pouquíssima familiaridade com produtos plataforma que não o seu “pacote computacional” preferido e campeão de vendas, o qual segue o mesmo princípio. Considere-se também a redução no uso de herbicidas isolados ou em misturas, que no caso da soja, possibilitou uma redução de 9% no uso de herbicidas em 1998, em comparação com o ano anterior; em termos financeiros, isso representou 12 dólares a menos por hectare em despesas com herbicidas, já incluído o custo da tecnologia associada à semente.

NOVOS USOS DE MILHO TRANSGÊNICO NA ALIMENTAÇÃO E MEDICINA, E O PAPEL DA TECNOLOGIA NA EVOLUÇÃO DA AGRICULTURA

A Etnobotânica ensina sobre a coevolução dos humanos com plantas, sejam elas de potencial alimentício, estimulante ou farmacológico. O período contemporâneo da civilização humana, com sua expressão cultural predominantemente simbólico-metafórica, além de profundamente ancorada na Tecnologia, racionaliza essa busca constante do alimento e da cura. O *Homo sapiens* metropolitano é hoje observador superficial das profundas modificações genéticas sempre promovidas nas plantas, por meio dos processos de domesticação que desde o início atenderam às necessidades e, não surpreendentemente, aos desejos do consumidor.

Humanos sempre tiveram uma relação ambígua com plantas, dado seu potencial alimentar e estimulante, como também seu potencial farmacológico (mágico?), este muitas vezes na tênue linha divisória do efeito tóxico e mesmo letal. Assim, os mecanismos fisiológicos e comportamentais do reconhecimento da utilidade das plantas podem ser estudados de acordo com o método da Ecologia Química. Nesse longo período de convivência e coevolução, o “egoísmo biológico” da espécie *Homo sapiens* sempre soube ponderar as necessidades nutricionais pela cautela, expressa por reações fisiológicas e comportamentais, como a neofobia, por exemplo. Surpreendente é que em muitos casos, vegetais tóxicos aos humanos passaram a ser por estes processados, ou mesmo combinados de forma não-ortodoxa, como ocorre na geofagia. Tais alimentos, estimulantes e fármacos, poderiam ter sido dispensados na dieta e na cura. Entretanto, continuam sendo utilizados, evidenciando que desejos e necessidades são fatores de igual importância na cultura humana, promovendo o desenvolvimento de tecnologia apropriada para a utilização de muitos vegetais aparentemente dispensáveis do ponto de vista nutricional e medicinal.

As fronteiras tênues entre a dieta e a cura explicam a ambiguidade humana em sua relação com as plantas, e as reações diferentes às tecnologias atuais que promovem avanços significativos em medicina e em nutrição. Nenhum vírus engenheirado para terapia gênica recebeu, da interpretação leiga, títulos como por exemplo

“Enigma de Andrômeda” ou similares. Entretanto, modificações genéticas extremamente simples, de resto já experimentadas pela Natureza ao longo do período de vida no planeta, promovidas em vegetais importantes para a dieta humana, recebem títulos tais como “frankenfood”. Isso não representa novidade na cultura humana. Uma das mais significativas expressões de neofobia é o reconhecimento de plantas por meio de sinais de alerta linguístico, do tipo “Comigo ninguém pode”, “Urtiga brava” e outros. São meios de apropriação de conhecimento, que utilizam mecanismos ligados a imagem e imaginação.

Sugestões de que se deva praticar um melhoramento de plantas alternativo, que dispense a utilização das tecnologias do DNA recombinante, não encontram suporte lógico, dadas todas as recentes evidências sobre as profundas modificações na estrutura genética fina obtidas apenas com seleção fenotípica, desde o Neolítico. Ademais, as recentes tecnologias de “tratamento de texto” desenvolvidas para a recombinação genética *in vitro* (evolução direcionada), tornam o reconhecimento de espécies com base nas classificações taxonômicas atuais, matéria em revisão, revogando conceitos vagos tais como “essência da vida”, “gene alienígena” e similares.

Assim, os avanços da Ciência e da Tecnologia estão sempre estabelecendo novos patamares de desenvolvimento sócio-econômico. Nos anos 20, nos EUA, alguns agricultores de milho não estavam satisfeitos com a performance das variedades de milho das quais dispunham. Entretanto, muitos não queriam dispor do uso dessas variedades, por tradição cultural ou conservadorismo. Não foi senão quando os melhoristas de milho das universidades de Illinois, Iowa, Cornell e outras, demonstraram os ganhos em produtividade e o valor genético dos híbridos de milho que essa tecnologia se estabeleceu. Havia, obviamente, incertezas sobre a relação custo-benefício desses novos produtos, dado o custo da tecnologia. No Brasil, uns poucos professores universitários dedicados à arte e à ciência do melhoramento genético obtiveram treinamento nessa tecnologia nos EUA, trazendo-a ao país.

É muito interessante observar que, desde então, nunca os avanços em melhoramento genético do milho, no Brasil, deixaram de estar nivelados com o que de melhor se pratica nos EUA. Nossos pesquisadores continuam, com os recursos a eles destinados pelas

agências de financiamento de pesquisa, a serem treinados nas novas tecnologias de Engenharia Genética e Engenharia Genômica, criadas e desenvolvidas principalmente nos EUA, o que mantém aberta a possibilidade de que o Brasil possa manter um nível de desenvolvimento científico e tecnológico compatível com as necessidades estratégicas e competitivas do país. Apostar contra a Ciência e a Tecnologia demonstra apenas obscurantismo, conforme atesta em contrário o excelente resultado do Projeto Genoma da FAPESP, no estado de São Paulo.

Assim, a exemplo da introdução do milho híbrido, o uso da biotecnologia agrícola não representa a primeira vez em que uma inovação tecnológica provoca ansiedade no mercado. Entretanto, com mais de 70 anos de desenvolvimento de estudos em genética e melhoramento de milho, aumentando a produtividade e a eficiência dos produtores, não há porque duvidar da continuidade desse desenvolvimento por meio de plantas geneticamente modificadas. Esse desenvolvimento é crítico, não apenas no sentido de suprir o alimento necessário à uma população em contínua expansão, sem que se lance mão de agricultura em áreas de vegetação natural preservada ou em solos frágeis. Essa tecnologia não é a panacéia que resolverá sozinha o problema da fome mundial, sabemos todos. Entretanto, sua contribuição será significativa, não apenas em suprir alimentos, mas também em adequar a produção desses alimentos à estratégia sócio-econômica contemporânea. A agricultura brasileira, pelo seu potencial e pelo já realizado, deve trabalhar com a informação, publicada pela revista *Science* de 23 de outubro de 1998, de que cada 3% de aumento na produção de milho americana leva a um incremento de 1 bilhão de dólares na economia dos EUA.

Em futuro próximo, características genéticas do milho, desenvolvidas por meio de biotecnologia, promoverão benefício nutricional incrementado, oferecendo também a possibilidade de sua utilização em aplicações médicas e farmacológicas, além de prover soluções de maior sustentabilidade ambiental para um amplo espectro de processos industriais.

Na alimentação animal, o uso de milho geneticamente modificado que oferece uma nutrição de melhor qualidade, especialmente para suínos e aves, está repleto de exemplos já em desenvolvimento. Modificações nos teores e composição qualitativa

de óleo, proteína e amido, baixo teor de fitato, o que promove melhoria ambiental, e variação nos teores de fósforo, visando melhor digestibilidade.

Nesses últimos anos, biotecnologia tem significado mudanças – alguns poderiam traduzir por ansiedades – para produtores e consumidores, em todo o mundo. A biotecnologia continuará a revolucionar a agricultura, uma vez que a transferência de genes de interesse pode agora ser obtida a uma velocidade muito maior do que aquela de que é capaz o melhoramento genético tradicional.

O principal reflexo do milho transgênico na agricultura reside no fato de que a estrutura tradicional de agregação de valor e utilização de insumos na agricultura mudou radicalmente. Está aberta a possibilidade da introdução desses insumos nos meios de produção, utilizando-se tecnologia genética. Enfim, o mesmo fenômeno que ocorre com a revolução informacional. Nenhuma surpresa, já que ambas as tecnologias, Informática e Genética, possuem como base comum, a Informação.

Por gerações, a economia humana vem dependendo de plantas como fonte de alimento, fibra e materiais de construção. Plantas são fábricas químicas muito eficientes – utilizam elementos da natureza tais como água, luz e gás carbônico. Proteínas, óleos, gorduras, aminoácidos aromáticos e compostos de defesa das plantas possuem valor que pode ser transformado em alimento, saúde e indústria.

Graças às novas tecnologias genéticas, é agora possível utilizar as plantas para a fabricação de fármacos e drogas, vacinas, alimentos nutricionais específicos (nutricêuticos), composto para o controle de insetos, fungicidas, matérias primas industriais e cosméticos. Muito além da produção de grãos. Além disso, algumas espécies exibirão maior tolerância ao frio, calor, solos ácidos e salinos, entre outros, o que resultará em expansão da produção em áreas marginais, hoje não utilizadas para a produção.

A maior especialização da cultura do milho induzirá uma maior especialização do produtor de milho, que estará envolvido também em estratégias de produção que demandam preservação da identidade da cultivar. O foco da produção agrícola, em vários casos, estará se desviando da produção da lavoura para o valor da lavoura. Mais e mais, nichos de mercado criarão lavouras de alto valor econômico. Certamente a agricultura continuará a se tornar mais e mais uma

atividade complexa e tecnificada, conforme demonstram as tecnologias associadas à agricultura de precisão. Mas, não tem sido assim desde o início do período Neolítico, há 12.000 anos atrás?

Projetando a visão para um futuro não distante em termos de genética vegetal e produção agrícola, pode-se observar: (i) mais e mais a Genética tratará da “prospecção de genes”, assemelhando-se com a indústria petrolífera e de mineração, com seus contratos de risco, partição de riscos/benefícios, propriedade intelectual e patentes, e imensurável valor econômico. Genes de valor econômico serão incorporados no milho e em outras espécies agrícolas. A domesticação de plantas passará a utilizar as tecnologias contemporâneas; (ii) produtores de sementes contratarão a produção de híbridos específicos para a indústria de transformação. Em muitos casos, produzindo menor quantidade de sementes, porém de valor significativamente mais elevado, comparado à semente comum; (iii) produtores rurais poderão adquirir híbridos de milho específicos para a alimentação de suínos, por exemplo; (iv) produtores rurais farão contratos com cadeias de “fast-food” para a produção de componentes nutricionais específicos em suas lavouras; (v) melhoristas de plantas e produtores rurais farão acordos com indústrias processadoras para atender requerimentos nutricionais específicos de nichos específicos do mercado; (vi) lavouras de milho produzirão plásticos para uso industrial; (vii) plantas desenvolvidas para sintetizar elevado teor de óleo poderão produzir componentes combustíveis da classe do petróleo; e (viii) híbridos de milho produzirão compostos farmacêuticos e drogas de valor medicinal.

Essa progressão rumo à ficção científica, embora intencional, não é ficcional de fato. O Professor Adilson Leite, pesquisador em Biologia Molecular do Centro de Biologia Molecular e Engenharia Genética, da UNICAMP, acaba de publicar um trabalho científico que versa sobre a expressão de hormônio do crescimento humano corretamente processado em sementes de fumo transgênico. Nas palavras do próprio Prof. Adilson: *“Em tabaco a expressão é baixa (0,16% da proteína solúvel de semente), e o processo de purificação é caro. No entanto os primeiros resultados de expressão em milho são animadores. Resultados preliminares ainda mostraram uma expressão próximo à 0,5%, o que poderá resultar na produção de aproximadamente 250 g de hGH em uma ton de milho. E o processo*

de purificação deverá ser muito mais simples. No momento multiplicamos as sementes de milho transgênico, e em um mês deveremos iniciar a análise das progênes. Estamos também trabalhando na expressão de outros hormônios protéicos, um anticorpo anti-câncer, e também na expressão de um peptídeo para uso veterinário”.

E ainda há quem faça campanha por um “Brasil livre de transgênicos”.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

JAMES, C. PREVIEW: Global Review of Commercialized Transgenic Crops: ISAAA Briefs. No.12. 1999.

LEITE, A. Expression of Correctly Processed Human Growth Hormone in Seeds of Transgenic Tobacco Plants. Molecular Breeding. v.6, n.1, p.47-53. 2000.

MANN, C. Reseeding the Green Revolution. Science. 277. 22 August 1997.

SERRATOS et al. Gene Flow among Maize Landraces, Improved Maize Varieties, and Teosinte: Implications for Transgenic Maize. Proceedings of a Forum. CIMMYT. 1995.

<http://www.ncga.com/02profits/insectMgmtPlan/main.htm>

http://www.gobal8.com/conference99/ag_lettr.html

<http://www.ig.iastate.edu/aginfo/news/survey.html>

[http://www.pioneer.com/usa/gmo/value_of_products/product_value.h](http://www.pioneer.com/usa/gmo/value_of_products/product_value.htm)
[tm](http://www.pioneer.com/usa/gmo/value_of_products/product_value.htm)

<http://www.burruseed.com/coming.htm>

<http://www.exseed.com/grain.html>

<http://www.corn.org/web/rels0499.htm>

<http://www.ontariocorn.org/novart3.html>

MILHO: FISILOGIA DA PRODUÇÃO E PRODUTIVIDADE

Antonio Luiz Fancelli

Professor, Departamento de Produção Vegetal, ESALQ
Universidade de São Paulo, Caixa Postal 9
CEP: 13.418-970 Piracicaba, SP
e-mail: alfancel@carpa.ciagri.usp.br

Durval Dourado Neto

Professor, Departamento de Produção Vegetal, ESALQ
Universidade de São Paulo, Caixa Postal 9
CEP: 13.418-970 Piracicaba, SP, Pesquisador do CNPq
e-mail: dourado@carpa.ciagri.usp.br

INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é considerada uma das principais espécies utilizadas no mundo, visto que anualmente são cultivados cerca de 140 milhões de hectares, os quais contribuem para a produção de, aproximadamente, 600 milhões de toneladas de grãos.

O milho, comparativamente a outras espécies cultivadas, tem evidenciado avanços significativos nas mais diversas áreas do conhecimento agrônomo, bem como naquelas concernentes à ecologia e etnobiologia, propiciando melhor compreensão de suas relações com o ambiente e o Homem. Tais interações mostram-se fundamentais para o exercício da previsão de comportamento da planta, quando submetida a estímulos e ações negativas advindas da atuação de agentes bióticos e abióticos no sistema produtivo.

Assim, mostra-se premente a ampliação do conhecimento da planta de milho e do ambiente de produção, aliado à avaliação presente e futura do cenário agrícola local e mundial, para o estabelecimento de sistemas de produção eficientes e racionais, objetivando a obtenção de resultados satisfatórios quanto à produtividade, qualidade do produto, sustentabilidade da atividade e lucros.

FISIOLOGIA DA PRODUÇÃO

A planta de milho é considerada como sendo uma das mais eficientes na conversão de energia radiante e, conseqüentemente, na produção de biomassa, visto que uma semente que pesa, em média, 260mg, resulta em um período de tempo próximo a 140 dias cerca de 0,8 a 1,2 kg de biomassa por planta e 180 a 250 g de grãos por planta, multiplicando, aproximadamente, 1000 vezes o peso da semente que a originou.

Este fato é ratificado por Sangoi (2001), pois afirma o referido autor que, o milho é uma das culturas que apresentou maior incremento no seu potencial produtivo no século XX, expressando ganhos em produtividade da ordem de 1,0 a 1,5 5 ao ano, sobretudo nas últimas quatro décadas.

Para Andrade (1995), apesar do elevado potencial produtivo, o milho apresenta acentuada sensibilidade a estresse de natureza biótica e abiótica, que aliada a sua pequena plasticidade foliar, reduzida prolificidade e baixa capacidade de compensação efetiva, seu cultivo necessita ser rigorosamente planejado e criteriosamente manejado, objetivando a manifestação de sua capacidade produtiva.

Assim, o conhecimento da influência efetiva dos fatores que determinam o desempenho da planta, poderá contribuir de forma decisiva para a minimização de estresses de natureza diversa. Ainda, tal fato favorecerá a predição ou previsão da duração das etapas de desenvolvimento da planta, bem como a coincidência dessas etapas com condições desfavoráveis de oferta dos fatores de produção.

Para o milho, temperaturas do solo inferiores a 10°C e superiores a 42°C prejudicam sensivelmente a germinação, ao passo que àquelas situadas entre 25 e 30°C propiciam as melhores condições para o desencadeamento dos processos de germinação das sementes e emergência das plântulas.

Assim, a cultura de milho não deverá ser implantada quando o solo estiver úmido (capacidade de campo) e sua temperatura for inferior a 15°C, pois essa combinação implicará no aumento da taxa de plântulas anormais, principalmente se essa condição coincidir com a fase de embebição ou reidratação das sementes.

Contudo, em locais frios (sul do país ou regiões de altitude elevada), se houver necessidade da semeadura de milho, com solo

apresentando temperatura inferior a 18°C, Fancelli (2000), recomenda a implementação das seguintes medidas:

- a) Reforçar o tratamento de sementes, valendo-se de fungicidas específicos;
- b) Não efetuar semeadura profunda (profundidade máxima de semeadura = 3cm);
- c) Utilizar sementes íntegras (sem fissuras ou danificações) e vigorosas (valor satisfatório no teste de frio) e
- d) Em plantio direto, utilizar qualquer tipo de estrutura ativa ou passiva acoplada à semeadora, de forma a permitir a retirar da palha de cima do sulco de semeadura (faixa de 2 a 4 cm de largura).

Essa última providência objetiva o favorecimento do aquecimento do local de deposição das sementes (sulco), propiciando a aceleração do processo de germinação e emergência, resultando em menores taxas de perdas de estande.

Por ocasião do período de florescimento e maturação, temperaturas médias diárias superiores a 26°C podem promover a aceleração dessas fases, da mesma forma que temperaturas inferiores a 15,5°C podem prontamente retardá-las (BERGER, 1962). Resultados experimentais relatam que a cada grau de temperatura média diária superior a 21,1°C, nos primeiros 50-60 dias após a semeadura, pode antecipar o florescimento de dois a três dias.

Ainda, o rendimento do milho pode ser reduzido, bem como pode ser alterada a composição protéica dos grãos, quando da ocorrência de temperaturas acima de 35-37°C (>3 horas), por ocasião do período de formação do grão. Tal efeito, na maior parte das vezes, está relacionado à diminuição da atividade da reductase do nitrato, a qual afeta o processo de transformação do nitrogênio disponível, bem como reduz a redistribuição desse elemento na planta.

Da mesma forma, a elevação da temperatura contribui para a redução da taxa fotossintética líquida em função do aumento da respiração, afetando diretamente a produção. Por essa razão, temperaturas elevadas prevaletentes no período noturno (>24°C) promovem um consumo energético demasiado, em função do incremento da respiração celular, ocasionando menor saldo de fotoassimilados, com conseqüente queda no rendimento da cultura. Cumpre salientar que a queda de produtividade em grãos, na

condição mencionada (temperatura noturna elevada), pode ser também determinada pela redução acentuada do ciclo da planta, em função do incremento da somatória térmica, aliada à diminuição do índice de área foliar (IAF). Ainda, temperaturas acima de 32°C reduzem, sensivelmente, a viabilidade e a germinação do grão de pólen, por ocasião de sua emissão.

A maioria dos híbridos atuais não apresenta desenvolvimento satisfatório em temperaturas inferiores a 10°C, que é considerada a temperatura basal para a espécie. Todavia, segundo alguns trabalhos de pesquisa, a temperatura basal para genótipos tardios é maior do que aquela correspondente aos materiais superprecoces e precoces (Berlato & Sutili, 1976). Na literatura são mencionados valores distintos relacionados a temperatura basal para o milho, tais como: 6°C (Bloc & Gouet, 1976); 8°C (Kyniry & Bonhomme, 1991; Brunini et al, 1981); 9°C (Cirilo, 1994) e 10°C (Tollenaar et al., 1979).

Para o milho, o potencial de produção é definido precocemente, ou seja por ocasião da emissão da 4ª folha, podendo se estender até a 6ª folha, principalmente em função da natureza protândrica dos principais genótipos utilizados no Brasil. A referida etapa é denominada de diferenciação floral, a qual também coincide com o término da fase de diferenciação das folhas. Nessa fase, a planta de milho não deverá ser submetida a nenhum tipo de estresse, principalmente quanto à baixa disponibilidade de água, temperaturas desfavoráveis, presença de plantas daninhas, patógenos e insetos-praga. Portanto, por ocasião da emissão da 5ª/7ª folha já estará definida a área foliar potencial que a planta deverá apresentar. Da mesma forma, a confirmação do número de fileiras da espiga, ocorrerá entre o período correspondente à emissão da 7ª e 9ª folha completamente expandidas, devido às transformações ocorridas na gema axilar que dará origem à espiga.

Fancelli et al. (1998), em ensaio realizado em Piracicaba, SP, com o objetivo específico de avaliar a interferência de plantas daninhas nos componentes de produção e no rendimento de milho, em função dos estádios fenológicos da cultura, concluíram que, quando o início do controle ocorreu apenas a partir da emissão da 6ª folha do milho constatou-se redução do comprimento médio da espiga, do número médio de grãos por fileira e do rendimento de

grãos. Concluíram, ainda, os autores, que o momento adequado para o controle de plantas daninhas na cultura de milho corresponde ao período compreendido entre a 2^a e a 4^a folha do milho.

Todavia, além da perda de produção provocada pelo famigerado efeito de mato-competição, alguns trabalhos de pesquisa e evidências práticas, têm demonstrado que a redução do rendimento da cultura do milho também pode ser determinado pelo tipo de herbicida, dosagem aplicada, adjuvantes adicionados à mistura, genótipo empregado, bem como pelo estágio fenológico que a planta é submetida ao tratamento químico.

Assim, Silva & Duarte (1997) constataram que a aplicação de alguns herbicidas em pós-emergência, tais como: cyanazine; cyanazine + simazine; 2,4-D amina e 2,4-D éster quando o milho ultrapassar o estágio de quatro folhas podem ocasionar problemas de fitotoxicidade e, conseqüente redução do rendimento da cultura.

Misturas prontas de atrazine e simazine (1,75 + 1,75) kg/ha i.a. + óleo vegetal, atrazine e óleo vegetal (2,40 + 1,80) kg/ha i.a., entre outras, se aplicadas foram quando a cultura apresentar 4 a 8 folhas, podem contribuir para a redução da produção do milho. Ainda, os tratamentos químicos contendo óleo vegetal, devem ser utilizados com critério, pois podem provocar fitotoxicidade da ordem de 10 a 15 %, implicando na diminuição da altura das plantas. (Duarte & Palma, 1995).

Em trabalho similar, Fancelli et al (1999), determinaram perdas significativas de produção, quando da utilização de nicossulfuron após a emissão da 6^a folha de milho, mesmo em híbridos considerados tolerantes ao referido herbicida.

Quanto a formação de espigas, Dwyer et al. (1992) relata que a primeira gema axilar que muda do estado vegetativo para o estado reprodutivo é a gema superior, isto é, aquela posicionada entre a 5^a e a 7^a folha abaixo da panícula ou pendão. No milho, pode ser encontrado até sete gemas em estado de diferenciação floral, aptas para a retomada do desenvolvimento, porém nunca acima daquela que primeiro se diferenciou. (Fischer & Palmer, 1984).

O número de fileiras e o número de óvulos contidos na espiga é afetado significativamente pela temperatura e pelo genótipo (Bertrand, 1991), sendo menos sensíveis à radiação solar e densidade de plantas (Uhart & Andrade, 1995). Todavia, para Fancelli (1997),

por ocasião da emissão da 4^a/5^a folha, a baixa disponibilidade de nitrogênio (<25 kg/ha), baixa disponibilidade de água (<2 mm/dia) e a presença de temperaturas baixas (<12°C), contribuem de forma decisiva para a redução do potencial de produção da cultura.

A cultura do milho exige um mínimo de 400-600mm de precipitação pluvial para que possa manifestar seu potencial produtivo, sem a necessidade da utilização da prática de irrigação, sendo que seu uso consuntivo, freqüentemente, oscila entre 4 a 6 mm/dia. Todavia, o período compreendido entre a fase de emborrachamento/pendoamento e grãos leitosos, caracteriza-se como a mais sensível ao estresse hídrico, resultando em perda significativa e irreversível de produção.

Para alguns autores, a ocorrência de curtos períodos de deficiência hídrica, no início do desenvolvimento da cultura, pode concorrer para estimular um maior desenvolvimento radicular das plantas, desde que o solo, abaixo de 15 cm da superfície, apresente-se abastecido com água disponível.

Cumpra também ressaltar, que a quantidade de água disponível para a cultura, encontra-se na dependência da capacidade exploratória das raízes, do armazenamento de água do solo e da magnitude do sistema radicular da planta. Assim, o manejo racional do solo e da cultura, reveste-se de suma importância, para o crescimento e distribuição do sistema radicular, favorecendo o aproveitamento eficiente da água e de nutrientes.

Para Saad (1991), existem diferenças acentuadas na profundidade efetiva da extração da solução do solo pelas raízes das culturas anuais. Segundo o mesmo autor, em condições tropicais, sem o emprego de manejo especial, a profundidade efetiva de raízes raramente ultrapassa 30cm; enquanto que em regiões de clima temperado podem atingir valores superiores a 1,0m, sem muita dificuldade. Neste contexto, a construção da fertilidade em subsuperfície, a manutenção de teores satisfatórios de matéria orgânica e a garantia da diversificação e proliferação de organismos do solo, constituem-se em fatores preponderantes de sucesso para a agricultura desenvolvida em condições tropicais e subtropicais.

Neste contexto, Fancelli (2000) relata que o desenvolvimento, crescimento, arquitetura (*distribuição de raízes individuais no espaço*

tridimensional) e funcionamento do sistema radicular poderão ser significativamente alterados por:

- a) elevada concentração de nutrientes nas camadas superficiais do solo (*representada por situações onde o V% for superior a 60%, acompanhado de baixa concentração de nutrientes em camadas mais profundas*);
- b) Revolvimento excessivo do solo (*desestruturação*);
- c) baixa aeração (*encrostamento e/ou compactação e/ou encharcamento do solo*);
- d) elevada concentração de alumínio (*impedimento químico*);
- e) temperaturas elevadas no ambiente radicular ($>39^{\circ}\text{C}$) e acentuadas amplitudes térmicas;
- f) acentuada disponibilidade temporal de nutrientes (*principalmente fósforo*);
- g) baixa disponibilidade de nitrogênio nos estádios iniciais de desenvolvimento das plantas (*principalmente de nitrogênio amoniacal*);
- h) deficiência de boro (solo);
- i) ausência de cálcio ao longo do perfil do solo (*sobretudo na forma de sulfato de cálcio*) e
- j) índices elevados de salinidade de sulco (*proporcionado pelo uso de quantidades elevadas de cloreto de potássio na semeadura*).

As evidências acima mencionadas, além de se constituírem em fatores de estresse, dificultarão o aproveitamento de água e nutrientes por parte da planta, com conseqüente redução de seu potencial produtivo.

Face ao exposto, não se recomenda o uso de quantidades de K_2O , na forma de cloreto de potássio, acima de 50 kg/ha, na semeadura, e quando do emprego de doses de K_2O superiores a 30 kg/ha, exige-se que a distância mínima do adubo em relação à semente seja de 8-12 cm. Todavia, se a quantidade recomendada, com base nos resultados da análise do solo e na expectativa de produção for superior a 50 kg/ha, recomenda-se distribuir a diferença à lanço, em pré-semadura (1 a 8 semanas antes do plantio), em pré-emergência (antes da emergência) ou em cobertura (antes da emissão da 5ª folha do milho).

No que concerne ao aproveitamento de luz, a superfície da folha fotossinteticamente ativa em relação à unidade de superfície de solo é denominada de índice de área foliar (IAF). Tal parâmetro permite estimar o grau de desenvolvimento da planta e o potencial de interceptação de energia radiante. Ainda, o IAF que determina a taxa máxima de crescimento é conhecido como IAF crítico, o qual varia em função do ambiente em que a planta estiver submetida. O IAF crítico para a cultura do milho oscila entre valores de 3,5 a 5, de acordo com a região, genótipo e sistema de produção considerados.

A área foliar pode ser avaliada através de inúmeros equipamentos e métodos, porém Antunes, Dourado-Neto & Fancelli (1997), objetivando maior praticidade na avaliação desse parâmetro, propuseram o método indireto da determinação do índice de área foliar mediante o uso do valor da altura de plantas, através do seguinte modelo quadrático:

$$IAF = a.h^2 + b.h$$

em que IAF se refere ao índice de área foliar ($m^2.m^{-2}$); a e b aos parâmetros empíricos do modelo determinados através de análise de regressão ($a = -0,00033$ e $b = 0,0967$) e h à altura da planta (cm).

Para o milho manifestar sua elevada capacidade de produção de biomassa, é necessário que a planta apresente adequada estrutura de interceptação da radiação disponível, que somente poderá ser obtida quando for evidenciado pelo menos 85-90 % de sua área foliar máxima. Assim, quanto mais rapidamente tal condição for atingida maior será a taxa de crescimento e a garantia de velocidade metabólica satisfatória.

Os valores ótimos de interceptação da radiação incidente (90-95% da área foliar máxima) para a cultura de milho é função da disponibilidade de água, de nutrientes, temperatura, da população de plantas e, sobretudo, da distribuição espacial das plantas na área.

Em trabalho realizado por Andrade (1995), ficou comprovado que população de plantas de milho muito aquém do recomendado, requer maior período de tempo para ser atingido o índice foliar crítico e que, em algumas condições de ambiente, nessa situação, o mesmo pode nem ser obtido. Por outro lado, populações excessivas poderão

acarretar o sombreamento prematuro de folhas, reduzindo, da mesma forma, o potencial de produção.

A eficiência máxima de conversão da radiação solar é afetada pela temperatura diurna e noturna reinante no período, bem como pela amplitude térmica resultante. Assim, temperaturas diurnas relativamente elevadas (28-32°C) possibilitam altas taxas fotossintéticas, ao passo que temperaturas noturnas amenas (18-20°C) contribuem para o prolongamento do período de crescimento, assegurando à cultura maior número de dias para o aproveitamento efetivo da radiação incidente.

O emprego de híbridos superprecoces em condições de acentuado calor (somatória térmica elevada), comumente relacionadas à semeadura tardia, além de ocasionar a redução do potencial produtivo da cultura, poderá predispor a planta de milho a maior incidência de doenças (principalmente o complexo das ferrugens), em virtude da elevação do nível de estresse provocado pela inadequação do genótipo às condições de ambiente designadas. (Lima & Fancelli, 1995).

A análise de vários experimentos realizados em diferentes regiões produtoras de milho no mundo, demonstraram que o rendimento em grãos desse cereal correlaciona-se positivamente com a radiação incidente média diária e com a amplitude térmica resultante, porém negativamente com a temperatura média do período. (Andrade, 1992).

Face ao exposto, mediante dados compilados de vários autores, conclui-se que temperaturas diurnas até 32°C, proporcionam maiores taxas fotossintéticas, maiores índices de emissão de folhas e maiores taxas de conversão de radiação solar. Concomitantemente, a ocorrência de temperaturas noturnas entre 18 e 20°C e o predomínio de amplitude térmica entre 15 e 22°C, evitam o encurtamento significativo de etapas fenológicas relevantes, bem como favorecem a cinética do crescimento e desenvolvimento das plantas de milho, resultando em rendimentos elevados.

As condições acima mencionadas deverão ser asseguradas, principalmente, entre os estádios correspondentes a 12 folhas e grãos leitosos, pois ocorre nesse período a confirmação do potencial de produção definido precocemente. Desta feita, na etapa considerada, a planta deverá estar devidamente suprida de nutrientes, principalmente

nitrogênio, e não ser submetida à deficiência hídrica e restrição de luz, por períodos prolongados. Ainda, a uniformidade de porte de plantas, seu adequado arranjo espacial e a integridade do aparato fotossintético, revestem-se de suma importância para a obtenção de rendimentos satisfatórios.

A redução de 30 a 40% da intensidade luminosa, na cultura do milho, na fase vegetativa, ocasiona um atraso na maturação dos grãos, principalmente em híbridos normais (ou tardios), que mostram-se mais sensíveis à restrição de luz. A disponibilidade de luz para a cultura é também reduzida pela presença de estruturas não fotossintetizadoras, como as panículas, que segundo Duncan et al. (1967), podem interceptar até 9% da radiação luminosa em lavouras apresentando 50.000-55.000 plantas/ha.

A redução de 50% da radiação incidente no período compreendido entre 15 dias antes (êmborrachamento”) e 15 dias após o florescimento (grãos leitosos), provocou a diminuição de 40 a 50% do rendimento em grãos de milho (Fischer & Palmer, 1894). Da mesma forma, a destruição de 25 % da área foliar do milho em sua porção terminal, próximo à etapa do florescimento, foi responsável pela redução de 32% da produção (Fancelli, 1988).

Após a fecundação, os grãos em formação, tornam-se “drenos” preferenciais para a planta, a qual deverá satisfazê-los de forma intensiva e contínua. Assim, a redução da taxa fotossintética das folhas superiores (“fonte”), após o florescimento, fatalmente resultará na queda considerável da produção.

A redução da taxa fotossintética após o florescimento poderá ser ocasionada por: i) seca; ii) excesso de chuva; iii) nebulosidade prolongada; iv) relação desfavorável entre N e K (relação nitrogênio/potássio maior que 2); v) destruição de área foliar (pragas e doenças) e vi) alta população (deficiência de luz). Essa situação implicará na necessidade da utilização das reservas do colmo no enchimento de grãos que, conforme o nível de estresse gerado, poderá favorecer a incidência de fungos de solo do gênero *Fusarium*, *Diplodia*, *Colletotrichum* e *Pythium* (Fancelli, 1994).

Assim, a integridade e a capacidade cúbica de armazenagem de excedentes de fotoassimilados por parte do colmo é de suma importância para o período de enchimento de grãos, atuando, em inúmeras situações, como órgão equilibrador da limitação de “fonte”,

promovendo a remobilização de carboidratos de reserva. Na literatura, menciona-se sua contribuição percentual no enchimento de grãos, que pode variar de 17% (Uhart & Andrade, 1995) até 44% (Ruget, 1993). Portanto, conclui-se que o milho deverá estar preparado para eventual restrição de carboidratos coincidente com a fase de enchimento de grãos, que poderá ser remediada, caso a planta apresente a possibilidade de acúmulo de excedentes de fotoassimilados no colmo, na etapa compreendida entre a 6ª e a 10ª folha. Entretanto, excedentes de fotoassimilados somente poderão ser armazenados para o atendimento de situações emergenciais se, na etapa mencionada, não ocorrer déficit hídrico significativo; mato-competição ou efeito alelopático; atraso de adubação de cobertura; temperaturas noturnas superiores a 22° C e dias nublados.

Com a predominância de relações desfavoráveis de fonte/dreno, será inevitável a produção de menor número de grãos, os quais serão pequenos e leves (pouco densos). Ainda, tal situação poderá aumentar a predisposição da planta a tombamento e quebramento. Em contrapartida, a evidência de relações extremamente favoráveis de fonte/dreno, originará grãos densos e bem formados, bem como a planta atingirá a maturidade fisiológica com maior concentração de açúcares no colmo, o que poderá se traduzir em maior tolerância da planta a eventual atraso de colheita.

A fase de enchimento de grãos pode ser dividida em 3 (três) etapas. A primeira está relacionada com intensa atividade mitótica que determina o número de células endospermáticas ou de reservas, além de acentuada translocação de substâncias solúveis, culminando no estágio de grãos leitosos. A segunda fase relaciona-se com o aumento rápido de densidade dos grãos em formação e, a terceira, encontra-se intimamente ligada às reações de transformação das substâncias de reserva.

Cumprе ressaltar que a diminuição do número de grãos pode ocorrer até 3 (três) semanas após o florescimento, em decorrência de condições predisponentes ao abortamento (grãos mais jovens são mais vulneráveis), que pode provocar a falha de granação no ápice da espiga (Tollenaar, 1977).

A taxa de sobrevivência é o fator que determina o número final de grãos. Normalmente a espiga produz 600-850 espiguetas, porém constata-se a sobrevivência de 400 a 500 grãos/espiga. Trabalho

desenvolvido por Andrade (1995) evidenciou que a diminuição de 70 a 80% do número de grãos, promoveu apenas 30% de aumento de peso nos grãos remanescentes, demonstrando que o milho não tem a capacidade de compensar a perda de número de grãos pela estratégia de incremento de peso (ou densidade).

DESEMPENHO E PRODUTIVIDADE

O milho (*Zea mays* L.) possui elevado potencial produtivo e acentuada habilidade fisiológica na conversão de carbono mineral em compostos orgânicos, os quais são translocados das folhas e de outros tecidos fotossinteticamente ativos (FONTE) para locais onde serão estocados ou metabolizados (DRENO).

As relações fonte-dreno podem ser alteradas sobremaneira pelas condições de solo, clima, estágio fisiológico e nível de estresse da cultura (Tollenaar, 1977 e Fancelli & Dourado-Neto, 1997).

O rendimento dos grãos de um cultura de milho, segundo Andrade et al. (1991) pode ser expresso pela seguinte equação:

$$y = Ri.Ei.Ec.p$$

em que *Ri* se refere à Radiação incidente; *Ei* à eficiência da interceptação da radiação incidente; *Ec* à eficiência de conversão da radiação interceptada pela biomassa vegetal e *p* à partição (ou distribuição) de fotoassimilados, por parte da planta, a seus diferentes órgãos.

Assim a radiação incidente é função da localização ou posição geográfica do local de produção (latitude, longitude e altitude), bem como da época de semeadura ao longo do ano. Esse fato é ressaltado por Alfonsi (1991), através da tabela 1, na qual observa-se a quantidade diferencial de radiação solar que atinge a Terra, em função da inclinação do eixo terrestre.

Tabela 1. Valores médios de energia incidente ($\text{cal.cm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$), em área plana, no hemisfério sul, em função da época do ano.

Latitude	Solstício de verão (dezembro)	Equinócio (Setembro/Outubro)	Solstício de inverno (Junho)
0°	840	880	790
20° S	1000	820	570
40° S	1050	620	300
60° S	1030	400	50

A eficiência de interceptação depende da idade da planta, da arquitetura foliar, do arranjo espacial de plantas e da população empregada, ao passo que a eficiência de conversão, dentre outros fatores depende principalmente da temperatura, do estado nutricional e do equilíbrio hídrico das plantas. A partição dos fotoassimilados, sobretudo, é função do genótipo e das relações de fonte-dreno estabelecidas durante a vida vegetal.

Em decorrência da temperatura afetar a eficiência de conversão, é preferível utilizar a taxa de crescimento por unidade de tempo térmico como medida de desempenho de genótipos de milho, conforme observada na Tabela 2. Assim, constata-se a existência de estreita correlação positiva entre o parâmetro anteriormente mencionado e a produção de grãos/ m^2 (Hawkins & Cooper, 1981).

Pela avaliação dos resultados presentes na tabela 2 verifica-se que a vantagem relativa à maior incidência de radiação solar em Davis (Califórnia/EUA), foi em parte anulada pela elevada soma térmica característica da referida região, culminando na redução do potencial produtivo do milho, quando comparado com aquele relacionado à Balcarce (Argentina). Nessa última região mencionada, a menor intensidade de radiação foi compensada (ou melhor aproveitada) pela menor soma térmica inerente ao local em apreço, resultando em unidade de tempo térmico maior ($66,7 \text{ cal.cm}^{-2}.\text{°C}^{-1}$).

Trabalho similar foi desenvolvido por Sangoi et al (2001), na região Sul do Brasil, onde foi comparado o potencial produtivo de Eldorado do Sul/RS ($30^{\circ}05'52''\text{LS}$ e 46 m de altitude) e Lajes/SC ($27^{\circ}52'30''\text{LS}$ e 930 m de altitude). Concluíram os autores que o maior potencial de produção da cultura do milho esteve relacionado à

Lajes/SC e o incremento de produção se deveu aos menores valores de temperatura atmosférica registrados no Planalto Catarinense, em comparação com a depressão Central do Rio Grande do Sul.

Tabela 2. Radiação total incidente diária, soma térmica, radiação total incidente por unidade de tempo térmico para a floração e o rendimento do milho em zonas distintas. (Andrade et al., 1991).

Local	Rad. total (cal.cm ⁻² .dia ⁻¹)	Soma Térmica (°C.dia ⁻¹)	Rad. total/unid. de tempo térmico (cal.cm ⁻² .°C ⁻¹)	Rendi- mento (kg ha ⁻¹)
Terras Baixas (México)	440	15,0	29,3	5.500
Terras Altas (México)	550	11,5	47,8	9.000
Greenfield (Califórnia/EUA)	542	9,6	56,5	10.600
Davis (Califórnia/EUA)	729	11,2	65,1	13.450
Pergamino (Argentina)	650	11,3	57,5	11500
Balcarce (Argentina)	600	9,0	66,7	13.800

1 Soma térmica média de 1 dia: (Temperatura Máxima + Temperatura Mínima)/2-10°C

O aumento da temperatura, principalmente noturna, além de incrementar o processo respiratório, contribui para aceleração da acumulação de graus-dia, contribuindo para o encurtamento do ciclo da cultura, reduzindo o aparato fotossintético e, conseqüentemente, a quantidade de radiação interceptada, bem como o potencial de produção.

O rendimento de grãos de uma cultura pode ser definido como sendo o produto do rendimento biológico e índice de colheita (IC). O rendimento biológico é comumente determinado pelo peso total da matéria seca da planta, perfazendo medida integrada dos efeitos combinados da fotossíntese e respiração durante a fase de crescimento. A fotossíntese, por sua vez, é dependente da extensão da

área foliar e da permanência das folhas em plena atividade. O índice de colheita, que se constitui na fração dos grãos produzidos em relação à matéria seca total da planta, pode ser empregado em programas de melhoramento genético e de avaliação de performance de genótipos submetidos a diferentes condições climáticas (Donald & Hamblin, 1976). Ainda, o índice de colheita poderá identificar a habilidade de um genótipo combinar elevada capacidade de produção total e de destinar a matéria seca acumulada a componentes de interesse econômico.

O IC máximo para a cultura do milho encontra-se próximo de 0,52, em regiões de clima temperado e/ou elevada latitude. Em contrapartida os menores índices de colheita mencionados na literatura referem-se àqueles oriundos de alguns países da África, quais sejam: Quênia (IC = 0,10) e Gana (IC = 0,27).

Em trabalho desenvolvido por Durães et al. (1993) ficou evidenciado que as características morfofisiológicas da planta associadas com o elevado rendimento de grãos variaram em função dos diferentes genótipos; contudo, a precocidade conferiu aos materiais testados os maiores índices de partição. Porém, Fancelli (1986) ressalta que a maior habilidade de partição relacionada aos genótipos superprecoces e precoces somente poderá se manifestar, quando forem efetivamente satisfeitas suas exigências climáticas e nutricionais.

Portanto, IC obtido em um determinado local não deverá ser extrapolado para outras regiões, pois tal parâmetro está intimamente correlacionado com a interação genótipo-ambiente.

Em ocasiões em que os indivíduos de uma comunidade vegetal se submetam a relações de competição por recursos materiais e energéticos, sobreviverão aqueles que detiverem características adaptativas superiores de natureza morfológica, fisiológica e comportamental. A capacidade de destinar, prioritariamente, recursos para a reprodução, sobrevivência, desenvolvimento, crescimento e defesa é uma das características adaptativas importantes definidas pelo “princípio de alocação” proposto por Cody (1966).

Genótipos tropicais de milho, segundo Goldsworthy & Colegrove (1974), apresentam partição da matéria seca deficiente e variável, o que pode explicar o baixo rendimento em grãos da cultura em condições tropicais, quando comparada às de clima temperado.

Relata, ainda, os mesmos autores, que o rendimento do milho é limitado pela amplitude do dreno. Essa limitada capacidade de dreno, característica de genótipos tropicais, é atribuída à competição interna entre as diferentes estruturas vegetativas (folhas, colmos e brácteas) e a espiga.

Para Evans (1975) o porte exuberante, grande número de folhas, maturação tardia, pendão avantajado, maior nível de dominância apical e baixo índice de colheita, foram importantes fatores adaptativos da planta de milho ao ambiente tropical. Plantas com essas características poderiam competir, eficientemente, com outras de rápido crescimento, bem como ser submetidas a significativas reduções de área foliar ocasionada por insetos e patógenos. Ainda, a maior quantidade de reservas de açúcares presentes no colmo de plantas de genótipo tropical, pode ser, evolutivamente, resultado da resistência à seca, necessidade de auxílio efetivo no enchimento de grãos, bem como à tolerância a podridões do colmo.

Atualmente, essas características tem sido submetidas a exaustivos estudos, por parte do melhoramento genético e da fisiologia da produção, objetivando a melhoria do desempenho da planta, quanto à adaptação a diferentes regiões, ao aproveitamento de fatores de produção e à melhoria no processo de partição de fotoassimilados.

O milho difere dos demais cereais, pois sua espiga origina de uma gema axilar e, por isso, está sujeita à ação de dominância apical. Portanto, a redução da atividade metabólica do pendão antes da antese pode contribuir para o aumento no crescimento do tamanho da espiga. (Messiaen, 1963). Na literatura, alguns trabalhos confirmam esse fato, pois a retirada apenas do pendão ou a redução de seu porte na planta, conferiu significativo incremento no tamanho das espigas resultantes.

A redução no rendimento do milho, nas mais variadas condições está associada à duração do período de enchimentos de grãos. Em regime de elevadas temperaturas diurnas ($>35^{\circ}\text{C}$) e noturnas ($>24^{\circ}\text{C}$) a taxa de acumulação de matéria seca nos grãos e a duração do período de enchimento são reduzidos. Tal período também poderá ser encurtado, segundo Afuakwa et al. (1984), em função da redução do suprimento de sacarose das folhas, provocado pela desfolha ou pela elevação do nível de estresse imposto à planta.

Para Fancelli (1988) a retirada de 5 folhas superiores das plantas de milho, quando a cultura apresentava 50 % das panículas em fase de polinização, ocasionou 32% de queda na produção em virtude da redução da densidade (peso) de grãos e do encurtamento do período de enchimento de grãos, além do referido estresse também ter afetado a qualidade fisiológica das sementes.

O incremento diário de matéria seca nos grãos pode variar, também, de acordo com o genótipo, ou seja, linhagens de grãos dentados apresentam maior taxa de acúmulo do que materiais genéticos portadores de grãos duros ou “flint” (Chengel, 1986).

Levantamento de dados realizados em Indiana, EUA, mostrou que a duração do período da emergência das plantas até a maturidade fisiológica, tem aumentado nos últimos 30 anos, com reflexos no alongamento do período de enchimento de grãos. Durante esse tempo, de acordo com alguns pesquisadores, o melhoramento genético de milho direcionado para a resistência de doenças e para o incremento no teor de óleo e proteína dos grãos, inconscientemente, pode ter contribuído para o prolongamento do referido período.

O número de grãos por planta e por unidade de área constitui-se num dos mais importantes componentes determinantes do rendimento da cultura, o qual é influenciado por eventos ocorridos entre a emissão da 4^a e 10^a folha, além daqueles evidenciados no florescimento (fecundação). Em áreas tropicais este é o parâmetro que, normalmente, concorre para as maiores oscilações de rendimento da cultura. A obtenção do maior número de grãos possível é função da população e do número de espigas encontradas por planta (prolificidade) e por área. Erroneamente, valoriza-se em demasia o tamanho da espiga, conferindo a este componente acentuado valor na definição do potencial produtivo. Todavia, reconhece-se que a planta de milho por não possuir capacidade compensatória efetiva, o tamanho da espiga muito pouco contribuirá para a definição da produção quando o número de espigas presentes na área for pequeno. Conclui-se, portanto, que em primeira instância, o número de espigas (ou número de grãos por unidade de área) deva ser o fator mais importante a ser considerado, quando comparado ao tamanho das mesmas.

O rendimento de grãos (e o número de grãos) aumenta, significativamente, com os incrementos do índice de área foliar (IAF)

variando de 3,5 a 5, segundo resultados obtidos no “Corn Belt” americano.

A maximização da produção dependerá da população empregada, que será função da capacidade suporte do meio e do sistema de produção adotado; do índice e da duração da área foliar fotossinteticamente ativa; da prolificidade do genótipo; da época de semeadura, visando satisfazer a cinética de desenvolvimento e crescimento; bem como da adequada distribuição espacial de plantas na área, em conformidade com as suas características genético-fisiológicas.

No Brasil, rendimentos elevados têm sido obtidos com a utilização de 55.000 a 72.000 plantas/ha, adotando-se espaçamentos variáveis entre 80 a 45 cm, apresentando 2,5 a 4,5 plantas por metro, devidamente arranjadas de forma a minimizar as relações de competição por fatores de produção. Cumpre ressaltar que tais recomendações referem-se, normalmente, a sistemas de produção irrigados e mantidos sob contínua vigilância e orientação. Todavia, as maiores produtividades, independentemente do genótipo considerado, têm sido obtidos com a combinação de espaçamentos entre linhas de 55 a 65 cm, com 3 a 3,6 plantas por metro.(Fancelli, 2001).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A espécie *Zea mays* é considerada como uma das plantas mais bem dotadas fisiologicamente, bem como de elevada capacidade produtiva. Todavia, a manifestação desses atributos depende das condições presentes no ambiente de produção. Por essa razão, o conhecimento da fisiologia da planta, o respeito às exigências edafo-climáticas da espécie, a visão sistêmica da atividade, aliados ao estabelecimento de estratégias de manejo racionais e eficientes, assumem caráter imperioso, na garantia de rendimentos lucrativos e sustentáveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFUAKWA, J.J., CROOKSTON, R.K.; JONES, R.J. Effect of temperature and sucrose availability on Kernel black layer development in maize. Crop Science. 24(2):285-288, 1984.

- ALFONSI, R.R. Agrometeorologia: importância e aplicações. CPG-Fitotecnia, ESALQ/USP. Piracicaba. 23p., 1991.
- ANDRADE, F.H., UHART, S.; ARGUISSAIN, G. Rendimiento potencial de maíz en Balcarce: analisis de los factores que lo determinan. Instituto Nacional de tecnologia agropecuária. Balcarce, Argentina. 11p., 1991. (boletín Técnico, 101).
- ANDRADE, F.H. Radiación y temperatura determinan los rendimientos máximos de maíz. Instituto Nacional de tecnologia agropecuária. Balcarce, Argentina. 34p. 1992 (Boletín Técnico, 106).
- ANDRADE, F.H. Analysis of growth and yield of maize, sunflower and soybean grown at Balcarce, Argentina. Field Crops Research, 41:1-12, 1995.
- ANTUNES, P.M.; DOURADO-NETO, D; FANCELLI, A.L. Método prático para estimativa de índice de área foliar na cultura de milho (*Zea mays* L.). In: Workshop on special topics about soil physics and crop modeling and simulation. Piracicaba, 1997.
- ALLISON, J.C.S.; WATSON, D.J. The production and distribution of dry matter in maize after flowering. Annals of Botany, 30(119):366-381, 1986.
- ARNON, I. Mineral nutrition of mayze. International Potash Institute. Bern. Switzerland, 1975. 452p.
- BERGER, J. Maize production and the manuring of maizes. Center d'Estudo de l'Azote. p.38-41. 1962.
- BERLATO, M.A.; SUTILI, V.R. Determinação das temperaturas bases dos subperíodos emergência - pendoamento e emergência - espigamento de 3 cultivares de milho. In: XXI Reunião Técnica de milho e sorgo. Resumos. Porto Alegre. p.26., 1976.
- BERTRAND, M. Mécanismes de l'élaboration du nombre de graines du mais. Valeur prédictive d'indicateurs écophysiologiques. Thèse Dr. Institut National Agronomique, Paris-Grignon. 185p. 1991.
- BLOC, D.; GOUET, J.P. Influence of accumulated heat units on maturity in corn. In: Agrometeorology of mayze (corn) crop. W.M.O., 481:76-83, 1976.
- BRUNINI, O.; CAMARGO, M.B.P.; MIRANDA, L.T.; SAWASAKI, E. Resistência estomatal e potencial de água em

- variedades de milho em condições de campo. III. Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. Pelotas. p. 134-138., 1981.
- CANTRELL, R.G.; GEALDEMANN, J.L. Contribution of truss leaves to maize grain yield. *Crop Science*, 21 (4): 544-546., 1981.
- CHENGEL, G. Process of grain filling in inbred maize lines. *Seed Abstracts*. 9(11):366, 1986.
- CIRILO, A.G. Desarrollo, crecimiento y partición de materia seca en cultivos de maíz sembrados en diferentes fechas. Balcarce, Buenos Aires, Argentina. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Mar del Plata, 86 p, 1994 (Tesis Magister Scientiae).
- CODY, M.L. A general theory of dutch size. *Evolution*. Lawrence. 20:174-84, 1966.
- DAKER, A. A água na agricultura: Manual de hidráulica agrícola - Irrigação e drenagem. 3ª. ed. Editora Freitas Bastos. 453p., 1970 (vol. 3).
- DONALD, C.M.; HAMBLIN, J. The biological yield and harvest index of cereal as agronomic and plant breeding criteria. *Advances in Agronomy*. Madison, 28:361-405, 1976.
- DUNCAN, W.G.; WILLIAMS, W.R. e LOOMIS, R.S. Maize production. *Crop Science*, 7, 37, 1967.
- DURÃES, F.O.M., MAGALHÃES, P.C., OLIVEIRA, A.C., FANCELLI, A.L.; COSTA, J.D. Partição de fitomassa e limitações de rendimento de milho (*Zea mays* L.) relacionados com a fonte-dreno. In: Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal, 4, Fortaleza, SBFV/UFCE, 1993. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, São Carlos, 5 (1):1-120. 1993.
- DWYER, L. M.; STEWART, D.W.; HAMILTON, R.I.; HOUWING, L. Ear position and vertical distribution of leaf area in corn. *Agronomy Journal*, 84:430-438., 1992.
- EVANS, L.T. The physiological basis of crop yield. *Crop Physiology; some case histories*. London. Cambridge Univ. Press. p.327-55, 1975
- FANCELLI, A.L.; LIMA, U.A. Milho: Produção, pré-processamento e transformação Agroindustrial. SICCI/PROMOCET/FEALQ. São Paulo. 112p., 1982. (Série Extensão Agroindustrial, 5).

- FANCELLI, A.L. Plantas Alimentícias: guia para aula, estudos e discussão. Centro Acadêmico "Luiz de Queiroz". ESALQ/USP, 1986. 131p.
- FANCELLI, A.L. Influência do desfolhamento no desempenho de plantas e de sementes de milho (*Zea mays* L.). Piracicaba. ESALQ/USP. 172p., 1988 (Tese de Doutorado).
- FANCELLI, A.L. Escolha do tipo de cultivar de milho. Departamento de Agricultura / ESALQ / USP. Piracicaba. 8p., 1989.
- FANCELLI, A.L. Milho e feijão: Elementos para manejo em agricultura irrigada. Departamento de agricultura/ESALQ/USP. Piracicaba. 14p, 1994.
- FANCELLI, A.L. Qualidade de grãos. Braskalb. Campinas, 1995. 6p.
- FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D. Tecnologia da produção de milho. Piracicaba. Publique., 1997. 174 p.
- FANCELLI, A.L; D.DOURADO-NETO Produção de Milho Editora Agropecuária. Guaíba, 2000. 316p.
- FERRAZ, E.C. Fisiologia do milho. In: Cultura e adubação do milho. Instituto Brasileiro da Potassa. São Paulo. p.369-379, 1966.
- FISCHER, K. S.; PALMER, F.E. Tropical maize. In: Goldsworthy, P.R.; Fisher, N.M. (ed.). The physiology of tropical field crops. Wiley. p.231-248. 1984.
- FRATTINI, J.A. Cultura do milho. Instruções Sumárias. CATI/COT. Campinas, 1975. 26p. (mimeografado).
- FREY, N.M. Dry matter accumulation in Kernels of maize. Crop Science, 21: 118-122., 1981.
- GOLDSWORTHY, P.R.; COLEGROVE, M. Growth an yield of highland maize in Mexico. Journal of Agricultural Science. 83:223-30, 1974
- GOODMANN, M.M.; SMITH, J.S.C. Botânica do milho. In: Melhoramento e produção do milho no Brasil. Fundação Cargill. Piracicaba, 1978. p.32-70.
- HAWKINS, R.C.; COOPER, P.J.M. Growth, development and grain yield of maize. Expl. agric. 17:203-207, 1981.
- IOWA STATE UNIVERSITY. National corn handbook. Cooperative Extension Service. Ames. 612p. 1993

- KINIRY, J.R.; BONHOMME. Predicting maize phenology. In: T. Hodges (ed.). Predicting crop phenology. CRC press. Boca Raton, Ann Arbor. Boston. p.115-131, 1991.
- KRAMER, P.J. Fifty years of progress in water relations reasearch. *Plant Physiology*. 54:463-471.,1974.
- LIMA, M.G.; FANCELLI, A.L. Calibração e validação do modelo Ceres-Maize em condições tropicais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* (no prelo).
- LOOMIS, R.S.; WILLIAMS, W.A. Maximum crop productivity: an estimate. *Crop Science*. 3(1):67-72, 1963.
- MAGALHÃES, A.C.N.; SILVA, W.J. Determinantes genético-fisiológicos da produtividade do milho. In: *Melhoramento e produção de milho no Brasil*. PATERNIANI, E. Fundação Cargill. São Paulo. p.346-379. 1978.
- MESSIAEN, C.M. Physiologie du developement chez *Zea mays*. *Ann. Epiphyties* 14: hors srie 11, 1963.
- NEL, P.C.; SMIT, N.S.H. Growth and development stages in the growing maize plant. *Farming in South Africa*. p. 1-7, 1978.
- NUSSIO, L.G. A cultura do milho e sorgo para a produção de silagem. In: FANCELLI, A.L. (editor) *Milho*. FEALQ / ESALQ / USP. Piracicaba. p 58-88. 1990.
- PATERNIANI, E. (editor). *Melhoramento e produção de milho no Brasil*. Fundação Cargill. Piracicaba. 650 p., 1978.
- PATERNIANI, E.; VIEGAS, G.P. (editores). *Melhoramento e produção do milho*. Fundação Cargill. Campinas. 795 p., 1987 (2 volumes).
- PURSEGLOVE, J.W. *Tropical crops. Monocotyledons*. I. John Wiley and Sons. Inc. New York. 334p.,1972.
- RUGET, F. Contribution of storage reserves during grain-filling of maize in northern european conditions. *Maydica*, 38:51-59. 1993.
- SAAD, A.M. *Uso do tensiômetro no controle da irrigação por pivô central*. Piracicaba, ESALQ / USP, 141p, 1991 (Dissertação de Mestrado).
- SANGOI, L. Understanding plant density effects on maize growth and development : na important issue to maximize grain yield. *Revista Ciência Rural*, Santa Maria.v. 31,n. 1, p 159-168, 2001

- SANGOI, L.; SILVA, P.R.F. da; ARGENTA, G.; RAMPAZZO, C.; GRACIETTI, L.C.; FORSTHOFER, E.L.; STRIEDER, M.L.; TEICHMANN, L.L. Potencial de rendimento de grãos de milho em função do sistema de produção adotado em dois ambientes contrastantes. Reunião Técnica Catarinense de Milho e Feijão, 3, resumos, EPAGRI. p 53-57. 2001.
- SILVA, J. B. da; DUARTE, N. de F. Manejo de plantas daninhas na cultura do milho. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D. Tecnologia da produção de milho. Piracicaba. Publique., 1997. p.75-83.
- TOLLENAAR, M.; DAYNARD, T.B. Relationship between assimilate source and reproductive sink in maize grown in a short season environment. *Agronomy Journal*. 70:219-23, 1977.
- TOLLENAAR, M.; DAYNARD, T.B.; HUNTER, T.B. Effect of temperature sensitive period for leaf number of maize. *crop Science*, 23:457-460, 1979.
- UHART, S.A.; ANDRADE, F.H. Nitrogen and carbonum accumulation and remobilization during grain filling in maize under different source/sink ratios. *Crop Science*, 35:183-190. 1995.
- VILLA NOVA, N.A., PEDRO Jr., M.J., PEREIRA, A.R., OMETTO, J.C. Estimativa de graus-dia acumulados acima de qualquer temperatura base, em função das temperaturas máxima e mínima. *Caderno de Ciência da Terra, Instituto de Geografia, USP*, 30, 1972. 8p.
- WILSIE, C.P. Crop adaptation and distribution. Ed. Freeman, 1962. 345 p.

AÇÃO DE BIORREGULADORES NA CULTURA DE MILHO

Paulo Roberto Camargo e Castro

Professor, Departamento de Produção Vegetal ESALQ

Universidade de São Paulo, Caixa Postal 9

CEP: 13418-970, Piracicaba, SP

e-mail: prccastr@carpa.ciagri.usp.br

Élvis Lima Vieira

Departamento de Fitotecnia

Escola de Agronomia da UFBA

CEP: 44380-000, Cruz das Almas, BA

e-mail: elvieira@carpa.ciagri.usp.br

INTRODUÇÃO

Os biorreguladores são compostos orgânicos que, em pequenas quantidades, inibem, promovem ou modificam de alguma forma processos morfológicos e fisiológicos do vegetal. Segundo Castro & Vieira (2001), na atualidade reconhecem-se cinco grupos de reguladores vegetais: as auxinas, as giberelinas, as citocininas, os retardadores e inibidores, e o etileno (Tabela 1). Essas substâncias naturais ou sintéticas, podem ser aplicadas diretamente nas plantas (folhas, frutos, sementes), provocando alterações nos processos vitais e estruturais, com a finalidade de incrementar a produção, melhorar a qualidade e facilitar a colheita. Através destas substâncias pode-se interferir em diversos processos, tais como a germinação, enraizamento, floração, frutificação e senescência. Esta interferência pode ocorrer pela aplicação dessas substâncias via semente, via solo ou via foliar, para isso elas precisam ser absorvidas a fim de que possam exercer sua atividade (Castro & Melotto, 1989).

Com a descoberta dos efeitos dos reguladores vegetais sobre as plantas cultivadas e os benefícios promovidos por estas substâncias de crescimento, muitos outros compostos e combinações desses produtos têm sido pesquisados com a finalidade de melhorar qualitativa e quantitativamente a produtividade das culturas.

A mistura de dois ou mais reguladores vegetais ou de reguladores vegetais com outras substâncias (aminoácidos, nutrientes, vitaminas), é designada de bioestimulante. Esse produto químico pode, em função da sua composição, concentração e proporção das substâncias, incrementar o crescimento e desenvolvimento vegetal, estimulando a divisão celular, diferenciação e o alongamento das células, favorecer o equilíbrio hormonal da planta, podendo também aumentar a absorção e a utilização de água e dos nutrientes pelas plantas.

O Stimulate é um bioestimulante líquido da Stoller Interprises Inc., composto por três reguladores vegetais: 0,009% de cinetina (citocinina), 0,005% de ácido giberélico (giberelina) e 0,005% de ácido indolbutírico (auxina) da Stoller do Brasil (1998).

Tabela 1: Principais grupos de hormônios e reguladores vegetais

Grupos	Endógeno	Sintético
Auxinas	IAA	2,4-D, NAA
Giberelinas	GA	-
Citocininas	Zeatina	6-BA, BAP
Retardadores	-	CCC, SADH
Inibidores	ABA	MH
Etileno	C ₂ H ₄	Ethephon

Os hormônios são ativos em concentrações micromolares ou submicromolares. Três aspectos devem estar envolvidos no sistema de resposta: a) os hormônios devem estar nas quantidades suficientes nas células adequadas; b) os hormônios devem ser reconhecidos e capturados com força por cada um dos grupos de células que respondem a eles. Existem proteínas localizadas na membrana plasmática de células vegetais, que capturam os hormônios, são as proteínas receptoras, que possuem estruturas complexas necessárias para o reconhecimento e captura; c) as proteínas receptoras causam e os mensageiros secundários conduzem a uma amplificação de efeito, podendo haver vários processos de amplificação em sequência, antes que finalmente se dê a resposta ao hormônio (promoção, inibição, alterações metabólicas), segundo Salisbury & Ross (1994).

O processo germinativo requer participação ativa da complexa maquinaria de síntese da célula, consistindo de uma série de enzimas, fatores e cofatores, reguladores hormonais (giberelina, auxinas e citocininas), ácidos nucleicos e caminhos outros ainda não identificados, com os aparatos para prover a energia necessária para as várias atividades de síntese.

O desenvolvimento do sistema radicular envolve estratégias que são comuns no desenvolvimento de órgãos de plantas e aspectos que são particulares das raízes. Todos os aspectos do desenvolvimento radicular são profundamente afetados pelos hormônios vegetais, com fortes efeitos atribuídos a auxina, citocinina e etileno. Existe forte evidência de que a maioria dos hormônios vegetais conhecidos, possuem na raiz sítios de síntese e que frequentemente estas substâncias são exportadas via xilema e/ou via floema, para outras partes da planta. A importância deste órgão para o restante da planta, torna-se clara visto que a manipulação do sistema radicular, em sua forma, tamanho e fisiologia, por métodos genéticos, seleção e testes de campo, oferece um novo caminho para a melhoria do crescimento e produtividade das plantas.

APLICAÇÕES DE BIORREGULADORES E DE BIOESTIMULANTES NA CULTURA DO MILHO (*Zea mays* L.)

Castro et al. (1987a), pulverizaram plantas de milho (*Zea mays* L.) cultivar Cargill – 525, após 34 dias da semeadura, com giberelina (100 mg.L^{-1}), ethephon (600 mg.L^{-1}), Agostemin ($0,8 \text{ g.L}^{-1}$) e Triacontanol ($0,5 \text{ mg.L}^{-1}$), visando observar alterações no desenvolvimento das plantas. Verificaram que a giberelina aumentou a altura das plantas, reduziu a massa seca e o número de folhas, e tendeu a diminuir a razão de área foliar das plantas de milho. As plantas tratadas com ethephon apresentaram aumento no número de folhas e na massa seca de raízes, colmo e folhas. O Triacontanol promoveu reduções na taxa assimilatória líquida (TAL) e na taxa de crescimento relativa (TCR) das plantas.

Castro et al. (1987b), trabalharam com os bioestimulantes: Agrostemin e Atonik e, os reguladores vegetais: giberelina, chlormequat, hidrazida maleica, além do controle. Objetivaram

avaliar os efeitos destas substâncias em sementes de milho (*Zea mays* L. cv. C – 525) e tomateiro (*Lycopersicon esculentum* cv. Kada), sob condições de laboratório. Para isso avaliaram os comprimentos da radícula e do hipocótilo das plântulas, após sete e quinze dias da semeadura. Concluíram que a giberelina (100 mg.L^{-1}) e Agrostemin ($1,25 \text{ g.L}^{-1}$), promoveram aumentos no crescimento da radícula e do hipocótilo das plântulas de milho e tomateiro. A hidrazida maleica (1000 mg.L^{-1}), inibiu o desenvolvimento da radícula das plântulas de milho e reduziu o crescimento da radícula e do hipocótilo das plântulas de tomateiro. O Atonik ($0,5 \text{ mL.L}^{-1}$), demonstrou tendência de reduzir o crescimento da radícula e do hipocótilo das plântulas de *Lycopersicon esculentum*.

O ethephon, a cinetina, a giberelina e a fusicoccina são citados para melhorar o índice de germinação sob condições de estresse causado por altas temperaturas, salinidade e alta ou baixa disponibilidade hídrica. Fusicoccina ou cinetina, combinadas com ethephon, melhoram o crescimento do embrião em nível suficiente para conter a restrição imposta quando existe baixo potencial mátrico no solo (Khan et al., 1992).

A aplicação de giberelina em plantas de milho, durante o estágio vegetativo, resulta em maior desenvolvimento da parte aérea, sem afetar a produção de massa seca e o rendimento dos grãos (Castro & Kluge, 1999).

A aplicação de 2,4-D (ácido 2,4-diclorofenoxiacético) não é recomendada na cultura do milho após o estágio de 4 folhas, pois provoca distúrbios fisiológicos que comprometem o rendimento de grãos, como o "encartuchamento" causado pela desorganização no crescimento das folhas, não permitindo a liberação do pendão e a perda do geotropismo positivo das raízes adventícias.

É de se esperar que a aplicação de reguladores vegetais que proporcionem elevação da evapotranspiração, em condições de suprimento adequado de água, alterem positivamente o rendimento dos grãos. Em condições de seca, vislumbra-se a aplicação de reguladores, como o ethephon, com o objetivo de reduzir a evapotranspiração (Kasele et al., 1994; Sagaral & Parrish, 1990). A altura da planta de milho pode também ser reduzida com a aplicação de ethephon, conforme Moro & Castro (1984).

Dario & Baltieri (1998), não observaram diferenças significativas entre os tratamentos com Stimulate (250 mL.ha⁻¹) em sementes de milho (*Zea mays* L.) e o controle, para os parâmetros: emergência de plântulas, altura de plantas, número de espigas/metro, tamanho das espigas, número de grãos/espiga e produção. Por outro lado, os tratamentos com o produto no estágio de semente (250 mL.ha⁻¹), semente mais 4 folhas (250 mL.ha⁻¹ e pulverização de 750 mL.ha⁻¹) e semente mais 8 folhas (250 mL.ha⁻¹ e pulverização de 750 mL.ha⁻¹), apresentaram-se significativamente superiores aos demais tratamentos. A aplicação do Stimulate na semente mais 4 folhas (250 mL.ha⁻¹ e pulverização de 750 mL.ha⁻¹), proporcionou incremento de produção da ordem de 13,81%. Observou-se também, que nas concentrações e estádios de aplicação avaliadas, o produto não apresentou fitotoxicidade à cultura.

Milléo (2000), com o objetivo de avaliar a eficiência agrônômica do produto Stimulate, quando aplicado no tratamento de sementes e no sulco de plantio, na cultura do milho (*Zea mays* L. cv. Zeneca 8474). Trabalhou com seis concentrações do produto (100; 150; 200; 250; 300 e 350 mL.ha⁻¹), em tratamento de sementes e no sulco de plantio, em um total de treze tratamentos, com o controle. O bioestimulante proporcionou maior velocidade na emergência, maior produção de massa seca, maior número de fileiras de grãos por espiga e maior produção de grãos na cultura do milho. O tratamento 350 mL.ha⁻¹ apresentou um ganho de produtividade de 68,03% em relação ao controle na análise da produtividade as concentrações de 300 mL.ha⁻¹ e 350 mL.ha⁻¹ no tratamento de sementes e em aplicação no sulco de plantio, foram as que apresentaram os melhores resultados.

Com a finalidade de avaliarem os efeitos do Stimulate (0,009% de cinetina, 0,005% de ácido giberélico 0,005% de ácido indolbutírico) sobre a germinação de sementes, vigor de plântulas e crescimento radicular de plantas de milho (*Zea mays* L. cv. CARGILL C-929), Vieira & Castro (2000) instalaram experimentos no Laboratório de Fisiologia Vegetal e no Horto Experimental de Botânica, ambos do Departamento de Ciências Biológicas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ) da Universidade de São Paulo (USP). As concentrações avaliadas foram de 2,5; 5,0; 7,5; 10,0 e 12,5 mL de Stimulate/0,5 kg de sementes e

7,5 mL de água destilada como controle, o produto foi aplicado diretamente sobre as sementes acondicionadas em sacos plásticos. As avaliações referentes a germinabilidade das sementes e vigor de plântulas foram efetuadas em germinadores e, as relacionadas com o crescimento radicular das plantas de milho, foram executadas em 24 rizotrons instalados em condições de casa de vegetação. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado com 6 tratamentos (concentrações) e 4 repetições. Os resultados foram submetidos a análise de regressão. Avaliaram-se a porcentagem de germinação, porcentagem de plântulas normais, porcentagem de plântulas anormais, comprimento e massa seca de plântulas, crescimento radicular vertical, comprimento radicular total e velocidade de crescimento radicular vertical.

Concluiu-se que a concentração de 5,3 mL de Stimulate proporcionou a máxima porcentagem de germinação de sementes de milho (95,5%), promovendo um aumento de 6,1% em relação ao controle (Figura 1). Incremento de 46,9% na porcentagem de plântulas normais, foi observado na concentração de 4,9 mL de Stimulate (Figura 2) com 58,2% de normalidade, em relação a concentração zero com 39,6% de plântulas normais. Stimulate na concentração de 5,2 mL promoveu uma redução de 27% na porcentagem de plântulas anormais, em relação ao controle, segundo a Figura 3.

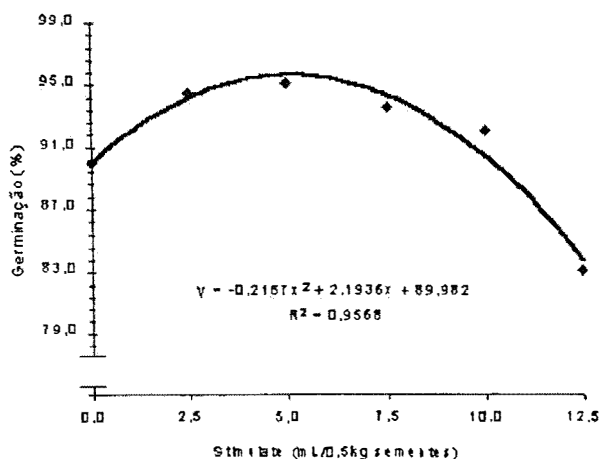


Figura 1: Modelo de regressão quadrática para a variável germinação de sementes de milho (*Zea mays* L.) sob seis concentrações de Stimulate.

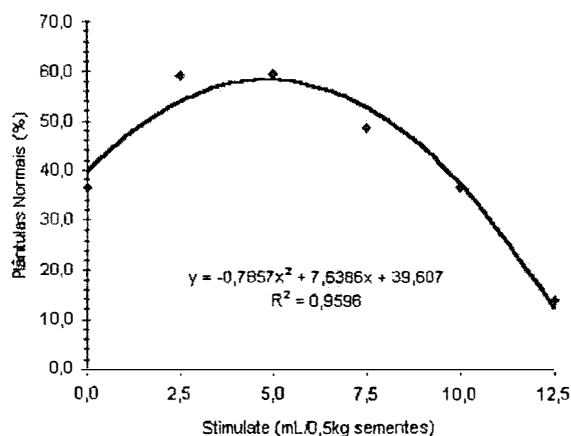


Figura 2: Modelo de regressão quadrática para a variável plântulas normais de milho (*Zea mays* L.) sob seis concentrações de Stimulate.

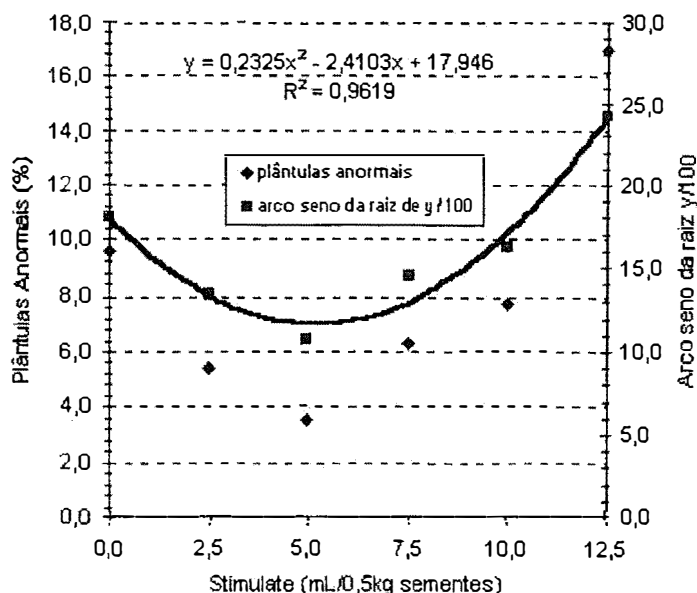


Figura 3: Modelo de regressão quadrática para a variável plântulas anormais de milho (*Zea mays* L.) sob seis concentrações de Stimulate.

A concentração de 12,5 mL de Stimulate, causou acúmulo máximo de massa seca nas plântulas de milho, superando o controle em 47,5%. O crescimento radicular vertical de 34,7 cm foi máximo na concentração de 6,6 mL de Stimulate, provocando um aumento de 17% em relação a concentração zero com 29,6 cm (Figura 5). A concentração de 6,4 mL de Stimulate (Figura 6 e 7) conferiu o comprimento radicular total máximo de 430,3 cm de raízes, superior em 165,5% ao valor registrado no controle, de 162,0 cm de raízes.

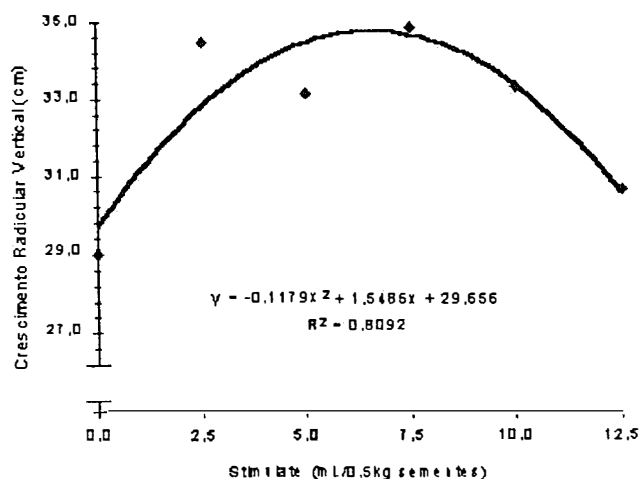


Figura 4: Modelo de regressão quadrática para a variável crescimento radicular vertical milho sob seis concentrações de Stimulate.

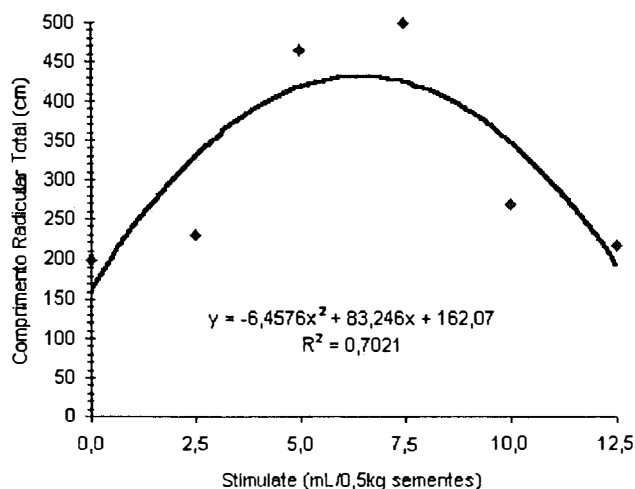


Figura 5: Modelo de regressão quadrática para a variável comprimento radicular total de milho sob seis concentrações de Stimulate.

A aplicação do Stimulate sobre as sementes se mostrou eficiente no que se refere a promoção de um melhor desempenho das sementes no processo germinativo, proporcionando maior número de plântulas normais e reduzindo significativamente as anormalidades de plântulas. Também, registrou-se melhor resposta dos sistemas radiculares das plantas originadas de sementes pré-tratadas com o bioestimulante, aumentando significativamente o crescimento e o comprimento das raízes dos sistemas radiculares.

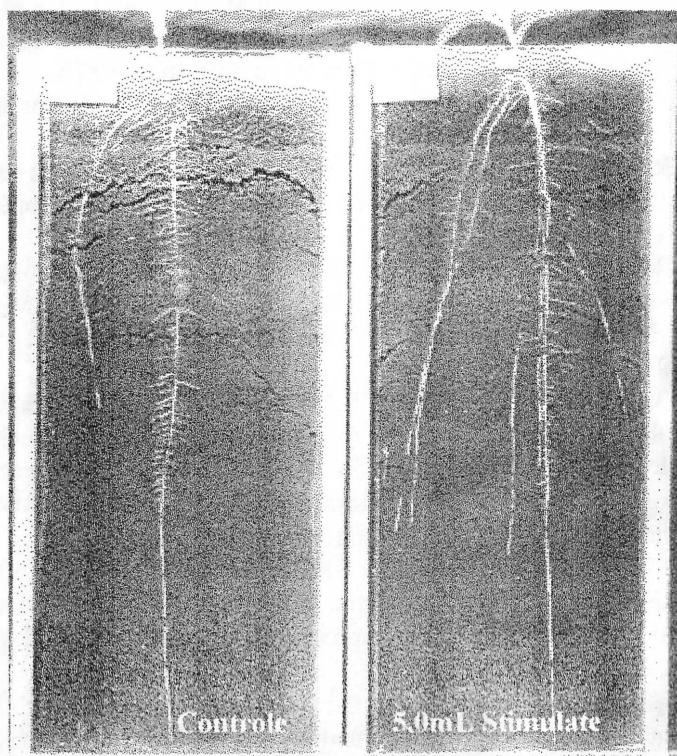


Figura 6: Vista da face plana frontal e transparente do rizotron, apresentando o sistema radicular de plantas de milho (*Zea mays* L.) controle em relação ao tratamento com 5,0 mL de Stimulate/0,5 kg de sementes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CASTRO, P.R.C.; CONFORTO, E.; NICOLINI, E.M.; GABRIEL, J.L.C.; ISMAEL, J.J. Efeitos de reguladores e estimulantes vegetais no desenvolvimento do milho (*Zea mays* L. cv. C-525). Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", v. 94, p.1079-1105, 1987a.
- CASTRO, P.R.C.; HENRIQUE, A.A.; FUMIS, T.F.; BABBONI JÚNIOR, A.C.; MINARELLI, A.M.; DI STASI, L.C.; RODRIGUES, S.D. Ação de reguladores e estimulantes vegetais na germinação de milho e tomateiro. Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", v. 94, p.359-367, 1987b.
- CASTRO, P.R.C.; KLUGE, R.A. Ecofisiologia de cultivos anuais. São Paulo: Nobel, 1999. 126p.
- CASTRO, P.R.C.; VIEIRA, E.L. Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária Ltda, 2001. 132p.
- CASTRO, P.R.S.; MELOTTO, E. Bioestimulantes e hormônios aplicados via foliar. In: BOARETO, A.E.; ROSELEM, C.A. Adubação foliar. Campinas: Fundação Cargill, 1989. v. 1, cap. 8, p.191-235.
- DARIO, G.J.A.; BALTIERI, E.M. Avaliação da eficiência do regulador vegetal Stimulate (citocinina + ácido indolbutírico + ácido giberélico) na cultura do milho (*Zea mays* L.). Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Depto. de Agricultura, 1998. 12p. (Relatório técnico)
- KASELE, I.N.; NYIRENDA, F.; SHANAHAN, J.F.; NILSEN, D.C.; D'ANDRIA, R. Ethephon alters corn growth, water use, and grain yield under drought stress. Agronomy Journal, v. 86, n.2, p.283-288, 1994.
- KHAN, A.A.; ANDREOLI, C.; PRUSINSKI, J.; ILYAS, S. Enhanced embryo growth potential as a basis for alleviating high temperature and osmotic stress. Adaption of food crops to temperature and water stress. Proceedings of International Symposium. Taiwan, 13-18 de agosto, 1992.
- MILLÉO, M.V.R. Avaliação da eficiência agrônômica do produto Stimulate aplicado no tratamento de sementes e no sulco de plantio sobre a cultura do milho (*Zea mays* L.). Ponta Grossa -

- Paraná: Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2000. 18p. (Relatório técnico).
- MORO, J.R.; CASTRO, P.R.C. Ação de reguladores vegetais na morfologia e produtividade do milho (*Zea mays* L.). Revista de Agricultura, v.59, n.3, p.301-311, 1984.
- SAGARAL, E.G.; PARRISH, D.J. Effects of ethephon and Tigr on the growth and yield of corn. Annual Meeting of Plant Growth Regulator Society of America, 16th. Proceedings. The Plant Growth Regulator Society of America, v.17, 123p.,1990.
- SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. Fisiologia vegetal. Trad. de Virgilio González Velázquez. Mexico: Grupo Editorial Iberoamérica, 1994. 759p.
- STOLLER DO BRASIL. Stimulate Mo em hortaliças. Informativo técnico. Stoller do Brasil. Divisão Arbore, 1998.
- VIEIRA, E.L.; CASTRO, P.R.C. Ação de Stimulate na germinação de sementes, vigor de plântulas e crescimento radicular de plantas de milho (*Zea mays* L.). Piracicaba - São Paulo: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - USP, 2000. 15p. (Relatório técnico).

CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS NA CULTURA DE MILHO: ENFOQUE ATUAL

Pedro Jacob Christoffoleti

Professor, Departamento de Produção Vegetal ESALQ
Universidade de São Paulo, Caixa Postal 9
CEP: 13418-900, Piracicaba, SP
e-mail: pjchrist@esalq.usp.br

Cristiane Gonçalves de Mendonça

Doutorado em Agronomia, Departamento de Produção Vegetal ESALQ
Universidade de São Paulo, Caixa Postal 9
CEP: 13418-900, Piracicaba, SP
e-mail: cgmendon@esalq.usp.br

INTRODUÇÃO

Dentre as inovações tecnológicas atualmente discutidas na cultura do milho destacam-se: (i) o conhecimento da dinâmica do banco de sementes que sustenta a população de plantas daninhas na área de produção de milho, a qual é de fundamental importância para o estabelecimento de estratégias de manejo das infestantes na cultura a longo prazo; (ii) a aplicações de herbicidas em condições de pós-emergência como uma técnica que vem sendo adotada de forma cada vez mais intensiva na cultura, tendo aspectos positivos e riscos de sua utilização, que devem ser analisados de forma criteriosa; (iii) a integração da cultura do milho a produção de forrageiras destinada para a pecuária, sendo um sistema de produção onde o manejo de plantas daninhas adquire formas diferenciadas de uma sistema de produção tradicional. (iv) interações de herbicidas com outros pesticidas, resultando em interações sinérgicas, aditivas ou antagônicas que devem ser analisadas antes da aplicação conjunta de pesticidas em uma sistema de produção. (v) finalmente, o fato de que o produtor de milho deve estar informado de todas as possibilidades e alternativas de manejo químico de plantas daninhas em sua propriedade para que possa fazer uma seleção adequada de métodos

de controle. Sendo assim, esses são os principais aspectos abordados nesse capítulo.

DINÂMICA DO BANCO DE SEMENTES DE PLANTAS DANINHAS NA CULTURA DO MILHO

A densidade populacional potencial de plantas daninhas em uma área é determinada pelo número de sementes no solo (banco de sementes). Uma maneira de reduzi-la é evitando a adição de novos propágulos, através do controle da produção de sementes (Skora Neto, 2001). Este autor desenvolveu trabalho de pesquisa com o objetivo de verificar alterações populacionais das plantas daninhas em função de táticas de controle empregadas em longo prazo na cultura do milho, evidenciando que as estratégias de controle de plantas daninhas adotadas na cultura é que determinam a composição quantitativa e qualitativa da comunidade infestante.

EFEITO DE PRÁTICAS CULTURAIS NOS NÍVEIS POPULACIONAIS DE PLANTAS DANINHAS NA CULTURA DO MILHO

Skora Neto (2001) desenvolveu um experimento durante dez anos em Ponta Grossa Paraná, utilizando no verão a cultura do milho e no inverno a rotação com adubos verdes ou aveia preta. O controle de plantas daninhas foi feito por meio de capinas manuais (à exceção dos tratamentos com herbicidas). Os tratamentos foram os seguintes: (1) controle de plantas daninhas durante todo o ciclo, em plantio convencional (sem ressemeadura, ou seja não foi permitida produção de novas sementes de plantas daninhas na área); (2) controle de plantas daninhas durante todo o ciclo, em plantio direto (sem ressemeadura); (3) controle de plantas daninhas somente no início do ciclo da cultura (período crítico de competição), em plantio convencional (com ressemeadura); (4) controle de plantas daninhas somente no início do ciclo da cultura (período crítico de competição), em plantio direto (com ressemeadura); (5) controle de plantas daninhas com herbicidas (pós-emergente + jato dirigido), em plantio convencional; (6) controle de plantas daninhas com herbicidas (pós-emergente + jato dirigido), em plantio direto.

Os resultados desses tratamentos sobre a densidade populacional de capim-marmelada (*Brachiaria plantaginea*), uma das plantas daninhas mais importantes da cultura do milho no Paraná, podem ser visualizados na Tabela 1. O número de plantas de capim marmelada foi reduzido mais intensamente nos primeiros anos de controle da ressemeadura, e, após quatro anos do efeito dos tratamentos (safra 1992), a redução da infestação era de mais de 97% em relação à infestação inicial (Tabela 1). Roberts & Feast (1973), em estudo de longevidade de sementes de plantas daninhas, observaram decréscimo exponencial no número de sementes viáveis no solo em anos sucessivos, quando sementes de plantas daninhas foram incorporadas a este.

Esta pesquisa demonstra que o controle das plantas daninhas durante todo o ciclo, evitando assim a produção de sementes durante dez anos, reduziu a densidade da planta daninha capim marmelada em mais de 99%. A aplicação de herbicidas em jato dirigido foi uma prática eficiente no controle da produção de novas sementes. Embora, Powles et al. (1992), tenham verificado a possibilidade de erradicação de *Hordeum vulgare* resistente ao paraquat através da total prevenção de produção de sementes por esta espécie durante três anos, os resultados demonstram que a busca da erradicação das plantas daninhas estudadas pode ser demorada e difícil de ser obtida, sendo de pouca praticidade almejar este fim. Entretanto, pelo rápido declínio populacional, quando não se permite a produção de sementes, verifica-se a viabilidade da adoção de práticas de controle para redução da densidade de infestação a níveis que permitam melhor convivência com as plantas daninhas nos agroecossistemas e obtenção de maior eficiência e economicidade no seu controle.

Tabela 1. Densidade populacional de capim marmelada (*Brachiaria plantaginea*) (plantas/m²) antes da capina, ou antes da aplicação do herbicida pós-emergente (retirado de Skora Neto, 2001).

Trat	Ano					
	1988	1989	1990	1991	1992	1993
1	386,7a	100,8ab	25,1bc	24,6bc	5,4c	5,5c
2	97,7b	24,6b	7,1c	4,0c	3,1c	0,6c
3	385,0a	153,9a	97,6a	152,6a	322,2b	1077,1a
4	230,0ab	109,3ab	69,4ab	59,0bc	504,3a	316,4b
5	421,0a	91,2ab	24,4bc	25,3bc	12,3c	10,3c
6	257,7ab	64,6ab	30,3bc	7,5c	7,1c	0,7c
CV%	16	25	26	24	13	7

Trat	Ano				
	1994	1995	1996	1997	1998
1	2,6c	2,0b	0,7c	1,6c	2,6c
2	1,3c	0,6b	0,2c	0,7cc	0,2c
3	510,0a	485,1a	638,4a	706,5a	214,8a
4	169,4b	336,1a	193,8b	238,4b	50,0b
5	7,2c	4,7b	3,4c	5,1c	2,6c
6	0,6c	1,5b	0,4c	0,3c	0,0c
CV%	18	18	8	12	22

As sementes de plantas daninhas podem permanecer vivas e dormentes nos solos agrícolas por muitos anos. Todavia, restringindo as entradas de sementes, a composição e a densidade do banco de sementes podem ser alteradas pelas técnicas de manejo adotadas, principalmente no que se refere ao manejo de plantas daninhas, a rotação de culturas e aos sistemas de cultivo (Forcella et al., 1992; Ball, 1992; Yenish et al., 1992; Schreiber, 1992; Val, 1996; Voll & Gazziero, 1997). Portanto, o tamanho, composição do banco de sementes e a vegetação presente na superfície do solo, refletem todo o sistema de manejo do solo e plantas daninhas que foi realizado (Caetano, 1999).

EFEITO DA DESCONTINUIDADE DE MANEJO DE PLANTAS DANINHAS NA DINÂMICA DE POPULAÇÕES

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 de milho 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 da área.

Schweizer & Zimdahl (1984) verificaram que seis anos de controle efetivo de plantas daninhas foram suficientes para reduzir substancialmente o banco de sementes. O controle de plantas daninhas através do herbicida atrazine na cultura do milho durante seis anos diminuiu o banco de sementes em 98%. Porém, a interrupção do controle efetivo das plantas daninhas através de cultivos mecânicos foi suficiente para restabelecer a população original do banco de sementes. Há de se considerar as interações que possam ocorrer com vários outros fatores como: condições climáticas no período, rotação de culturas, tipo de herbicida utilizado, efeito alelopático, etc. (Roberts, 1981, citado por Christoffoleti & Caetano, 1998).

ÉPOCA DE APLICAÇÃO DE HERBICIDAS PÓS-EMERGENTES NA CULTURA DO MILHO

Os programas de manejo de plantas daninhas na cultura do milho que utilizam herbicidas pós-emergentes tem aumentado bastante nos últimos anos. Uma das razões para esta tendência está fundamentadas na disponibilidade atual de herbicidas de pós-emergência efetivos no controle tanto de gramíneas quanto de folhas largas. No entanto, o aumento de áreas aplicadas com herbicidas pós-emergentes tem dois questionamentos importantes para serem respondidos. O primeiro refere-se à época de aplicação do herbicida para maximização da produção da cultura. Se a aplicação destes herbicidas for feita em momento inadequado, a produção da cultura

pode ser reduzida, ou pela ineficácia do herbicida, ou pela injúria que este herbicida pode causar à cultura. A segunda questão é quando aplicar para obter a melhor eficácia de controle das plantas daninhas. Este aspecto se deve ao fato que muitos herbicidas aplicados em pós-emergência não apresentam efeito residual no solo, portanto, se plantas daninhas emergirem após a aplicação do herbicida, estas podem ainda competir com a cultura, além do que plantas daninhas infestantes tardia das culturas representam potencial de produção de sementes e enriquecimento do banco de sementes e dificuldades para a colheita da cultura.

VANTAGENS DO USO DE HERBICIDAS PÓS-EMERGENTES NA CULTURA DO MILHO

Existem diversas vantagens de programas de manejo de plantas daninhas que consideram a aplicação em pós-emergência. A mais evidente delas é que o produtor somente aplica herbicida quando necessário, pois é possível fazer um levantamento real da flora existente e decidir racionalmente pela aplicação ou não, e pelo tipo e dose de herbicida a ser aplicado. Uma outra vantagem apontada refere-se a possibilidade de controle de algumas plantas daninhas problemáticas que herbicidas de pré-plantio-incorporado ou de pré-emergência não controlam. Além disso, normalmente os herbicidas de pós-emergência não tem efeito residual prolongado, e portanto não afetam culturas em sucessão suscetíveis. É claro que esta vantagem pode representar problemas para o manejo de plantas daninhas que emergirem tardiamente na cultura.

RISCOS DA UTILIZAÇÃO DE HERBICIDAS PÓS-EMERGENTES NA CULTURA DO MILHO

O principal risco para programas de controle em pós-emergência está relacionado principalmente à época de aplicação do herbicida. O momento da aplicação é fundamental para o sucesso de um programa de pós-emergência. Um controle ineficiente de plantas daninhas pode ser obtido tanto para as aplicações que forem feitas muito cedo (podem ocorrer novos fluxos de emergência de plantas daninhas após) ou tardiamente (quando as plantas daninhas estão

num estágio muito avançado de desenvolvimento e assim adquirem tolerância ao herbicida). Vento, chuva e quebra de maquinarias ou pulverizadores podem constituir problemas para as aplicações em pós-emergência. Os riscos potenciais maiores de injúrias para as culturas podem constituir problemas para as aplicações em pós-emergência. Também existem maiores riscos nas aplicações de herbicidas pós-emergentes com relação a contaminação de pulverizadores com outros herbicidas; fato este que na maioria dos casos passa despercebida para herbicidas aplicados no solo. É comum pulverizadores contaminados com herbicidas de ação total causar injúrias para as culturas quando não são devidamente lavados antes da aplicação de um herbicida pós-emergente seletivo.

PERÍODO CRÍTICO DE COMPETIÇÃO ENTRE PLANTAS DANINHAS E CULTURA

Para um programa adequado de utilização de herbicidas em pós-emergência é importante que seja levado em consideração o conceito de período crítico de competição. O período crítico de controle de plantas daninhas tem duas componentes importantes. A primeira componente é o período que a cultura pode permanecer em competição com as plantas daninhas antes de iniciar o processo de competição (Figura 2). A segunda componente no período crítico está relacionada com o período que a cultura deve permanecer com as plantas daninhas controladas, antes do completo "fechamento" da cultura, após o qual as plantas daninhas que eventualmente emergirem não afetam mais economicamente a produtividade da cultura (Figura 1). A combinação destas duas componentes define o período crítico de controle de plantas daninhas. Não existe um valor único para o período crítico de competição de plantas daninhas com a cultura do milho, pois este período é dependente de vários fatores. Depende de aspectos culturais, da variedade da cultura, da comunidade de plantas daninhas infestantes e das condições edáficas e climáticas do local. Portanto o período crítico deve ser determinado para cada local e impossível de ser previsto. No entanto, o conhecimento que normalmente o produtor possui das condições específicas de sua área de produção de milho é suficiente para pelo

menos dar uma idéia localizada e temporal do período crítico de competição.

MANEJO DOS RISCOS DA UTILIZAÇÃO DE HERBICIDAS PÓS-EMERGENTES NA CULTURA DO MILHO.

O uso de herbicidas pós-emergentes é uma ferramenta valiosa para o controle de plantas daninhas na cultura de milho; no entanto, seu uso está condicionado a uma recomendação local. Para diminuir os riscos de falhas de controle de plantas daninhas com herbicidas pós-emergentes é importante que seja observado alguns aspectos importantes: a) determinar quais as áreas onde os riscos da aplicação de herbicidas pós-emergentes são mínimos; b) determinar as áreas onde a aplicação de pós-emergentes é vantajosa em relação à outros métodos ou formas de aplicação de herbicidas; c) áreas onde o herbicida pré-emergente é usado em dose reduzida; d) áreas onde a densidade de plantas daninhas é grande e com grande diversidade de espécies; e) áreas onde existe infestação somente de gramínea ou somente de folhas largas, assim o uso de herbicidas pós-emergente pode representar menores custos; f) área onde a aplicação do herbicida pós-emergente pode ser aplicada antes do início do período crítico; g) flexibilidade de aplicação; h) áreas onde o risco de novos fluxos de emergência de plantas daninhas após a aplicação do herbicida é pequeno; I) estrutura de aplicação de herbicidas própria e suficiente para pulverização em curto período de tempo.

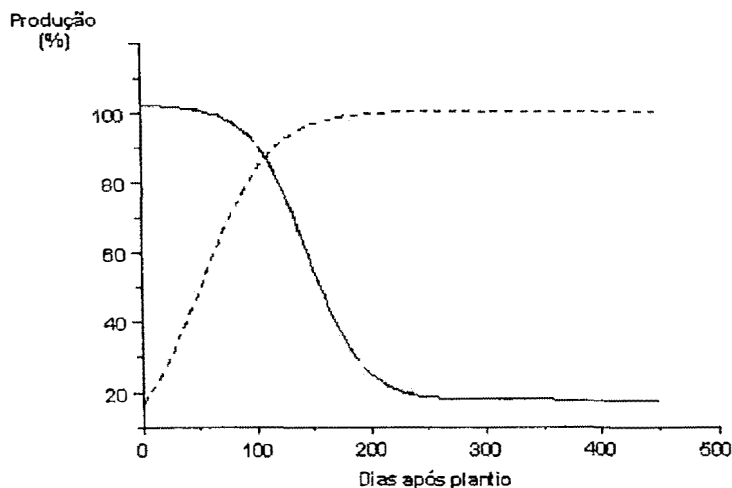


Figura 1. Representação esquemática do período crítico de competição de plantas daninhas com as culturas. A linha tracejada representa períodos crescentes de controle de plantas daninhas após o plantio e a linha contínua representa períodos crescente de competição de plantas daninhas com a cultura após o plantio.

TECNOLOGIAS ASSOCIADAS À RECUPERAÇÃO E RENOVAÇÃO DE PASTAGENS EM ASSOCIAÇÃO COM A CULTURA DO MILHO

A integração lavoura e pecuária na recuperação e renovação de pastagens é um sistema que pode ser aplicado nos casos em que lavouras e pastagens anuais são utilizadas como intermediárias na recuperação ou renovação de pastagens. Sistemas integrados de rotação de lavouras e pastagens têm-se mostrado eficientes na melhoria das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, quebra de ciclo de pragas e doenças, controle de planta daninhas, aproveitamento de subprodutos, pastejo de outono em pastagens

anuais, melhorando e mantendo a produção animal e de grãos, com fluxo de caixa mais freqüente ao produtor, criando novos empregos, e melhor sustentabilidade da produção agropecuária.

O sistema de produção adotado numa propriedade rural é composto por muitas atividades que torna difícil de definir e agrupá-lo. Há quatro sistemas básicos de integração agropecuária que, muitas vezes, podem ser combinados ou apresentar algumas variações particulares. Dentro destes sistemas, a cultura do milho tem um papel muito importante.

SUCESSÃO CULTURAS DE VERÃO/FORRAGEIRAS ANUAIS DE INVERNO

É um sistema utilizado em propriedades rurais em que predomina a agricultura com culturas anuais de verão, principalmente soja e milho. Durante o inverno (estação seca) são cultivadas espécies anuais como aveia, sorgo forrageiro ou milheto. Estas forrageiras tem como finalidade a alimentação dos animais numa época em que a disponibilidade de pasto é pequena, além de manter o solo coberto e contribuir para o controle da erosão do solo e de plantas daninhas.

ROTAÇÃO LAVOURA/PASTAGEM

É um sistema de produção integrado, mais intensivo, que consiste na rotação de pastagem com culturas anuais, sendo o milho uma opção bastante utilizada pelos produtores. Neste sistema parte da propriedade é ocupada por culturas como soja, trigo, milho, algodão e parte com pastagens perenes. Após um período de 2 a 3 anos, pastagem e lavoura se alternam. A produtividade das duas atividades matem-se elevada, aumentando a eficiência de utilização da terra e de insumos, o que reduz o custo de produção.

REFORMA DE PASTAGEM COM CULTURAS ANUAIS

Este sistema de produção é empregado em propriedades rurais nas quais a exploração principal é a pecuária de corte, desenvolvida a base de pastagens, sem um programa de adubação de manutenção e muitas vezes mal manejadas. Por conta destes e de outros fatores

ocorre a degradação das pastagens, tomando assim, necessário a sua reforma. Após 1 a 3 anos de agricultura a pastagem é restabelecida e a lavoura passa a girar nas áreas de pastagens mais degradadas (velhas).

Este sistema funciona na maioria das vezes com terceiros que fazem agricultura em áreas arrendadas, ou em parceria com pecuaristas. Nas pastagens degradadas, normalmente a fertilidade do solo encontra-se baixa, necessitando da incorporação de adubos e corretivos, que poderá ser realizada pelo método convencional de preparo de solo. A recuperação da fertilidade do solo é custeada pelas culturas anuais (soja, milho e outras). A partir do segundo ano a semeadura das culturas é realizada no Sistema Plantio Direto. Quando a fertilidade do solo é corrigida nos cultivos anuais de verão, milho ou soja, a pastagem é restabelecida, permanecendo por um tempo que pode variar de 4 a 8 anos.

AGRICULTURA DESTINADA A SUPLEMENTAÇÃO E AO CONFINAMENTO

Nesta forma de integração a envolvendo o confinamento ou a suplementação de animais, pecuária depende da atividade agrícola. Nestes sistemas, normalmente, a integração ocorre no campo econômico, em que os produtos oriundos da agricultura (grãos, resíduos e forragem conservada) são transformados em produtos de origem animal, carne ou leite.

INTERAÇÃO ENTRE PESTICIDAS NA CULTURA DO MILHO

Quando dois ou mais pesticidas são aplicados no mesmo ciclo de uma cultura, pode, em algumas circunstâncias, ocorrer interação entre estes pesticidas com relação à resposta da planta a estes pesticidas, sendo três os tipos de interação: (i) aditiva; (ii) antagônica; ou (iii) sinérgica. A resposta aditiva corresponde a uma somatória dos efeitos destes pesticidas, ampliando assim o espectro de ação. Exemplos característicos de interação aditiva ocorre quando, por exemplo, um herbicida de ação graminicida é aplicado em conjunto com um herbicida de ação latifolicida, ampliando, portanto de forma

aditiva o espectro de controle das plantas daninhas. Efeito antagônico ocorre quando um pesticida interfere negativamente na ação do outro pesticida. Como exemplo de antagonismo é conhecido na agricultura o efeito que certos herbicidas do tipo graminicida aplicados em pós-emergência exercem sobre latifolicida, quando aplicados em mistura no tanque. O efeito antagônico pode eventualmente ser usado para aumentar a seletividade de um herbicida para uma cultura, fato este observado quando inseticidas do tipo fosforados, aplicados na cultura do algodão, aumentam a seletividade do herbicida clomazone para a cultura.

O sinergismo consiste no aumento da atividade de um pesticida em função da aplicação de outro. Esta característica é desejável para os herbicidas aplicados em mistura para o controle de plantas daninhas. O herbicida paraquat, por exemplo, quando em mistura com o herbicida diuron, tem seu efeito incrementado, quando sua eficácia é comparada com sua aplicação isolada. No entanto, o efeito sinérgico é às vezes indesejável, pois pode diminuir a seletividade do pesticida para a cultura.

Nash (1968) relatou que existem três possibilidades principais de interação sinérgica quando um determinado pesticida é aplicado simultaneamente com um herbicida na mesma cultura. Em sua pesquisa, Nash (1968) estudou a interação sinérgica na produtividade das culturas da cevada, milho e algodão quando os herbicidas monuron e diuron (uréias substituídas) foram aplicados em combinação com os inseticidas forate e disulfoton. Conclui que as possibilidades de interação entre herbicidas e inseticidas podem ser das seguintes formas: (i) no local de absorção, onde um pesticida pode afetar a absorção do outro; (ii) os pesticidas podem alterar mutuamente o processo de translocação e distribuição na planta e (iii) um pesticida pode interferir direta ou indiretamente no processo de metabolização do outro.

A broca das raízes (*Diabrotica* spp) é uma praga muito importante na cultura do milho nos Estados Unidos da América do Norte. O terbufós é um inseticida organofosforado largamente utilizado para o controle desta praga. No entanto, tem sido observado que existe um grande potencial de interação entre os herbicidas do tipo sulfoniluréias e inseticidas organofosforado. A partir de 1990, os herbicidas nicosulfuron e primisulfuron (herbicidas do tipo

sulfoniluréias) passaram a ser comercializados para o controle de plantas daninhas do tipo gramíneas e folhas largas na cultura do milho. Em experimentos de campo tem sido observado que as combinações de inseticidas organofosforado como disulfoton, fonofos, isazofos ou terbufós com primisulfuron tem resultado em interações sinérgicas, provocando injúrias foliares e radiculares, redução de altura e perdas na produção final (Biediger, et al. 1992). Na literatura existem diversos outros trabalhos científicos relatando este tipo de interação com herbicidas do tipo sulfoniluréias (Morton, et al. 1991; Porpiglia et al. 1990). Baerg et al. 1994, relataram que o terbufós e seus metabólitos dentro da planta inibiram o metabolismo do nicosulfuron. No Brasil o herbicida nicosulfuron tem sido utilizado largamente na cultura do milho.

As maiores injúrias decorrentes da interação de terbufós com nicosulfuron ocorrem quando o inseticida é aplicado no sulco de plantio, junto com a semeadura. Quanto mais tardia for a aplicação pós-emergente do herbicida nicosulfuron, menor a interação. Kapusta e Krausz (1992) sugeriram que a diminuição do efeito sinérgico entre o terbufós e a aplicação tardia do nicosulfuron é devida a extensão maior do sistema radicular da cultura, menor absorção e maior degradação do terbufós nos estádios mais avançados de desenvolvimento do milho.

A seguir serão descritos com detalhes alguns resultados de pesquisa contidos em trabalhos científicos, que servem para esclarecer melhor as interações observadas no campo de áreas cultivadas com milho no Brasil, onde inseticidas fosforados tem potencial de utilização na cultura, e a aplicação de herbicida para o controle de plantas daninhas é prática comum entre os produtores. Sendo assim, algumas dúvidas sobre as possíveis alterações na seletividade do herbicida nicosulfuron para a cultura do milho. No entanto, antes da descrição dos trabalhos de interação entre inseticidas fosforados (principalmente com terbufós) com as sulfoniluréias, é importante a discussão de alguns aspectos importantes sobre a seletividade dos herbicidas para as culturas.

SELETIVIDADE DOS HERBICIDAS

A seletividade de um herbicida é consequência de diversos fatores que possibilitam o controle de plantas daninhas de forma seletiva nas culturas. Dentre os fatores de seletividade destacam-se o posicionamento do herbicida no tempo e no espaço; metabolismo diferencial entre cultura e planta daninha; diferenças anatômicas entre cultura e plantas daninhas; resistência no local de ação; uso de protetores de culturas; fatores internos da planta que não metabólicos, diferenças entre as plantas daninhas e culturas nos estádios fenológicos das plantas e aplicação de substâncias adsorventes. A seletividade de um herbicida, na maioria das vezes, não é função de apenas um destes fatores, mas da combinação de dois ou mais.

SELETIVIDADE DOS HERBICIDAS - POSICIONAMENTO DO HERBICIDA NO TEMPO E NO ESPAÇO

A seletividade de posicionamento no tempo pode ser ilustrada através da aplicação de herbicidas de manejo, antes do plantio da cultura do milho para a eliminação de plantas daninhas perenes. Outra forma de seletividade de posicionamento no tempo refere-se ao uso de herbicida com ação de contato, que é aplicado após o plantio da cultura, porém antes da emergência da cultura. Algumas espécies de plantas daninhas germinam rapidamente antes das culturas, assim é possível a aplicação dos herbicidas de contato (paraquat, diquat, glyphosate, glufosinate, etc. por exemplo), que assim diminui o potencial de infestação das plantas daninhas e a ausência de efeito residual destes herbicidas permite a emergência da cultura de forma seletiva.

A seletividade de posicionamento dos herbicidas aplicados no solo ocorre quando a lixiviação do herbicida é tal que as raízes das plantas cultivadas permanecem abaixo da zona tratada, sendo que as plantas daninhas possuem suas raízes na região superficial onde encontra-se o herbicida. Este tipo de seletividade é muito comum nos herbicidas do tipo triazinas usados na cultura do milho. Outra forma de seletividade de posicionamento refere-se principalmente à pulverização de herbicidas em condições de pós-emergência da cultura, porém em jato dirigido na entrelinha da cultura. Na cultura

do milho este tipo de seletividade é utilizada pelos produtores para o controle de plantas daninhas em pós-emergência tardia através do herbicida paraquat, o qual é aplicado com pulverizadores munidos de barras com pingentes.

SELETIVIDADE DOS HERBICIDAS - METABOLISMO DIFERENCIAL DO HERBICIDA ENTRE CULTURA E PLANTA DANINHA.

O metabolismo diferencial entre plantas daninhas e culturas é com certeza o principal mecanismo de seletividade dos herbicidas. Além da seletividade metabólica inerente de certas espécies vegetais, culturas geneticamente modificadas tem sido usadas para introduzir genes que codificam enzimas que podem detoxificar o herbicida através do metabolismo (ex. atrazine e alachlor em milho). O tipo de metabolismo varia significativamente entre as diferentes combinações de cultura-herbicida, assim, é difícil fazer uma correlação simples de como cada classe de herbicida é metabolizado. Dentre as vias de metabolização dos herbicidas, duas delas são mais importantes: oxidação e conjugação.

SELETIVIDADE DOS HERBICIDAS - METABOLISMO DIFERENCIAL DO HERBICIDA ENTRE CULTURA E PLANTA DANINHA - REAÇÕES DE OXIDAÇÃO (MEDIADA PELO CITOCROMO P-450)

As reações de oxidação nas plantas que resultam na detoxificação dos herbicidas são mais frequentemente baseada nas enzimas do complexo chamado de P-450 (também chamado de citocromo P-450) ou enzimas MFO ("mixed function oxydase"). As MFOs fazem parte de um grupo de enzimas que catalisam as reações de monooxigenase (hidroxilação) de uma variedade de substratos orgânicos, pela incorporação de um átomo de oxigênio ao substrato, sendo que estes átomo é proveniente do O_2 , de acordo com a Figura 2.

A MFO é caracterizada basicamente por três propriedades básicas: a) utiliza um nucleotídeo reduzido de pirimidina, NADPH e NADH, como substrato secundário que fornece elétrons para a

redução do segundo átomo de oxigênio da água; b) envolve um sistema de transporte de elétrons cujo centro de reação principal é uma família de hemoproteínas geralmente classificadas como citocromos P-450; c) especificidade de substrato é muito pequena, pois é capaz de oxidar os mais variados tipos de substratos.

O citocromo P-450 tem este nome pois absorve luz cujo comprimento de onda esteja em torno dos 450 nm. A transferência do elétron proveniente da piridina nucleotídeo reduzida para o citocromo P-450 é mediada por diversas proteínas transportadoras de elétrons. Existem dois tipos de citocromo P-450, classe A e classe B. O da classe A é um tipo associado com a mitocôndria de vários tipos de células, onde sua função como proteína de ferro-enxofre e flavoproteínas contendo FAD como grupos prostéticos. Esta via, que aparentemente participa das reações de oxidação durante o metabolismo dos esteróides, pode ser expressa da seguinte maneira:

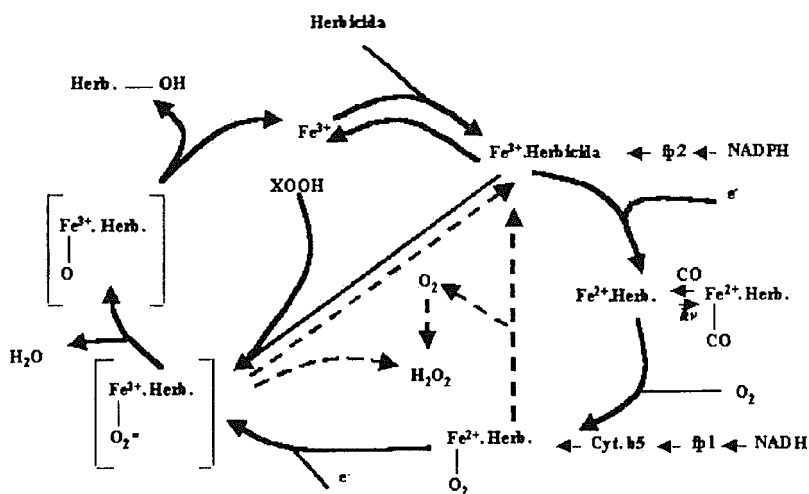
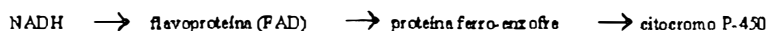


Figura 2: Metabolismo diferencial do herbicida entre cultura e planta daninha, através do P450 (MFO).

O P-450 da classe tipo B, encontrado em microsossomos de fígado, (ligadas nas membranas, proteínas microsossomáticas) ligam-se ao oxigênio molecular, catalisam sua ativação, e incorpora um dos seus átomos no herbicida. O segundo oxigênio é reduzido para formar água. Os elétrons necessário para ativação do oxigênio são fornecidos pelo NADPH via flavoproteína (NADPH-P-450 redutase). Exemplos de reações de oxidação para os herbicidas são: hidroxilação dos anéis aromáticos (2,4-D; dicamba; primisulfuron; bentazon), hidroxilação dos grupos alquil (chlorotoluron, prosulfuron, chlorsulfuron), hidroxilação seguida de perda do carbono oxidado (N-desalquilação (chlorotoluron, diuron) e O-desalquilação (metoxuron). A diversidade das enzimas do sistema P-450 é responsável pelas diferenças no metabolismo dos herbicidas pelas diferentes espécies de plantas.

Este tipo de metabolismo é provavelmente afetado pela presença do terbufós nas plantas. Segundo alguns trabalhos tem sido observado que o terbufós interfere no complexo enzimático P-450 reduzindo a atividade desta forma metabólica de degradação dos herbicidas. Sendo assim, quando um herbicida, cuja seletividade é dependente da metabolização, é aplicado em plantas com teor de terbufós elevado, ocorre redução da seletividade do herbicida para a cultura.

Segundo a oxidação, muitos herbicidas são então rapidamente glicosilados (conjugados com açúcar) pela enzima glicosiltransferase enzimas ou conjugados com glutathione. Para conjugação com açúcar, o doador primário é UDP-glicose com N-glucosídeos (metribuzin) e O-glucosídeos (2,4-D) sendo então formado pela N-glucosiltransferase e O-glucosiltransferase, respectivamente. Os herbicidas glicosilados são então depois processados, ligando-se a resíduos na matriz extracelular ou são armazenados juntamente com metabólitos solúveis em água no vacúolo.

SELETIVIDADE DOS HERBICIDAS - METABOLISMO DIFERENCIAL DO HERBICIDA ENTRE CULTURA E PLANTA DANINHA - REAÇÕES DE CONJUGAÇÃO

Nos herbicidas onde o processo de conjugação é o principal mecanismo de metabolização (sem envolver a pré-oxidação), a

glutationa (GHS) é o substrato principal, com glutathione-S-transferase (GST) com enzima principal. Os herbicidas que são diretamente conjugados por este mecanismo devem ter um centro eletrofílico, como ocorre nas cloroacetanilidas, ariloxifenoxipropionicos, triazinas e tiocarbamatos. Existem diversas isoenzimas de GST que diferem na regulação e especificidade de degradação do herbicida. Estas isoenzimas são responsáveis pela vasta diferença na suscetibilidade das diferentes espécies de plantas aos diferentes herbicidas. Da mesma forma que os herbicidas glicolísados, os herbicidas conjugados com GSH são posteriormente processados, tornando-se resíduos na matriz extracelular ou são armazenados como metabólitos no vacúolo. Exemplos de outras via metabólicas de menor importância: (i) redução (N-desaminação no metribuzin); (ii) hidrólise (hidrólise de uma mina no propanil pela enzima aril acilamidase); (iii) conjugação com aminoácidos (2,4-D).

SELETIVIDADE DOS HERBICIDAS - DIFERENÇAS ANATÔMICAS ENTRE CULTURA E PLANTA DANINHA

A quantidade de calda retida na superfície foliar após a aplicação de um herbicida foliar pode representar um fator de seletividade. Esta seletividade é geralmente devido a cutícula da cultura apresentar grande quantidade de cera granular que repele a solução de herbicida. A adição de adjuvantes pode muitas vezes eliminar esta seletividade devido a maior adesão e espalhamento que proporciona para as gotas. A forma das folhas, tamanho e orientação diferencial entre as espécies funcionam como fator de seletividade.

A espessura da cutícula, principalmente da cera epicuticular pode representar um fator de seletividade, principalmente para os herbicidas hidrofílico, ou seja, aqueles que apresentam dificuldade de penetração através da parte lipofílica da cutícula. A aplicação de terbufós, tem em algumas espécies de plantas alterado a espessura da cutícula, afetando a absorção do herbicida foliar que é aplicado na cultura. Desta forma, o terbufós pode afetar a seletividade do herbicida.

A morfologia do sistema radicular pode também funcionar como fator de seletividade. Assim, espécies cuja plântula apresenta

seu ponto de crescimento (nó coleoptilar) mais próximo da superfície do solo são mais afetadas pelos herbicidas aplicados no solo que aquelas que apresentam o nó coleoptilar a maior profundidade. A proteção dos pontos de crescimento na parte aérea das plantas bem como o meristema intercalar que as gramíneas possuem podem funcionar como fator de seletividade.

SELETIVIDADE DOS HERBICIDAS - RESISTÊNCIA DO SÍTIO DE AÇÃO

Surpreendentemente existem poucos exemplos conhecidos de seletividade decorrente de uma alteração do local de ação do herbicida. Um dos exemplos é a tolerância da cultura da cenoura às dinitroanilinas. No entanto, este tem sido o principal mecanismo de seletividade introduzido nas culturas melhoradas geneticamente através de modificações genéticas na planta que alteram o local de ação do herbicida, principalmente quando este local de ação é uma enzima. Os melhores exemplos é a soja e o milho resistentes ao glyphosate e milho tolerante ao setoxydin.

SELETIVIDADE DOS HERBICIDAS - USO DE PROTETORES DE PLANTAS OU ANTÍDOTOS

Em todos os exemplos de uso de protetores de plantas à fitotoxicidade causada por um herbicida é decorrente de um estímulo do metabolismo do herbicidas através do antídoto. Existem dois mecanismos principais associados com o aumento da detoxificação do herbicida. O primeiro consiste no aumento do nível da enzima glutatona e/ou de GST que conjuga o herbicida à glutatona. O outro mecanismo é um incremento na atividade ou quantidade das enzimas do sistema P-450 nas plantas. Estas enzimas podem inativar os herbicidas através de reações de oxidação (hidroxilação), conforme explicado em itens anteriores.

Esta interação é muito importante, pois no caso do terbufôs, que segundo diversos trabalhos de literatura altera a concentração do P-450 na planta, diminuindo sua concentração e atividade. Assim,

aparentemente o terbufós tem um efeito contrário ou antagônico ao antídoto.

SELETIVIDADE DOS HERBICIDAS - FATORES INTERNOS DA PLANTA DIFERENTES DO METABOLISMO

Uma forma de seletividade menos comum nas plantas é a translocação diferencial dos herbicidas. Para que um herbicida desempenhe sua função dentro de uma planta é necessário que este seja translocado do local de contato com a planta até o sítio de ação. Este processo de translocação pode ocorrer de forma diferencial entre as espécies de plantas através de processos diferenciais de conjugação do herbicida com moléculas complexas ou de compartimentalização do herbicida em organelas da planta. Sendo assim, o herbicida não atinge o local de ação e não desempenha sua atividade herbicida. Um exemplo deste tipo de seletividade pode ser ilustrado pelas diferenças varietais da cultura da soja quanto a seletividade ao herbicida metribuzin.

SELETIVIDADE DOS HERBICIDAS - SUSCETIBILIDADE DIFERENCIAL DAS PLANTAS NOS DIFERENTES ESTÁDIOS DE CRESCIMENTO

As plantas podem apresentar estádios de crescimento quando a aplicação de herbicida não afeta seu desenvolvimento pois a planta tolera o herbicida nesta fase. Um exemplo que ilustra este tipo de seletividade é o uso de 2,4-D na cultura do milho. A recomendação do herbicida 2,4-D para a cultura é que seja feita antes da formação do cartucho foliar das plantas de milho, pois após este período a fitotoxicidade aumenta

SELETIVIDADE DOS HERBICIDAS - APLICAÇÕES LOCALIZADAS DE ADSORVENTES

Carvão ativado é usado para aumentar a tolerância de certas culturas aos herbicidas. O carvão é aplicado na zona das raízes das plantas durante o plantio, através da colocação de uma pequena faixa na linha de plantio. Assim, o herbicida não consegue atingir a região de absorção das raízes devido a alta capacidade adsorptiva do carvão ativado. Esta técnica é viável economicamente somente para culturas de alto valor comercial e que não tenham disponibilidade de herbicidas seletivos.

SELETIVIDADE DOS HERBICIDAS - SELETIVIDADE DE HERBICIDAS X APLICAÇÃO DE INSETICIDAS ORGANOFOSFORADOS

Se herbicidas organofosforados interagem sinergisticamente com herbicidas, aumentando a fitotoxicidade para a cultura de milho, é de se esperar que o mecanismo envolvido esteja relacionado com a alteração de uma ou mais das formas de seletividade anteriormente descritas. Com relação ao inseticidas organofosforado (mais especificamente o terbufós) é provável que este influa principalmente no metabolismo diferencial através da alteração da concentração de P-450, pois comprovadamente este complexo enzimático é alterado pela presença do terbufós nas plantas. Outra forma de influência do terbufós na seletividade dos herbicidas (principalmente sulfoniluréias) é a alteração que ele pode causar na composição e espessura da cutícula. Existem antidotos para aumentar a tolerância das culturas aos herbicidas de alta seletividade marginal pode também ser alterada quando o terbufós encontra-se presente nas plantas. Assim, passaremos a discutir os resultados experimentais de alguns trabalhos científicos, com o intuito de melhor compreender as interações sinérgicas entre os inseticidas organofosforados e herbicidas usados em milho.

A INTERAÇÃO DOS INSETICIDAS ORGANOFOSFORADOS COM HERBICIDAS É DEPENDENTE DO TIPO DE HERBICIDA.

Nem todos os herbicidas interagem sinergisticamente com os inseticidas organofosforados, quando aplicado simultaneamente na mesma cultura. Este aspecto pode ser observado no trabalho desenvolvido por Kwon e Penner (1995). Nos EUA, a cultura do milho tem uma grande proporção de sua área tratada com terbufós (um inseticida organofosforado), usado para o controle de brocas. Dentre os herbicidas usados na cultura é comum a aplicação de dinitroanilinas (alachlor e metolachlor) em mistura com triazinas (atrazine e simazine), pois os autores observaram evidências no campo de possíveis interações destes herbicidas com o terbufós; destacando diferenças varietais da cultura com relação ao nível de interação. É importante ressaltar que no Brasil esses herbicidas são usados extensivamente na cultura do milho. Foi observado pelos autores, através da análise de variância dos resultados, que embora existam diferenças de tolerância varietal do milho em relação a seletividade dos herbicidas, a aplicação de terbufós não interferiu significativamente na produtividade da cultura, em nenhuma das doses estudadas (Tabela 2).

A partir destes resultados pode ser tirado algumas conclusões importantes para a aplicação de terbufós na cultura do milho. A primeira é que a interação do terbufós com herbicida é dependente do tipo de herbicida, portanto, deve ser estudado os diversos herbicidas usados na cultura da cana-de-açúcar com relação a interação. Os herbicidas do tipo cloroacetanilidas usados em cana-de-açúcar, embora com pequeno uso na cultura, pode ser aplicado no controle de plantas daninhas sem problema. Dentre os herbicidas deste grupo destacam-se alachlor e metolachlor usado em mistura com outros produtos para o controle de gramíneas.

Outros herbicidas são usados na cultura do milho para o controle de plantas daninhas do tipo gramíneas e que apresentam o mesmo mecanismo de ação das acetanilidas (inibição da polimerização da tubulina), que são as dinitroanilinas. Dentre as

dinitroanilinas destacam-se os herbicidas trifluralin e pendimethalin. É provável que estes herbicidas também não apresentem interação com o terbufós e possam ser usados no controle de plantas daninhas na cultura do milho, em áreas com nematóides, cuja aplicação de terbufós tenha sido feita no plantio da cultura.

Para os demais herbicidas usados na cultura do milho é necessário a condução de pesquisas para verificação da interação. Na literatura existe um grande número de relatos sobre a interação do terbufós com os herbicidas pertencentes ao grupo das sulfoniluréias, que será relatado no próximo item.

INTERAÇÃO DE HERBICIDAS SULFONILURÉIAS COM ORGANOFOFORADOS

Os herbicidas pertencentes ao grupo das sulfoniluréias foram inicialmente descobertos pela DuPont, no final da década de 70 e pela primeira vez comercializado em 1984. Atualmente mais de 14 empresas desenvolveram produtos a base de sulfoniluréias, que tem uma ampla utilização em diversas culturas e controla uma grande gama de plantas daninhas.

Tabela 2. Efeito da combinação de herbicidas do tipo acetanilida com inseticidas avaliado através de índices visuais de injúria 3 semanas após tratamento.

Semeadura após o tratamento			Inseticidas		
Híbridos de milho	Herbicidas	Doses (Kg/ha)	Controle	Terbufós	Isoxafós
			% de injúria		
Cargill 7567	Controle	0,0	0	0	0
	Metolachlor	2,2	3	1	0
		6,7	15	26	14
	Alachlor	2,2	0	0	0
		6,7	7	2	3
	Acetochlor	2,2	3	5	6
		6,7	29	27	24
NK 9283	Controle	0,0	0	0	0
	Metolachlor	2,2	9	7	5
		6,7	36	34	33
	Alachlor	2,2	3	2	2
		6,7	21	16	36
	Acetochlor	2,2	33	39	41
		6,7	84	67	85
D.M.S.			15		

Na cultura do milho, estes herbicidas tem sido usados para o controle de plantas daninhas em pós-emergência da cultura, através do herbicida nicosulfuron. Nos EUA, o uso de duas sulfoniluréias em milho, nicosulfuron e primisulfuron, tem sido amplamente pulverizadas para o controle de plantas daninhas. No entanto, em algumas áreas comerciais de produção de milho, onde o terbufós tem sido aplicado para o controle de pragas da cultura, tem sido observado interação sinérgica com estes herbicidas. Desta forma, Kwon e Penner (1995), estudaram este tipo de interação, cujos resultados principais encontram-se representados na Tabela 3.

Os autores também resolveram incluir dentro desta experimentação o herbicida imazaquin, embora não recomendado para a cultura do milho em geral, pois existem variedades melhoradas que estão sendo desenvolvidas para os herbicidas do tipo imidazolinona. Também é importante ressaltar que as imidazolinonas apresentam o mesmo mecanismo de ação das sulfoniluréias, ou seja a inibição da acetolactato sintase (ALS). Desta forma, o imazaquin foi

incluído na experimentação para verificar se o efeito sinérgico é semelhante para as duas categorias química de herbicidas com o mesmo mecanismo de ação. Pelos resultados apresentados na Tabela 3, verifica-se que não houve interação entre o herbicida imazaquin (imidazolinona) e o terbufós. No entanto, para os herbicidas do tipo sulfoniluréias houve uma interação sinérgica altamente significativa com o terbufós; sendo que, a intensidade da interação é função varietal do milho.

COMENTÁRIOS FINAIS SOBRE A INTERAÇÃO INSETICIDAS ORGANOFOSFORADOS E HERBICIDAS

- a. O efeito interativo do terbufós com herbicidas é diferenciada com os diversos grupos de herbicidas, assim, as acetaniladas não interagem com o inseticida, porém as sulfoniluréias interagem, através de um efeito sinérgico.
- b. As razões da interação diferenciada entre os herbicidas deve-se ao sistema enzimático diferenciado de degradação entre os herbicidas.
- c. Aparentemente o uso de protetores nas sementes das culturas ou em mistura pronta com os herbicidas (CGA - 15481) estimula a atividade do citocromo P-450 (oxidase de função mista), a qual é responsável pela seletividade do herbicida para a cultura, e portanto resulta em uma redução do efeito interativo entre os herbicidas e o terbufós
- d. O teor de matéria orgânica do solo afeta significativamente os efeitos da interação entre terbufós e herbicida. A matéria orgânica é responsável pela disponibilidade do terbufós no solo através da adsorvidade. Portanto, quanto menor o teor de matéria orgânica no solo maior será a quantidade de terbufós absorvido pela planta e portanto maior a inibição do metabolismo do herbicida e conseqüente redução da seletividade.
- e. O terbufós intensifica a absorção de herbicidas foliares, pois um de seus metabólitos presentes nas plantas (sulfóxido de terbufós) reduz a síntese de cera epicuticular na cutícula, resultando em cutículas menos espessa facilitando portando a absorção do herbicida.

Tabela 3. Efeito da interação de herbicidas pós-emergentes com o inseticida terbufós na altura da parte aérea de milho, medida em experimento conduzido em condições de casa-de-vegetação, duas semanas após tratamento.

Herbicidas	Dose g i.a./ha	Variedades de milho			
		Cargill 7567		Northrup King 9283	
		Controle	Terbufós	Controle	Terbufós
		(g/ha)		(mm/planta)	
Controle	---	398	397	377	350
Chlorimuron	12	264	226	323	140
Nicosulfuron	70	347	243	333	203
Primisulfuron	70	315	236	291	138
Imazaquin	70	242	252	145	138
D.M.S.		25			

PRINCIPAIS HERBICIDAS UTILIZADOS NA CULTURA DO MILHO

A Tabela 4 apresenta os principais herbicidas atualmente recomendados para a cultura do milho, com suas doses e recomendações gerais

Tabela 4a. Alternativas de herbicidas para controle de plantas daninhas na cultura do milho.

PRÉ-SEMEADURA NO CONVENCIONAL				
Nome Comum	Marca	Concentração (g/L ou Kg)	Dosagem	
			i.a. ou e.a. (Kg/ha)	Formulação (Kg ou L/ha)
Glyphosate	Agrisato 480	360	0,36-2,16	1,0-6,0
	CS			
	Glifosato 480	360	0,36-2,16	1,0-6,0
	Agripec			
	Glifosato	360	0,72-1,80	2,0-5,0
	Fersol			
	Glifosato	360	0,72-1,80	2,0-5,0
Paraquat	Nortox			
	Round up	360	0,18-2,16	0,5-6,0
	Gramoxone 200	200	0,3-0,6	1,5-3,0

Tabela 4b. Alternativas de herbicidas para controle de plantas daninhas na cultura do milho.

PRÉ-EMERGÊNCIA				
Nome Comum	Marca	Concentração (g/L ou Kg)	Dosagem	
			i.a. ou e.a. (Kg/ha)	Formulação (Kg ou L/ha)
Acetochlor	Kadett CE	840	2,52-3,36	3,0-4,0
	Surplass	768	2,0-4,0	2,6-5,2
Alachlor	Alaclor Nortox	480	2,4-3,36	5,0-7,0
	Laço CE	480	2,4-3,36	5,0-7,0
Alachlor + Atrazine	Agrimix	260 + 260	3,12-4,16	6,0-8,0
	Alaclor + Atrazine Nortox	240 + 250	2,94-3,92	6,0-8,0
Atrazine ¹	Boxer	300 + 180	3,36-4,32	7,0-9,0
	Atranex 500 SC	500	2,0-2,5	4,0-5,0
	Atrazina	500	1,5-3,25	3,0-6,5
	Nortox 500 SC			
	Atrazimax	500	1,5-3,25	3,0-6,5
	Coyote 500 SC	500	2,5-3,0	5,0-6,0
	Gesaprim	800	2,2-3,08	2,5-3,5
	GRDA			
	Gesaprim 500	500	2,5-3,0	5,0-6,0
	Herbitrin 500 BR	500	2,0-4,0	4,0-8,0
	Siptran 800 PM	800	1,6-3,2	2,0-4,0
	Stauzina 500 SC	500	2,0-3,0	4,0-6,0

¹ Antes ou depois da semeadura, em mistura ou não com graminicida.

Tabela 4c. Alternativas de herbicidas para controle de plantas daninhas na cultura do milho.

PRÉ-EMERGÊNCIA				
Nome Comum	Marca	Concentração (g/L ou Kg)	Dosagem	
			i.a. ou e.a. (Kg/ha)	Formulação (Kg ou L/ha)
Atrazine + Isoxaflutole ¹	Alliance WG	830 + 34	0,051-1,245 (textura média) /0,068-1,660 (textura argilosa)	1,5 (textura média) / 2,0 (textura argilosa)
Atrazine + Metolachlor ²	Primaiz 500 SC	250 + 250	2,5-4,0	5,0-8,0
Atrazine + Simazine	Primestra SC	200 + 300	2,5-4,0	5,0-8,0
	Controller 500 SC	250 + 250	1,75-3,0	3,5-6,0
	Extrazin SC	250 + 250	1,8-3,4	3,6-6,8
	Herbimix FW	250 + 250	3,0-3,5	6,0-7,0
	Primatop SC	250 + 250	1,75-3,25	3,5-6,5
	Triamex 500 SC	250 + 250	1,75-3,0	3,5-6,0
Cyanazine ³	Bladex 500	500	Textura arenosa: 1,5 (2-4% M.O)/1,75 (4%M.O) Textura média: 1,5 (2%M.O) 1,75 (2-4% M.O)/2,0 (4%M.O) Textura argilosa: 1,75 (2% M.O)/2,5 (2- 4%M.O)/ 2,5 (4%M.O)	Textura arenosa: 3,0 (2-4% M.O)/3,5 (4%M.O) Textura média: 3,0 (2% M.O)/3,5(2- 4%MO)/ 4,0 (4%M.O) Textura argilosa: 3,5 (2% M.O)/4,0 (2- 4%M.O)/ 5,0 (4%M.O)

1 Não usar em solos com textura arenosa

2 Nas linhagens de milho ou híbridos simples, nos campos de produção de sementes, fazer testes prévios de seletividade

3 Não usar em solos com textura arenosa com menos de 2 % de matéria orgânica. Preferivelmente em mistura com graminicidas (metolachlor, alachlor, pendimethalin ou simazine)

M.O - Matéria orgânica

Tabela 4d. Alternativas de herbicidas para controle de plantas daninhas na cultura do milho.

PRÉ-EMERGÊNCIA				
Nome Comum	Marca	Concentração (g/L ou Kg)	Dosagem	
			i. a. ou e. a. (Kg/ha)	Formulação (Kg ou L/ha)
2,4-D ¹	Aminol 806	670 (amina)	1,7-2,3	2,5-3,5
	Capri	720 (amina)	1,4-2,2	2,0-3,0
	DMA 806 BR	670 (amina)	1,7-2,3	2,5-3,5
	Herbi D 480	400 (amina)	1,2-1,8	3,0-4,5
	Tento 867 CS	720 (amina)	1,4-2,2	2,0-3,0
	U-46 D-Fuid	720 (amina)	1,4-2,2	2,0-3,0
	2,4-D			
Dimethamid ²	Zeta 900	900	1,125	1,25
Isoxaflutole ³	Provence 750 WG	750	60 (g)	80 (g)

1 Em pré-emergência em área total, apenas em solos argilosos, sendo comum misturas com metolachlor ou alachlor, devendo o milho ser semeado a 7 cm de profundidade.

2 Pode ser usado no sistema 3 em. 1 (adubação, plantio e aplicação de herbicida)

3 Não usar em solos de textura arenosa. Residual é suficiente para o fechamento da cultura.

Tabela 4e. Alternativas de herbicidas para controle de plantas daninhas na cultura do milho.

PRÉ-EMERGÊNCIA				
Nome Comum	Marca	Concentração (g/L ou Kg)	Dosagem	
			i. a. ou e. a. (Kg/ha)	Formulação (Kg ou L/ha)
Linuron ¹	Afalon SC	450	0,6-2,0	1,2-4,0
	Linurex	500	0,72-1,49	1,6-3,3
	Agricur 500 PM			
Metolachlor ²	Dual 960 CE	960	2,40-2,88	2,5-3,0
Pendimethalin ³	Herbadox 500 CE	500	Textura arenosa:	Textura arenosa:
			1,00-1,25	2,0-2,5
			Textura média:	Textura média:
			1,25-1,50	2,5-3,0
Simazine ⁴	Herbazine 500 BR	500	Textura argilosa:	Textura argilosa:
			1,50-1,75	3,0-3,5
			1,5-2,5	3,0-5,0
Trifluralin ⁵	Sipazina 800 PM	800	1,6-4,0	2,0-5,0
	Premierlin 600 CE	600	1,8-2,4	3,0-4,0
	Trifluralina ⁶	445	1,35-1,25	3,0-5,0
	Nortox			

1 Em pré-emergência das ervas, logo após a semeadura.

2 São comuns misturas com herbicidas latifoliáceas ou a aplicação sequencial destes em pós-emergência precoce.

3 Aplicado logo após a semeadura, ou no prazo máximo de 5 dias, mas em pré-emergência das ervas e da cultura.

4 Não usar em linhagens pura por serem sensíveis.

5 Usado no sistema plante-aplique, em solos médios e pesados (acima de 2 % de matéria orgânica). O milho deve ser semeado a 5 cm de profundidade para evitar o contato da semente com o produto.

6 Usado no sistema de plantio direto, em pré-emergência.

Tabela 4f. Alternativas de herbicidas para controle de plantas daninhas na cultura do milho.

PÓS-EMERGÊNCIA				
Nome Comum	Marca	Concentração (g/L ou Kg)	Dosagem	
			i. a. ou e. a. (Kg/ha)	Formulação (Kg ou L/ha)
Alachlor + Atrazine ¹	Agimix	260 + 260	3,12-4,16	6,0-8,0
Ametryne ²	Ametryne	500	1,5-2,0	3,0-4,0
	Agripec			
	Gesapax	785	1,57-1,96	2,0-2,5
	GRDA			
	Gesapax 500	500	1,5-2,0	3,0-4,0
Amônio glufosinato ³	Finale	200	1,5-2,0	0,3-0,4
Atrazine ⁴	Idem de pré- emergência.			

1 Ervas no estágio de 2-4 folhas, independentemente do estágio da cultura, é seletivo ao milho. Usar espalhante adesivo 0,1 % v/v.

2 Pós-emergência tardia em jato dirigido, quando a cultura atinge 40-50 cm de altura.

3 Aplicado em jato dirigido, utilizar dose maior Quando houver incidência de gramíneas. Utilizar adjuvante recomendado pelo fabricante.

4 Pós precoce ou tardia, adicionando adjuvante. Se as ervas estiverem desenvolvidas, mistura-se com paraquat fazendo aplicação em jato dirigido, milho com 70-80 cm de altura.

Tabela 4g. Alternativas de herbicidas para controle de plantas daninhas na cultura do milho.

PÓS-EMERGÊNCIA				
Nome Comum	Marca	Concentração (g/L ou Kg)	Dosagem	
			i.a. ou e.a. (Kg/ha)	Formulação (Kg ou L/ha)
Atrazine + Metolachlor ¹	Primestra SC	200 + 300	3,0-4,0	6,0-8,0
Atrazine + Óleo Vegetal ²	Posmil	400 + 300	2,0-2,8	5,0-7,0
Atrazine + Simazine ³	Primóleo	400 + 300	2,0-2,4	5,0-6,0
Bentazon ⁴	Idem de pré-emergência.			
	Banir	480	0,72-1,2	1,5-2,5
	Basagran 600	600	0,72	1,2

1 Nas linhagens de milho ou híbridos simples, nos campos de produção de sementes, fazer testes prévios de seletividade. Pós-emergência inicial, deve ser aplicado na “fase de charuto” do milho, quando a cultura apresenta tolerância. Utilizar Extravon 0,2 % v/v como adjuvante.

2 Não recomendado em áreas com capim-colchão, capim-carrapicho e capim-braquiária. Em altas infestações de capim-marmelada e na ocorrência de reinfestação, poderá necessitar de reaplicação.

3 Ervas no estágio de 2 pares de folhas (dicotiledôneas) ou 1 perfilho (gramínea)

4 Para o controle de cordas-de-viola e guanxumas adiciona-se óleo mineral Assist (1,0 l/há em aplicações terrestre e 0,3 l/ha em aéreas), podendo misturar com atrazine e 2,4-D.

Tabela 4h. Alternativas de herbicidas para controle de plantas daninhas na cultura do milho.

PÓS-EMERGÊNCIA				
Nome Comum	Marca	Concentração (g/L ou Kg)	Dosagem	
			i. a. ou e. a. (Kg/ha)	Formulação (Kg ou L/ha)
2,4-D ¹	Aminol 806	670 (amina)	0,3-1,0	0,5-1,5
	Capri	720 (amina)	0,7-0,9	1,0-1,3
	Deferon	400 (éster)	0,2-0,4	0,6-0,9
	DMA 806 BR	670 (amina)	0,3-1,0	0,5-1,5
	Esteron 400	400 (éster)	0,2-0,4	0,6-0,9
	BR			
	Herbi D 480	400 (amina)	0,2-0,4	0,6-0,9
	Tento 867 CS	720 (amina)	0,7-0,9	1,0-1,3
	U-46 D-Fuid	720 (amina)	0,7-0,9	1,0-1,3
Isoxaflutole ²	2,4-D			
	Provence 750	750	60 (g)	80 (g)
	WG			
Nicosulfuron ³	Sanson 40 SC	40	50-60 (g)	1,25-1,5
Paraquat ⁴	Gramoxone	200	0,3-0,6	1,5-3,0
	200			
Sulfosate ⁵	Zapp	480	0,48-2,88	1,0-6,0

1 Em pós-emergência, em área total, até o estágio de 3-4 folhas, antes da formação do “cartucho”, isoladamente ou em mistura com atrazine, se aplicado após essa fase pode causar deformações nas plantas e tornar os colmos quebradiços. Em pós-emergência tardia, aplica-se quando o milho atinge 60 cm de altura ou mais, antes do início do espigamento e da formação de raízes adventícias, em jato dirigido nas entrelinhas da cultura, as plantas podem ficar frágeis e quebradiças por um período de 10 a 15 dias após o tratamento.

2 Não usar em solos de textura arenosa. Residual é suficiente para o fechamento da cultura.

3 Pós-emergência da cultura e das ervas. O milho deve estar com 2-6 folhas (10 a 25 cm de altura) e as ervas com 2-6 folhas ou até 2 perfilhos. Para controle de *D. horizontalis* aplicar 1,5 l/ha até o perfilhamento, para as demais gramíneas registradas, usar 1,25 l/ha até o perfilhamento e 1,5 l/ha até dois perfilhos. Para o controle de *C. benghalensis* e *E. heterophilla* usar 1,5 l/ha com 2 a 4 folhas, para as demais folhas largas usar 1,25 l/ha entre 2 e 4 folhas e 1,5 l/ha entre 4 e 6 folhas. Não adicionar adjuvante à calda. Não utilizar nas seguintes cultivares de milho AG2003, Agromen-210, C-211, CO-11, FT-9043, P-3230 e ICI-8551.

4 Pós-emergência em jato dirigido nas entrelinhas, quando a cultura ultrapassa 40 cm de altura.

5 Pós-emergência em jato dirigido.

Tabela 4i. Alternativas de herbicidas para controle de plantas daninhas na cultura do milho.

MANEJO DO PLANTIO DIRETO				
Nome Comum	Marca	Concentração (g/L ou Kg)	Dosagem	
			i.a. ou e.a. (Kg/ha)	Formulação (Kg ou L/ha)
Amônio glufosinato 2,4-D ¹	Finale	200	1,5-2,0	0,3-0,4
	Aminol 806	670 (amina)		
	Capri	720 (amina)		
	Deferon	400 (éster)		
	DMA 806 BR	670 (amina)		
	Esteron 400 BR	400 (éster)		
	Herbi D 480	400 (amina)		
	Tento 867 CS	720 (amina)		
	U-46 D-Fuid	720 (amina)		
	2,4-D			
Glyphosate	Agrisato 480 CS	360	0,36-2,16	1,0-6,0
	Glifosato 480	360	0,36-2,16	1,0-6,0
	Agripec			
	Glifosato	360	0,72-1,80	2,0-5,0
	Fersol			
	Glifosato	360	0,72-1,80	2,0-5,0
	Nortox			
	Round up	360	0,18-2,16	0,5-6,0
Paraquat	Gramoxone 200	200	0,3-0,6	1,5-3,0
Sulfosate	Zapp	480	0,48-2,88	1,0-6,0

1 Isoladamente ou em mistura com paraquat ou glyphosate.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAERG, R.J.; BARRET, M.; POLGE, N.D. Insecticide modifications of cytochrome P-450 mediated herbicide metabolism. Weed Science Society of America Abstract, v. 34, p. 61. 1994.
- BALL, D.A. Weed seedbank response to tillage, herbicides, and crop rotation sequence. Weed Science, Champaign, v.40, p.654-659, 1992.

- BIEDIGER, D.L.; BAUMANN, P.A.; WEAVER, D.N.; CHANDLER, J.M. MERKLE, M.G. Interactions between primisulfuron and selected soil applied insecticides in corn (*Zea mays*). Weed Technology, v. 6, p. 807-812. 1992.
- CAETANO, R.S.X. Dinâmica do banco de sementes e de populações de plantas daninhas na cultura de citros (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) submetida a diferentes sistemas de manejo. Dissertação de mestrado, ESALQ/USP, Piracicaba, 1999.
- CHRISTOFFOLETI, P.J.; CAETANO, R.S.X. Soil seed banks. Scientia Agricola, Piracicaba, v.55, n. especial, p.74-78, 1998.
- FORCELLA, F.; WILSON, R.G.; RENNER, K.A.; DEKKER, J.; HARVEY, R.G.; ALM, D.A.; BUHLER, D.D.; CARDINA, J. Weed seedbank of the U.S. Corn Belt: Magnitude, Variation, Emergence, and application. Weed Science, Champaign, v.40, p.636-644, 1992.
- KAPUSTA, G.; KRAUSZ, R.F. Interaction of terbufós and nicosulfuron on corn (*Zea mays*). Weed Technology, v. 6, p. 999-1003. 1992.
- KWON, C.S.; PENNER, D. The interaction of insecticides with herbicide activity. Weed Technology, v. 9, p. 119-124. 1995.
- MORTON, C.A.; HARVEY, R.G.; DELLS, J.J.; LUESCHEN, W.E.; FRITZ, V.A. Effect of DPX-V9360 and terbufós on field and sweet corn (*Zea mays*) under three environments. Weed Technology, v. 5, p. 130-136. 1991.
- NASH, R.G. Synergistic phytotoxicities of herbicide-insecticide combinations in soil. Weed Science, v. 16, p. 74-77. 1968.
- PORPIGLIA, P.J.; RAWLS, E.K.; GILLESPIE, G.R.; PEEK, J.W. A method to evaluate the differential response of corn (*Zea mays*) to sulfonylureas. Weed Science Society of America Abstract, v. 30, p. 86. 1990.
- POWLES, S.B.; TUCKER, E.S.; MORGAN, T.R. Erradication of paraquat-reistant *Hordeum glaucum* by prevention of seed production for 3 years. Weed Res., v.32, n.3, p.207-211, 1992.
- ROBERTS, H.A.; FEAST, P.M. Emergence and longevity of seeds of annual weed in cultivated and undisturbed soil. J. Appl. Ecol., v.10, n.1, p.133-143, 1973.
- SCHREIBER, M.M.; Influences of tillage, crop rotation, and weed management on grant foxtail (*Setaria faberi*) population

- dynamics and corn yield. *Weed Science*, Champaign, v.40, n.4, p.645-653, 1992.
- SCHWEIZER, E.E.; ZIMDAHL, R.L. Weed science decline in irrigated soil after rotation of crops and herbicides. *Weed Science*, Champaign, v.32, p.84-89, 1984.
- SKORA NETO, F. Efeito da prevenção de produção de sementes pelas plantas daninhas e da aplicação de herbicida em jato dirigido na densidade de infestação na cultura do milho em anos sucessivos. *Planta Daninha*, v.19, n.1, p.1-10, 2001.
- VAL, W.M.C. Efeito de restos culturais sobre o controle de plantas daninhas. In: *Resultados de Pesquisa da Embrapa Soja 1996*, Embrapa-CNPSO, Londrina, p.91-92, 1997.
- VOLL, E. ; GAZZIERO, D.L.P. Resultados de levantamento de bancos de sementes e de flora daninha emergente, no manejo integrado de plantas daninhas em lavouras de soja, no Paraná, em 1995/96. In: *Resultados de Pesquisa da Embrapa Soja 1996*, Embrapa-CNPSO, Londrina, p.92-96, 1997.
- YENISH, J.P.; DOLL, J.D. ; BUHLER, D.D. Effects of tillage on vertical distribution and viability of weed seed in soil. *Weed science*, Champaign, v.40, p.429-433, 1992.

CERCOSPORIOSE DE MILHO: Ocorrência e Controle

Antonio Luiz Fancelli

Professor, Departamento de Produção Vegetal ESALQ
Universidade de São Paulo, Caixa Postal 9
CEP: 13418-970, Piracicaba, SP
e-mail: alfancel@esalq.usp.br

IMPORTÂNCIA ECONÔMICA

A principal espécie do gênero *Cercospora* que ocorre na cultura de milho é a *Cercospora zae-maydis*, cuja maior incidência está relacionada a regiões que apresentam longos períodos de elevada umidade relativa (Ward et al., 1999).

Em 1995, nos Estados Unidos, a referida doença provocou perdas significativas de produção em, aproximadamente, 9,3 milhões de hectares, sendo que sua incidência vem aumentando com o decorrer dos anos. Além dos Estados Unidos, a *Cercospora zae-maydis* tem provocado consideráveis danos à cultura de milho na Colômbia, no Peru, em Trinidad Tobago, na Costa Rica, no México, na Venezuela e, atualmente, no Brasil. Em algumas regiões do continente africano, onde as condições climáticas são extremamente favoráveis ao desenvolvimento da doença, foram detectadas consideráveis quedas na produção de milho, principalmente no Kênia, em Cameroon, em Unganda e no Zaire. Ainda, recentes citações reportam que também foram registradas perdas de produção provocadas pelo mencionado patógeno na China, mais especificamente na província de Jilin.

No Brasil, apesar da *Cercospora* ter sido detectada desde a década de 70, atualmente, com a generalização de recomendações técnicas, simplificação de sistemas de produção, introdução acentuada de linhagens de milho de clima temperado, aliado à falta de rotação de culturas, a referida doença tem encontrado condições propícias para a sua acelerada expansão. Assim, após apresentar caráter epidêmico no sudoeste goiano, na safra 1999-2000, a doença já pode ser encontrada em diversas regiões dos estados de Goiás,

Minas Gerais, São Paulo, Mato Grosso do Sul e Paraná, principalmente.

ORGANISMO CAUSAL (PATÓGENO)

O fungo *Cercospora zeae-maydis* Tehon & Daniels (organismo causal da doença conhecida como *Cercospora* do milho) foi identificado em 1924, em Illinois (USA), e reportado pela primeira vez, como causador de prejuízos na lavoura de milho, em Kentucky e Tennessee, em 1943.

Seus conídios (Figura 1) são alongados, ligeiramente curvados, hialinos, multiseptados, possuindo 6 a 10 septos e tamanho variável entre 70-180 x 4-6 μm . (Latterrel & Rossi, 1983)

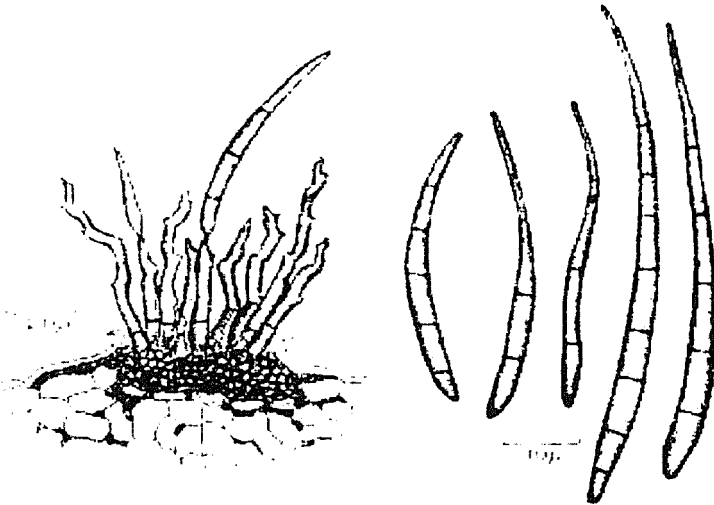


Figura 1. Conidióforo e conídios de *Cercospora zeae-maydis*.

EPIDEMIOLOGIA (CONDIÇÕES DE OCORRÊNCIA)

A *Cercospora zeae-maydis* requer prolongado período de alta umidade relativa do ar (período mínimo de 12 horas com umidade superior a 90%), folhas com superfície úmida por período superior ou igual a 12 horas e temperatura oscilando entre 25 e 32°C.

Em trabalho realizado com condições controladas, os esporos de *C. zeae-maydis* germinaram após 24 horas em temperatura variável entre 22 e 30°C, quando as plantas inoculadas foram submetidas a neblinas freqüentes por 12 horas. Todavia, também foi observado que a presença de água livre na superfície das folhas pode reduzir a taxa de infecção das plantas (Beckman & Payne, 1982).

Ainda, em pesquisa de laboratório, realizada em Iowa (EUA), constatou-se que a elongação do tubo germinativo do fungo não ocorreu quando o patógeno foi submetido a umidade relativa inferior a 95%. Porém, ressaltam os pesquisadores que, em muitas situações, a infecção poderá ocorrer mesmo quando a umidade relativa do ar estiver abaixo do ideal (95%), principalmente se a lavoura de milho já estiver totalmente fechada, o que favorecerá a criação de um microclima propício ao patógeno por assegurar a saturação das folhas por longo período de tempo (Thorson et al., 1993).

Ao atingir a superfície das folhas, os conídios de *Cercospora zeae-maydis*, podem germinar no período de 12 a 24 horas e iniciarem a penetração, através dos estômatos, em 4 a 7 dias. Aproximadamente, 7 a 9 dias após a infecção, a clorose nas folhas começa a se evidenciar e, nos dias seguintes, as lesões necróticas iniciam o seu desenvolvimento. A produção de conídios pode ocorrer 14 a 15 dias após a infecção e prolongar-se por vários dias, sendo que em cada mm² de lesão podem ser produzidos cerca de 5000 novos conídios, dos quais 50 a 80% estão aptos a germinar. O ciclo de infecção (infecção, penetração e produção de conídios) varia de acordo com a suscetibilidade do genótipo. No Estados Unidos, o ciclo de infecção nos híbridos moderadamente resistentes duram de 21 a 28 dias e nos híbridos suscetíveis de 14 a 21 dias.

Normalmente, a facilidade de penetração de *C. zeae-maydis* nos estômatos é maior em tecidos de plantas mais velhas quando comparado com tecidos de plantas jovens (Gwinn et al., 1987).

A esporulação é abundante sob condições de calor, nebulosidade e alta umidade, porém o referido patógeno pode sobreviver em condições adversas de ambiente, desde que os processos de germinação e infecção já tenham sido iniciados (Latterell & Rossi, 1983 e Thorson et al., 1993). O período de alta umidade relativa não necessita ser contínuo para que a infecção ocorra, desde que o processo possa permanecer quiescente até que a umidade relativa

favorável seja retomada (Beckman & Payne, 1982). Em trabalho de laboratório, demonstrou-se que formas jovens sobrevivem por 6 dias a umidade de 60%, 8 dias a umidade de 70%, 10 dias a umidade de 80% e 15 dias a umidade de 90%. Quando retornam à umidade de 95%, os tubos germinativos alongam-se normalmente e produzem apressórios, após 72 horas (Thorson et al., 1993).

A *Cercospora zae-maydis* desenvolve um estroma no interior da cavidade substomatal que pode originar conidióforos e conídios, 16 a 21 dias após a penetração (Beckman & Payne, 1982). Esse estroma, formado no interior da citada cavidade, pode sobreviver por longos períodos de seca e retomar a colonização da cavidade substomatal e/ou esporular, quando as condições ambientais voltarem a ser favoráveis (Stromberg, 1986). Essas evidências científicas ratificam a possibilidade da ocorrência de infecções precoces (quando a planta ainda for jovem), seguidas de um período de latência, cujo potencial destrutivo somente pode ser manifestado quando da retomada das condições ideais exigidas pelo patógeno.

Além da umidade relativa, o genótipo também pode afetar a duração do período de latência. Alguns pesquisadores observaram que o período latente de *C. zae-maydis*, para híbridos suscetíveis, perdurou por 14 dias e para híbridos moderadamente resistentes, o período se estendeu até 28 dias (Ringer et al., 1995).

Avaliações de campo efetuadas na África do Sul, mostraram que o desenvolvimento das lesões primárias era sempre menor sob temperaturas inferiores a 20°C, mesmo quando a umidade relativa era favorável ao desenvolvimento do patógeno (Ward et al., 1996). Contudo, esta premissa apenas é verdadeira quando a quantidade de inóculo inicial presente nos restos vegetais for pequena. Em meio a elevado potencial de inóculo, a doença pode se desenvolver, significativamente, mesmo sob temperaturas mais baixas.

Geralmente, híbridos de ciclo tardios apresentam maior risco de serem infectados por *Cercospora* do que híbridos de ciclo precoce. Este fato pode ser relacionado ao maior espaço de tempo que as plantas de genótipo de ciclo longo permanecem na fase vegetativa, o que aumenta o período de exposição, que por sua vez aumenta a probabilidade de a doença atingir altos níveis de severidade; bem como reduzir a intercepção da radiação solar no período crítico de enchimento de grãos (Stromberg, 1986).

Em trabalho conduzido na Virgínia (EUA), usando uma escala de 1 a 5 para quantificar a severidade da doença, alguns pesquisadores demonstraram que o aumento de cada unidade na escala empregada, representou perdas na produção de grãos igual a 1,06 t/ha nos híbridos tardios, 0,7 t/ha nos híbridos de ciclo médio e 0,1 t/ha nos híbridos precoces. Contudo, ressalta-se que o fator mais importante relacionado ao genótipo, quanto à suscetibilidade à *Cercospora*, não está relacionado ao ciclo das plantas, mas sim à herança genética (tolerância e/ou resistência).

SINTOMAS

Os sintomas de ocorrência de *Cercospora* nas plantas de milho são observados, inicialmente, nas folhas basais. No início, as lesões, ainda imaturas, podem ser confundidas com sintomas causados por outros patógenos que danificam as folhas das plantas de milho, como o *Helminthosporium maidis*. A *C. zea-maydis* provoca lesões em ambas as faces da folha e também na bainha (Latterell & Rossi, 1983). Os sintomas iniciais correspondem a pequenas lesões (1 a 3 mm de comprimento), de formato retangular a irregular, bordas cloróticas e são mais visíveis quando as folhas são observadas contra a luz. Com a evolução da doença o reconhecimento torna-se mais fácil pois as lesões adquirem formato retangular (5 a 7 mm de comprimento e 4 mm de largura), coloração acinzentada a parda e se distribuem paralelamente às nervuras da folha. O fato das lesões ocorrerem paralelamente às nervuras e serem estreitas relaciona-se à delimitação do crescimento lateral da hifa pelo sistema vascular provocada pelo envolvimento do tecido do esclerênquima (Beckman & Paine, 1982). Quando a incidência é severa, pode ocorrer o apodrecimento do colmo, o qual passa a servir de alojamento ao patógeno.

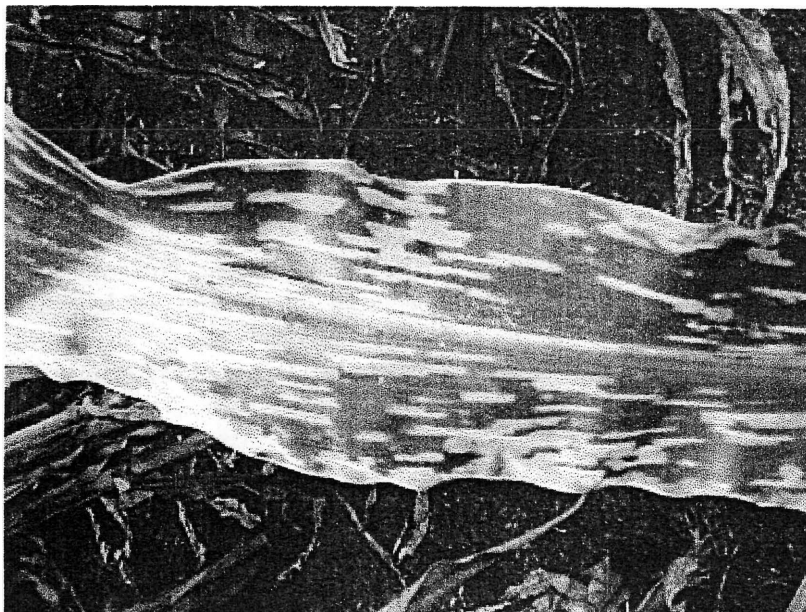


Figura 2. Sintomas típicos de cercosporiose do milho (Rio Verde/GO)

O período de latência da mancha de *Cercospora* é longo, quando comparado aos demais patógenos da cultura de milho, podendo seus esporos permanecerem viáveis por 14 a 28 dias (Beckman et al., 1982). Ainda, cumpre ressaltar que o tamanho, bem como o tipo e o número de lesões podem variar com o genótipo, sendo que híbridos mais suscetíveis apresentaram maior número de lesões quando comparados com híbridos resistentes (Aylor, 1990). Todavia, a idade da folha não tem interferido significativamente na caracterização das lesões (Beckman & Payne, 1982).

Nos Estados Unidos, como no Brasil, predominantemente, os sintomas típicos de *Cercospora* têm sido constatados nas folhas basais, próximo ao florescimento da planta (10 dias antes a 10 dias após). Contudo, em trabalho desenvolvido em Kentucky (EUA), Ward et al (1999), observaram que a infecção pode ocorrer a partir do estágio de 4 folhas e que, em condições especiais, os primeiros sintomas de *Cercospora zea-maydis* em plantas de milho, podem ser vistos desde a fase de plântula (plantas com uma a duas folhas).

DISPERSÃO E SOBREVIVÊNCIA

A ocorrência da mencionada doença vêm aumentando consideravelmente, em várias regiões produtoras do mundo, sendo que tal crescimento está diretamente associado com a adoção de práticas agrícolas que negligenciam a rotação de culturas e que preservam o resíduo de plantas infectadas na superfície do solo. Estes procedimentos favorecem a perpetuação do inóculo propiciando a proliferação do mesmo para outras áreas e safras.

A *Cercospora zeae-maydis* é conhecida por infectar apenas a cultura de milho não havendo, até o momento, nenhum relato de que o referido patógeno seja transmitido por sementes (Ward et al., 1999).

Períodos de alta umidade favorecem a proliferação do fungo, pois ocorre a produção de esporos (conídios) que infestam os resíduos. Assim, o fungo *C. zeae-maydis* pode sobreviver por longos períodos, na entressafra, nos restos de cultura de milho presentes na superfície do solo, porém não é competitivo com outros fungos presentes no solo e não sobrevive quando enterrado (Stromberg, 1986).

Os esporos são disseminados eficientemente pelo vento para novas plantas e infectam primeiramente as folhas basais. Sob condições ambientais favoráveis, as lesões resultantes da infecção inicial produzem esporos que, por sua vez, são transportados através do vento e por respingos de chuva (ou irrigação) para as folhas superiores. A ocorrência de prolongado período seco, pode amplificar a taxa de disseminação dos esporos a longas distâncias (Ward et al., 1999). Ainda, algumas evidências demonstram que a dispersão aérea dos esporos é maior no início da tarde, quando a temperatura se eleva, e a umidade relativa do ar e a umidade da superfície das folhas diminuem (Rupe et al, 1982).

O fungo pode permanecer dormente quando submetido a condições ambientais desfavoráveis (altas temperaturas e falta de água) e retomar seu desenvolvimento rapidamente, sob condições favoráveis (Jenco, 1995). Quando ocorrem prolongados períodos climaticamente favoráveis e, especialmente após o fechamento do

dossel, as lesões se desenvolvem e coalescem resultando em extensas áreas necrosadas e secas nas folhas.

Nutter et al. (1994), citado por Ward et al. (1999), realizaram um ensaio em Iowa (EUA) objetivando a avaliação da relação entre a ocorrência de lesões nas folhas e a distância da fonte de inóculo, onde evidenciaram que o número de lesões por folha era muito superior quando a fonte de inóculo posicionava-se a até 6 metros de distância. Ainda, verificaram que algumas lesões foram encontradas em plantas distantes em até 50 metros da fonte de inóculo. Esse resultados permitiram concluir que os esporos de *Cercospora zeae-maydis* podem desprender-se das folhas e se deslocar a longas distâncias (Nutter et al, 1994). Assim, como a velocidade de deslocamento dos esporos de *Cercospora* é de, aproximadamente, 2,2 cm/segundo, a qual é baseada nos valores médios de tamanho e massa, pode-se concluir que os propágulos podem deslocar-se a distâncias variáveis entre 0,1 km (100 m) a mais de 40 km (Ward et al., 1999). No entanto, afirma o mesmo autor, que a capacidade de deslocamento depende da velocidade do vento reinante no local considerado.

ESTÁDIOS PREFERENCIAIS DE OCORRÊNCIA

Na África do Sul, as lesões provocadas por *Cercospora zeae-maydis* na cultura de milho, aparecem bem antes da antese (florescimento), ao contrário do que acontece na maior parte dos Estados Unidos e no Brasil, em que as lesões se manifestam normalmente logo após a antese. O aparecimento das lesões em fases mais jovens de desenvolvimento, possibilita maior interação entre o hospedeiro e o patógeno resultando na maior severidade da doença. Por esse motivo, os prejuízos da *Cercospora* na África do Sul, são muito mais acentuados, quando comparado com aqueles determinados em Iowa (estados Unidos) (Nutter& Stromberg, 1999).

Da mesma forma, no Brasil, visando a minimização dos prejuízos impostos pela *Cercospora*, áreas que apresentaram plantas infectadas entre a 4a e a 8a folha, como o ocorrido na região de Rio Verde/GO, na safra 2000/2001, exigiram o emprego de medidas curativas drásticas. A não observância desses cuidados quando da infecção precoce (entre a 4a e a 10a folha) aliada a condições

climáticas favoráveis à evolução da doença, fatalmente acarretará redução significativa do potencial produtivo.

Assim, quando os primeiros sintomas de *Cercospora zeae-maydis*, em plantas de milho, aparecerem próximo ao florescimento e as lesões permanecerem apenas nas 5 folhas basais da planta, as perdas serão pequenas e, normalmente, não exigirão tratamentos específicos. Contudo, se as lesões progredirem para as folhas superiores (sobretudo atingindo aquelas posicionadas acima da espiga) em meio a condições de estresse (seca, baixa luminosidade, encharcamento, deficiência de potássio e cobre, bem como excesso de nitrogênio, dentre outras) providências urgentes deverão ser implementadas (Fancelli, 2001).

DANOS E PREJUÍZOS

Geralmente, *C. zeae-maydis* provoca danos à cultura de milho já no primeiro ano de ocorrência na área, principalmente, se a disseminação pelo vento e as condições de ambiente forem propícias. Porém, em algumas situações desfavoráveis ao desenvolvimento da doença, o patógeno não se manifesta, de forma severa, no primeiro ano de colonização da área, permanecendo nos restos de culturais durante o período de entressafra e provocando nova epidemia apenas na cultura de milho subsequente.

As perdas atribuídas à ocorrência de *Cercospora* estão relacionadas com a redução da interceptação de radiação solar, alteração no funcionamento dos estômatos, diminuição da taxa fotossintética e redução da taxa de translocação de fotoassimilados.

Se a infecção da planta e o aparecimento dos sintomas iniciais se evidenciarem entre a 4ª e 8ª folha, a redução do potencial produtivo da cultura, segundo inúmeros autores, poderá oscilar entre 40 e 70 %. Porém, se a incidência exceder 40-50 % da área foliar das folhas posicionadas acima da espiga, no período compreendido entre o pendoamento e o florescimento, as perdas podem oscilar entre 65 a 90%. (Ward et al. 1999).

Em pesquisa realizada com o intuito de se avaliar o efeito da severidade da doença infectando o terço médio da planta de milho (folhas 6 a 12), no estágio de grãos pastosos/farináceos, Nutter &

Jenco (1992), detectaram que a cada 1% de acréscimo na severidade, a produção de grãos foi reduzida em 47,6 kg/ha.

Para Stromberg & Carter (1991) os componentes do rendimento mais afetados pela presença de *C. zae-maydis* na cultura de milho são o número de grãos por espiga e o tamanho dos grãos.

PREVENÇÃO E MANEJO

Objetivando a redução da incidência de *Cercospora zae-maydis* em lavouras de milho, recomenda-se a implementação de inúmeras medidas de caráter preventivo, dentre as quais merecem especial destaque:

- a) Usar obrigatoriamente da prática da rotação de culturas;
- b) Evitar áreas e épocas com abundância de orvalho e neblina;
- c) Evitar o atraso da colheita;
- d) Empregar adubação equilibrada, principalmente em Nitrogênio e Potássio;
- e) Utilizar fertilizante silicatado;
- f) Evitar excesso e aplicação tardia de nitrogênio;
- g) Evitar o uso de espaçamentos largos (>85 cm entrelinhas);
- h) Avaliar a possibilidade de utilização de quebra-vento e
- i) Realizar pulverizações foliares de produtos à base de Manganês (Mn) e Cobre (Cu), entre os estádios correspondentes à 4ª e 6ª folha da planta.

Inúmeros estudos têm mostrado que apenas 1 (um) ano de rotação de culturas pode ser suficiente para reduzir significativamente o nível de inóculo de *C. zae-maydis*, na área. Todavia, os melhores resultados têm sido obtidos com a supressão da cultura de milho, em áreas severamente infectadas, por 2 (dois) anos, segundo Perkins (1995).

Em função da especificidade do patógeno, qualquer cultura, exceto milho, é considerada não hospedeira de *C. zae-maydis* e pode ser utilizada no sistema de rotação de culturas (Munkvoly, 1997).

Da mesma maneira, em áreas com a presença da doença considerada, a alteração da finalidade da produção, de grãos para silagem, poderá contribuir para a redução do inóculo, pois o material

vegetal, eventualmente infectado, será parcialmente removido da área (Payne et al, 1987).

Porém, o atraso na colheita de grãos, sobretudo em regiões chuvosas ou com predominância de ventos, poderá favorecer a manutenção e disseminação do patógeno, o qual atuará, de forma intensa, na safra seguinte (Ward et al, 1999).

Com relação à influência da nutrição de plantas e a incidência e severidade da *Cercospora* na lavoura de milho, poucos trabalhos foram desenvolvidos nesse aspecto. Porém, Smit (1989), observou que a aplicação de nitrogênio acima da recomendação, provocou significativo aumento na severidade da doença. Resultados semelhantes foram obtidos por Ward (1996). Ainda, com base na fisiologia de plantas e de evidências práticas, pode-se inferir que o fornecimento tardio de nitrogênio, na lavoura de milho, com plantas apresentando mais de 12-14 folhas, bem como a utilização de quantidades de N e K, superior à relação 2:1, poderão predispor a planta à maior incidência e severidade de *Cercospora*. (Fancelli, 2001).

Medidas de caráter genérico relacionadas à prevenção de doenças de plantas, tais como aplicação de sulfato de manganês (500g/ha) e óxido cuproso (100-125g/ha), entre os estádios correspondentes a 4 e 6 folhas, bem como o fornecimento de 15 a 25 kg/ha de sílica, também deverão ser implementadas.

Esses elementos quando disponibilizados para a planta, contribuem para a maior tolerância a patógenos, pois o manganês mantém a taxa fotossintética em níveis satisfatórios, o cobre contribui decisivamente para a síntese de fenóis e a sílica aumenta a resistência física da planta (Marschner, 1986).

Em áreas com alta incidência de *Cercospora*, a população e a distribuição de plantas também podem exercer influência sobre a ocorrência da doença na cultura do milho. Nowell (1997), observou que a redução na densidade de plantas resultou no aumento da severidade da doença. Segundo o autor, este fato é comumente observado nas bordaduras e em áreas com problemas de germinação de sementes (baixo estande), e pode ser atribuído à maior taxa de dispersão assegurada pela maior velocidade do vento e facilidade de circulação de ar. Pela mesma razão, objetivando a preservação de

áreas novas, sugere-se o uso de quebra-vento, em regiões com elevada quantidade de esporos no ar (regiões altamente infestadas).

MEDIDAS DE CONTROLE

As principais medidas de controle da *Cercospora* na lavoura de milho são:

- a) Uso de híbridos resistentes;
- b) Incorporação de resíduos de cultura infectados;
- c) Utilização de fungicidas ⁽¹⁾
- d) Aplicação de fungicidas no momento correto ⁽¹⁾ e
- e) Alternância de ingredientes ativos e fungicidas com distintos modos de ação ⁽¹⁾.

A inclusão de híbridos resistentes em sistemas de rotação de culturas pode contribuir para o manejo (e controle) efetivo da doença. A semeadura de híbridos resistentes resulta em baixa quantidade de inóculo presente nos restos culturais e assim, minimizar os riscos às lavouras seguintes de milho implantadas na próxima safra.

Neste contexto, numerosos estudos estão sendo realizados, principalmente nos Estados Unidos, visando melhorar as características de resistência da cultura de milho. Para Ayers et al (1984), a resistência dos híbridos ao fungo, teve grande impacto sobre os componentes de disseminação e sobrevivência, incluindo a alteração no tamanho e distribuição das lesões, no período de latência e na taxa de esporulação. Beckman et al (1982), afirmam terem observado atrasos significativos no aparecimento de lesões (longo período de incubação) e na esporulação (ampliação do período de latência), em híbridos moderadamente resistentes. Da maneira similar, Ringer et al (1995), observaram menor período latente em híbridos suscetíveis à doença (14 a 19 dias após a inoculação) em relação a híbridos moderadamente resistentes (22 dias após a inoculação).

⁽¹⁾ No Brasil não existe, até o momento, nenhum produto químico registrado para tal fim (EMBRAPA, 2001)

No Brasil, as empresas produtoras de sementes e os órgãos oficiais de pesquisa estão dedicando especial atenção ao estudo e criação de genótipos resistentes a essa doença. Atualmente, evidencia-se acentuado grau de variabilidade de resistência genética à *Cercospora* nos genótipos disponíveis no mercado, sendo possível encontrar desde materiais com tolerância satisfatória até outros com suscetibilidade máxima. Assim, as recomendações de híbridos para as diversas épocas e regiões deverão contar com a efetiva participação das empresas produtoras de sementes e detentoras do germoplasma.

Outra modalidade de controle de *Cercospora zea-maydis* na cultura de milho, é através do uso de fungicidas que, segundo Carter et al. (1992), os produtos mais eficientes são os de ação sistêmica, como os Benzimidazóis e os Triazóis, bem como o uso da mistura desses produtos (Ward et al., 1997). Neste contexto, Stromberg et al. (1998), citado por Ward et al. (1999), relata que excelentes resultados também tem sido obtidos com o uso das Estrobilurinas.

Porém, apesar dos resultados satisfatórios obtidos, nos Estados Unidos já se identificou, em algumas regiões, a resistência da *Cercospora zea-maydis* a determinados produtos. Por essa razão, as recomendações atuais apregoam o uso alternado de diferentes ingredientes ativos, bem como de produtos químicos com distintos modos de ação (Ward et al., 1997).

A maior eficiência no controle químico de *C. zea-maydis* foi obtida quando a aplicação de fungicida foi realizada no início do desenvolvimento da doença, ou seja, no momento em que as lesões atingiram 2 a 3% da área foliar (máximo 5%) e eram observadas apenas nas 5 (cinco) folhas basais. (Ward et al., 1997). Os mesmos autores também determinaram que, quando a aplicação do fungicida foi realizada preventivamente (antes do aparecimento de sintomas de *Cercospora*), a eficiência de controle foi baixa e a relação benefício/custo foi desfavorável. Portanto, a aplicação de fungicida deve ser iniciada após a manifestação dos primeiros sintomas da doença, porém antes de atingirem altos níveis de severidade. O intervalo entre as aplicações depende da ocorrência ou não de condições adequadas ao desenvolvimento da doença, do produto químico utilizado e do grau de resistência do híbrido. Assim, a determinação do momento correto de aplicação de fungicidas, exige

vistorias e levantamentos contínuos, fundamentados em observações detalhadas e precisas.

Em trabalho conduzido na África do Sul, observou-se que híbridos moderadamente resistentes à *C. zeae-maydis* apresentaram menores respostas à aplicação de fungicidas, quando comparados a híbridos suscetíveis. Ainda, verificou-se que o emprego de híbridos suscetíveis implicava na necessidade da realização de maior número de aplicações de fungicidas em relação ao uso de híbridos resistentes (Ward et al, 1996).

Contudo, apesar das informações e dos estudos disponíveis, no Brasil, até o momento, não existe nenhum produto químico registrado no Ministério da Agricultura e do Abastecimento, para essa finalidade (EMBRAPA, 2001).

Todavia, somente a aplicação de produtos químicos, mesmo no momento indicado, poderá não surtir o efeito desejado se elevado potencial de inóculo do patógeno permanecer viável nos restos de cultura.

Em levantamento realizado entre 1993 e 1997 em Iowa, Estados Unidos, observou-se que as áreas com preparo reduzido de solo aumentaram de 55,1% para 77,9% e os problemas com *Cercospora* em milho, por sua vez, também aumentaram, na proporção de 10% para 95%. (Ward et al, 1999)

Este fato já havia sido destacado por Payne et al. (1987), que estudando a influência do sistema de cultivo (convencional e plantio direto) sobre a disseminação e o desenvolvimento de *C. zeae-maydis*, constataram que a evolução da doença foi mais acentuada nas áreas de produção de milho sob sistema de plantio direto.

Em outro trabalho desenvolvido por Nazareno et al. (1993), observou-se a existência de estreita relação entre a quantidade de resíduo presente na superfície do solo e a severidade de *C. zeae-maydis*, principalmente quando as condições de ambiente eram favoráveis ao patógeno. No mesmo trabalho, constatou-se que o número médio de lesões por folhas de milho nos tratamentos com 0, 10, 35 e 85% de cobertura do solo com restos vegetais de milho foi de, aproximadamente, 12, 36, 42 e 119, respectivamente. Da mesma maneira, observaram que quando a quantidade de resíduo recobria mais de 35% da superfície do solo, os níveis da doença aumentavam

acentuadamente. Resultado similar foi também obtido por Munkvoly (1997).

O efeito da incorporação dos restos de cultura de milho na sobrevivência de *Cercospora zeae-maydis* foi avaliado na Carolina do Norte, onde observou-se que o enterrio da resteva infectada, a 15 cm de profundidade, não proporcionou a sobrevivência do patógeno (Payne & Waldron, 1983).

Assim, os referidos pesquisadores recomendam o manejo de resíduos infectados como uma das formas de redução da capacidade de propagação de *Cercospora zeae-maydis* em áreas de produção de milho.

Por esse motivo, a implantação e a condução adequada do sistema de plantio direto e o emprego de programas efetivos de rotação de culturas mostram-se imperiosos para o sucesso e perpetuação dessa modalidade de sistema de produção para regiões produtoras de milho e propícias à ocorrência de *Cercospora*.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No Brasil, em função das condições climáticas reinantes nas regiões produtoras desse cereal e da ausência de programas efetivos de rotação de culturas, associados à baixa disponibilidade de genótipos resistentes e ao cultivo de milho, praticamente, o ano todo, a *Cercospora* apresenta acentuado potencial de expansão, podendo atingir níveis elevados de ocorrência e prejuízos.

Como o patógeno se perpetua, eficientemente, em restos de cultura, a prática da rotação de culturas e a adoção de medidas de caráter preventivo, tornam-se imperiosas, pois caso contrário, o sistema de plantio direto, em regiões endêmicas, correrá sério risco.

Ainda, cumpre ressaltar que, a referida doença pode ocorrer em qualquer época de cultivo e em qualquer estágio da lavoura, desde que as condições básicas exigidas pelo patógeno sejam satisfeitas.

Assim, mais do que nunca, a cultura de milho deverá ser conduzida com técnica e tecnologia apropriadas ao local de produção, objetivando a garantia do desempenho satisfatório de plantas e a redução dos níveis de estresse de natureza diversa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AYERS, J. E.; JOHNSON, M. W.; HILL, R. R. Identifying resistance to gray leaf spot. Proc. Maize Sorghum Res. Conf. 39th. Seed Trade Association, Washington. p.157-175. 1984.
- AYLOR, D. E. The role of intermittent wind of dispersal of fungal pathogens. Annu. Rev. Phytopathology. v.28. p.73-92. 1990.
- BECKMAN, P. M.; PAYNE, G. A. External growth, penetration, and development of *Cercospora zea-maydis* in corn leaves. Phytopathology. v.72. n.7. p.810-815. 1982.
- CARTER, M. R.; STROMBERG, E. L. The evaluation of foliar fungicides for the control of gray leaf spot disease on corn in Virginia. Fungic. Nematicide Tests. v.47. p.169. 1992.
- EMBRAPA. Recomendações técnicas para o controle de cercosporiose na cultura do milho. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo – EMBRAPA. 2001.
<http://www.cnpm.embrapa.br/flrdoen.html>
- FANCELLI, A.L. Considerações práticas sobre a incidência de *Cercospora* no Sudoeste Goiano. Departamento de Produção Vegetal/ESALQ/USP. Piracicaba,SP. 2001, 15p.
- GWINN, K. D.; STELZIG, D. A.; BROOKS, J. L. Effect of corn plant age and cultivar on resistance to *Cercospora zea-maydis* and sensitivity to cercosporin. Plant disease. v.71. n.7. p.603-606. 1987.
<http://www.ipm.iastate.edu/ipm/icm/1997/6-9-1997/contgspot.html>
- JENCO, J. H. Epidemiology of *Cercospora zea-maydis* in Iowa. Iowa University State. 1995. (Tese de Mestrado).
- LATTERELL, F. M.; ROSSI, A. E. Gray leaf spot of maize: A disease on the move. Plant Disease. v.67. p. 842-847. 1983.
- MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. San Diego. Academic Press. 1986. 674p.
- MUNKVOLY, G. Controlling gray leaf spot in field corn. 1997.
- NAZARENO, N. R. X.; MADDEN, L. V. Effect of levels of corn residue on the epidemiology of gray leaf spot of corn in Ohio. Plant disease. v.77 n.1. p.67-70. 1993.
- NAZARENO, N. R. X.; MADDEN, L. V. Survival of *Cercospora zea-maydis* in corn residue in Ohio. Plant disease. v.76. n.6. p.560-563. 1992.

- NOWEL, D. C. Studies on ear rot and gray leaf spot of maize in South Africa. University of Natal, Pietermaritzburg, South Africa. 1997. (Tese de doutorado).
- NUTTER, F. W. Jr.; JENCO, J. H. Development of critical-point yield loss models to estimate yield losses in corn caused by *Cercospora zea-maydis*. *Phytopathology*. v.82. p.994. 1992.
- NUTTER, F. W. Jr.; MARTINSON, C. A., JENCO, I.; WEGULO, S. N. Epidemiological studies concerning *Cercospora zea-maydis* on maize. *Proc. Congr. South Afr. Soc. Plant Pathol.* 32nd. 1994.
- NUTTER, F. W. Jr.; STROMBERG, E. L. Epidemiology and management of gray leaf spot of corn in the U.S. *Phytopathology*. v.89. p.101. 1999.
- PAYNE, G. A.; WALDRON, J. K. Overwintering and spor release of *Cercospora zea-maydis* in corn debris in North Carolina. *Plant disease*. v.67. p.87-89. 1983.
- PAYNE, G. A.; DUNCAN, H. E.; ADKINS, C. R. Influence of tillage on development of gray leaf spot and number of airborne conidia of *Cercospora zea-maydis*. *Plant disease*. v.71. n.4. p.329-332. 1987.
- PERKINS, J. M.; SMITH, D.R.; KINSEY, J. G.; DOWDEN, D. C. Prevalence and control of gray leaf spot. *Proc. Annu. Conf. Maize Breeders School*. 3nd. University of Illinois, Urbana. n.31. p.177-185. 1995.
- RINGER, C. E.; GRYBAUSKAS, A. P. Infection cycle components and disease progress of gray leaf spot on fiel corn. *Plant disease*. v.79. n.1. p.24-28. 1995.
- RUPE, J. C.; SIEGEL, M. R.; HARTMAN, J.R. Influence of environment and plant maturity on gray leaf spot of corn caused by *Cercospora zea-maydis*. *The american phytopathological society*. v.72. n.12. p.1587-1591. 1982.
- SHURTLEFF, M. C. Ed. *Compendium of corn diseases*, 2nd Ed. St Paul, APS, Press. 1986. 105p.
- STROMBERG, E. L. Gray leaf spot disease of maize. Va. Co-op. Ext. Serv. Publ. Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg. 1986. (Boletim técnico 450-072)
- STROMBERG, E. L.; CARTER, M. R. Evaluation of foliar fungicides for the control of gray leaf spot disease on corn Virginia. *Fungic. Nematicide Tests*. v.46. p.241. 1991.

- THORSON, P. R.; MARTINSON, C. A. Development and survival of *Cercospora zea-maydis* germilings in different relative-humidity environments. The american phytopathological society. v.83. n.2. p.153-157. 1993.
- WARD, J. M. J.; HOHLS, T.; LAING, M. D.; RIJKENBERG, F. H. J. Fungicide responses of maize hybrids to grey leaf spot. European journal of plant pathology. v.102. p.765-771. 1996.
- WARD, J. M. J.; LAING, M. D.; CAIRNS, A. L. P. Management practices to reduce gray leaf spot of maize. Crop Science. v.37. p.1257-1262. 1997.
- WARD, J. M. J.; LAING, M. D.; NOWELL, D. C. Chemical control of maize grey leaf spot. Crop protection. v.16. n.3. p.265-271. 1997.
- WARD, J. M. J.; LAING, M. D.; RIJKENBERG, F. H. J. Frequency and timing of fungicide applications for the control of gray leaf spot in maize. Plant disease. v.81 n.1. p.41-48. 1997.
- WARD, J. M. J.; STROMBERG, E. L.; NOWELL, D. C.; NUTTER, F. W. Gray leaf spot: a disease af global importance in maize production. Plant disease. v.83. n.10. p.884-895. 1999.

MILHO: PRODUTIVIDADE E USO DE ÁGUA

Durval Dourado Neto

Professor, Departamento de Produção Vegetal, ESALQ
Universidade de São Paulo, Caixa Postal 9
CEP: 13.418-970 Piracicaba, SP, Pesquisador do CNPq
e-mail: dourado@carpa.ciagri.usp.br

Antonio Luiz Fancelli

Professor, Departamento de Produção Vegetal, ESALQ
Universidade de São Paulo, Caixa Postal 9
CEP: 13.418-970 Piracicaba, SP
e-mail: alfancel@carpa.ciagri.usp.br

INTRODUÇÃO

O presente texto tem por objetivo descrever, de forma sucinta, a base teórica referente ao uso de água e produtividade de milho.

A dinâmica da água em agricultura precisa ser melhor entendida, no intuito de desenvolver um enfoque sistêmico considerando critérios dinâmicos, apesar da base teórica norteadora dessa importante evolução ter sido apresentada no início do século, o curso de Agronomia tem normalmente optado um enfoque individualizado (criando o modelo da especialização) considerando critérios estáticos.

Apesar do presente texto não apresentar explicitamente o modelo de Darcy (1857) e o de Darcy-Buckingham (1907), que dizem respeito à densidade de fluxo de água no solo, nem a generalização de Rijtema & Abouckhaled (1975), que viabilizou levar em consideração as fases solo, planta e atmosfera conjuntamente, apresentar-se-á uma abordagem simplificada no intuito de suscitar o aspecto crítico do Engenheiro Agrônomo ou Técnico Agrícola para nortear melhor as decisões práticas no gerenciamento das atividades agrícolas.

PRODUTIVIDADE DE MILHO

A título de ilustração, será apresentado um procedimento simplificado para estimativa da produtividade de milho numa dada localidade, levando em consideração os seguintes itens: (i) ciclo fisiológico da cultura (emergência ao ponto de maturidade fisiológica), (ii) temperatura média do ambiente durante o ciclo da cultura (T_m), (iii) radiação solar global média durante o ciclo da cultura (R_g), (iv) índice de área foliar médio durante o ciclo da cultura (IAF), (v) insolação média (I_m), (vi) poder refletor da cultura (P_{rc}), (vii) radiação solar absorvida (R_{sa}), (viii) valor médio da radiação solar absorvida (q), (ix) assimilação de dióxido de carbono (CO_2) (Figura 1) em função radiação solar absorvida (Adc), (x) taxa de conversão (TC), (xi) produtividade de CH_2O (M_{CH_2O}), (xii) correção de respiração de manutenção e crescimento (CR_{MC}), (xiii) correção de respiração de manutenção e crescimento (CR_{MC}), e (xiv) produtividade de grãos (R_g) (Tabela 1).

A Assimilação (plantas C_4) de CO_2 (Adc , $\mu L \cdot cm^{-2} \cdot h^{-1}$) pode ser estimada em função da seguinte equação (Figura 1):

$$Adc = \frac{a + b \cdot q + c \cdot q^2 + d \cdot q^3 + e \cdot \ln(T_m)}{1 + f \cdot q + g \cdot q^2 + h \cdot q^3 + i \cdot \ln(T_m) + j \cdot [\ln(T_m)]^2}$$

em que q se refere à radiação solar absorvida ($cal \cdot cm^{-2} \cdot min^{-1}$) para diferentes valores de temperatura (oscilando entre 15 a 35°C), e a , b , c , d , e , f , g , h , i , j aos parâmetros empíricos do modelo determinados através da análise de regressão ($a=1,566792388$; $f=-0,190506$; $b=53,51590929$; $g=0,373909758$; $c=-221,805971$; $h=-0,08816626$; $d=310,1914914$; $i=-0,5547284$; $e=-0,49196061$; $j=0,080398437$).

Tabela 1. Estimativa da produtividade de grãos de milho: exemplo numérico.

Ciclo da cultura	C = 120 dias
Temperatura média durante o ciclo da cultura	T _m = 22,2 °C
Radiação solar global média durante o ciclo da cultura	R _g = 500 cal.cm ⁻² .dia ⁻¹
Índice de área foliar médio durante o ciclo da cultura	IAF _m = 2.10 ⁸ cm ² .ha ⁻¹ (2 m ² .m ⁻²)
Insolação média	Im = 13 h.dia ⁻¹
Poder refletor da cultura	Pr _c = 0,2 (20%)
Radiação solar absorvida ¹	R _{sa} (cal.cm ⁻² .min ⁻¹) = 0,4.R _g
Valor médio da radiação solar absorvida ¹	$q(\text{cal.cm}^{-2}.\text{min}^{-1}) = \frac{R_{sa}(1 - Pr_c)}{60 \cdot Im}$
Assimilação de CO ₂	Vide Figura 1 (utilize a equação)
Taxa de conversão	TC = 1,694.10 ⁻⁶ gCH ₂ O/μLCO ₂
Produtividade de CH ₂ O	$MF_{CH_2O} = \frac{TC \cdot Adc \cdot C \cdot Im \cdot IAF_m}{1000}$
Correção de respiração de manutenção e crescimento	Se T _m < 20°C: CR _{MC} = 0,6 Se T _m ≥ 20°C: CR _{MC} = 0,5
Índice de área foliar máximo durante o ciclo da cultura	IAF _{max} = 4 m ² .m ⁻²
Correção da radiação solar média absorvida ¹	$CR_s = \frac{1 - e^{-0,75 \cdot IAF_{max}}}{2}$
Índice de colheita	IC = 0,4 (40%)
Rendimento de grãos	$Rgr = MF_{CH_2O} \cdot CR_{MC} \cdot CR_s \cdot IC$
Assimilação de dióxido de carbono	Adc = 151,2 μL.cm ⁻² .h ⁻¹
Produtividade de CH ₂ O	$MF_{CH_2O} = 79913,1 \text{ kg CH}_2\text{O.ha}^{-1}$
Rendimento de grãos	R _g = 7593,4 kg.ha ⁻¹ ou R _g = 126,6 kg.sc ⁻¹

¹ R_{sa} = 200 cal.cm⁻².dia⁻¹, q = 0.20513 cal.cm⁻².min⁻¹, CR_s = 0.475106466

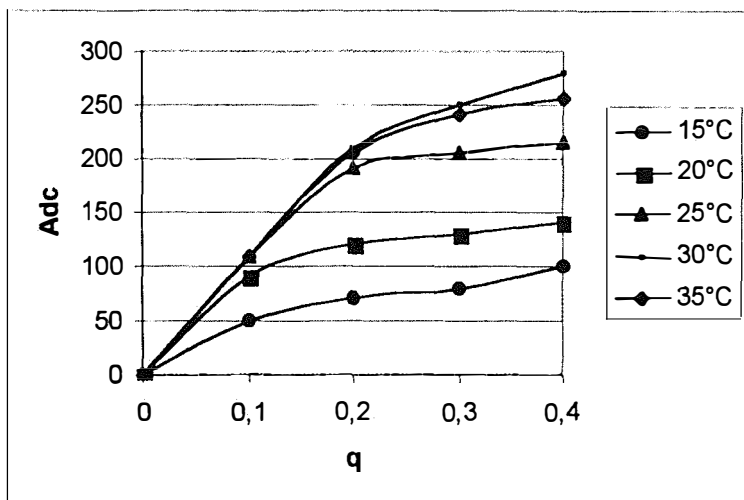


Figura 1. Assimilação (plantas C₄) de CO₂ (Adc, $\mu\text{L} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$) em função valor médio da radiação solar absorvida (q, $\text{cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$) para diferentes valores de temperatura (oscilando entre 15 a 35°C).

EVAPOTRANSPIRAÇÃO REFERENTE À CULTURA DE MILHO

Entende-se por evapotranspiração à perda de água do solo e da planta à atmosfera pelos processos combinados de evaporação e transpiração.

Nesse item, serão estabelecidas as diferenças entre evapotranspiração de referência, evapotranspiração máxima e evapotranspiração real, bem como serão verificadas as relações entre evapotranspiração e fertilidade do solo, população e distribuição de plantas, teor de água no solo e produtividade referente à cultura de milho.

Evapotranspiração de referência (ET_o, mm/dia) se refere à evapotranspiração de uma superfície vegetada com grama (*Paspalum notatum*) sem limitação de água no solo e com índice de área foliar 2,7 (densidade de fluxo de água no solo igual ou superior à evapotranspiração máxima), a qual é medida em lisímetros instalados

em postos agrometeorológicos. A Evapotranspiração de referência é estimada por diferentes modelos como base para estimativa da evapotranspiração máxima da espécie de interesse. Os métodos propostos por Penman (1948) e Thornthwaite (1948) são os mais utilizados no mundo.

Evapotranspiração máxima (ET_m, mm/dia) se refere à evapotranspiração de uma superfície vegetada com a cultura de interesse sem limitação de água no solo e com índice de área foliar, rugosidade hidráulica, densidade e posição dos estômatos, principalmente, estimada empiricamente através do coeficiente de cultura, o qual é tabelado (FAO) para as principais espécies cultivadas.

Evapotranspiração real (ET_r, mm/dia) se refere à evapotranspiração que de fato ocorre devido à limitação de água no solo.

Evapotranspiração e fertilidade do solo estão relacionados da seguinte maneira: o uso consuntivo denota a quantidade de solução, que está diretamente relacionada à extração de nutrientes. Sendo assim, a extração total pode ser calculada em função da concentração molar do nutriente de interesse e o uso consuntivo.

Evapotranspiração e população de plantas estão relacionados da seguinte maneira: a população de plantas deve ser definida em função da máxima possibilidade de haver suprimento de água no florescimento. A distribuição de plantas é feita no intuito de maximizar a população de plantas, pois esse é o principal componente de produtividade das culturas.

Por outro lado, deve-se salientar que existe um limite máximo de plantas a ser colocado por hectare em função da arquitetura da parte aérea da planta. Sendo assim, o teor de água no solo durante o florescimento é que, em última instância, definirá população. O ideal é o teor de água ser de uma magnitude que faz com que a densidade de fluxo seja sempre superior à evapotranspiração máxima.

A produtividade será definida pelo potencial genético do material utilizado, o qual será deplecionado pelo ambiente (fertilidade e disponibilidade de água no solo, e incidência de pragas, doenças e plantas daninhas, principalmente) e pela intervenção do Homem (manejo).

EFICIÊNCIA DE USO DE ÁGUA PELA CULTURA DE MILHO

Supondo uma evapotranspiração média de 5 mm/dia (100 ha de milho com uma evapotranspiração de 5mm/dia equivale ao consumo de uma cidade de 25.000 habitantes, assumindo um consumo médio diário *per capita* de 200 litros de água), ter-se-á um uso consuntivo de 600 mm, o que equivale a um consumo de 6.000.000 L/ha durante todo o ciclo da cultura. Sendo assim, a cultura utiliza 790,2 kg de água para produzir 1 kg de grãos de milho.

Essa relação (790:1) se deve ao fato da solução do solo ser diluída, o que, em solos normais, faz com que o potencial osmótico seja desprezível, e que a água é o principal componente na planta em termos quantitativos, servindo desde o transporte de solutos e meio onde as reações químicas metabólicas ocorrem até a regulação de temperatura (devido ao seu elevado calor específico).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de água em agricultura deve ser otimizado no intuito de se obter a máxima produção vegetal (produção de cabodiarato p.e.) por unidade de volume (litro p.e.) de água utilizado. Fica evidente que, como a natureza é dinâmica, não se pode caracterizar o uso através de um único número, e sim através de um procedimento (modelo: mental ou matemático) que leva em consideração uma visão global do sistema agrícola contemplando a dinâmica e a interação entre as fases biótica, solo, planta e atmosfera.

MILHO: POPULAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE PLANTAS

Durval Dourado Neto

Professor, Departamento de Produção Vegetal, ESALQ
Universidade de São Paulo, Caixa Postal 9
CEP: 13.418-970 Piracicaba, SP, Pesquisador do CNPq
e-mail: dourado@carpa.ciagri.usp.br

Antonio Luiz Fancelli

Professor, Departamento de Produção Vegetal, ESALQ
Universidade de São Paulo, Caixa Postal 9
CEP: 13.418-970 Piracicaba, SP
e-mail: alfancel@carpa.ciagri.usp.br

Pablo Paulino Lopes

Graduando em Agronomia, Departamento de Produção Vegetal, ESALQ
Universidade de São Paulo, Caixa Postal 9
CEP: 13.418-970 Piracicaba, SP, Bolsista LPV
e-mail pplopes@carpa.ciagri.usp.br

INTRODUÇÃO

Basicamente, a população máxima utilizável é dependente do ambiente e do material genético. Do ambiente, o principal fator é a disponibilidade de energia. Do material genético, destaca-se a arquitetura de parte aérea.

A população utilizável, numa dada produtividade, é a população máxima (anteriormente definida) deplecionada pela disponibilidade de água e fertilidade do solo, principalmente.

Cabe salientar que a tecnologia (população e distribuição de plantas e adubação nitrogenada, p.e.) a ser utilizada é consequência de uma definição prévia de produtividade.

A distribuição de plantas deve ser definida, após conhecer a população a ser utilizada, no intuito de minimizar competição intra-específica.

Sendo assim, o presente texto tem por objetivo descrever, de forma sucinta, a base teórica referente à definição de população e distribuição de plantas de milho, apresentando um exemplo numérico

para a população de 70.000 plantas por hectare, levando em consideração diferentes arranjos (distribuição) de plantas na área.

POPULAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE PLANTAS

Segundo Tahan (1976), o escritor Belga, Maurice Maeterlinck (1862-1949), relatou que as abelhas, na construção de seus alvéolos, resolveram um problema de alta matemática, onde explicou o porquê da forma hexagonal e o caso do célebre ângulo de fechamento na cobertura rômica do alvéolo (o caso do ângulo de fechamento não será abordado).

Após verificar que os prismas que podem ser dispostos lado a lado sem interstícios eram os prismas regulares triangulares, quadrados e hexagonais, os quais possuíam, respectivamente, ângulos internos de 60° , 90° e 120° , as abelhas preferiram o prisma hexagonal por ser o mais econômico.

Sendo assim, Tahan (1976) procurou descrever qual dos prismas regulares que possuía maior área, partindo do princípio que a quantidade de material para a construção do alvéolo era a mesma. Nesse contexto, verificou-se que o prisma regular triangular possuía um perímetro $P_t=3a$, o prisma quadrado $P_q=4b$, e o hexagonal $P_h=6c$ (Figura 1).

Como o perímetro dos três prismas são iguais, é fácil verificar que $b = \frac{3.a}{4}$, bem como $c = \frac{a}{2}$. Sendo assim, os prismas regulares triangular, quadrangular e hexagonal possuem respectivamente os seguintes

volumes: $V_t = H \cdot \frac{a^2}{4} \sqrt{3}$, $V_q = H \cdot \frac{9.a^2}{16}$ e

$V_h = H \cdot \frac{3a^2}{8} \sqrt{3}$. Se dividirmos todos os volumes por um termo

comum igual a $\frac{H.a^2}{16}$, verifica-se facilmente que o resultado seria,

respectivamente, de $\frac{V_t}{\frac{H.a^2}{16}} = 4\sqrt{3} = 6,92$, $\frac{V_q}{\frac{H.a^2}{16}} = 9$ e

$$\frac{Vh}{H \cdot \frac{1}{16}} = 6\sqrt{3} = 10,38, \text{ o que permite concluir que as abelhas}$$

optaram pela forma geométrica correta (prisma hexagonal) porque permite armazenar maior volume de material nos alvéolos com o mesmo gasto de material para a construção das paredes.

Tabela 1. Analogia entre o problema e a solução das abelhas e a de definição de distribuição de plantas de milho.

Caso	O problema	A solução
Abelha	Definir o formato da seção transversal dos alvéolos que permite otimizar o uso de material para construção dos mesmos	Prisma regular hexagonal
Milho	A partir de uma dada população de plantas, definida em função da arquitetura de parte aérea da planta e da latitude local, definir a distribuição de planta que minimiza competição intra-específica	Distribuição hexagonal

Desenvolvendo o mesmo raciocínio para a definição da melhor distribuição de plantas de milho, partindo da premissa que: (i) a máxima população utilizável é limitada pela arquitetura de parte aérea; (ii) a população de 70.000 plantas por hectare pode representar atualmente (materiais temperados) a ordem de grandeza correspondente a máxima população utilizável; (iii) haverá uma distribuição de plantas (no caso de população fixa), para uma determinada população (utilizaremos a máxima possível: 7 plantas por m²), que resulta em volume de solo explorado por planta com a competição intra-específica (competição de planta de milho com planta de milho) minimizada; (iv) o máximo volume de solo por planta (no caso de população variável), por unidade de profundidade efetiva do sistema radicular, minimiza a competição intra-específica.

Sendo assim, cabe determinar qual a distribuição de plantas que resulta nessa menor competição intra-específica, o que acarretará menor nível de estresse e, conseqüentemente, melhor desempenho fisiológico, maior rendimento, menor incidência de pragas e doenças,

maior competitividade inter-específica (competição de planta de milho com planta daninha), menor custo, e maior lucro.

A título de exemplo, desenvolver-se-á raciocínio análogo ao desenvolvido por Tahan (1976) para determinar a distribuição de plantas que minimiza competição intra-específica, a partir de um determinado volume de solo por unidade de profundidade efetiva do sistema radicular ou área média explorada por planta para uma dada população máxima (definida por disponibilidade de luz e arquitetura da parte aérea da planta de milho), no intuito de otimizar a disponibilidade de água e nutrientes.

Partindo do princípio que a fertilidade do solo é distribuída espacialmente de forma homogênea (desconsiderando a capacidade de compensação do sistema radicular) e que a população máxima utilizável é de 70.000 plantas por hectare (ordem de grandeza), verifica-se facilmente que o espaçamento entre plantas na linha e entre linhas, para a distribuição quadrada (Figura 1) é de 37,796 cm. Já para a distribuição triangular, seria de X cm entre plantas na linha e de Y cm entre linhas de plantas (Figura 1). Já para a distribuição hexagonal, tem-se 43,6436 cm entre plantas na linha e 37,796 cm entre linhas de plantas (Figura 1).

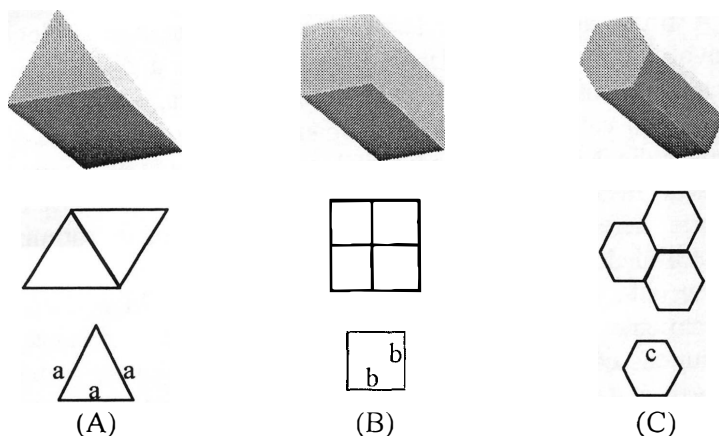


Figura 1. As três únicas maneiras que podemos fechar o espaço com prismas regulares e iguais sem deixar interstício: (A) com prismas triangulares (ângulo interno 60°), (B) com prismas quadrangulares (ângulo interno 90°), e (C) com prismas hexagonais (ângulo interno 120°).

Tabela 2. Índice de competição intra-específica (ICI) em função da distribuição de plantas (espaçamento entre linhas de plantas – ELP, e número de plantas por metro - NPM) para a população de 70.000 plantas/ha.

NPM (plantas/m)	ELP (m)	ICI
70.000	10.000	174,10
14	2	5,28
7	1	3,98
4	(triangular)	3,00
2,6	(quadrado)	2,63
2,3	(hexagonal)	2,45

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Raciocínio análogo pode ser desenvolvido para quaisquer populações, o que resultará em diferentes espaçamentos (entre linhas, e entre plantas de milho na linha).

A correlação entre distribuição de plantas e índice de competição intra-específica precisa ser melhor estudada. Porém, espera-se uma correlação linear dentro de uma certa faixa de número de plantas por metro. Porém, para arranjos com plantas bem distribuídas (baixos valores de índice de competição intra-específica), espera-se que haja compensação do sistema radicular.

Por outro lado, em experimentação agrícola, há dificuldade de mensuração das diferenças significativas, principalmente por problemas metodológicos como tamanho da amostra representativa da população (número de plantas p.e., por se tratar de uma espécie alógama).

A Figura 2 ilustra o Resultado da simulação da distribuição (distribuição hexagonal) de plantas de milho que resulta no menor índice de competição intra-específica: (i) espaçamento entre fileiras de plantas: 37,8 cm; (ii) espaçamento entre plantas na linha: 43,6 cm.

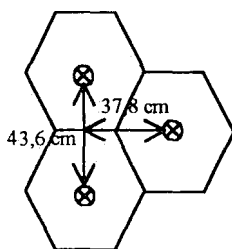


Figura 2. Distribuição hexagonal de plantas de milho que resulta no menor índice de competição intra-específica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

TAHAN, M. As maravilhas da matemática. 4ª. ed. Rio de Janeiro, Bloch, 1976. 110p.

ADENDO - Procedimento de cálculo

Tabela 3. Equações gerais utilizadas.

Forma	Perímetro	Área
triângulo	$Pt=3a$	$At = \frac{a^2 \sqrt{3}}{4}$
quadrado	$Pq=4b$	$Aq = b^2$
hexágono	$Ph=6c$	$Ah = \frac{3.c^2 \sqrt{3}}{2}$
abelha	perímetro constante	
triângulo	$Pt=3a$	$At = \frac{a^2 \sqrt{3}}{4}$
quadrado	$Pq=4b=3a$	$Aq = b^2 = \frac{9.a^2}{16}$
hexágono	$Ph=6c=3a$	$Ah = \frac{3.c^2 \sqrt{3}}{2} = \frac{3.a^2 \sqrt{3}}{8}$
planta	área igual para quaisquer distribuição (população fixa)	
triângulo	$At = \frac{a^2 \sqrt{3}}{4}$	$Pt=3a$
quadrado	$Aq = b^2 = \frac{a^2 \sqrt{3}}{4}$	$Pq = 2.a.\sqrt{3}$
hexágono	$Ah = \frac{3.c^2 \sqrt{3}}{2} = \frac{a^2 \sqrt{3}}{4}$	$Ph = \frac{6a}{\sqrt{6}}$

DINÂMICA DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO E ESTRATÉGIAS DE SEQUESTRO DE CARBONO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO SOB PLANTIO DIRETO

João Carlos Moraes Sá

Professor, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola
Universidade Estadual de Ponta Grossa
Praça Santos Andrade S/N, Caixa Postal 992/3
CEP: 84010-330, Ponta Grossa, PR
e-mail: jcmsa@uepg.br

Carlos Clemente Cerri

Pesquisador, Centro de Energia Nuclear na Agricultura
Universidade de São Paulo
Av. Centenário 300 CEP: 13416-900 Piracicaba, SP

W. A. Dick

Professor, School of Natural Resources
The Ohio State University
21210 Coffey Road, Columbus, OH 43210, USA

R. Lal

Professor, School of Natural Resources
The Ohio State University
21210 Coffey Road, Columbus, OH 43210, USA

O RESERVATÓRIO GLOBAL DE CARBONO

No globo terrestre existem cinco principais reservatórios de carbono. A Figura 1 apresenta de forma esquemática as inter-relações que ocorrem entre estes “pools” (IPCC, 2000). O reservatório oceânico é o maior deles e foi estimado em 39000 Pg (1 Pg = petagrama = 10^{15} g = 1 bilhão de toneladas métricas). O segundo maior é o reservatório geológico com 5000 Pg e é constituído pelos combustíveis fósseis: carvão, petróleo e gás natural. Este é o que mais contribui com a emissão de CO₂ para a atmosfera devido ao uso expressivo desses combustíveis. O solo, o terceiro maior “pool”, foi estimado em 2300 a 2500 Pg. É constituído pelo carbono orgânico, cuja estimativa para a profundidade de 1m varia de 1220 a 1550 Pg e

pelo carbono inorgânico que varia entre 695 a 748 Pg. A maior parte deste último situa-se abaixo da profundidade de 1 m (Batjes, 1996). A atmosfera representa o quarto maior “pool” totalizando 760 Pg de C, e a biota, o menor “pool”, abriga 500 a 560 Pg.

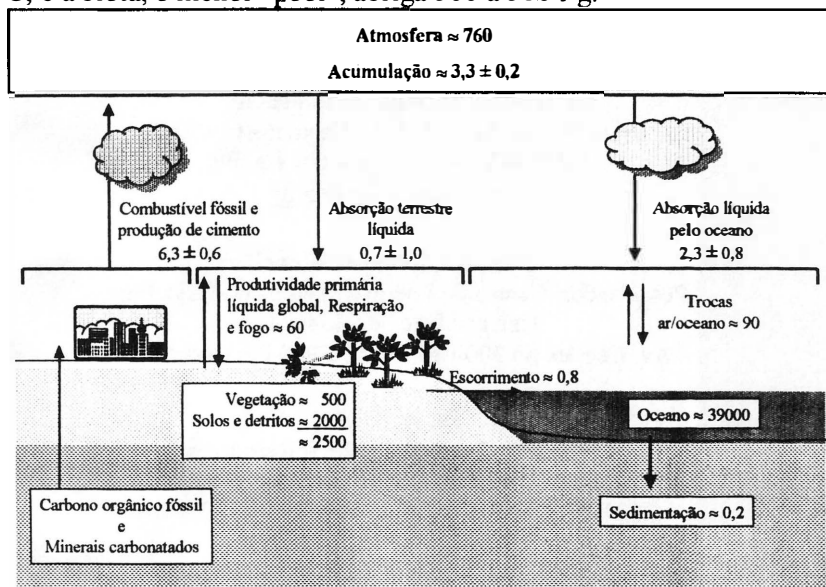


Figura 1. Relações entre os reservatórios de carbono.

O estoque de carbono orgânico em solos do mundo é aproximadamente três vezes a quantidade estimada para a biota e o dobro do que existe na atmosfera (Eswaran et al., 1993; Lal et al., 1995; Batjes, 1996).

A perda histórica de carbono orgânico por ação antropogênica foi estimada em 66 a 90 bilhões de toneladas, sendo 19 a 32 bilhões devido à erosão dos solos e 44 a 58 bilhões devido a oxidação provocada pelo desmatamento e queima da vegetação natural e a oxidação microbiana estimulada pelo preparo do solo (Lal, 1999). Dessa forma, dependendo do sistema de manejo do solo adotado, a matéria orgânica do solo (MOS) pode ser uma fonte ou dreno do CO_2 atmosférico, contribuindo diretamente no efeito estufa. O volume de CO_2 emitido para a atmosfera contribui com 50% deste efeito e os sistemas agropecuários participam com 22,9% do total emitido (Lal,

1995; IPCC, 1995). Outros gases que contribuem para o aquecimento global têm uma ação muitas vezes superior ao CO₂ na captura das ondas longas. Por exemplo, a molécula de CH₄ e N₂O é 32 e 150 vezes mais efetiva do que a molécula de CO₂ em segurar a radiação das ondas longas (Lal et al., 1995). A tabela 1 apresenta a concentração desses gases na atmosfera e a sua contribuição no efeito estufa.

Tabela 1. Concentração, taxa anual de incremento e contribuição de gases que causam o efeito estufa.

Gases	Concentração em 1985	Incremento anual desde 1985 até 1995	Contribuição para o aquecimento global
		(%)	(%)
CO ₂	345 ppm	0.5	50
CH ₄	90 ppb	0.8	19
N ₂ O	1.65 ppm	1.0	5
CFC [†]	0.24 ppb	3.0	15
Outros	-	-	11

[†] Clorofluorocarbonetos oriundo de aerossóis

Fonte: Lal, 1995.

A Figura 2 mostra o contraste existente entre a perda do conteúdo original da matéria orgânica do solo devido ao preparo do solo e monocultura entre a região temperada, subtropical e tropical. Diante desse quadro, a exploração agropecuária tem um papel relevante na redução da emissão de CO₂ para atmosfera através de sistemas de manejo do solo que possibilitam a recuperação da MOS.

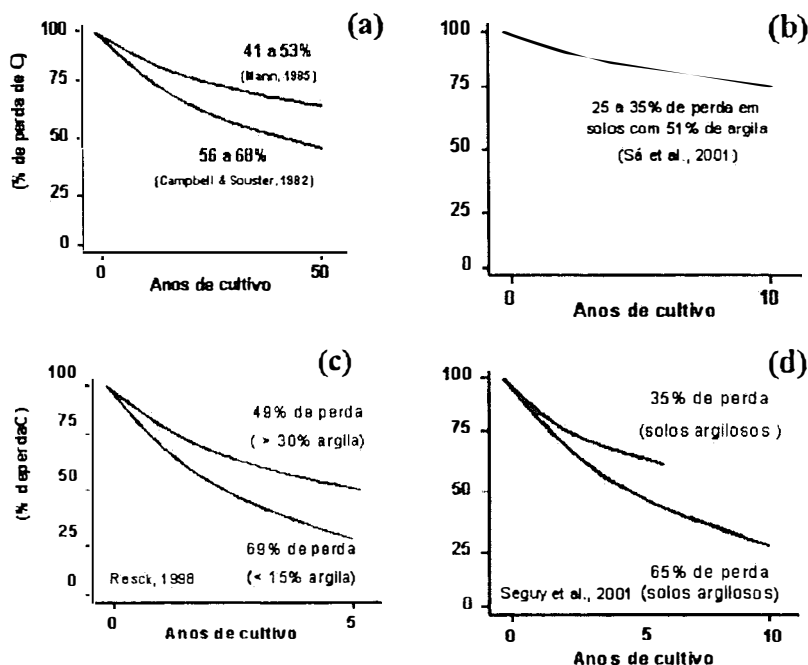


Figura 2. Perdas de solo devido ao preparo convencional e monocultura em: **(a)** USA e Canadá; **(b)** Ponta Grossa-Brasil; **(c)** Bahia-Brasil; **(d)** Mato Grosso-Brasil.

A conversão de áreas sob preparo convencional (PC) para o sistema plantio direto (SPD) e a sua manutenção por longo período tem possibilitado a recuperação no conteúdo de carbono do solo e em alguns casos alcançando nível superior ao original do solo sob a vegetação natural (Cambardella e Elliot, 1994; Dick et al., 1998; Bayer et al., 2000; Sá et al., 2000). O aumento do carbono orgânico no solo no SPD está estreitamente relacionado ao retorno dos resíduos culturais associado ao não revolvimento do solo. A decomposição lenta e gradual desses resíduos libera compostos orgânicos que estimulam a formação e a estabilidade de agregados (Tisdall and Oades, 1982). Como consequência a MOS fica menos exposta aos processos microbianos, reduzindo a taxa de mineralização e resultando em um menor fluxo CO_2 para atmosfera.

(Elliot, 1986; Reicosky et al., 1995). Esse mecanismo proporciona a proteção física da MOS que atua como agente de ligação entre os microagregados para a formação de macroagregados.

Inúmeros trabalhos, realizados em diversas eco-regiões, compararam o aumento da MOS no SPD em relação ao PC e constataram que esse aumento está restrito principalmente à camada superficial e raramente ultrapassa os 15 cm de profundidade (Lal, 1997; Dick, 1983, 1998; Kern e Johnson, 1993; Bayer, 2000; Sá, 1993, 2000). Isto significa que, seja em regiões de clima temperado ou de clima tropical, o acúmulo da MOS no SPD ocorre nos primeiros 10 cm e raramente ultrapassa 15 cm do perfil de solo.

Este artigo tem por objetivo discutir alguns resultados de pesquisa que envolvem o sistema plantio direto adotado por longo período em regiões temperadas, subtropicais e tropicais com ênfase na MOS. Para tanto, foram selecionados alguns artigos publicados na literatura internacional e nacional para efeito de comparação.

IMPACTO DO PLANTIO DIRETO A LONGO PERÍODO NO ESTOQUE DE CARBONO

Em condições de clima temperado Kern & Johnson (1993) agruparam e avaliaram os resultados de 17 experimentos de longa duração sobre sistemas de manejo do solo, em diversas regiões dos EUA. Constataram que o ganho médio em MOS no SPD em relação ao PC foi de 28,3% na camada de 0-8 cm, 16% na camada de 8-15 e nenhum ganho abaixo de 15 cm de profundidade. Posteriormente, Reicosky et al. (1995) comentaram que os ganhos em MOS no SPD foram entre 0 a 2300 kg ha⁻¹ ano⁻¹, equivalente a taxa anual de 0 a 1,15 mg ha⁻¹ de C. Segundo esses autores, os valores mais elevados estão relacionados com as regiões mais frias ou que receberam expressivos aportes de resíduos culturais de inverno.

Em regiões tropicais e subtropicais apesar da taxa de decomposição da MOS ser 5 a 10 vezes mais elevada do que em regiões temperadas (Lal & Logan, 1995), os ganhos na MOS devido a adoção do SPD tem sido similares e/ou superiores. Por exemplo, a taxa anual de seqüestro de C segundo Lal (1997) na região oeste da Nigéria foi de 0,17 mg ha⁻¹, contrastando com os resultados obtidos por Corazza et al. (1999) na região dos cerrados brasileiros, que

atingiu a taxa de 2,18 mg ha⁻¹ ano⁻¹ de carbono. A grande diferença entre esses dois locais foi o maior aporte de resíduos culturais no experimento da região dos cerrados. Resultados similares foram obtidos por Amado et al. (1999), Bayer et al. (2000) e, com taxa anual de seqüestro de carbono de 1,6 mg ha⁻¹, 1,33 mg ha⁻¹, respectivamente.

Na região Sul do Brasil, Sá et al. (2001) observaram aumento no estoque de C foi camada de 0-10 cm de profundidade e correspondeu a 82% do ganho total de C em relação à vegetação natural (Figura 3).

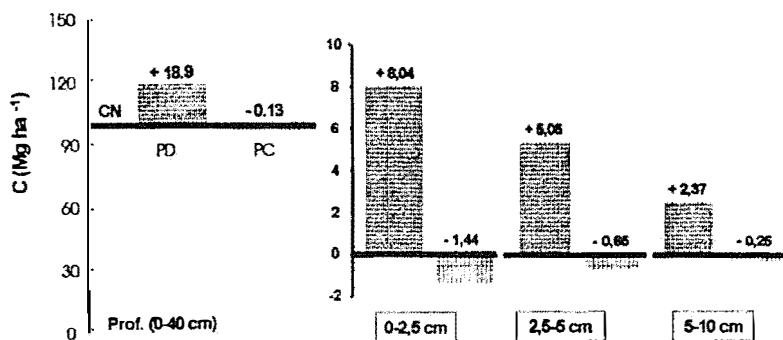


Figura 3. Estoque de C: a linha preta grossa representa o C acumulado no campo nativo na profundidade de 0-40 cm e a barra verde o plantio direto (22 anos) e a barra azul o preparo convencional (22 anos).

O ganho em COT representou 81,8% no PD-22 na camada de 0-10 cm em relação ao campo nativo e as perdas de COT no preparo convencional foram de 97% nesta camada. A Figura 4 apresenta o estoque de carbono em quatro locais, sendo dois sob clima temperado (Ohio, EUA – 30 anos de SPD e Kentucky – 20 anos de SPD, 40° 40' e 38° 07' LN, respectivamente – Dick et al., 1998) e dois em clima subtropical (Porto Alegre, BR – 15 anos de SPD, 30° 50' LS, Bayer et al., 2000; Ponta Grossa, BR – 25° 20' LS, Sá, et al., 2001). Esses locais foram selecionados por apresentarem alguns pontos em comum tais como conteúdo de argila e longo período de adoção do SPD e PC e climas contrastantes.

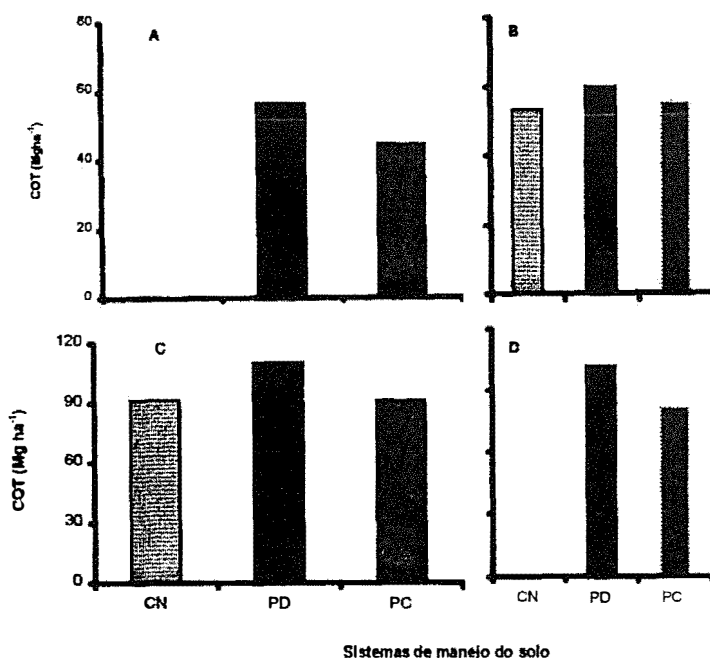


Figura 4. Estoque de C em quatro ecoregiões: A – Porto Alegre-BR, Bayer et al., 2000; B – Kentucky-USA, Dick, et al., 1998; C – Ponta Grossa-BR, Sá et al., 2001; D – Ohio-USA, Dick et al., 1998).

Em dois locais (Kentucky-EUA, Ponta Grossa-BR) o estoque de C no SPD foi superior ao obtido sob vegetação natural. A comparação entre o ganho de C no SPD em relação ao PC apresentou a mesma tendência em todos os locais, porém, as taxas de sequestro foram diferentes. Nas áreas sob clima subtropical as taxas variaram entre 0,99 a 1,33 mg ha⁻¹ ano⁻¹ de C e nas áreas sob clima temperado variaram entre 0,21 a 0,66 mg ha⁻¹ ano⁻¹ de C.

Levanta-se daí a questão: Porque ocorre maior acúmulo de MOS no SPD em algumas situações sob clima subtropical e/ou tropical em relação a regiões sob clima temperado? A resposta parece estar relacionada com a taxa de agregação. Se por um lado, sob clima

tropical há maior decomposição dos resíduos culturais em função de condições favoráveis, há também maior liberação de compostos orgânicos que atuam como agentes da agregação. Neste caso, ocorre um aumento na quantidade de macroagregados que promoveriam a proteção física da MOS. Este argumento pode ser amparado pelos dados obtidos por (Neufeldt, et al., 1999) em solo sob vegetação de cerrado. Observaram que os polissacarídeos foram os principais agentes de agregação e sob pastagem de *Brachiaria decumbens* obtiveram os melhores resultados. Sá et al. (2000) avaliaram o conteúdo de polissacarídeos total e lábil no solo e observaram maior conteúdo no SPD do que no PC e sob vegetação natural (Figura 5).

A diferença significativa ocorreu somente na camada de 0-2,5 cm, exatamente onde ocorre o maior impacto dos resíduos culturais. Em diversas regiões brasileiras é possível cultivar duas, ou até três culturas por ano, possibilitando o retorno constante de resíduos culturais com diferentes composições fitoquímicas. Dessa forma, o impacto de elevadas quantidades de polissacarídeos seria no estímulo da maior taxa de macroagregação, e em consequência, ocorreria maior taxa de agregação. Em geral, as leguminosas normalmente usadas para formação de coberturas verdes (ervilhacas, tremoços, mucunas e crotalárias), liberam elevadas quantidades de polissacarídeos enquanto as gramíneas (milho, sorgo, trigo, centeio, *brachiaria* e outras) são ricas em polifenóis. A combinação das culturas em rotação como base do SPD parece proporcionar um efeito intermitente na formação de macroagregados na camada superficial. Esta hipótese sendo aceita, a contribuição do SPD em regiões subtropicais e tropicais na redução da emissão de CO₂ passa a ter um papel de destaque no cenário global.

Considerando a área sob SPD no território brasileiro (13,47 milhões de hectares, Febrapdp, 2000) e os dados acima citados, a redução na emissão de CO₂ seria estimada em: 31,5 a 50,9 milhões de toneladas para a região Sul e 28,2 a 38,5 milhões de toneladas para os cerrados. Dessa forma, 59,7 a 89,4 milhões de toneladas por ano de CO₂ deixariam de emitidas para a atmosfera.

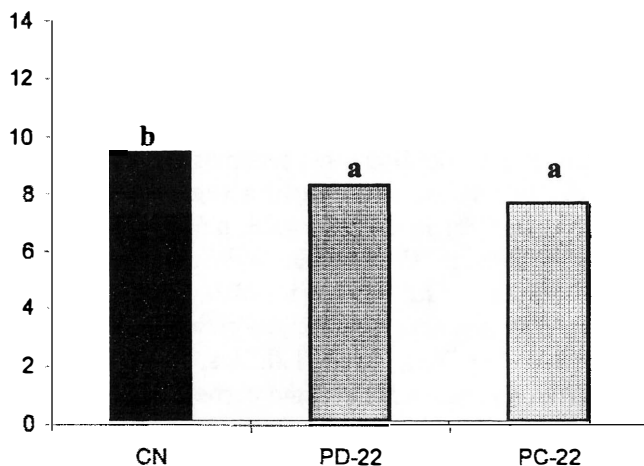
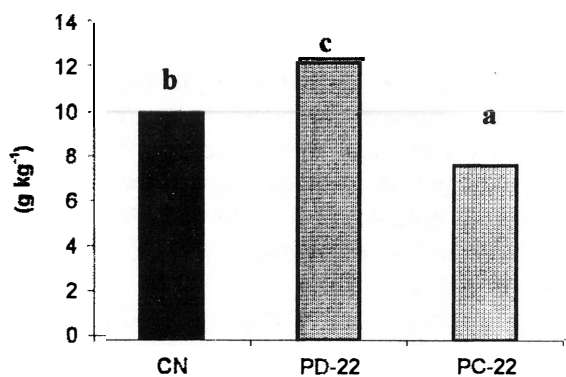


Figura 5. Comparativo entre conteúdo de polissacarídeos totais (g kg⁻¹) no campo nativo (CN), no plantio direto há 22 anos (PD-22) e no preparo convencional há 22 anos (PC-22) na camada de 0,0–2,5 cm e 2,5–5 cm de profundidade. Letras iguais não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amado, T.J.; Pontelli, C.B.; Júnior, G.G.; Brum, A.C.R.; Eltz, F.L.F.; Pedruzzi, C. Sequestro de carbono de carbono em sistemas conservacionistas na Depressão Central de Rio Grande do Sul. In: V Reunión bienal de la red latinoamericana de agricultura conservacionista. p.42-43, Florianópolis, 1999. 57p
- Batjes, N.H. Total carbon and nitrogen in the soils of the world. *Eur. J. Soil Sci.* 47:151-163, 1996.
- Bayer, C.; Mielniczuk, J.; Amado, T.J.C.; Martin-Neto, L.; Fernandes, S.V. Organic matter storage in a sandy clay loam Acrisol affected by tillage and cropping systems in southern Brazil. *Soil & Till. Res.* v.54, p.101-109, 2000.
- Cambardella, C.A.; Elliot, E.T. Carbon and nitrogen dynamics of soil organic matter fractions from cultivated grassland soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* v.58, p.123-130, 1994.
- Corazza, E.J.; Silva, J.E.; Resck, D.V.S.; Gomes, A.C. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.23, p.425-432, 1999.
- Dick, W.A.; Blevins, R.L.; Frye, W.W.; Peters, S.E.; Christensen, D.R.; Pierce, F.J. & Vitosh, M.L. Impacts of agricultural management practices on C sequestration in forest-derived soils of the eastern Corn Belt. *Soil & Till. Res.* v.47, p.235-344, 1998.
- Elliot, E.T. Aggregate structure and carbon, nitrogen and phosphorus in native and cultivated soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, v.50, p.627-633, 1986.
- Eswaran, H.; Van Der Berg, E.; Reich, P. 1993. Organic carbon in soils of the world. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, v.57, p.192-194.
- Febrapdp – Federação brasileira de plantio direto na palha 2000. Evolução da área de plantio direto no Brasil - dados estatísticos. <http://www.agri.com.br/febrapdp/pd>.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 1995. Climate change 1995. Working group 1. IPCC, Cambridge: Cambridge University Press, 1996.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Global perspective. In: WATSON, R.T.; NOBLE, I.R.; BOLIN, B.; RAVINDRANATH, N.H.; VERARDO, D.J.; DOKKEN D.J.

- (Eds.) Land use, land-use change, and forestry. Cambridge: Cambridge University Press, 2000. p.25-50.
- Kem, J.S.; Johnson, M.G. Conservation tillage impacts on national soil and atmospheric carbon levels. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, v57, p.200-210, 1993.
- Lal, R.; Logan, T.J. Agricultural activities and greenhouse gas emissions from soils of the tropics. p:293-307. In: Lal, R. Kimble, J.M., Levine, E. and Stewart, B.A. (ed.). *Soil management greenhouse effect*. CRC Press, Boca Raton, FL, 1995.
- Lal, R.; Kimble, J.; Levine, E.; Whitman, C. World soils and greenhouse effect: An overview. p. 1-7. In: R. Lal, J. Kimble, E. Levine and B.A. Stewart (ed.) *Soils and global change*. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, MI., 1995.
- Lal, R. Long-term tillage and maize monoculture effects on a tropical Alfisol in Western Nigeria. II. Soil chemical properties. *Soil & Till. Res.*, v.42, p.161-174, 1997.
- Lal, R. Soil management and restoration for C sequestration to mitigate the accelerated greenhouse effect. *Progress in Env. Sci.*, v.4, p.307-326, 1999.
- Neufeldt, H.; Ayarza, M.A.; Resk, D.V.S.; Zech, W. Distribution of water-stable aggregates and aggregating agents in Cerrado Oxisols. *Geoderma*, v.93, p.85-99, 1999.
- Reicosky, D.C.; Kemper, W.D.; Langdale, G.W.; Douglas Jr., C.L.; Rasmussen, P.E. Soil organic matter changes resulting from tillage and biomass production. *J. Soil Water Cons.*, v.50, p.253-261, 1995.
- Sá, J.C.M.; Cerri, C.C.; Lal, R.; Dick, W.A.; Venzke Filho, S.P.; Piccolo, M.; Feigl, B. Organic matter dynamics and sequestration rates for a tillage cronosequence in a Brazilian Oxisol. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, v.65, 2001.
- Tisdall, J.M.; Oades, J.M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. *J. Soil Sci.*, v.33, p.141-163, 1982.

POSSIBILIDADES DE APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO

Waldo A. R. Lara Cabezas

Doutor. Professor Visitante, Instituto de Ciências Agrárias

Universidade Federal de Uberlândia, Caixa Postal 593

CEP 38.406-067 Uberlândia, MG. Bolsista CAPES.

e-mail: waldolar@ufu.br.

INTRODUÇÃO

O manejo da adubação nitrogenada nas culturas deveria ser uma consequência do conhecimento mais aprofundado da avaliação quantitativa dos processos de transformação do nitrogênio (N) no sistema solo-planta-água e do balanço de entradas e saídas (perdas temporárias e permanentes) do nutriente. Na prática isto não aparece na grande maioria dos estudos com N devido à complexidade envolvida nesses estudos. Contorna-se? essa complexidade com estudos do tipo estímulo (tratamentos com fontes, doses, épocas e formas de aplicação) e os efeitos na produtividade (resposta). Este empirismo é o responsável direto da permanente e estéril polêmica em torno do manejo das fontes. A nosso modo de ver esse enfoque está errado, na medida que se evita a utilização de ferramentas metodológicas adequadas (uso de fontes marcadas com ^{15}N por exemplo) e o acompanhamento da evolução da biomassa do solo (biomassa C e atividade respiratória, p.e.) que podem contribuir notadamente a quantificar a ocorrência dos processos de transformação de N no sistema. Não deve existir dúvida que o sucesso no manejo do N, que onera os custos diretos no estabelecimento de uma lavoura, passa necessariamente pelo conhecimento da interação adubo-solo prévio a assimilação pela planta e é neste sentido que devem ser orientados o esforço da pesquisa. Não é justificativa que o maior custo de um experimento com “valor agregado” seja uma limitação para concretizar os mesmos, quando os resultados com a pesquisa simplista acarretam mais polêmica que avanços concretos no manejo tecnificado do nutriente. Resulta oportuno fazer um apelo à reduzida comunidade

científica que trabalha com N, que procure aprimorar os estudos a nível regional com enfoque sistêmico e não temático, priorizando as demandas e trabalhando de forma multidisciplinar com vistas ao melhor conhecimento da chamada “caixa preta” para começar a substituir a especulação na interpretação dos resultados por medições que expliquem fatos.

Os resultados que discutiremos a seguir estão impregnados nessa filosofia, reconhecendo as dificuldades envolvidas nesta linha de trabalho. Essas dificuldades ficam ainda mais evidentes quando se quer compreender o comportamento do N no sistema plantio direto (SPD). Tome-se como exemplo, um tipo comum de experimentação em sistema convencional (SC): curvas de resposta a N para uma determinada cultura em função de doses, numa determinada região. Nestas condições, em que principalmente as características do solo são relevantes (revolvimento do solo com incorporação de palhada e expressiva morte da biomassa microbiana), pode-se esperar (não com muita frequência) resposta.

Entretanto, à medida que transcorre o tempo de estabelecimento em SPD, já não têm mais sentido efetuar esse tipo de estudos. A ausência de revolvimento do solo, associado a uma responsável planificação da rotação de culturas (não sucessão), eleva a tal grau a complexidade do sistema, que nunca mais a mesma cultura inserida na rotação estará sujeita as mesmas condições (como no SC), pelo que testar doses resulta num trabalho praticamente inútil. O aumento no teor da MO do solo, o aumento na concentração de nutrientes tais como N, P, S e K entre outros, no horizonte orgânico da superfície do solo, a maior diversificação e o aumento na biomassa microbiana do solo, as modificações físicas, químicas e biológicas em geral do sistema, são alguns argumentos contundentes para desistir desse tipo de estudos.

A mudança para uma agricultura racional e que envolve uma revolução na forma de se produzir alimentos, não somente exige mudança na mentalidade do produtor, como também, e com maior grau de responsabilidade, deve ocorrer na mentalidade do pesquisador, educado numa ótica eminentemente temática.

A compreensão do ciclo global do N é fundamental para entender as complexas transformações bioquímicas, químicas e físico-químicas do N que ocorrem simultaneamente. As condições

edafo-climáticas locais, sem considerar o manejo, são determinantes dessas transformações e, conseqüentemente, do balanço entre a disponibilidade (entradas) e as perdas do nutriente fora do sistema (saídas). Na Figura 1 se mostra o ciclo global de N, subdividido em três sub-ciclos: elementar, autotrófico e heterotrófico, tendo vias comuns de percurso na ocorrência dos processos de transformações do N (Jansson & Persson, 1982).

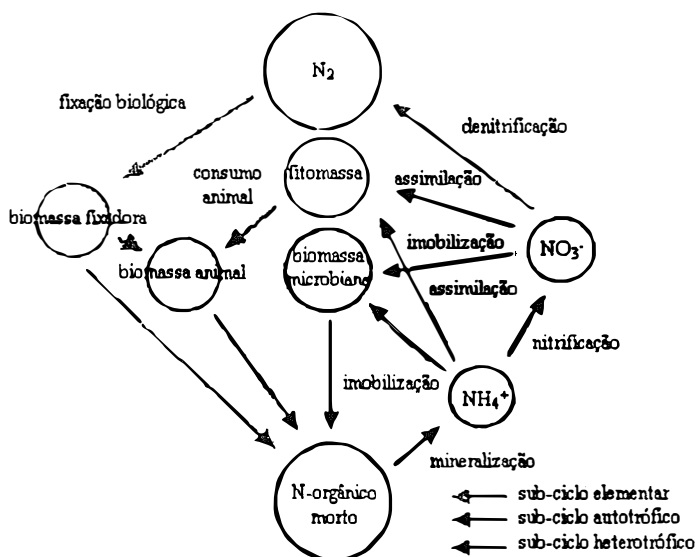


Figura 1. Ciclo global de nitrogênio e sub-ciclos (Adaptado de Jansson & Persson, 1982)

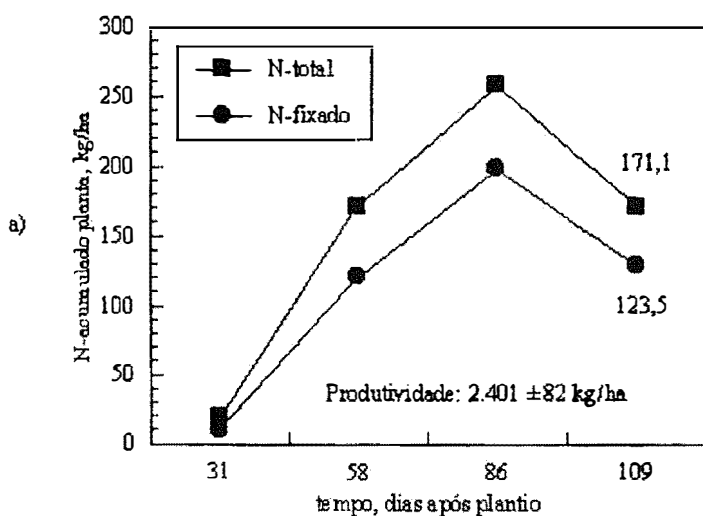
O subciclo elementar está conectando a principal fonte de N na atmosfera (N₂) com o compartimento da matéria orgânica do solo, através da atividade fixadora e denitrificadora das bactérias. O sub-ciclo autotrófico está conectando a atividade fotossintética das plantas e a produção de substratos orgânicos primários para o consumo animal, e o sub-ciclo heterotrófico, conectando os processos de mineralização e imobilização do N, mediados pela biomassa microbiana heterótrofa do solo. Esses dois processos trabalham em direções opostas e a velocidades diferentes, cujo balanço líquido, será

determinante no fornecimento de N para os sub-ciclos autótrofo e heterótrofo: nutriente para a biomassa do solo e plantas não fixadoras de N.

O adubo nitrogenado aplicado ao sistema solo - planta está interagindo com os sub-ciclos autotrófico e heterotrófico principalmente, na medida em que haverá concorrência pelo nutriente entre as plantas não fixadoras e a biomassa do solo, e em determinadas condições (falta de O_2), com o sub-ciclo elementar, de acordo ao manejo, fertilidade do solo e clima do local. Na Figura 1 pode-se apreciar que as formas de N disponíveis ($N-NH_4^+$ e $N-NO_3^-$) são vias comuns para os três sub-ciclos, onde a absorção pela planta está concorrendo simultaneamente com a biomassa autotrófica (denitrificantes) e heterotrófica. Ainda, como estas formas minerais estão sujeitas a deslocamento no solo através do fluxo massal, outros processos podem ser importantes: volatilização de amônia e lixiviação, afetando a recuperação do N-fertilizante para a planta. A compreensão da dinâmica desses processos requer a sua quantificação, configurado nas entradas (ganhos) e saídas (perdas) do sistema e, determinante no manejo tecnificado do fertilizante (o quê? quando? e de que forma?), visando a obtenção de altas produtividades associada a um controle do impacto ambiental. Em relação a diferentes sistemas de manejo de culturas, Robertson et al. (2000) comparando durante uma década o potencial de aquecimento global (GWP) quanto à emissão de gases-estufa, verificaram em ordem decrescente: plantio convencional (sistema de rotação com milho-trigo-soja + insumos), sistema orgânico de produção com inserção de leguminosas sem utilização de fertilizante nitrogenado e SPD com uso de fertilizante nitrogenado, valores de emissão de 114; 41 e 14 $g/m^2 \times \text{ano}$ de equivalente CO_2 , respectivamente, mostrando que a emissão de N_2O em particular, seria mais impactante que o próprio CO_2 .

No sistema agropecuário as principais entradas de N são o fertilizante nitrogenado e a fixação biológica livre e simbiótica, que mediada pelo complexo enzimático *nitrogenase* determina a redução do N_2 atmosférico à amônia. Este processo está favorecido pelos fatores benéficos para as plantas: luminosidade, temperatura, umidade, pH e disponibilidade de nutrientes, assim como, a baixa disponibilidade de N mineral na rizosfera, e a presença de resíduos

vegetais com alta relação C/N. Segundo LaRue & Patterson⁽¹⁾ e Peoples et al.⁽²⁾, citados por Stevenson & Cole (1999), a soja entre outras leguminosas, deprime o N disponível do solo porque a demanda para o grão excede as quantidades de N provenientes da fixação biológica na planta. Evidência da ocorrência deste fato foi observado em Londrina, PR (Zotarelli, 2000) e por Lara Cabezas (2000) em Uberlândia, MG em SPD e SC. Na safra 97/98 de soja em Uberlândia, no mesmo experimento que será discutido a seguir, o N total acumulado foi de 171,1 e 123,5 kg/ha de N em SPD e SC, respectivamente, sendo de 123,5 e 104,5 kg/ha de N provenientes da fixação de N₂ (Figura 2).



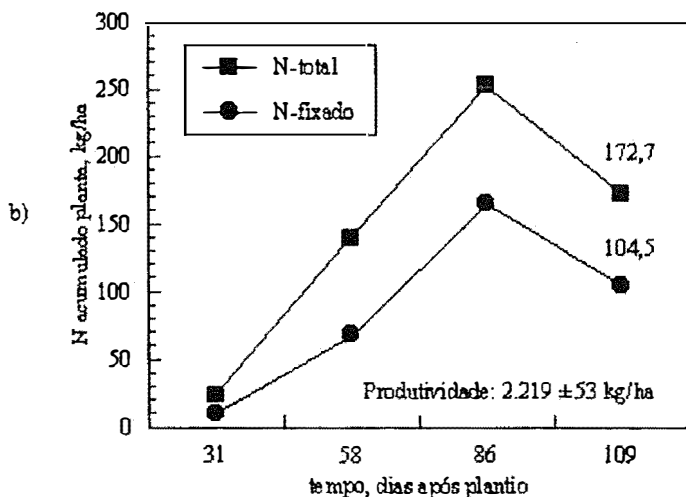


Figura 2. Marcha de absorção de N - total pela soja var. Primavera (safr 97/98) e do N - fixado do ar em a) sistema de plantio direto e b) solo preparado.

No SPD foi observada aos 58 dias após a semeadura, maior fixação de N que no SC. No SPD, a palhada da cultura antecessora (aveia preta) foi deixada na superfície e no SC foi incorporada. Nessa condição, o processo mais acelerado da decomposição da palhada incorporada, deve ter afetado o sistema fixador, ao disponibilizar o N decomposto para a cultura. Posteriormente, aos 86 dias, foi apreciada uma queda da atividade fixadora em ambos os sistemas de preparo. Que estaria afetando essa queda? Efetuando-se um balanço entre o N total exportado para o grão e o N biologicamente fixado pela planta pode-se apreciar na Figura 3, que houve um fornecimento adicional do N do solo que foi exportado para o grão de 10,5 e 26,5 kg/ha de N no SPD e SC, respectivamente.

⁽¹⁾LaRue, T.A. & Patterson, T.G. Adv. in Agron., 34:1 (1981)

⁽²⁾Peoples, M.B; Herridge, D.F & Ladha, J.K. Plant Soil, 174:3, (1995)

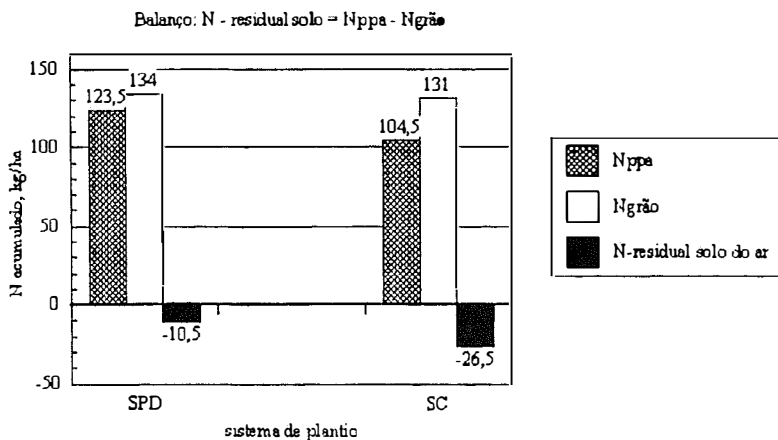


Figura 3. Balço entre o N-fixado pela planta (N_{ppa}) e o N - total exportado pelo grão ($N_{\text{grão}}$) em sistema de plantio direto (SPD) e solo preparado (SC).

Lucas Aernoudts, produtor da região do Triângulo Mineiro, atual presidente do CAT de Uberlândia, suplementando N-mineral pouco antes do florescimento da soja verificou um aumento de 17 sacas, pela aplicação de 40 kg/ha de N-sulfato de amônio (Yamada, 2000). Entretanto, a prática demonstrativa realizada por outros produtores da região não mostrou resultados similares. Constitui uma obrigação da pesquisa vir a esclarecer este assunto. O futuro, segundo Stevenson & Cole (1999) na esfera da fixação biológica passa pelo maior desenvolvimento da biotecnologia: transferência de genes de bactérias para as plantas, manipulação genética que insensibilize bactérias e plantas à presença do N-mineral no solo e aumento na eficiência associativa de bactérias e raízes de cereais (trigo e milho), pelo que o esclarecimento a esta divergência nos resultados passa pela colaboração da biotecnologia.

De forma secundária e sem efeitos significativos na produtividade das culturas, o N ingressado ao sistema via pluviosidade constitui também uma entrada de N variando de 0 até 50 kg/ha de N (Stevenson & Cole, 1999).

As perdas de N do sistema são esquematizadas na Figura 4, constituídas pela volatilização de N-amoniacal e da fixação no sistema coloidal, denitrificação biológica, reações do nitrito com

substâncias húmicas, quimiodenitrificação, perdas por erosão ("runnoff") de N-orgânico complexado, processo de lixiviação de N-NO_3^- pelo fluxo massal em profundidade e as perdas por volatilização na etapa de senescência das plantas.

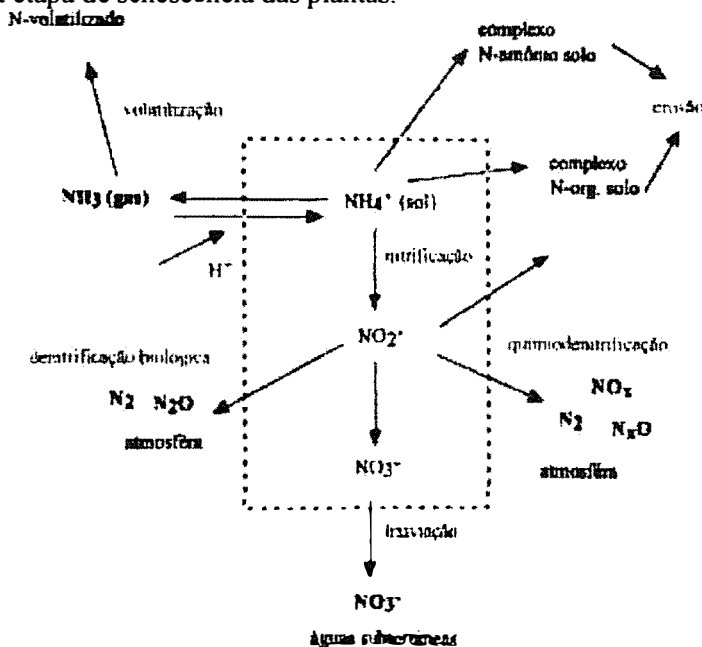


Figura 4. Principais processos de perdas de nitrogênio do solo. As letras em negrito indicam as perdas do sistema.

Fonte: Stevenson & Cole (1999)

Firestone (1982) assinalou que entre os fatores que favorecem a denitrificação biológica está a temperatura acima de 25°C, compostos carbonados principalmente solúveis (doadores de e^-) e a presença de nitrato e nitrito como substrato receptor de e^- , microsítios anaeróbios, a correção do solo e a presença de resíduos com relação C/N baixa. Segundo esse autor, o sistema radicular das culturas apresenta efeitos contraditórios na importância desse processo de perda: por um lado, as raízes fornecem o substrato orgânico necessário para ativar os denitrificantes, gerando zonas anaeróbias pelo consumo do O_2 . Por

outro lado, o secamento do solo favorecido pelas raízes, facilitaria o deslocamento do O_2 e a formação de nitrato, que assimilado pela planta, diminuiria o substrato (nitrato) da denitrificação.

Segundo Stevenson & Cole (1999), a químiodenitrificação constitui a produção de gases nitrogenados (N_2 ; N_2O) pela reação do nitrito (intermediário no processo da nitrificação) com a matéria orgânica do solo. De forma prática, uma alta concentração de amônia proveniente da hidrólise da uréia (alta concentração de N), inibe a atividade das *nitrobacter* que oxidam o nitrito a nitrato, etapa que ocorre a maior velocidade que a etapa da oxidação prévia, de amônio até nitrito, pelas *nitrosomonas* (Figura 5).

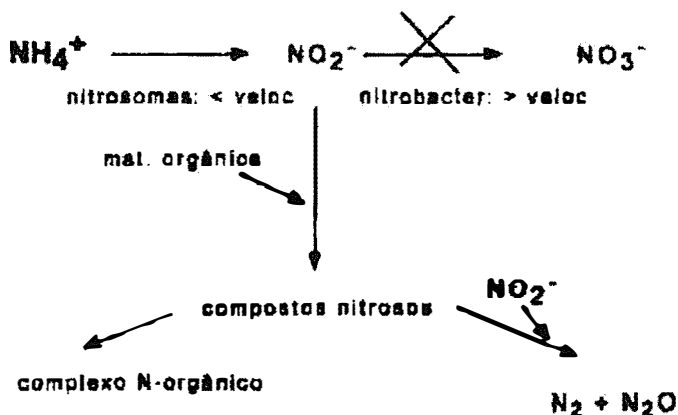


Figura 5. Possível papel da matéria orgânica em promover a decomposição do nitrito na produção de gases N_2O e N_2 .

Fonte: Stevenson & Cole (1999)

A reação do nitrito com compostos orgânicos resulta de considerável interesse devido a que ainda não existe uma explanação satisfatória para as perdas gasosas do N-fertilizante em condições aeróbias, como assinalam Stevenson & Cole (1999). Os gases nitrogenados produzidos (N_2O , NO, N_2 e CO_2) em condições de laboratório, provenientes da reação de nitrito com lignina e substâncias húmicas em soluções "buffer" a pH 6 e 7 constituem uma

evidência das perdas que podem acontecer nessas condições. Este processo seria de importância nas nossas condições? Não temos dados para responder essa pergunta.

As perdas por volatilização de amônia devido à transferência deste gás da superfície do solo à atmosfera, em função de um gradiente parcial, são de grande importância na presença de umidade, alta temperatura e a enzima exocelular *urease*, presente em todos os solos e com maior atividade na palhada de cobertura. Na presença da água no solo, o amônio (NH_4^+), produto da hidrólise da uréia, permanece na solução do solo e/ou passa a ser adsorvido pelo colóide mineral. Na situação de perda de água da camada superficial do solo, a amônia aquosa ($\text{NH}_{3(aq)}$) desloca-se para a forma gasosa ($\text{NH}_{3(g)}$) na atmosfera do solo, sendo perdida por volatilização. Fatores do solo (textura arenosa, baixa capacidade de troca de cátions, aumento do pH do solo, atividade da *urease* e baixo poder de tamponamento); fatores micrometeorológicos (taxa de evaporação de água do solo, alta temperatura e a velocidade do vento) e de manejo (fonte, dose, e modo de aplicação do adubo nitrogenado) poderão estar contribuindo a maximizar esse processo de perda. Os resultados de Lara Cabezas et al. (1997a,b) e Lara Cabezas et al. (2000) quantificando as perdas em condições de campo, mostraram (algo já comprovado em laboratório, no Brasil) que a uréia aplicada na superfície é a única fonte que apresenta perdas significativas do N com prejuízo econômico. Em média, nos estudos realizados aqui em Brasil nos solos do cerrado, 15 kg de grãos de milho são deixados de produzir por cada kg de N volatilizado. Portanto, perdas acima de 50 % do N aplicado (fato comum para as nossas condições), podem representar quedas de produtividade acima de 750 kg/ha de milho (12,5 sacas/ha). Lara Cabezas (1998) mostrou resultados de estudos realizados testando diferentes fontes, formas de aplicação e manejo, em relação ao processo de perdas por volatilização de amônia. Uma aproximação sobre os custos-benefícios diretos relacionados com a aplicação da uréia à superfície e incorporada e a comparação com sulfato de amônio à superfície, podem ser verificados em Panorama Rural (1999) e Lara Cabezas (1999).

Em SPD, na etapa de estabelecimento - cinco anos aqui em Brasil? alguns processos de transformação do N aplicado no solo devem ser expressivos, limitando a sua disponibilidade para as

culturas. Phillips & Phillips (1984) relataram que a lenta decomposição da palha à superfície, a desnitrificação biológica e química mais acentuada que em SC, pela maior retenção de água no perfil do solo e a produção de compostos orgânicos solúveis, maior potencial de lixiviação de nitrato, expressivas perdas por volatilização do N-uréia quando deixada na superfície da palha e o predomínio da imobilização do N, pela maior quantidade e diversidade da biomassa microbiana na camada de 0-5 cm, seriam determinantes da menor disponibilidade de N no SPD. Portanto, na implantação do sistema, para as nossas condições, seria recomendável a aplicação de maior quantidade de N na semeadura (35 a 40 kg/ha) como recomendado por Sá (1996) para culturas anuais como o milho, o que na prática está sendo feito.

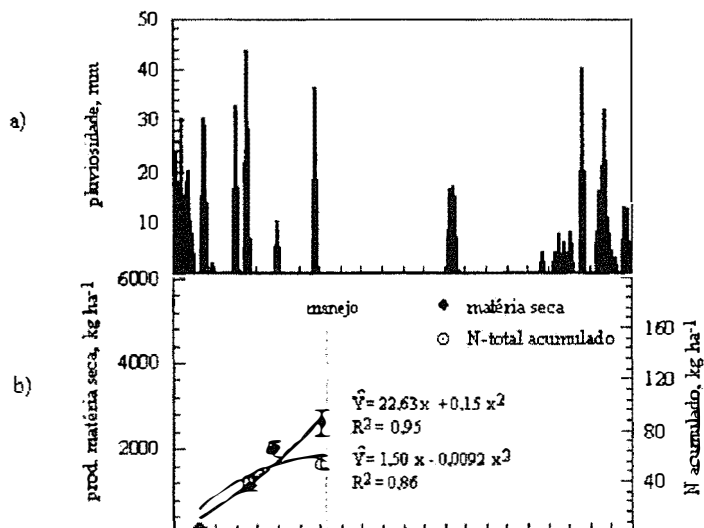
Na nossa palestra, serão discutidos resultados de produtividade do milho em SPD em função do tipo de cultura antecessora, na presença e ausência de adubação nitrogenada de cobertura aplicada em pré- e pós-semeadura, e a quantificação do N-imobilizado nessas condições, após a aplicação de uréia (U) e sulfato de amônio (SA), na região do Triângulo Mineiro, MG em área de produtor tecnificado.

PRODUTIVIDADE DO MILHO EM FUNÇÃO DA CULTURA ANTECESSORA, NA PRESENÇA E AUSÊNCIA DE N-COBERTURA APLICADO EM PRÉ- E PÓS-SEMEADURA

A seguir são apresentados os resultados do primeiro ano de monitoramento da produtividade do milho (safra 98/99) em sucessão ao cultivo de milheto e nabo forrageiro. A adubação nitrogenada para o milho foi efetuada em forma parcelada, uma semana antes da semeadura numa mistura incorporada a 5-7 cm de uréia + sulfato de amônio + KCl (71,3, 70 e 17 kg/ha de N, K₂O e S respectivamente) e a aplicação de 35,7 kg/ha de N-SA, 20 dias após a emergência, a lanço na entrelinha, de acordo à estratégia utilizada pelo produtor na área comercial. Os resultados aqui apresentados formam parte de um projeto de pesquisa a mais longo prazo visando quantificar a reciclagem do N no sistema de rotação adotado pelo produtor. O estudo está sendo desenvolvido na fazenda Floresta do Lobo, Uberlândia, MG em Latossolo Vermelho-Escuro muito argiloso, com 73 % de saturação por bases, 45 g/dm³ de matéria orgânica; 3,2 e 70

mmol/dm³ de K e CTC efetiva e 16,2 mg/dm³ de P (Mehlich -1) na camada de 0 a 5 cm.

Após a colheita da soja (safrá 97/98), na Figura 6 se mostram os eventos ocorridos durante o ciclo do nabo forrageiro e posterior ao manejo (rolo faca), prévio à semeadura de milho. Na sequência se observa o registro da pluviosidade, a marcha de produção de matéria seca do nabo forrageiro e a correspondente acumulação de N na parte aérea da planta, a ocorrência simultânea da decomposição do material de cobertura com a cultura em pé e posterior ao manejo da mesma, e a flutuação do N - mineral total das camadas até 20 cm de profundidade, no intervalo de tempo transcorrido entre a semeadura do nabo (17/03/98) até a véspera da semeadura do milho (13/11/98).



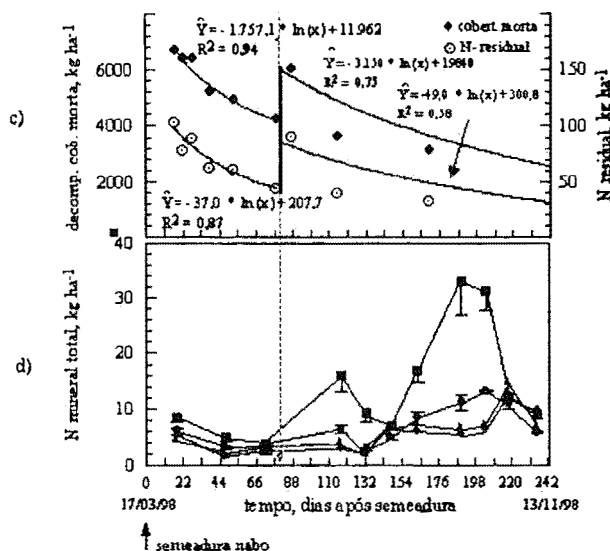


Figura 6. Distribuição da pluviosidade (a); produção de matéria seca e N - acumulado na parte aérea do nabo forrageiro (b); decomposição da cobertura morta e N - residual (c) e distribuição do N - mineral total (d), determinados no período compreendido entre a semeadura do nabo (17/03/98) e na véspera da semeadura do milho (13/11/98).

Até o momento do manejo, a produção estimada do nabo forrageiro e o N acumulado na parte aérea da planta foram de 2.678 kg/ha e 61,0 kg/ha, 78 dias após a semeadura, respectivamente (Figura 2b). A medida da decomposição da cobertura morta sob a cultura do nabo se mostra na Figura 2c. A cobertura morta estimada ao início das medições (4/04/98), foi de 6.883 kg/ha, contendo 100,8 kg/ha de N, incluindo os resíduos mais antigos (milho e aveia preta) e da soja, após a colheita. Houve uma decomposição de 2.576 kg/ha do material de cobertura (36,1 %), numa taxa média de 39,2 kg/ha x dia, reciclando ao sistema 56,4 % do N fixado na matéria seca (60,6 kg/ha). Esse material apresentou uma relação C:N de 25,6 até 31,3 no período (valores não incluídos na Figura).

Efetuada-se um paralelo com o ocorrido com a cultura de milheto, pode-se apreciar na Figura 7 que a produção estimada e o N acumulado na parte aérea foram de 5.292 kg/ha e 110,9 kg/ha, respectivamente (Figura 3b), 49,4 % a mais de matéria seca e 45,0 % a mais de N acumulado na parte aérea da planta, em relação ao nabo forrageiro.

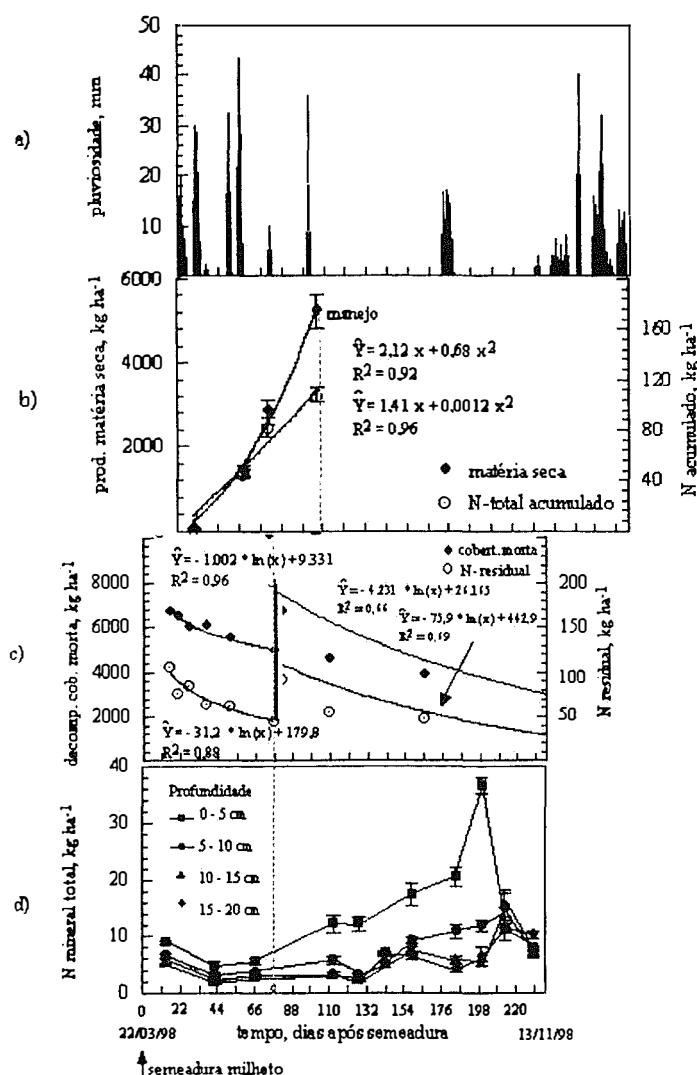


Figura 7. Distribuição da pluviosidade (a); produção de matéria seca e N - acumulado na parte aérea do milho (b); decomposição da cobertura morta e N - residual (c) e distribuição do N - mineral total (d), determinados no período compreendido entre a semeadura do milho (22/03/98) e na véspera da semeadura do milho (13/11/98).

Sobre a cultura do milho, houve uma decomposição média de 27,0 % da matéria seca numa taxa média de 29,3 kg/ha x dia,

reciclando ao sistema 57,5 % do N assimilado na matéria seca (61,5 kg/ha) (Figura 7). Pode-se apreciar que as culturas afetaram de forma sensível a decomposição da matéria seca de cobertura e não a liberação de N das mesmas. Segundo a cultura de inverno utilizada, esta poderá contribuir a proteger a cobertura do solo, diminuindo a sua taxa de decomposição.

A capacidade recicladora de N pelo nabo e milho é mostrada no quadro 1.

Quadro 1. Capacidade recicladora de N das culturas de inverno nabo forrageiro e milho, antecessoras à semeadura do milho

Reciclagem de N	Cultura de inverno	
	nabo forrageiro	milho
	kg/ha	
<i>N-ofertado</i>		
N-decomposição cobertura morta	60,6	61,5
N-mineralizado MO (2,6 meses)	34,3	35,9
<i>N-assimilado planta</i>	61,0	110,9
<i>N-reciclado (%)</i>	64,3	113,9

$$N\text{-reciclado} = (N\text{-assimilado planta}/N\text{-ofertado}) \times 100$$

O N ofertado, foi definido por aquele proveniente da decomposição da cobertura e pelo N mineralizado da MO do solo. O período considerado foi o do ciclo das culturas (2,6 meses) e o N mineralizado bruto, determinado em campo pela técnica de diluição isotópica de Barraclough (1995). Maiores detalhes sobre este procedimento metodológico podem ser encontrados em Lara Cabezas (2000). O balanço entre o N ofertado e o reciclado pelas culturas, mostrou que o milho teve maior capacidade recicladora de N em relação a nabo: 113,9 e 64,3 % respectivamente. O milho reciclou o N equivalente ao mineralizado da MO e o liberado pela decomposição da palhada no período de avaliação e mais 13,5 kg/ha de N do solo. O nabo por sua vez reciclou somente parte do N ofertado pelo sistema. No quadro 2 se apresenta a biomassa C determinada durante o ciclo das culturas de inverno, mostrando que a camada de 0-5 cm foi mais ativa em biomassa que a subjacente, fato amplamente demonstrado na literatura.

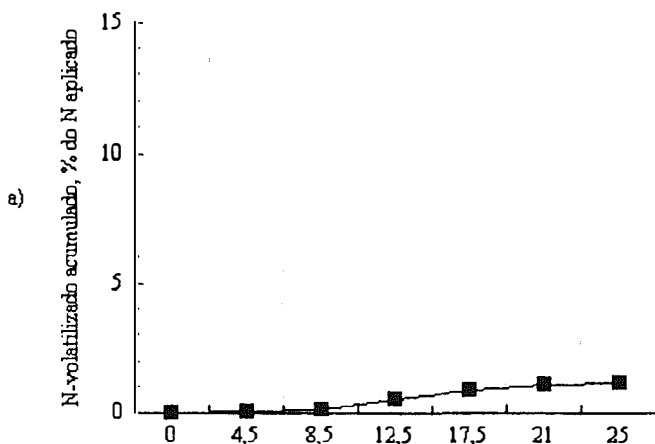
Quadro 2. Biomassa C determinado nas camadas 0 - 5 e 5 - 10 cm das sucessões nabo forrageiro - milho e milheto - milho no sistema de plantio direto.

Cultura	Profundidade, cm	
	0 - 5	5 - 10
	mg kg ⁻¹	
culturas de inverno 1998		
Nabo forrageiro (44 dias após semeadura)	135,8	75,9
Milheto (49 dias após semeadura)	109,3	71,7

Após o manejo das culturas (nabo e milheto) houve uma decomposição estimada de 4.435 e 7.294 kg/ha de matéria seca de cobertura, respectivamente, até a véspera do plantio do milho (Figuras 6c e 7c), representando uma liberação de 75,7 e 128,9 kg/ha de N para o sistema. Após o manejo do nabo, a relação C:N foi de 26,2 para 47,8 prévio a semeadura do milho e do milheto foi de 28,9 para 40,4 (valores não mostrados nas Figuras). Houve uma liberação similar de N ao sistema por cada tonelada de material de cobertura decomposto: 17,1 e 17,7 kg/ha de N após o manejo do nabo e o milheto, respectivamente. A ausência de pluviosidade nesta fase (Figuras 6a e 7a) diminuiu as taxas de decomposição do material de cobertura em relação à fase das safrinhas em pé. Nesta fase cabe salientar a coincidência observada entre o início da estiagem por um lado, a entrada de novo material submetido à decomposição por outro, e o reflexo no aumento significativo do N-mineral do solo, com ênfase na camada de 0 - 5 cm. A diferença da fase anterior (culturas em pé), tanto a mineralização do N orgânico nativo do solo, assim como, do proveniente da própria decomposição do material de cobertura e da laxes de células microbianas, e eventualmente do N mineral proveniente da subsuperfície, devem estar contribuindo ao aumento observado. Resultou interessante verificar nesta fase o ciclo

de aumento e declínio N-mineral do solo em relação a pluviosidade registrada (Figuras 6d e 7d).

Na Figura 8 se mostra as avaliações das perdas de N-NH_3 volatilizado provenientes das fontes aplicadas na pré- e pós-semeadura do milho em SPD somente realizada sobre a cobertura de nabo. As perdas foram inferiores a 2,0 % do N aplicado (71,3 kg/ha da mistura U + SA) na pré-semeadura (incorporadas) e em torno de 14,0 % do N aplicado (35,7 kg/ha de N-SA) na superfície em pós-semeadura. De acordo a resultados de estudos já citados anteriormente, essas perdas não apresentam importância econômica, não afetando a produtividade da cultura, nem constituindo um impacto ambiental negativo para o sistema.



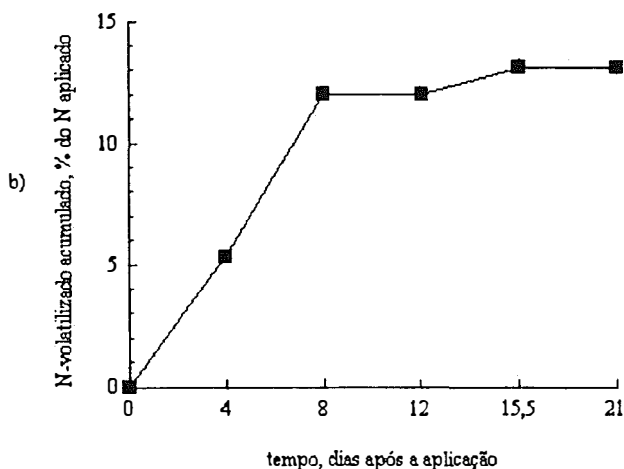


Figura 8. Perdas acumuladas de N-amoniacal volatilizado após a aplicação em a) pré-semeadura da mistura de U + SA + KCl (71,3 kg/ha de N, incorporada) e b) pós-semeadura de SA (35,7 kg/ha de N à lanço na entrelinha) na cultura de milho em SPD.

A instalação de microparcelas com aplicação de fontes marcadas com ^{15}N nos dois parcelamentos da cobertura nitrogenada em ambas as sucessões (nabo-milho e milho-milho) permitiu avaliar a eficiência do N-fertilizante em ambas as épocas e a eficiência ponderada. Na pré-semeadura (Quadro 3), foi observada uma maior eficiência na sucessão milho-milho (51,3 % do N aplicado) em relação à sucessão nabo-milho (26,8 %). Entretanto, na pós-semeadura não foi observada diferença entre as sucessões, destacando-se uma eficiência superior à adubação de pré-semeadura. Considerando-se o N total na planta proveniente do fertilizante (pré + pós-semeadura) na sucessão milho-milho e nabo-milho foram observada uma eficiência de 57,2 e 41,6 % do N aplicado em ambas às épocas.

Quadro 3 Produção de matéria seca, nitrogênio total acumulado pela planta (N-total), nitrogênio na planta proveniente do fertilizante (Nppf) e eficiência de recuperação do N-fertilizante na cultura do milho após a aplicação incorporada de uréia + sulfato de amônio em pré - semeadura e sulfato de amônio em pós-semadura.

Sucessão	Parte planta	Matéria seca total	N-total	Nppf	Eficiência
			kg/ha		% do aplic.
<i>Npré-semadura (71,3 kg/ha)</i>					
Nabo - milho	Parte aérea	8 647	72,2	8,4	
	Grãos	6 156	100,6	10,7	
	Total	14 803	172,9	19,1	26,8
Milheto - milho	Parte aérea	12 334	103,3	19,4	
	Grãos	8 805	136,2	17,2	
	Total	21 139	239,5	36,6	51,3
<i>Npós-semadura (55,7 kg/ha)</i>					
Nabo - milho	Parte aérea	8 750	70,7	11,2	
	Grãos	7442	109,1	14,2	
	Total	16.192	179,8	25,4	71,3
milheto - milho	Parte aérea	6 597	98,5	14,0	
	Grãos	8 223	58,8	10,6	
	Total	14 820	157,3	24,6	68,9
Nppf (nabo-milho)		-	-	44,5	41,6
Nppf (milheto-milho)		-	-	61,2	57,2

1 Nppf = Nppf pré + Nppf pós

O fertilizante estaria favorecendo a atividade da biomassa do solo, que por sua vez, estaria contribuindo a mineralizar o N-MO (efeito "primming"). Embora seja um ponto a ser estudado mais profundamente, nas condições tropicais, esse efeito talvez seja mais expressivo que nas condições de clima temperado, tendo grande importância na interação adubação-cobertura do solo para as nossas condições. Cabe agora a pergunta: por quê houve uma maior recuperação do N-fertilizante e do solo na sucessão milheto-milho? A ocorrência de alguns fatos descritos anteriormente pode contribuir à resposta. Considerando-se que: 1) o milheto assimilou o dobro de N que o nabo na parte aérea, 2) que o milheto apresentou maior capacidade recicladora de N que o nabo após o manejo das culturas, 3) maior quantidade de N foi disponibilizado na sucessão milheto-milho e 4) que o nabo apresentou uma relação C/N da palhada inferior a milheto (valores não apresentados), pode-se assumir que após a adubação de pré-semadura, na sucessão nabo-milho, grande parte do N contido no nabo já tinha sido liberado ao sistema abastecendo à biomassa do solo, pelo que o N-fertilizante teria estado mais sujeito à lixiviação em relação à imobilização. Por outro lado, na sucessão milheto-milho, o N-fertilizante teria sido mais

imobilizado que lixiviado. Posteriormente, com a morte da biomassa, teria remineralizado em tempo, para a recuperação pelo milho. Sob um ponto de vista prático, e ainda de forma preliminar, as interações cobertura morta e o N-fertilizante observadas, estariam sugerindo que a cultura antecessora também deveria ser considerada no manejo da adubação de cobertura: antecipar com gramínea e adiar para a pós-semeadura com não gramínea, como culturas antecessoras ao milho.

Na Figura 9 se mostra a produtividade do milho em ambas as sucessões, na presença e ausência do N de cobertura e da semeadura. Na ausência de N-fertilizante houve maior produtividade do milho em sucessão a nabo que milheto, colocando em evidência uma liberação mais gradativa do N que na condição adubada, entretanto mais significativa se comparado com o milheto.

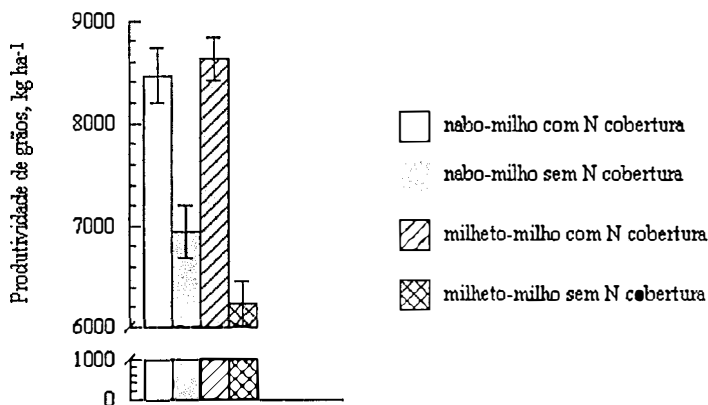


Figura 9. Produtividade do milho em sucessão a nabo forrageiro e milho, na presença e ausência de N em sistema plantio direto.
(As barras indicam o desvio padrão da média de quatro repetições)

Estes resultados são de um primeiro ano de estudo como já assinalado e devem ser apreciados com cautela. Não devem, por prudência acadêmica, ser extrapolados para outras regiões de cerrado, e muito menos, para outros Estados. A repetição, tanto quanto a regionalidade dos estudos é absolutamente necessária.

O monitoramento da adubação nitrogenada realizada pelo produtor em Uberlândia, MG permite concluir: (i) o milho reciclou mais N que o nabo e contribuiu com uma cobertura mais efetiva do solo que o nabo, (ii) a incorporação do adubo nitrogenado minimizou a perda do N-fertilizante por volatilização de amônia, (iii) a adubação nitrogenada em pré-semeadura foi menos eficiente que a de pós-semeadura, (iv) a antecipação da adubação nitrogenada de cobertura no milho deveria considerar a cultura antecessora, (v) a adubação nitrogenada total de cobertura (pré- e pós-semeadura) do milho, foi mais eficiente na sucessão milho-milho que nabo-milho.

IMOBILIZAÇÃO DE N NA CULTURA DO MILHO APÓS A APLICAÇÃO EM PRÉ- E PÓS-SEMEADURA DE URÉIA E SULFATO DE AMÔNIO

Atualmente, o aspecto mais polêmico no manejo da adubação nitrogenada na cultura de milho inserida no SPD é a época de aplicação da cobertura nitrogenada e a necessidade de efetuar-se ou não parcelamento. Quanto ao nitrogênio da semeadura, doses de 30 - 40 kg/ha de N nos primeiros anos de desenvolvimento do sistema, seriam suficientes para reduzir e/ou eliminar a carência inicial de N devido ao processo de imobilização causado pela decomposição dos resíduos da gramínea antecessora (Sá, 1995; Ceretta & Fries, 1998; Wiethölter, 2000). Quanto à adubação de cobertura, Sá (1996) mostrou por estudos realizados no Paraná, na sucessão aveia preta-milho utilizando uréia em SPD, que a sua aplicação prévia à semeadura do milho, favoreceria a mobilização do N na época requerida pela cultura, após um período de indisponibilidade temporária, provocado pela biomassa microbiana (imobilização). Por sua vez, a aplicação do N na pós-semeadura, além de outros processos que passam a ter importância, como a volatilização do N-amoniaco e a lixiviação de nitratos, a imobilização do N aplicado, o indisponibilizaria para a cultura. A antecipação da adubação nitrogenada de cobertura facilita por sua vez, as atividades do produtor, como assinalado pelo mesmo autor.

Entretanto, trabalhos recentes têm mostrado que o fator climático é determinante nos processos de imobilização do solo, com ênfase nos arenosos, afetando a produtividade do milho,

principalmente quando se usa gramínea como cultura antecessora. Pauletti (1999) em Arapoti (PR); Basso (1999) em Sta. Maria (RS) e (2000) em Passo Fundo (RS) mostraram que em anos com alta pluviosidade prévio à semeadura do milho, a produtividade foi superior com a cobertura nitrogenada em pós-semeadura. A baixa produção de palha da aveia preta como cultura antecessora devido à falta de chuva, tanto quanto o excesso de chuva, estaria limitando a produtividade do milho com a adubação nitrogenada em pré-semeadura. Essas condições, portanto, estariam favorecendo a adubação de cobertura em pós-semeadura (imobilização reduzida pela falta de palha no primeiro caso e acentuada nitrificação seguida de lixiviação do nitrato no segundo). Em anos considerados normais, a adubação em pré-semeadura seria mais favorável, com acentuada atividade imobilizadora da biomassa do solo. Em SPD a biomassa e a atividade microbiana na superfície do solo é superior em relação ao SC (Doran, 1980; Hungria et al., 1997) constituindo assim, a principal fonte de N e carbono (C) potencialmente mineralizável para a cultura de interesse (Mengel, 1996; Souza & Melo, 2000). Por outro lado, em SPD a cultura antecessora cultivada individual ou consorciada antes do milho, condiciona a oxidação bioquímica da matéria orgânica ingressada ao sistema, e conseqüentemente, a disponibilidade de N para a cultura do milho (Blevins et al., 1984; Ros & Aita, 1996; Sá, 1998; Bortolini et. al., 2000; Floss, 2000).

Entre os processos de transformação do N no solo esquematizados na Figura 10, a imobilização do N deve constituir um processo de grande importância no cerrado em SPD, o que melhor compreendido, pode ser utilizado a nosso favor na medida que estaria evitando-se a perda de N por lixiviação e a posterior disponibilização do N temporariamente imobilizado, quando requerido pela cultura.

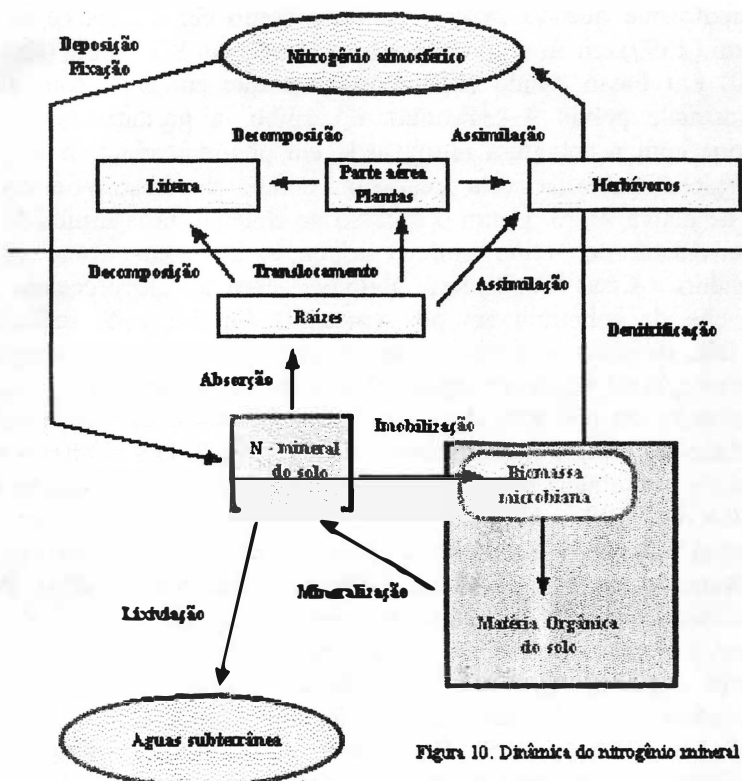


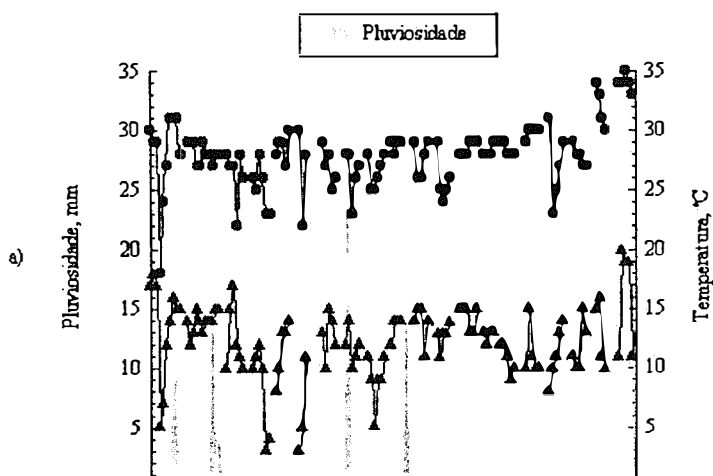
Figura 10. Dinâmica do nitrogênio mineral do solo.

Visando avaliar a importância da imobilização do N aplicado em pré- e pós-semeadura, em relação à assimilação pela cultura do milho no SPD, em condições de campo, para as condições edafoclimáticas do Triângulo Mineiro, MG, quantificou-se o N-imobilizado no solo, na faixa do sulco de adubação, dos fertilizantes U e SA, e o N dos fertilizantes recuperado na planta em condições de sequeiro e seus efeitos na produtividade.

O experimento foi desenvolvido na Fazenda Floresta do Lobo-Pinusplan, BR 050, km 93 do município de Uberlândia-MG, entre abril de 1999 a março de 2000, abrangendo a cultura de inverno, aveia preta (*Avena strigosa*) e o subsequente cultivo do milho híbrido simples, precoce, Tork (Singenta). A área havia sido cultivada com soja e milho de forma alternada nas safras 1996/97 até o início do

estudo, sendo o sorgo granífero cultivado no inverno de 1997 e no inverno de 1998 a área foi deixada em pousio.

Em 15/04/99 foi semeada a aveia preta na área total do talhão, numa densidade de 17,8 kg/ha de sementes (valor cultural: 83 %), com espaçamento de 0,5 m, sem adubação. A cultura foi manejada com rolo faca em 10/09/99. A distribuição da pluviosidade, a produção de matéria seca, o N acumulado na planta e a relação C/N do material até o manejo mostram-se na Figura 11.



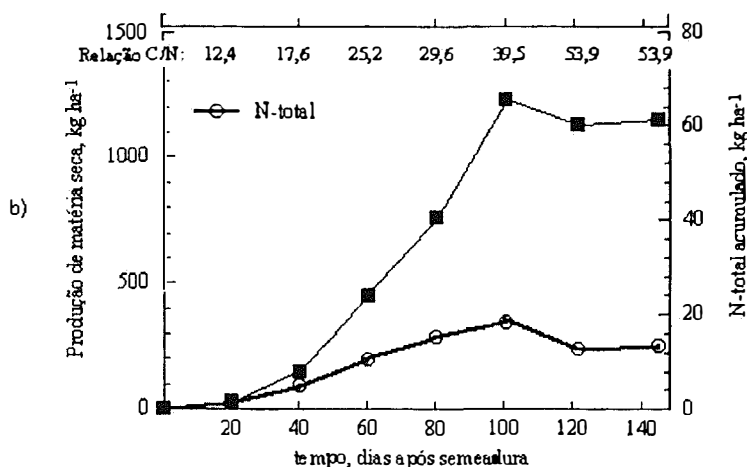


Figura 11. Distribuição da pluviosidade e temperaturas médias máximas e mínimas (a) e a marcha de produção de matéria seca, acúmulo de N-total na planta e relação C/N no ciclo vital da aveia preta (*Avena strigosa*), antecessora à semeadura do milho (b).

A produção máxima de matéria seca foi alcançada aos 101 dias da semeadura, acumulando-se 1,24 Mg/ha e 18,2 kg/ha de N na parte aérea da planta. Até o manejo (145 dias após a semeadura), a produção de matéria seca e o N acumulado foram de 1,1 Mg/ha e 13,2 kg/ha de N. Diversos estudos mostraram que esta cultura não é acumuladora de N na parte aérea, variando de 9,9 até 17,1 kg/ha na ausência e presença de adubação nitrogenada (Aita et al., 1994; Ros & Aita, 1996). A Figura 11a mostra que durante o ciclo da cultura houve períodos de geada no início do desenvolvimento e reduzida pluviosidade. Landers (1994) assinalou alta frequência de veranico no mês de abril para a região. Até os 60 dias após a semeadura, a relação C/N foi de 25,2 e posteriormente aumentou até 53,9 no manejo da cultura. A relação C/N das culturas aumenta com o estágio de desenvolvimento (Floss, 2000). Apesar de ser uma cultura de inverno adaptada para a região sul e de ampla utilização no SPD no cerrado, a semeadura tardia (abril) não resultou nas vantagens comentadas por diferentes autores (Primavesi et al., 1999; Heinrichs & Fancelli, 1999; Bortolini et al., 2000; Schuch et al., 2000), principalmente quando o rendimento de matéria seca e à produção de grãos. Na véspera da semeadura do milho, foi determinada uma

resteva média de 3,17 Mg/ha, composta principalmente pelos resíduos da soja (safra 98/99) e da aveia preta manejada no inverno. No inverno de 2000 (segundo ano do estudo) a situação foi ainda mais crítica com uma produção de matéria seca inferior a 0,5 Mg/ha.

Na instalação dos tratamentos de adubação nitrogenada (safras 99/00 e 00/01) utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, em esquema de parcelas subdivididas no tempo, com três repetições. Na safra 99/00 as parcelas foram constituídas pelas fontes de U e SA (80 kg/ha de N) e as subparcelas pela época de amostragem após a aplicação das fontes, 43 dias antes da semeadura e 31 dias após, na cultura do milho. Cada parcela ficou constituída de 14 linhas de milho, espaçadas de 0,8 m e 25 m de comprimento. Na adubação nitrogenada em pré-semeadura e pós-semeadura do milho das duas fontes (43 dias antes e 31 dias após), incorporadas com haste escarificadora a 5-7 cm de profundidade num espaçamento de 0,8 m, foram instaladas ao acaso dentro de cada parcela adubada, microparcelas com fertilizantes enriquecidos com ^{15}N para efetuar-se amostragens de solo no local da aplicação (volume de 0,5; 0,10 e 0,10 m de comprimento, largura e profundidade) e de plantas (duas linhas em torno do sulco). Após a adubação em pré-semeadura, foram efetuados amostragens aos 19, 40, 64 (5-6 folhas), 105 (11-12 folhas) e 119 dias (florescimento) e na cobertura em pós-semeadura, foram feitas três amostragens de solo e planta no estádio de 10-12 folhas, florescimento e maturação fisiológica da cultura, aos 32, 47 e 99 dias da aplicação das fontes, respectivamente.

O híbrido Tork (Singenta) foi semeado em 15/11/99, num estande de 60.000 plantas por ha, espaçamento de 0,8 m, com uma adubação de 334 kg/ha do formulado 12-16-12 (40-53-40 de N; P_2O_5 e K_2O , respectivamente), produzido com as seguintes matérias primas: SA, MAP, KCl e B e Mn como micronutrientes. Foi aplicado em área total, potássio a lanço, sem incorporação, na dose de 82 kg/ha de K_2O -KCl, duas semanas após a cobertura antecipada de N.

Nas Figuras 12 e 13 se mostra a quantidade de N-total acumulado, o N na planta proveniente do fertilizante (N_{ppf}) e o N-imobilizado do fertilizante (N_{ispf}) na fração de N-orgânico do solo quando a adubação nitrogenada foi aplicada em pré- e pós-semeadura respectivamente. O N_{ispf} foi calculado pelo método da diferença de

^{15}N (Francis et al., 1993) de acordo com a seguinte expressão de balanço de massas:

$$N_{ispf} = N_{tspf} - N_{mispf} \quad (1)$$

em que N_{tspf} e N_{mispf} correspondem ao N-total no solo proveniente do fertilizante e o N-mineral total no solo proveniente do fertilizante, respectivamente.

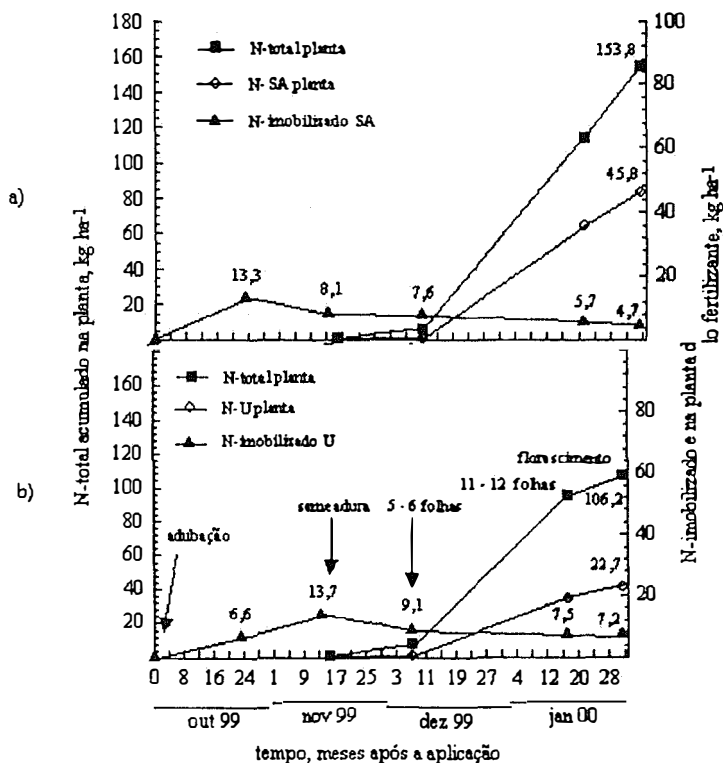


Figura 12. Acúmulo de N-total, N na planta proveniente do fertilizante (N_{tspf}) e N do fertilizante imobilizado (N_{mispf}), para sulfato de amônio (a) e uréia (b) aplicados na pré-semeadura do milho, 43 dias antes, em sistema plantio direto.

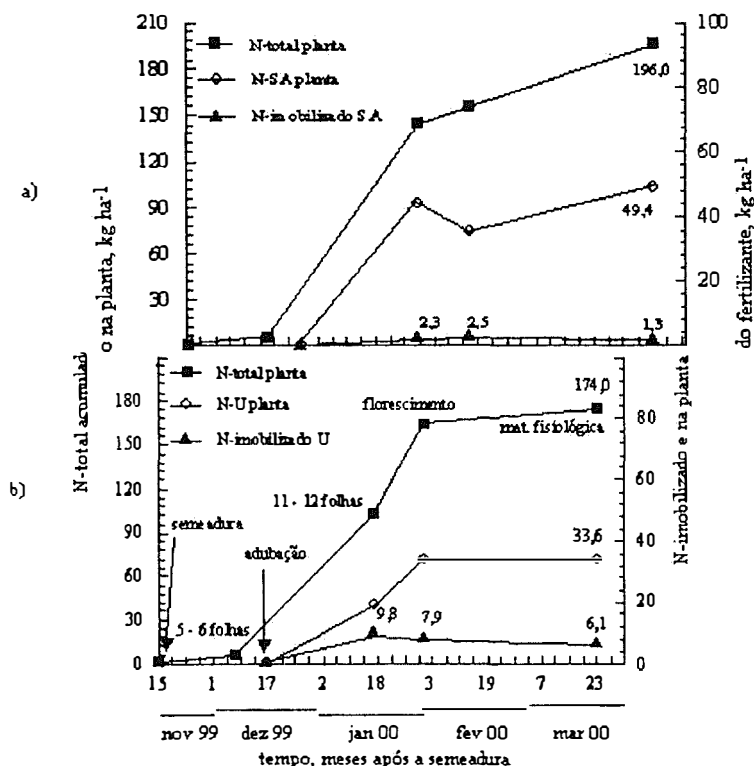


Figura 13. Acúmulo de N-total, N na planta proveniente do fertilizante (N_{planta}) e N do fertilizante imobilizado ($N_{\text{imobilizado}}$) sulfato de amônio (a) e uréia (b) aplicados, 31 dias após a semeadura do milho em sistema plantio direto.

Na Figura 12a e b pode-se apreciar que os maiores valores de imobilização do N-fertilizante ocorreram aos 19 e 40 dias após a aplicação do N-SA e N-U em pré-semeadura respectivamente, sendo mais expressiva que a imobilização em pós-semeadura (Figura 13a e b). Na pré-semeadura a imobilização estaria sendo favorável no sentido de constituir uma forma de reter o N-fertilizante na camada superficial para a cultura em sucessão, quando a pluviosidade não foi elevada. Entretanto, na pós-semeadura, com a pluviosidade mais intensa e com ocorrência regular, estaria diminuindo a imobilização,

principalmente, para o SA. Nessas figuras cabe salientar, também, a coerência observada entre o N-total e o N-fertilizante acumulados na planta. Tanto para a adubação em pré-semeadura quanto em pós-semeadura houve maior acúmulo de N-total na medida que foi observada uma maior recuperação de N-fertilizante na planta. Neste estudo o benefício foi sempre maior para o SA.

No segundo ano do estudo (safra 00/01) com ocasião da amostragem de solo no sulco de adubação, foi determinado o pH ao longo dos estádios fenológicos avaliados no milho (Figura 14).

O expressivo aumento do pH no sulco de adubação logo após a aplicação da U, constitui uma evidência da demora na imobilização do N em virtude de este estar afetando à biomassa microbiana do solo, o que não foi observado com SA, quando as fontes foram aplicadas na pré-semeadura (Figura 14a). Na pós-semeadura, muito provavelmente devido a um fator de diluição da U no sulco devido a pluviosidade nessa época, o aumento do pH no sulco foi atenuado, o que facilitaria a imobilização do N-U. O N-SA mostrou nessas circunstâncias um sensível abaixamento do pH, fato registrado na literatura. Relacionando os fatos do primeiro ano do estudo com o segundo, o abaixamento do pH poderia ser explicado por um predomínio da nitrificação em relação à imobilização. Lembre-se que no primeiro ano a imobilização do N-SA aplicado na pós-semeadura foi nula em relação ao N-U.

No quadro 4 mostram-se as relações da quantidade de *Nppf* por kg de *Nisppf*, como indicadores da importância relativa do processo de imobilização e sua concorrência com a planta para os estádios comuns avaliados, 11 - 12 folhas e florescimento, após a aplicação dos adubos em pré- e pós-semeadura. Com o N-SA houve uma maior assimilação na planta quando aplicado na pós-semeadura, sendo de 16,7 kg/ha na planta por kg de N-imobilizado em relação a 8,0 kg/ha por kg de N-imobilizado na pré-semeadura. Em relação à uréia, tanto em pré- quanto em pós-semeadura, as quantidades do N-SA na planta foram superiores ao N-U por kg de N-imobilizado. O N-U por sua vez, independente da época de aplicação, não mostrou diferença na relação calculada, variando de 2,9 a 3,1 kg/ha na planta por kg de N-imobilizado.

Quadro 4. Relação de Nppf (kg/ha) e Nispf (kg/ha) após a aplicação dos adubos uréia e sulfato de amônio na pré- e pós-semeadura⁽¹⁾

Estádio	Fontes	
	Sulfato de amônio	Uréia
<i>Pré-semeadura</i>		
11-12 folhas	6,2	2,5
florescimento	9,7	3,2
Média	8,0 aA	2,9 aB
<i>Pós-semeadura</i>		
11-12 folhas	19,2	1,9
florescimento	14,2	4,3
Média	16,7 bA	3,1 aB
dm _s (entre fontes)	3,9	
C.V.(%) Entre fontes	17,6	
dm _s (entre épocas)	3,4	
C.V.(%) Entre épocas	19,0	

⁽¹⁾ As médias entre épocas, na mesma coluna, seguidas de letras minúsculas iguais, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 0,05.

As médias entre fontes, na mesma linha, seguidas de letras maiúsculas desiguais, diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 0,05.

A produtividade do milho sob os tratamentos estudados está mostrada na Figura 15. O efeito da fonte foi superior à época de aplicação. A aplicação do SA nas duas épocas mostrou maior produtividade. Em média, 847 kg/ha de grãos a mais foram produzidos em relação à utilização da U, independente da época de aplicação. Como assinalou Sá (1996), seria interessante sob um ponto de vista operacional efetuar a adubação em pré-semeadura, sempre que a pluviosidade fosse incipiente até a semeadura, visto que a imobilização mostrou ser um processo predominante sobre a mineralização, na ausência de sistema radicular. No caso de chuvas intensas até a pré-semeadura, o "turnover" do N aplicado aumentaria, ainda num solo argiloso e notado pelo aumento da pluviosidade na pós-semeadura deste estudo, com o agravante de não existir o cultivo

instalado ainda, o que favoreceria a mineralização em relação à imobilização do N-aplicado e seu posterior deslocamento fora do alcance do sistema radicular. Ainda assim, deve ser considerada a quantidade e a qualidade do material de cobertura antecedente à cultura do milho (como discutido anteriormente), pois é fator determinante da intensidade da imobilização (Aoyama & Nozawa, 1993; Jensen, 1994; Zagal & Persson, 1994; MacKeeney et al., 1995; Sparling et al., 1996). Colocado desta forma, concorda-se com a seguinte frase colocada por Basso (1999): "No SPD, a aplicação de N em pré-semeadura do milho pode ser uma alternativa técnica, desde que o período de cultivo do milho não seja caracterizado pela ocorrência de intensas e freqüentes chuvas".

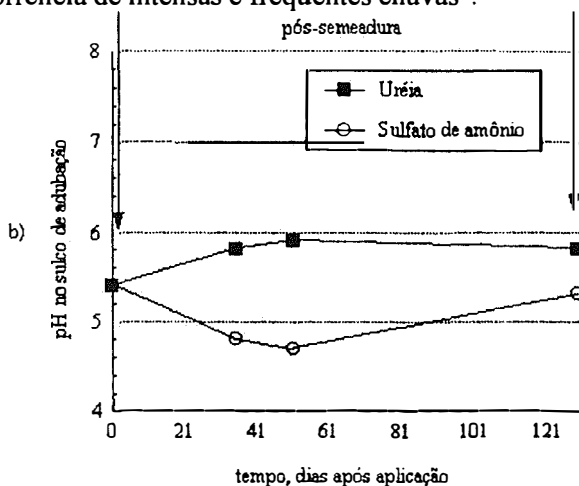


Figura 14. Variação do pH no sulco de adubação (na entrelinha) após a aplicação em pré- (a) e pós-semeadura (b) da uréia e sulfato de amônio na cultura de milho em SPD.

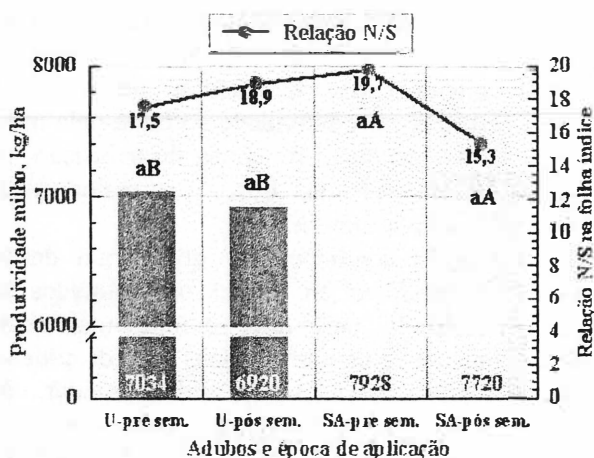


Figura 15. Produtividade do híbrido Tork (safra 99/00) submetido a adubação nitrogenada de cobertura antecipada e pós-semeadura em sistema plantio direto - Triângulo Mineiro, MG

U = uréia; SA = sulfato de amônio.

As médias entre fontes, seguidas de letras maiúsculas diferentes, são significativamente diferentes (Tukey 0,05). Entre épocas, as médias seguidas de letras minúsculas iguais não diferem pelo teste de Tukey 0,05.

Parte inerente deste tipo de estudos deve ser a maior utilização de fontes marcadas com ^{15}N associado a avaliações da biomassa do solo (C e/ou N), biomassa- ^{15}N , biomassa- ^{13}C e/ou medidas da atividade respiratória em condições de campo, para se ter uma evidência mais direta da ocorrência da imobilização nas condições tropicais em relação ao sistema radicular, envolvendo estudos da rizosfera. Não está demais reiterar que o aumento da eficiência da adubação nitrogenada passa necessariamente pela intensificação de estudos que avaliem a importância relativa dos processos de transformação do N no solo na complexidade inerente ao SPD.

Os resultados deste estudo permitiram concluir: (i) na adubação de pré-semeadura do milho, no sulco de adubação, parte do N aplicado como uréia e sulfato de amônio são efetivamente imobilizados, apresentando o sulfato de amônio maior rapidez na ciclagem do N-imobilizado-mineralizado ("turnover"), e conseqüente maior assimilação pelo milho, logo após a semeadura; (ii) na adubação de pós-semeadura, no sulco de adubação, somente ocorre imobilização do N da uréia, retardando a sua assimilação pela planta em relação ao sulfato de amônio; (iii) por cada kg de N-fertilizante

imobilizado no sulco de adubação, independente da época da aplicação das fontes, maior quantidade do N do sulfato de amônio é recuperado pela planta entre os estádios de 11-12 folhas e florescimento; e (iv) maior produtividade é obtida pela utilização do sulfato de amônio, independente da época de aplicação, tanto pelo fornecimento de S ao sistema, quanto a maior dinâmica na disponibilidade do N após a imobilização.

Considerando-se as condições em que foram desenvolvidos estes estudos, e tomando-se em conta os resultados de outras localidades do país, a imobilização deve ser muito mais expressiva no sul (na presença somente de uma maior densidade de cobertura morta de gramíneas) na condição de uma pluviosidade regular, na qual não haveria concorrência com a lixiviação, pelo que a adubação antecipada seria uma excelente alternativa de manter-se o N disponível para a cultura em sucessão. Na ocorrência de alta pluviosidade prévio à semeadura, seria recomendável efetuar-se a cobertura de N de forma convencional (pós-semeadura). Na presença de culturas antecessoras não gramíneas, não seria conveniente antecipar a adubação de cobertura, independente do regime pluviométrico. Para as condições do cerrado, de dificultosa produção de palhada (pelo manejo atualmente efetuado de forma massiva pelo produtor: semear em sucessão a cultura de verão) é muito provável que a imobilização fosse de menor importância, sendo aconselhável efetuar-se a cobertura na pós-semeadura. Ainda futuros estudos deverão confirmar estas afirmações e recomendar a frequência das doses a serem aplicadas.

Finalmente antes de concluir a nossa apresentação queremos mostrar resultados obtidos de um ensaio de épocas de aplicação de N de cobertura efetuado pelo produtor com acompanhamento do autor, em área comercial de produção de milho em SPD (Lucinda et al., 2001). Na colheita mecanizada, o talhão (70 ha) apresentou uma produtividade média de 151,7 sacas/ha (9.102 kg/ha), quando a cobertura nitrogenada e potássica foram antecipada 25 dias antes da semeadura do híbrido Pionner 30K75, aplicada na superfície, de forma localizada, em faixas espaçadas de 0,4 m (67,5 kg/ha de N-SA+ nitrato de amônio e 85,5 kg/ha de K₂O). A produtividade alcançada com esse tratamento (utilizado em toda a propriedade) foi tomada como referência em relação aos outros tratamentos testados e

indicados no quadro 5. Na semeadura (16/11/00), foi feita adubação de 250 kg/ha do formulado 13-30-08 + micronutrientes (B, Cu e Mn). Nos tratamentos com cobertura nitrogenada e potássica de pós-semeadura, os adubos foram aplicados 15 dias após, sem parcelamento e, 15 e 25 dias após a semeadura quando estes foram parcelados, na superfície, na entrelinha (ver quadro 5).

Quadro 5. Tratamentos de épocas de aplicação de N-cobertura (mistura de SA e NA) e potássio (KCl) na cultura de milho em SPD, área comercial.

Tratamentos	Nitrogênio		Potássio (K ₂ O)	
	Dose	Época aplicação	Dose	Época aplicação
	kg/ha		kg/ha	
T1	67.5	100 % pré-sem.	85.5	100 % pré-sem.
T2	67.5	1/2 pré-sem + 1/2 pós-sem.	85.5	1/2 pré-sem + 1/2 pós-sem.
T3	67.5	100 % pós-sem.	85.5	100 % pós-sem.
T4	67.5	1/2 pós-sem. (15 das) + 1/2 pós-sem. (25 das)	85.5	1/2 pós-sem. (15 das) + 1/2 pós-sem. (25 das)
T5	67.5	100 % pré-sem.	85.5	100 % pré-sem.

A produtividade dos tratamentos foi calculada com base na colheita mecanizada (rotina da fazenda) na parte central das parcelas (5.000 m²) de cada tratamento, sem repetição, em virtude do caráter demonstrativo do ensaio, corrigindo-se a unidade de grãos para 13 g/kg, descontadas as impurezas e o grão ardido.

Com base nos custos dos insumos, serviços, despesas administrativas, impostos e de secagem e armazenamento de grãos computados para o talhão, no quadro 6 se mostram os resultados de produtividade e o lucro líquido do produtor, considerando-se os custos totais e o valor da produção, tomando-se como referência o tratamento T5, utilizado pelo produtor na área comercial.

Quadro 6. Produtividade, valor da produção, custo da produção e lucro em função de diferentes épocas da aplicação da cobertura nitrogenada e potássica na cultura de milho em SPD.

Tratamentos	Produtividade (mecanizada)	Acréscimo produtividade	Valor produção	Custo total	Lucro	Lucro
	sacas/ha	%	-----	R\$/ha	-----	70 ha
T1	157,8	2,4	1.341,3	1.279,8	61,5	4.305,0
T2	154,4	0,2	1.312,4	1.252,2	60,2	4.214,0
T3	153,3	-0,5	1.303,1	1.243,3	59,8	4.186,0
T4	160,2	4,0	1.361,7	1.299,2	62,5	4.375,0
T5	154,1	100,0	1.309,9	1.249,8	60,1	4.207,0

Acréscimo produtividade (%): $((T_n - T_5)/T_5) \times 100$

Valor produção (R\$/ha): Produtividade (sacas/ha) x R\$ 8,50

Custo total (R\$/ha): Produtividade (sacas/ha) x R\$ 8,11 (custo/saca)

Lucro (R\$/ha): Valor produção - custo total

O tratamento T4 (cobertura em pós-semeadura e parcelada em duas vezes) foi o que apresentou maior produtividade (160,2 sacas/ha) totalizando um lucro de R\$4.375,0 para o talhão. Isto representou R\$168,0 a mais em relação ao lucro de T5. Com base nos resultados deste ensaio essa margem não representa uma motivação para modificar o manejo da adubação por parte do produtor, tomando-se em conta a operacionalização de maquinário, que na época da cobertura em pós-semeadura, está efetuando a semeadura da soja.

Portanto, sob um ponto de vista estritamente técnico, verifica-se a conveniência de efetuar-se a adubação em pós-semeadura na época de maior demanda de N pela planta (estádios de 4 - 5 até 11-12 folhas). Por outro lado, considerando a distribuição de pluviosidade da fazenda entre os meses de outubro a março (Figura 16) nas últimas duas safras de milho (99/00 e 00/01), com utilização de gramíneas como culturas antecessoras ao milho e baixa produção de matéria seca devido à seca, pode-se apreciar que na safra 00/01 houve uma melhor distribuição das chuvas e menor intensidade que na safra 99/00 as quais começaram de forma efetiva em dezembro e maior intensidade nos meses de janeiro, fevereiro e março.

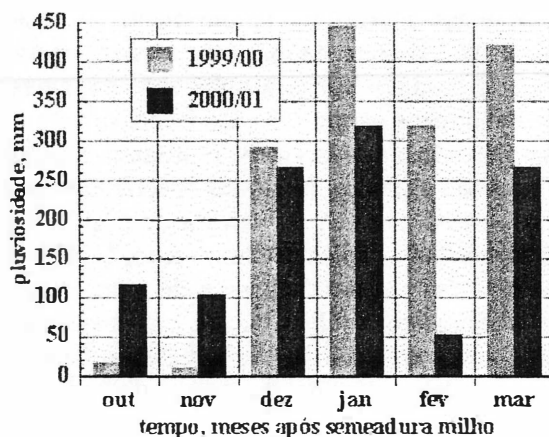


Figura 16. Pluviosidade acumulada mensal no ciclo do milho, nas safras 99/00 e 00/01 na Fazenda Floresta do Lobo - Pinusplan, Triângulo Mineiro-MG.

Nessas condições, o produtor obteve melhor produtividade de milho quando antecipou a adubação (safra 99/00) e quando optou pela cobertura em pós-semeadura (safra 00/01), respectivamente. As escassas chuvas na safra 99/00 (outubro e novembro) devem ter favorecido a imobilização do N na pré-semeadura em detrimento da lixiviação e na safra 00/01 deve ter ocorrido o oposto. Isto constitui uma evidência da influência da pluviosidade no manejo da adubação. Informação de outros experimentos realizados nessa fazenda nos anos 99/00 e 00/01, mostraram essa tendência para o caso particular da uréia.

A modo de conclusão, sob a base dos resultados analisados, o melhor equilíbrio técnico-operacional-econômico (se é permitida essa expressão), favoreceria a adubação antecipada somente sob condições climáticas regulares e uma abundante palhada da gramínea de cobertura, visto que o lucro obtido com a adubação em pós-semeadura não foi significativo, a ponto de vir a interessar ao produtor viabilizar essa cobertura. Entretanto, deve ficar registrado o alto risco no sucesso dessa adubação, se ocorrerem chuvas intensas na pré-semeadura, logo após de efetuada a adubação. Existem

resultados de pesquisa mostrando claramente a vantagem da pós-semeadura sob essas condições. Tecnicamente, o milho requer N disponibilizado na pós-semeadura, em termos operacionais isto dificulta a vida do produtor que está embarcado na semeadura da soja e em termos econômicos para o caso analisado, o lucro a mais com o adubo de pós-semeadura não estimula ao produtor a privilegiar a pós-semeadura. Havendo portanto, interesses encontrados entre a planta e o produtor, deverá predominar na tomada de decisão do manejo da cobertura nitrogenada o chamado “bom senso”. Não existe receita mágica, mais através destes resultados e de outras experiências que venham a conhecimento público, ficam expostos argumentos que venham a subsidiar ao produtor na sua tomada de decisão que deveria incluir ainda, o impacto ambiental do manejo definido.

AGRADECIMENTOS

O autor deseja expressar seus agradecimentos às fontes financiadoras que colaboraram com as pesquisas relatadas: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG); a SN-Centro de Pesquisa e Promoção do Sulfato de Amônio e ao Convênio Embrapa - Petrobrás. Também aproveito a oportunidade para agradecer a colaboração de colegas, estudantes e ao produtor que sem a sua ajuda, estes resultados não seriam uma realidade. Aproveito também a oportunidade de agradecer ao VI Simpósio da Cultura do Milho, Depto. de Produção Vegetal - ESALQ pela oportunidade concedida para a divulgação destes resultados, solicitando a compreensão nas inevitáveis falhas que cometemos de redação em português, estando aberto às críticas e conselhos que venham a aprimorá-lo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOYAMA, M.; NOZAWA, T. Microbial biomass nitrogen and mineralization-immobilization processes of nitrogen in soils incubated with various organic materials. *Soil Science and Plant Nutrition*, v.39, p.23-32, 1993.

- BARRACLOUGH, D. ^{15}N isotope dilution techniques to study soil transformation and plant uptake. *Fer. Res., The Netherlands*, v.42, p.185-192, 1995.
- BASSO, C.J. Manejo do nitrogênio no milho cultivado em sucessão a plantas de cobertura de solo no inverno, no sistema plantio direto. Tese de Mestrado. 1999.
- BLEVINS, R.L.; SMITH, M.; THOMAS, G.W. Changes in soil properties under no-tillage. In: Phillips, R. E.; Phillips, S. H. eds. *No Tillage Agriculture, principles and practices*. New York, Reinhold, 1984. p.190-230.
- BORTOLINI, C.G.; SILVA, P.R.F.; ARGENTA, G. Sistemas consorciados de aveia preta e ervilhaca comum como cobertura de solo e seus efeitos na cultura do milho em sucessão. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.24, p.897-903, 2000.
- CERETTA, C.A.; FRIES, M.R. Adubação nitrogenada no sistema plantio direto. In: NUERNBERG, N.J. ed. *Conceitos e fundamentos do sistema plantio direto*. Lages, SC, SBCS-Nucleo Regional Sul. 1998. p.111-120.
- DORAN, J.W. Soil microbial and biochemical changes associated with reduced tillage. *Soil Science Society of American Journal*, v.44, p.765-771, 1980.
- FIRESTONE, M.K. Biological denitrification. In: F.J. Stevenson, Ed., *Nitrogen in agricultural soils*. American Society for Agronomy, Agronomy 22, Madison, Wisconsin, 1982, p.289-326.
- FLOSS, E.L. Manejo de coberturas: aspectos físicos e químicos visando alta produtividade em milho. In: *Seminário sobre tecnologia de produção e comercialização do milho*, Passo Fundo. 2000. *Resumo de Palestras*. Passo Fundo, Aldeia Norte, 2000. p.39-51.
- FRANCIS, D.D.; DORAN, J.W.; LOHRY, R.D. Immobilization and uptake of nitrogen to corn as starter fertilizer. *Soil Science Society of American Journal*, v.57, p.1023-1026, 1993.
- HEINRICHS, R.; FANCELLI, A.L. Influência do cultivo consorciado de aveia preta (*Avena strigosa* Schieb.) e ervilhaca comum (*Vicia sativa* L.) na produção de fitomassa e no aporte de nitrogênio. *Scientia Agricola*, v.56, p.27-31, 1999.
- HUNGRIA, M.; ANDRADE, D.S.; BALOTA, E.L.; COLOZZI-FILHO, A. Importância do sistema de semeadura direta na

- população microbiana do solo. Londrina, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1997, 9p. (Comunicado Técnico, 56)
- JANSSON, S.L.; PERSSON, J. Mineralization and immobilization of soil nitrogen. In: STEVENSON, F.J., ed. Nitrogen in Agricultural Soils. Madison, American Society of Agronomy, 1982. p. 229-252 (Agronomy 22)
- JENSEN, E.S. Mineralization-immobilization of nitrogen in soil amended with low C:N ratio plant residues with different particle sizes. *Soil Biol. Bioch.*, v.26, p.519-521, 1994.
- LANDERS, J.N. Fascículos de experiências de plantio direto no cerrado. Brasília, DF, APDC, 1994. 261p.
- LARA CABEZAS, W.A.R.; KORNDÖRFER, G.H.; MOTTA, S.A. Volatilização de N-NH₃ na cultura de milho: I Efeito da irrigação e substituição parcial da uréia por sulfato de amônio. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.21, p.481-487, 1997a.
- LARA CABEZAS, W.A.R.; KORNDÖRFER, G.H.; MOTTA, S.A. Volatilização de N-NH₃ na cultura de milho: II Avaliação de fontes sólidas e fluidas em sistema de plantio direto e convencional. *R. Bras. Ci. Solo*, v.21, p.489-496, 1997b.
- LARA CABEZAS, W.A.R. Comportamento dos adubos nitrogenados em clima e solo de Cerrado. In: G. Borges Ed., *Plantio Direto - Especial Cerrado*, Ed. Aldeia Norte, Passo Fundo, 1998, p.52-60.
- LARA CABEZAS, W.A.R. Uréia aplicada na superfície do solo: péssimo negócio! In: G. Borges Ed., *Plantio Direto*, Ed. Aldeia Norte, Passo Fundo, v.53, 1999, p.21-24.
- LARA CABEZAS, W.A.R. Efeito ambiental e do manejo nas transformações de N em sistema plantio direto. *Relatório Final FAPEMIG*. 2000. 122p.
- LARA CABEZAS, W.A.R.; TRIVELIN, P.C.O.; KORNDÖRFER, G.H.; PEREIRA, S.. Balanço da adubação nitrogenada sólida e fluida de cobertura na cultura do milho, em sistema plantio direto no Triângulo Mineiro, MG. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.24, p.363-376, 2000.
- LUCINDA, A.M.R.; LARA CABEZAS, W.A.R.; FERRAZ, F.L. Pesquisa do produtor: ensaio de época de adubação nitrogenada na cultura do milho (safra 2000/01) efetuada pelo produtor em sistema plantio direto. *A semente*, v.3, p.4, 2001.

- McKEENEY, D.J.; WANG, S.W.; DRURY, C.F. FINDLAY, W.I. Denitrification, imobilization, and mineralization in nitrate limited and nonlimited residue-amended soil. *Soil Science Society of American Journal*, v.59, p.118-124, 1995.
- MENGEL, K. Turnover of organic nitrogen in soils and its availability to crops. *Plant and Soil*, v.181, p.83-93, 1996.
- PANORAMA RURAL. Uréia na superfície não é bom negócio. Ed. Abimaq, 1999, p.62-68.
- PAULETTI, V. A importância da palha e da atividade biológica na fertilidade do solo. In: Curso sobre aspectos básicos de fertilidade e microbiologia do solo em plantio direto, 3. Cruz Alta. 1999. Resumo de Palestras. Passo Fundo, Aldeia Norte, 1999. p.56-65.
- PHILLIPS, R.E.; PHILLIPS, S.H. No-tillage agriculture. Principles and Practices. Van Nostrand Reinhold Co., 1984, 306p.
- PRIMAVESI, A.C.; PRIMAVESI, O.; GODOY, R. Extração de nutrientes e eficiência nutricional de cultivares de aveia, em relação ao nitrogênio e à intensidades de corte. *Scientia Agrícola*, v.56, p.613-620, 1999.
- ROBERTSON, G.P.; PAUL, E.A.; HARWOOD, R.R. Greenhouse gases in intensive agriculture: contributions of individual gases to the radiative forcing of the atmosphere. *Science*, v.289, n.15, p.1922-1925.
- ROS, C.O.; AITA, C. Efeito de espécies de inverno na cobertura do solo e fornecimento de nitrogênio ao milho em plantio direto. *R. Bras. Ci. Solo*, v.20, p.135-140, 1996.
- SÁ, J.C.M. Nitrogênio: Influência da rotação de culturas e resposta da cultura de milho em solos sob plantio direto. In: Curso sobre manejo do solo no sistema plantio direto, Castro, PR. 1995. Anais. Castro, PR, Fundação ABC para assistência e divulgação técnica agropecuária, 1995. p.212-227.
- SÁ, J.C.M. Manejo de nitrogênio na cultura de milho no sistema de plantio direto. Aldeia Norte Ed., Passo Fundo, 1996, 23p.
- SÁ, J.C.M. Reciclagem de nutrientes e parâmetros para recomendação de adubação das culturas em sistemas de produção sob plantio direto. In: Curso sobre aspectos básicos de fertilidade e microbiologia do solo sob plantio direto, 1. Rio Verde. 1998. Resumo de Palestras. Passo Fundo, Aldeia Norte, 1998. p.13-52.

- SCHUCH, L.O.B.; NEDEL, J.L.A.; ASSIS, F.N.; MAIA, M.S. Vigor de sementes de populações de aveia preta: II. Desempenho e utilização de nitrogênio. *Scientia Agricola*, v.57, p.121-127, 2000.
- SOUZA, W.J.; MELO, W.J. Teores de nitrogênio no solo e nas frações da matéria orgânica sob diferentes sistemas de produção do milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.24, p.885-896, 2000.
- SPARLING, G.P.; CHUNYA, Z.; FILLERY, I.R.P. Microbial immobilization of ^{15}N from legume residues in soils of differing textures: measurement by persulphate oxidation and ammonia diffusion methods. *Soil Biol. Biochem.*, v.28, p.1707-1715, 1996.
- STEVENSON, F.J.; COLE, M.A. Cycles of soil. John Willey & Sons, Ed., 2º ed. New York, 1999, 427p.
- WIETHÖLTER, S. Manejo da fertilidade do solo na cultura do milho. In: Seminário sobre tecnologia de produção e comercialização do milho, Passo Fundo. 2000. Resumo de Palestras. Passo Fundo, Aldeia Norte, 2000. p.5-38.
- YAMADA, T. Soja: estaria a mineralização da matéria orgânica influenciando a produtividade desta enigmática cultura? *Informações Agronômicas, POTAFOS*, v.89, p.20, 2000.
- ZAGAL, E.; PERSSON, J. Immobilization and remineralization of nitrate during glucose decomposition at four rates of nitrogen addition. *Soil Biol. Biochem.*, v.26, p.1313-1321, 1994.
- ZOTARELLI, L. Balanço de nitrogênio na rotação de culturas em sistema de plantio direto e convencional na região de Londrina-PR. Universidade Federal de Rio de Janeiro, Seropédica, 2000. Tese de mestrado, 148p.

DIAGNÓSTICO DA FERTILIDADE DO SOLO E ADUBAÇÃO PARA ALTA PRODUTIVIDADE DE MILHO

Godofredo César Vitti

Massimiliano Cesar de Barros Júnior

Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, ESALQ

Universidade de São Paulo, Caixa Postal 9

CEP 13418-970 Piracicaba, SP

e-mail: gcvitti@carpa.ciagri.usp.br

INTRODUÇÃO

A área estimada de plantio de milho na safra 2000/2001 é de 13.802.884 ha, 8% maior que a da última safra, superando a área estimada cultivada com soja, 13.371.382 ha (FNP, 2001). Quanto ao rendimento médio, há uma tendência de acréscimo de 6%, ou seja, a produtividade média passaria de 2.475 t.ha⁻¹ (41,25sc.ha⁻¹), para 2.625 t.ha⁻¹ (43,75 sc.ha⁻¹).

A produção de milho no Brasil concentra-se nos estados do Sul, Sudeste e Centro-Oeste, sendo o Paraná o estado com maior área plantada e maior produção, seguido por Minas Gerais, Rio Grande do Sul e Goiás.

Analisando a produtividade média do Brasil, 2.500 t.ha⁻¹, aproximadamente 42 sacas, observa-se que a mesma está muito aquém do potencial produtivo atingido pela pesquisa ou por bons produtores, por volta de 10 t.ha⁻¹ (167sc) (Vitti & Favarin, 1997). Dentre os fatores de produtividade, o manejo químico do solo associado a fatores climáticos são ainda os que mais limitam a produtividade dessa cultura.

CONCEITOS DE ADUBAÇÃO

Em termos práticos, a adubação pode ser definida pela seguinte expressão matemática:

$$\text{Adubação} = (\text{planta} - \text{solo}) \times f$$

ou seja, é necessário dimensionar três fatores básicos: (i) nutrição da planta, quanto a elementos exigidos e quantidades necessárias, (ii)

época e local para o fornecimento dos nutrientes, (iii) avaliação da fertilidade do solo, utilizando-se principalmente da diagnose visual, diagnose foliar, histórico e análise do solo, (iv) uso eficiente do fertilizante (f), o qual é função do sistema de plantio, práticas conservacionistas, fontes de aplicação e parcelamento dos nutrientes e condições edafoclimáticas.

Em função do conhecimento desses fatores é estabelecido o manejo químico do solo, iniciando-se por práticas corretivas seguidas de práticas de manutenção.

NUTRIÇÃO DO MILHO

A fertilidade do solo é um dos principais fatores responsáveis pela baixa produtividade do milho, seja para grãos ou para silagem. Esse fato deve-se ao solo e a elevada capacidade extrativa da cultura, combinada com a grande demanda hídrica (170 kg Matéria Seca/ ha/dia), fato este responsável pela baixa produtividade nas áreas de sequeiro, principalmente quando ocorrem impedimentos físicos e/ou químicos em sub-superfície, o que reduz o desenvolvimento radicular e a oferta de água (Vitti & Nussio, 1991).

Além dos macronutrientes orgânicos (C, H, O), fornecidos pela atmosfera (CO_2 , H_2O , O_2), o milho necessita de nutrientes fornecidos pelo solo, N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn.

As quantidades de nutrientes extraídas e exportadas, nos grãos ou na silagem, pela cultura do milho, em cada tonelada produzida, estão na Tabela 1.

Observa-se que a extração de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio aumentam com o aumento da produção, e que a maior exigência do milho refere-se a nitrogênio e potássio, seguido por cálcio, magnésio e fósforo. Por outro lado Cantarella & Furlani (1996) citam que os teores de macronutrientes primários, por tonelada de produto colhido, para uma produtividade normal são 28 - 5 - 18 kg.t^{-1} e 16 - 4 - 5 kg.t^{-1} de N, P e K para plantas inteiras e grãos respectivamente.

Tabela 1. Extração média de nutrientes pela cultura do milho destinada à produção de grãos e silagem em diferentes níveis de produtividade (Coelho & França, 1995).

Tipo de exportação	Produtividade t.ha ⁻¹	Nutrientes extraídos (kg.ha ⁻¹)				
		N	P	K	Ca	Mg
Grãos	3,65	77	9	83	10	10
	5,80	100	19	95	17	17
	7,87	167	33	113	27	25
	9,17	187	34	143	30	28
	10,15	217	42	157	32	33
Silagem (matéria seca)	11,60	115	15	69	35	26
	15,31	181	21	213	41	28
	17,13	230	23	271	52	31
	18,65	231	26	259	58	32

Tabela 2. Absorção e exportação de macro e micronutrientes na cultura do milho, para uma produção de 9.t.ha⁻¹ de grãos 6,5 t.ha⁻¹ de restos da cultura (Barber & Olson, 1968, citados por Faria, 1986).

Macronutrientes	Remoção (kg.ha ⁻¹)		
	Grãos	Restos	Total
N	115	55	170
P	28	7	35
K	35	140	175
Ca	1,3	35	36,5
Mg	10	29	39
S	11	8	19
Micronutrientes	Remoção (g.ha ⁻¹)		
	Grãos	Restos	Total
B	40	120	160
Cl	4000	68000	72000
Cu	20	80	100
Fe	100	1800	1900
Mn	50	250	300
Mo	5	3	8
Zn	170	170	340

Com relação aos micronutrientes, as quantidades requeridas pelas plantas de milho são muito pequenas (Tabela 2). Entretanto, a deficiência ou excesso de um deles pode ter tanto efeito na desorganização de processos metabólicos quanto a deficiência de um macronutriente (Vitti & Favarin, 1997).

No que se refere à exportação dos nutrientes pelos grãos, o fósforo é quase todo translocado (80 a 90%), seguido pelo nitrogênio (75%), enxofre (60%), magnésio (50%), potássio (20 a 30%) e cálcio (10 a 15%). Isso implica que a incorporação dos restos da cultura do milho devolve ao solo grande parte dos nutrientes, principalmente potássio e cálcio, contidos na palhada.

Quando o milho é colhido para silagem, além dos grãos, a parte vegetativa também é removida, havendo conseqüentemente alta exportação de nutrientes (Tabela 1). Assim, problemas de fertilidade se manifestarão mais cedo na produção de silagem do que na produção de grãos, principalmente quando uma mesma área for utilizada por vários anos consecutivos e não tenha sido adotado um sistema de manejo adequado. Um programa de calagem e adubação, visando a manutenção de altas produtividades, requer um monitoramento periódico do índice de fertilidade do solo, através da análise química, para se evitar o empobrecimento e/ou o desbalanço de nutrientes no solo, bem como de análises foliares para monitoramento desse programa.

Além da exigência total dos nutrientes, é importante conhecer os estádios fenológicos da cultura para definição das fases de maior exigência de nutrientes (Figura 1). Analisando esta Figura, observa-se que a definição da produção potencial ocorre entre a emissão da 4ª e 6ª folha, necessitando de pelo menos 25kg.ha⁻¹ de N, aplicados no plantio. Por outro lado, observa-se que a definição do número de fileiras e o tamanho da espiga, atributos diretamente ligados a produtividade, ocorrem entre a 4ª e a 12ª folha, revelando a necessidade da disponibilidade de nutrientes mais precocemente no sistema.

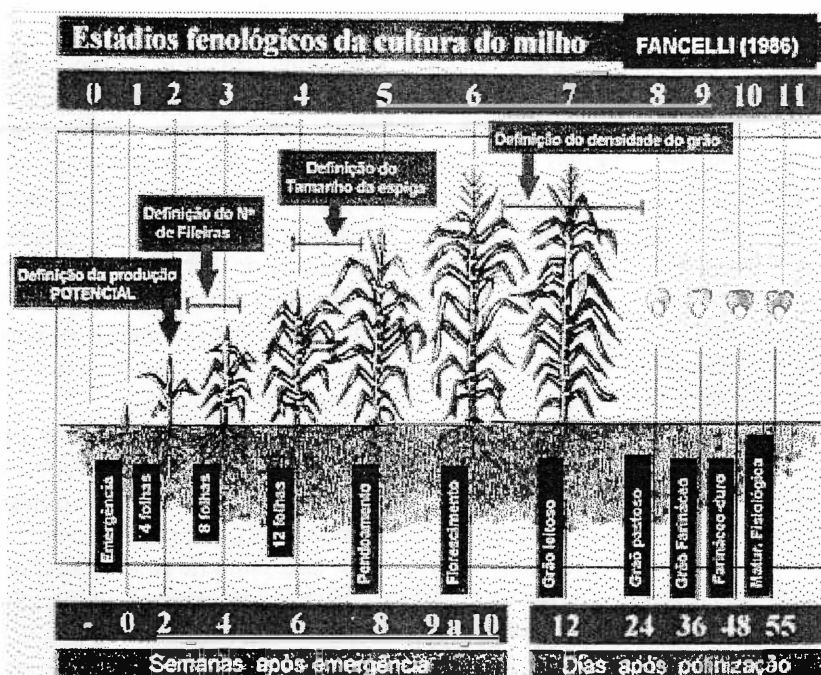


Figura 1. Estádios fenológicos da cultura do milho (Fancelli, 1986).

Quanto à época e modo de aplicação dos nutrientes, as mesmas são função, do comportamento do nutriente no solo, da fisiologia e nutrição da planta. Assim pode-se sugerir as seguintes práticas: (i) pré-plantio: Ca e Mg: calagem, Ca e S: gessagem, P e K: fosfatagem e potassagem; (ii) sulco de plantio: N, P_2O_5 e K_2O : formulação; B, Cu, Mn e, Zn: formulação; (iii) cobertura via solo: N e K_2O : adubação de cobertura; (iv) via foliar: Mn, Zn e Cu: no estágio V4 ou nos estádios V4 e R1; (v) semente: Zn: via tratamento de sementes.

AVALIAÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO

As três técnicas normalmente utilizadas na avaliação da fertilidade de um solo são: Diagnose Visual, Diagnose Foliar e Análise do Solo.

DIAGNOSE VISUAL

A técnica de diagnose visual baseia-se no princípio de que todas as plantas necessitam dos mesmos nutrientes, e se houver deficiência no solo elas apresentarão sintomas semelhantes (alterações morfológicas oriundas de alterações fisiológicas). Os sintomas de deficiência ou de toxidez são característicos para cada elemento, levando-se em consideração sua função e mobilidade na planta. Assim, os elementos móveis (macronutrientes primários N, P, K e o macronutriente secundário Mg) provocam inicialmente sintomas nas partes mais velhas das plantas, enquanto que os parcialmente móveis e imóveis (macronutrientes secundários Ca e S e micronutrientes) inicialmente provocam sintomas nas partes novas da planta.

Para a caracterização do sintoma de deficiência ou toxidez de um elemento o mesmo deve ocorrer de modo generalizado e apresentar gradiente e simetria na planta, para se diferenciar de outras anomalias, como, por exemplo, as ocasionadas por pragas, doenças, clima, etc. Na Tabela 3, Fancelli (2001), apresenta de modo didático e técnico a descrição dos sintomas de deficiência, bem como a função e importância dos nutrientes na planta de milho.

Tabela 3a. Descrição sucinta dos sintomas de deficiência e importância nutricional de nutrientes para a cultura do milho (Fancelli, 2001) (macronutrientes primário).

Nutriente	Sintoma de deficiência	Importância nutricional
Nitrogênio	- Amarelecimento das folhas mais velhas. (formato de “V” invertido) - Morte prematura de folhas e/ou plantas - Espigas pequenas - Grãos leves - Colmos finos - Tombamento de plantas	- Está associado ao crescimento vegetativo das plantas - Participa ativamente da fotossíntese - Participa da síntese de proteínas - Aumenta peso (densidade) de grãos - Aumenta porcentagem de óleo
Fósforo	- Coloração púrpura ou arroxeada das folhas novas - Colmos frágeis e delgados - Espigas pequenas e retorcidas (tortas) nas extremidades	- Estimula o desenvolvimento das raízes - Aumenta o teor de proteínas nos grãos - Atua na fotossíntese e respiração - Participa no processo de transferência de energia e no enchimento de grãos
Potássio	- Margens das folhas inferiores (velhas) amarelada, alaranjada ou bronzeada - Manchas marrons no interior do colmo - Espigas com extremidade sem grãos e com sabugo afilado (pontiado)	- É responsável pelo uso eficiente da água (regula abertura e fechamento de estômatos) - Aumenta a resistência das plantas ao acamamento - Aumenta a tolerância à pragas e doenças

Tabela 3b. Descrição sucinta dos sintomas de deficiência e importância nutricional de nutrientes para a cultura do milho (Fancelli, 2001) (macronutrientes secundário).

Cálcio	- Clorose nas folhas novas - Redução do crescimento radicular - Morte das extremidades das raízes - Falhas de granação (afeta fecundação)	- É essencial para o crescimento e aprofundamento das raízes - Vital para a germinação do grão de pólen - Faz parte da parede celular dos tecidos vegetais
Magnésio	- Folhas inferiores (velhas) com listras esbranquiçadas (clorose) paralelas às nervuras - Crescimento reduzido da planta	- É essencial para a fotossíntese - É componente da clorofila (pigmento participante ativo do processo fotossintético) - Auxilia na absorção de fósforo
Enxofre	- Amarelecimento das folhas novas - Crescimento reduzido da planta	- Participa na composição das proteínas - Auxilia na síntese de enzimas e vitaminas - Participa na formação dos grãos

Tabela 3c. Descrição sucinta dos sintomas de deficiência e importância nutricional de nutrientes para a cultura do milho (Fancelli, 2001) (micronutrientes).

Boro	- Folhas avermelhadas no final do ciclo - Espigas pequenas e falhas na granação - Extremidade das espigas com aspecto de cortiça	- Atua no processo de divisão celular - Auxilia no transporte de carboidratos - Participa na formação dos grãos - Importante para a germinação da semente
Zinco	- Folhas com coloração esbranquiçada próxima à região do “cartucho” - Crescimento reduzido da planta - Encurtamento dos internódios	- Participa no crescimento das plantas - É ativador de inúmeras enzimas - Participa na formação dos grãos
Manganês	- Clorose internerval nas folhas novas (sintomas semelhante a deficiência de magnésio) - Colmos finos - Menor crescimento das plantas	- Atua no sistema enzimático - Tem ação relevante na fotossíntese - Acelera a germinação da semente - Favorece a maturação das plantas

DIAGNOSE FOLIAR

A principal vantagem da técnica da diagnose foliar em relação a diagnose visual é que esta permite diagnosticar o problema antes que se manifeste o sintoma, isto é, permite identificar a “fome oculta” do elemento.

É utilizada para a diagnose foliar a folha inteira oposta e abaixo da primeira espiga (superior), excluída a nervura central, coletadas por ocasião do aparecimento da inflorescência feminina (Coelho & França, 1995), ou segundo Raij & Cantarella (1996), que recomendam o terço central da folha da base da espiga superior, na fase de pendramento (50% das plantas pendoadas).

Os teores foliares de macro e micronutrientes considerados adequados para culturas produtivas de milho, compiladas por Büll (1993) e os citados por Raji & Cantarella (1996) estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Teores foliares de nutrientes considerados adequados para a cultura do milho.

Macronutrientes (g.kg ⁻¹)						
	N	P	K	Ca	Mg	S
(1)	27,5-32,5	1,9-3,5	17,5-29,7	2,3-4,0	1,5-4,0	1,5-2,1
(2)	27-35	1,9-4,0	17-35	3-10	1,5-5,0	1,5-3,0
Micronutrientes (mg.kg ⁻¹)						
	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
(1)	15-20	6-20	50-250	42-150	0,15-0,20	15-50
(2)	7-25	6-20	21-250	20-200	0,15-0,20	15-100

Fonte: (1) Büll (1993); (2) Raji & Cantarella (1996).

ANÁLISE DO SOLO - ESTADO DE SÃO PAULO

Os limites de interpretação atualmente utilizados para o Estado de São Paulo, para os métodos de extração de P, K e Mg pela resina trocadora de íons, bem como para parâmetros de acidez do solo estão apresentados nas Tabelas 5 e 6.

Tabela 5. Limites de interpretação de teores de potássio e de fósforo em solos (Raji et al., 1996).

Teor	Produção relativa	K trocável	P resina	Mg
	%	mmol _c .dm ⁻³	mg.dm ⁻³	mmol _c .dm ⁻³
Muito Baixo	0-70	0,0-0,7	0-6	
Baixo	71-90	0,8-1,5	7-15	0-4
Médio	91-100	1,6-3,0	16-40	5-8
Alto	>100	3,1-6,0	41-80	>8
Muito Alto	>100	>6,0	>80	

Tabela 6. Interpretação de parâmetros de acidez (Raij et al., 1996).

Acidez	pH (CaCl ₂)	Saturação por bases	V (%)
Muito Baixa	até 4,3	Muito Baixa	0-25
Baixa	4,4-5,0	Baixa	26-50
Média	5,1-5,5	Média	51-70
Alta	5,6-6,0	Alta	71-90
Muito Alta	>6,0	Muito Alta	>90

A Tabela 7 apresenta a interpretação dos teores de micronutrientes, sendo o boro extraído por água quente e os micronutrientes metálicos pelo DTPA (Raij et al., 1996), e a Tabela 8 a interpretação dos teores de S, extraído em NH₄OAc e Ca(H₂PO₄)₂ contendo 500 ppm de P (Vitti, 1989).

Tabela 7. Limites de interpretação dos teores de micronutrientes em solos (Raij et al., 1996).

Teor	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	mg.dm ⁻³				
Baixo	0-0,20	0-0,2	0-4	0-1,2	0-0,5
Médio	0,21-0,60	0,3-0,8	5-12	1,3-5,0	0,6-1,2
Alto	>0,60	>0,8	>12	>5,0	>1,2

Tabela 8. Interpretação dos teores de S do solo em dois extratores (Vitti, 1989).

Teor	S (mg.dm ⁻³)	
	NH ₄ OAc.HOAc	Ca(H ₂ PO ₄) ₂ 500ppm P
Muito Baixo	0,0-5,0	0-2,5
Baixo	5,1-10,0	2,5-5,0
Médio	10,1-15,0	5,1-10
Adequado	>15,0	>10

ANÁLISE DO SOLO - CERRADO

Os dados para interpretação da análise de solo para a extração de P e K pelo método Mehlich I bem como para extração de micronutrientes, atualmente utilizadas para as regiões do Cerrado, estão apresentadas nas Tabelas 9 e 10.

Tabela 9. Interpretação da análise de solo para recomendação de adubação com fósforo e potássio (fósforo e potássio extraídos pelo método Mehlich I).

Teor de Argila (%)	Teor de P				Teor de K
	61-80	41-60	21-40	<20	
	(mg.dm ⁻³)				(mg.dm ⁻³)
Muito Baixo	0 a 1,1	0 a 3,0	0 a 5,0	0 a 6,0	0-25
Baixo	1,1 a 2,0	3,1 a 6,0	5,1 a 10,0	6,1 a 12,0	26-50
Médio	2,1 a 3,0	6,1 a 8,0	10,1 a 14,0	12,1 a 18,0	51-80
Bom	>3,0	>8,0	>14,0	>18,0	>80

Fonte: (adaptado de EMBRAPA-CPAC, Souza et al., 1997)

Tabela 10. Interpretação de resultados de análise de solo para micronutrientes para culturas anuais na região dos cerrados.

Micronutriente	Teor de nutrientes (mg.dm ⁻³)		
	Baixo	Médio	Bom
B ⁽¹⁾	<0,2	0,3 a 0,5	>0,5
Cu ⁽²⁾	<0,4	0,5 a 0,8	>0,8
Mn ⁽²⁾	<1,9	2,0 a 5,0	>5,0
Zn ⁽²⁾	<1,0	1,1 a 1,6	>1,6

⁽¹⁾ Extrator água quente. Fonte: EMBRAPA, 1984

⁽²⁾ Extrator Mehlich I (HCl 0,05N + H₂SO₄ 0,025N) Fonte: CNPSO, 1998 e Galvão, 1998.

ANÁLISE DO SOLO - RIO GRANDE DO SUL E SANTA CATARINA

Nas Tabelas 11, 12 e 13 estão apresentados os limites de interpretação dos teores de P, K, S e micronutrientes, bem como os parâmetros de acidez do solo, atualmente utilizados para o Estado do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

Tabela 11. Limites de interpretação dos teores de fósforo extraível do solo (CFS-RS/SC, 1994).

Faixas de teores de P no solo	Classe do solo ⁽¹⁾					
	1	2	3	4	5	6
Limitante	≤ 1	≤ 1,5	≤ 2	≤ 3	≤ 4	-
Muito baixo	1,1-2	1,6-3	2,1-4	3,1-6	4,1-8	-
Baixo	2,1-4	3,1-6	4,1-9	6,1-12	8,1-16	≤ 3
Médio	4,1-6	6,1-9	9,1-14	12,1-18	16,1-24	3,1-6
Suficiente	> 6	> 9	> 14	> 18	> 24	> 6
Alto	> 8	> 12	> 18	> 24	> 30	-

⁽¹⁾Classe 1: > 55% de argila e/ou solos Erechim, Durox, Vacaria, Santo Angelo, Aceguá, Pouso Redondo, Boa Vista, etc.

Classe 2: 41 a 55% de argila e/ou solos Passo Fundo franco-argiloso, Estação, Oásis, Ciriaco, Associação Ciriaco-Charrua, São Borja, Vila, Farroupilha, Rancho Grande, Içara, etc.

Classe 3: 26 a 40% de argila e/ou solos Passo Fundo franco-arenoso e arenoso, Júlio de Castilhos, São Jerônimo, Alto das Canas, São Gabriel, Canoinhas, Jacinto Machado, Lages, etc.

Classe 4: 11 a 25% de argila e/ou solos Cruz Alta, Tupanciretã, Rio Pardo, Camaquã, Bagé, Bexigoso, Pelotas, São Pedro, Santa Maria, Pinheiro Machado, etc.

Classe 5: ≤ 10% de argila e/ou solos Bom Retiro, Tuia, Vacaí, etc.

Classe 6: solos alagados

Nota: considerar como classe 2 os solos Ciriaco, Associação Ciriaco-Charrua, São Borja, Oásis, Farroupilha, etc., que apresentam elevado teor de silte.

Tabela 12. Interpretação do pH e de Ca e Mg. (CFS-RS/SC, 1994).

Acidez	pH em água	Teor	Ca	Mg
			cmol _c .dm ⁻³	
Muito baixa	≤ 5,0	Baixo	≤ 2,0	≤ 0,5
Baixa	5,1-5,5	Médio	2,1-4,0	0,6-1,0
Média	5,6-6,0	Alto	> 4,0	> 1,0
Alta	6,1-7,0			

Tabela 13. Limites de interpretação dos teores de potássio, enxofre e micronutrientes extraível do solo (CFS-RS/SC, 1994).

Interpretação	Potássio	Enxofre	Cobre	Zinco	Boro
	mg.dm ⁻³				
Limitante	≤ 20	-	-	-	-
Muito baixo	21-40	-	-	-	-
Baixo	41-60	< 2,0	< 0,15	< 0,2	< 0,1
Médio	61-80	2,0-5,0	0,15-0,40	0,20-0,50	0,1-0,3
Suficiente	81-120	> 5,0	> 0,40	> 0,50	> 0,3
Alto	> 120	-	-	-	-

Extratores: enxofre (fosfato de cálcio); cobre e zinco (HCl 0,1M); boro (água quente).

ANÁLISE DO SOLO - MINAS GERAIS

Nas Tabelas 14, 15 e 16 estão presentes os parâmetros para interpretação do resultado das análises de solos do Estado de Minas Gerais (Ribeiro et al., 1999).

Tabela 14a. Classes de interpretação de fertilidade do solo para a matéria orgânica e para o complexo de troca catiônica (Ribeiro et al., 1999).

Característica	Unidade	Classificação				
		Muito baixo	Baixo	Médio	Bom	Muito bom
Carbono orgânico (C.O.) ¹	dag.kg ⁻¹	≤ 0,40	0,41-1,16	1,17-2,32	2,33-4,06	> 4,06
Matéria orgânica (M.O)	dag.kg ⁻¹	≤ 0,70	0,71-2,00	2,01-4,00	4,01-7,00	> 7,00
Cálcio trocável (Ca ⁺²) ²	cmol _c dm ⁻³	≤ 0,40	0,41-1,20	1,21-2,40	2,41-4,00	> 4,00
Magnésio trocável (Mg ⁺²)	cmol _c dm ⁻³	≤ 0,15	0,16-0,45	0,46-0,90	0,91-1,50	> 1,50
Acidez trocável (Al ⁺³)	cmol _c dm ⁻³	≤ 0,20	0,21-0,50	0,51-1,00	1,01-2,00 ³	> 2,00 ³

Tabela 14b. Classes de interpretação de fertilidade do solo para a matéria orgânica e para o complexo de troca catiônica (Ribeiro et al., 1999).

Característica	Unidade	Classificação				
		Muito baixo	Baixo	Médio	Bom	Muito bom
Soma de bases (SB)	cmol _c dm ⁻³	≤ 0,60	0,61-1,80	1,81-3,60	3,61-6,00	> 6,00
Acidez potencial (H+Al)	cmol _c dm ⁻³	≤ 1,00	1,01-2,50	2,51-5,00	5,01-9,00 ³	> 9,00 ³
CTC efetiva	cmol _c dm ⁻³	≤ 0,80	0,81-2,30	2,31-4,60	4,61-8,00	> 8,00
CTC pH 7 (T)	cmol _c dm ⁻³	≤ 1,60	1,61-4,30	4,31-8,60	8,61-15,0	> 15,0
Saturação por Al ^{1,3} (m)	%	≤ 15,0	15,1-30,0	30,1-50,0	50,1-75,0 ³	> 75,0 ³
Saturação por bases (V)	%	≤ 20,0	20,1-40,0	40,1-60,0	60,1-80,0	> 80,0

¹Método Walkley & Black; ²Método KCl 1mol/L; ³A interpretação destas classes deve ser alta e muito alta em lugar de bom e muito bom.

Tabela 15a. Classes de interpretação da disponibilidade para o fósforo de acordo com o teor de argila do solo ou do valor de fósforo remanescente (P-rem) e para o potássio (Ribeiro et al., 1999).

Característica	Classificação	
	Muito baixo	Baixo
	mg. dm^{-3}	
Argila (%)	Fósforo disponível (P) ¹	
60-100	$\leq 2,7$	2,8-5,4
35-60	$\leq 4,0$	4,1-8,0
15-35	$\leq 6,6$	6,7-12,0
0-15	$\leq 10,0$	10,1-20,0
P-rem (mg.L^{-1}) ²		
0-4	$\leq 3,0$	3,1-4,3
4-10	$\leq 4,0$	4,1-6,0
10-19	$\leq 6,0$	6,1-8,3
19-30	$\leq 8,0$	8,1-11,4
30-44	$\leq 11,0$	11,1-15,8
44-60	$\leq 15,0$	15,1-21,8
Potássio disponível (K)		
	$\leq 15,0$	16-40

Tabela 15b. Classes de interpretação da disponibilidade para o fósforo de acordo com o teor de argila do solo ou do valor de fósforo remanescente (P-rem) e para o potássio (Ribeiro et al., 1999).

Característica	Classificação		
	Médio	Bom	Muito bom
	mg.dm ⁻³		
Argila (%)	Fósforo disponível (P) ¹		
60-100	5,5-8,0	8,1-12,0	> 12,0
35-60	8,1-12,0	12,1-18,0	> 18,0
15-35	12,1-20,0	20,1-30,0	> 30,0
0-15	20,1-30,0	30,1-45,0	> 45,0
P-rem (mg.L ⁻¹) ²			
0-4	4,4-6,0	6,1-9,0	> 9,0
4-10	6,1-8,3	8,4-12,5	> 12,5
10-19	8,4-11,4	11,5-17,5	> 17,5
19-30	11,5-15,8	15,9-24,0	> 24,0
30-44	15,9-21,8	21,9-33,0	> 33,0
44-60	21,9-30,0	30,1-45,0	> 45,0
Potássio disponível (K)			
	41-70	71-120	> 120

¹Método Mehlich 1; ²P-rem = Fósforo remanescente, concentração de fósforo da solução de equilíbrio após agitar 1h a TFSA com solução de CaCl₂ 10 mmol.L⁻¹, contendo 60 mg.L⁻¹ de P, na relação 1:10.

Tabela 16. Classe de interpretação da disponibilidade para os micronutrientes (Ribeiro et al., 1999).

Micronutriente	Classificação				
	Muito baixo	Baixo	Médio	Bom	Alto
	mg.dm ⁻³				
Zinco disponível (Zn) ¹	≤ 0,4	0,5-0,9	1,0-1,5	1,6-2,2	> 2,2
Manganês disponível (Mn) ¹	≤ 2	3-5	6-8	9-12	> 12
Ferro disponível (Fe) ¹	≤ 8	9-18	19-30	31-45	> 45
Cobre disponível (Cu) ¹	≤ 0,3	0,4-0,7	0,8-1,2	1,3-1,8	> 1,8
Boro disponível (B) ²	≤ 0,15	0,16-0,35	0,36-0,60	0,61-0,90	> 0,90

¹ Método Mehlich 1; ² Método água quente

MANEJO QUÍMICO DO SOLO

PRÁTICAS CORRETIVAS - CALAGEM

Para a escolha do tipo do calcário deve-se atentar aos seguintes aspectos: (i) Teor mínimo de Mg do solo ($\geq 5,0 \text{ mmol}_e\text{dm}^{-3}$ ou $0,5 \text{ cmol}_e\text{dm}^{-3}$); (ii) Relação Ca/Mg no solo de 3 a 5/1 ou Ca%T entre 35 e 45% e Mg%T entre 10 e 15%, dependendo da CTC e do V% do solo; (iii) Uso do gesso agrícola, lembrando que a adição de $1,0 \text{ t.ha}^{-1}$ de gesso promove a elevação de aproximadamente $5 \text{ mmol}_e\text{dm}^{-3}$ ou $0,5 \text{ cmol}_e\text{dm}^{-3}$ de Ca^{+} (Vitti, 2000)

Existem três critérios principais para se determinar a necessidade de calagem:

(i) *Neutralização do alumínio e/ou elevação dos teores de cálcio e magnésio* (Ribeiro et al., 1999)

A fórmula para cálculo da necessidade de calagem (NC), em Minas Gerais, em toneladas por hectare para a camada de 0-20cm, e considerando calcário com PRNT de 100%, é expressa do seguinte modo:

$$\text{NC (t.ha}^{-1}\text{)} = [(1 \times Y \times \text{cmol}_e\text{Al.dm}^{-3}) + (X - \text{cmol}_e\text{Ca} + \text{Mg.dm}^{-3})]$$

em que: 1 = 1,0 (milho); Y=1,0 (solos arenosos); 2,0 (solos textura média); 3,0 (solos argilosos) e 4,0 (solos muito argilosos); e X = 2,0 (milho)

Para a região do cerrado, considerar as seguintes fórmulas:

a) Argila > 200 g.kg⁻¹ e Ca + Mg < 2,0 cmol_cdm⁻³

$$NC \text{ (t.ha}^{-1}\text{)} = [2 \times \text{cmol}_c\text{Al.dm}^{-3} + (2 - \text{cmol}_c\text{Ca} + \text{Mg.dm}^{-3})]$$

b) Argila > 200 g.kg⁻¹ e Ca + Mg > 2,0 cmol_cdm⁻³

$$NC \text{ (t.ha}^{-1}\text{)} = 2 \times \text{cmol}_c\text{Al.dm}^{-3}$$

c) Argila < 200 g.kg⁻¹ (utilizar a expressão que resultar na maior recomendação)

$$NC \text{ (t.ha}^{-1}\text{)} = 2 \times \text{cmol}_c\text{Al.dm}^{-3}, \text{ ou}$$

$$NC \text{ (t.ha}^{-1}\text{)} = 2 - (\text{cmol}_c\text{Ca} + \text{Mg.dm}^{-3})$$

(ii) Método do tampão SMP

Esse método é utilizado apenas nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. As necessidades de calagem são calculadas através da correlação entre o pH SMP obtido no laboratório de análise de solo com as necessidades de calcário para elevar o pH em água a 6,0. Os dados para a correlação encontram-se na Tabela 17.

Tabela 17. Recomendação de calcário para elevar o pH do solo a 6,0, para os Estado do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. (CFS-RS/SC, 1994).

pH SMP	Calcário (PRNT 100%) t.ha ⁻¹	pH SMP	Calcário (PRNT 100%) t.ha ⁻¹
6,7	0	5,6	5,3
6,6	0,5	5,5	6,0
6,5	1,0	5,4	6,6
6,4	1,5	5,3	7,3
6,3	1,8	5,2	8,1
6,2	2,3	5,1	8,9
6,1	2,7	5,0	9,8
6,0	3,2	4,9	10,6
5,9	3,8	4,8	11,5
5,8	4,2	< 4,7	12,0
5,7	4,7		

(iii) Método da saturação por bases

A fórmula para cálculo da necessidade de calagem leva em consideração atributos do solo, do corretivo e da cultura.

$$NC(t.ha^{-1}) = \frac{(V_2 - V_1)T}{10PRNT}$$

em que: NC = Necessidade de calagem em t.ha⁻¹ para a camada de 0-20cm; V₁ = Saturação por bases atual do solo; V₂ = Saturação por bases almejada para o milho; T = Capacidade de troca catiônica potencial do solo em mmol_cdm⁻³; PRNT = Poder relativo de neutralização total do calcário (%).

Para o Estado de São Paulo, Raij et al. (1996) recomendam elevar a saturação por bases V% para V₂=70%, ou V₂=50%, se o solo possui mais do que 50g.ha⁻¹ de matéria orgânica.

Para Minas Gerais, de acordo com Ribeiro et al. (1999), a saturação por bases (V%) não deve exceder 60%.

De modo semelhante ao Estado São Paulo, COAMO/CODETEC (2001), recomendam para o Estado Paraná, elevar a saturação por bases para 70% em solos argilosos (≥ 360 g.kg⁻¹ de argila), ou elevar a 50% em solos arenosos (≤ 350 g.kg⁻¹ de argila).

A EMBRAPA recomenda elevar a soma de bases para no máximo 50% nos solos do Estado de Mato Grosso e Norte do Estado do Mato Grosso do Sul, elevando a 60% no restante do Estado do Mato Grosso do Sul.

PRÁTICAS CORRETIVAS - GESSAGEM

Em solos sob vegetação de cerrado, principalmente naqueles com maior capacidade de infiltração de água, como os Latossolos e as Areias Quartzozas (Neossolos Quartzarênicos), o gesso agrícola tem apresentado excelentes resultados como condicionador de solo de subsuperfície.

Recomenda-se a utilização de gesso agrícola quando as análises de solo (20 a 40 cm e 40 a 60 cm de profundidade), revelarem as seguintes situações:

$$\begin{aligned} &Ca \leq 4,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3} \text{ ou } 0,4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}, \text{ ou} \\ &Al \geq 5,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3} \text{ ou } 0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}, \text{ ou} \\ &m\% \geq 30\% \text{ (Ribeiro et al., 1999)} \end{aligned}$$

As doses de gesso recomendadas quando ocorre uma das três alternativas citadas pode ser calculada através da seguinte expressão: $NG \text{ (kg.ha}^{-1}\text{)} = 5 \times g.\text{kg}^{-1}$ de argila (Souza et al., 1996)

Souza et al. (1996) também sugerem a recomendação do gesso baseado na classificação textural do solo conforme dados apresentados na Tabela 18.

Tabela 18. Recomendação de gesso agrícola em função da classificação textural do solo para culturas anuais (Souza et al., 1996).

Textura do solo	Argila (%)	Gesso (kg.ha ⁻¹)
Arenosa	< 15	700
Média	16 a 35	1200
Argilosa	36 a 60	2200
Muito argilosa	> 60	3200

A aplicação do gesso é feita após a calagem, em área total, utilizando-se de preferência equipamentos com dosador volumétrico tipo esteira, com distribuidor centrífugo de dois discos.

PRÁTICAS CORRETIVAS - FOSFATAGEM

A fosfatagem é utilizada principalmente em solos sob vegetação de cerrado quando da implantação do plantio direto. Esta técnica é baseada nos teores de P do solo, adotando-se essa prática quando os teores desse nutriente no solo estiverem classificados nas classes de muito baixo e baixo, conforme dados apresentados nas Tabelas 5, 9, 11 e 15.

Essa prática, principalmente por razões técnicas e econômicas, é recomendada em solos com teores de argila $\leq 25\%$, utilizando-se 5 kg de P_2O_5 para cada 1% de argila, dando preferência à utilização de superfosfato simples ou fosfatos reativos, sendo aplicado em pré-plantio com incorporação superficial.

Os benefícios da utilização da utilização da mesma nas condições acima citadas são: maior volume de P em contato com o solo (maior fixação); maior volume de solo explorado pelas raízes; maior absorção de água e de nutrientes, além de maior convivência com pragas de solo, pelo aumento do sistema radicular.

ADUBAÇÃO DE MANUTENÇÃO - NITROGÊNIO

Os altos índices de produtividades encontrados nos países desenvolvidos, estão relacionados ao emprego de altas doses de N nas culturas. É comum encontrar-se dados médios de doses de N da ordem de 200-300 kg.ha⁻¹ nas regiões tradicionais de produção de milho nos Estados Unidos e Europa (Tamas, 1976 e Rhoads et al., 1984). Para o Estado de São Paulo, levantamentos tem mostrado que o N é aplicado na ordem de 60 kg.ha⁻¹, sendo parte no plantio e o restante em cobertura. Em agricultura irrigada, onde prevalece o uso de alta tecnologia, para obtenção de altas produtividades esta recomendação é insuficiente, sendo necessário, doses de nitrogênio variando de 100 a 200 kg.ha⁻¹.

A definição do rendimento potencial do milho que ocorre entre a emissão da 4ª e 6ª folha, exige a disponibilidade de, pelo menos, 25 kg.ha⁻¹ de nitrogênio. Assim, conclui-se que, para a concretização de seu efeito, a quantidade de N requerida deverá ser fornecida por ocasião da semeadura (ou em pré-semeadura) e, por essa razão, a recomendação atual refere-se ao fornecimento de 30 a 45 kg.ha⁻¹ desse elemento no adubo de semeadura (ou em pré-semeadura).

Contudo, convém salientar que a utilização de doses elevadas de nitrogênio (maior que 60 kg.ha⁻¹), no sulco de semeadura, poderá favorecer a salinização e/ou a alcalinização da rizosfera, reduzindo a taxa de absorção, principalmente, de micronutrientes. Esse fato tem sido constatado em algumas situações onde a quantidade total de N foi ofertada na semeadura, objetivando a eliminação da prática de adubação de cobertura (Fancelli, 2001).

Quase todo nitrogênio do solo se faz presente na forma orgânica, por isso é importante considerar também o nitrogênio mineralizado durante o ciclo da cultura. As principais formas de nitrogênio disponíveis para as plantas são amônio (NH₄⁺) e nitrato (NO₃⁻), as quais representam menos de 2% do nitrogênio total do solo. Entretanto, deve-se dar preferência à utilização de N amoniacal (NH₄⁺), uma vez que, nesta forma, o nitrogênio não irá promover a elevação do pH da rizosfera, demandando menos energia por parte da planta para metabolizar o nitrogênio, além de manter o equilíbrio eletrolítico da rizosfera.

Para se estimar a adubação nitrogenada a ser aplicada em cobertura deve-se levar em consideração os seguintes parâmetros:

Produtividade Esperada: a concentração de N na planta considerada como adequada para produção máxima esta na faixa de 1% (Grove et al., 1980 e Coelho et al., 1992). Assim para produtividade de 16 t de massa seca/ha, equivalente a 9 t de grãos/ha, a planta retira do solo em torno de 160 kg de N/ha. Em linhas gerais, conforme citado em Vitti & Nussio (1991), 1kg de N equivale à produção de 40 a 50 kg de grãos ou 100 kg de matéria seca/ha, assim, pode-se sugerir a aplicação de 120 a 150 kg de N/ha.

Quantidade de Nitrogênio que o solo é capaz de fornecer para a cultura: Em termos médio os solos tropicais fornecem cerca de 60 a 80 kg de N/ha (Grove, 1980 e Coelho et al., 1992), quantidade suficiente para produzir 6 a 8 t de massa seca/ha (3 a 4 t de grãos/ha)

Eficiência de aproveitamento dos fertilizantes nitrogenados pelas plantas: Estudos realizados por Coelho et al., 1992, indicam que, em média, 50 a 60% do N aplicado como uréia foram aproveitados pelas plantas.

Em função dos itens citados anteriormente, é possível estimar o balanço do N no sistema, e assim, estimar as quantidades de N (semeadura + cobertura) para altas produtividades.

Segundo Fancelli & Dourado Neto, 1996, é recomendável fazer a quantificação da adubação nitrogenada em função do rendimento almejado, da variedade ou híbrido utilizado, do solo, do clima, da época de semeadura, da cultura antecessora, da adubação anteriormente utilizada e do sistema de produção adotado (sequeiro ou irrigado; plantio direto ou convencional).

A equação geral referente à adubação nitrogenada total é dada pela seguinte expressão (Fancelli & Dourado Neto, 1996):

$$Q_{FN} = \frac{R[P_G N_p IC + (1 - IC) N_{OP}](1 - N_s)}{IC \times Ef \times T_{NF}}$$

em que: Q_{FN} = quantidade de fertilizante nitrogenado (kg do fertilizante/ha); R = Rendimento almejado da parte exportável (kg/ha); P_G = Teor de proteína no grão (kg de proteína/kg de grão); N_p = Teor médio de nitrogênio na proteína (kg de N/kg de proteína); IC = índice de colheita (kg de grãos/kg de massa total); N_{OP} = Teor de nitrogênio nas outras partes da planta com exceção do grão (kg de

N/kg de outras partes); N_s = Quantidade relativa de nitrogênio fornecida pelo solo (kg de N fornecido pelo solo/kg de N total extraído); E_f = Eficiência da adubação nitrogenada (kg de N extraído proveniente do fertilizante/kg total aplicado); T_{NF} = Teor de nitrogênio no fertilizante (kg de N/kg de fertilizante)

Para as condições do Estado de São Paulo Rajj & Cantarella (1996), recomendam a adubação nitrogenada de plantio na faixa de 10 a 30 kg.ha⁻¹ de N, bem como a adubação mineral de cobertura na faixa de 10 a 140 kg.ha⁻¹ de N, de acordo com a produtividade esperada e a classe de resposta do nitrogênio, conforme dados apresentados na Tabela 19.

Tabela 19. Adubação nitrogenada de plantio e cobertura para o milho grão e silagem.

Produtividade esperada (t.ha ⁻¹)	N plantio	N cobertura (kg.ha ⁻¹)		
		1- Alta	2-Média	3- Baixa
2-4	10	40	20	10
4-6	20	60	40	20
6-8	20	100	70	40
8-10	30	120	90	50
10-12	30	140	110	70

Alta resposta esperada: solos corrigidos, com muitos anos de plantio contínuo de milho ou outras culturas não-leguminosas; primeiros anos de plantio direto; solos arenosos sujeitos a altas perdas por lixiviação.

Média resposta esperada: solos muito ácidos, que serão corrigidos; ou com plantio anterior esporádico de leguminosas; solo em pousio por um ano; ou uso de quantidades moderadas de adubos orgânicos.

Baixa resposta esperada: solo em pousio por dois ou mais anos, ou cultivo de milho após pastagem (exceto em solos arenosos); cultivo intenso de leguminosas ou plantio de adubos verdes antes do milho; uso constante de quantidades elevadas de adubos orgânicos.

Outro método utilizado para a recomendação da adubação nitrogenada (total) é aquele proposto pela Universidade de Illinois/USA, adaptado por Fancelli (2001), no qual a dose total de N a ser aplicada é calculada pela seguinte expressão matemática:

$$N_t = [(R_m + 5\%) 18,5 - (C_{n1} + C_{n2} + C_{n3})]$$

em que: N_t = quantidade total de Nitrogênio (semeadura + cobertura) ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$); R_m = rendimento médio do milho obtido nos últimos 3 anos ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$); $C_{n1,2,3,\dots,n}$ = Crédito de nitrogênio do sistema

Por exemplo: cada tonelada de soja produzida imediatamente antes da cultura do milho, fornece ao sistema $17 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de N; cada unidade percentual de matéria orgânica do solo, a partir de 2%, contribuirá com $15 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de N; adubação verde com leguminosas produzindo 20 a $40 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ de fitomassa agregará cerca de 30 a $40 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de Nitrogênio ao sistema.

Quanto ao parcelamento da adubação de cobertura, Raij & Cantarella (1996), recomendam a aplicação com 6 a 8 folhas totalmente desdobradas (25-30 dias após a germinação), em quantidades de até $80 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de N, e o restante cerca de 15-20 dias após, bem como, citam que em áreas irrigadas, o N pode ser parcelado em 3 ou mais vezes até o florescimento, e aplicado com a água de irrigação.

Segundo Fancelli (1997), para determinar o número de adubações de coberturas a serem realizadas na cultura do milho deve-se levar em consideração a textura do solo, o clima e a técnica utilizada na produção. Assim sendo:

Tabela 20: Número de adubações de coberturas a serem realizadas na cultura do milho.

1 aplicação	entre 4 a 6 folhas	Solos argilosos (>35% argila) e Regiões não muito chuvosa
2 aplicações	3 a 4 folhas e 6 a 7 folhas	Solos arenosos e Condições de alta percolação de N
3 aplicações	4 folhas 7 a 8 folhas 10 a 12 folhas	Sistema de produção sob agricultura irrigada (pivô central)

Trabalhos recentes têm evidenciado respostas significativa ao nitrogênio (N), por parte do milho, no período compreendido entre a 4ª e a 12ª folha. Aplicações tardias de nitrogênio à cultura (próximo ao pendoamento e florescimento) pode contribuir para a maior

incidência de doenças à cultura, principalmente esferulina, complexo das ferrugens, helmintosporioses e cercosporiose (Fancelli, 2001).

Por outro lado, no sistema de plantio direto SÁ, 1996 sugere a aplicação de 90 kg.ha^{-1} de nitrogênio, antes do manejo químico da cobertura de inverno e no plantio (30 kg.ha^{-1} de N). Uma comparação entre o método acima citado e a aplicação tradicional de 30 kg.ha^{-1} de N no plantio e 90 kg.ha^{-1} na cobertura, as produções médias foram respectivamente de 7429 e 7959 kg.ha^{-1} , bem como gerou uma economia na mão de obra, pois a aplicação antecipada do insumo substituiu aquela que seria feita quando a planta apresentasse aproximadamente seis folhas. Contudo Pace (2001), concluiu que a resposta a adubação nitrogenada de pré-plantio depende da espécie cultivada no inverno. Assim, o mesmo autor, não encontrou resposta a adubação nitrogenada de cobertura do milho no tratamento que continha tremoço como cultura de inverno (Figura 2). Porém, nos tratamentos com aveia preta e milheto a cultura do milho respondeu a adubação nitrogenada de cobertura, mesmo nos tratamentos que receberam nitrogênio em pré-plantio.

Quando da utilização da uréia como fonte de N, principalmente no sistema de plantio direto, deve-se promover a incorporação superficial ao solo, ou aplicar juntamente com a água de irrigação, minimizando assim, as perdas de amônia por volatilização. No entanto, hoje existe a possibilidade da mistura de uréia com outras fontes de N, minimizando as perdas por volatilização, como o sulfonitrato de amônio (mistura de nitrato de amônio (76%) + sulfato de amônio (21%) + 3% de condicionador) e a mistura de 500 kg de uréia com 500 kg de sulfato de amônio, originando a forlumação 32-00-00-12 S.

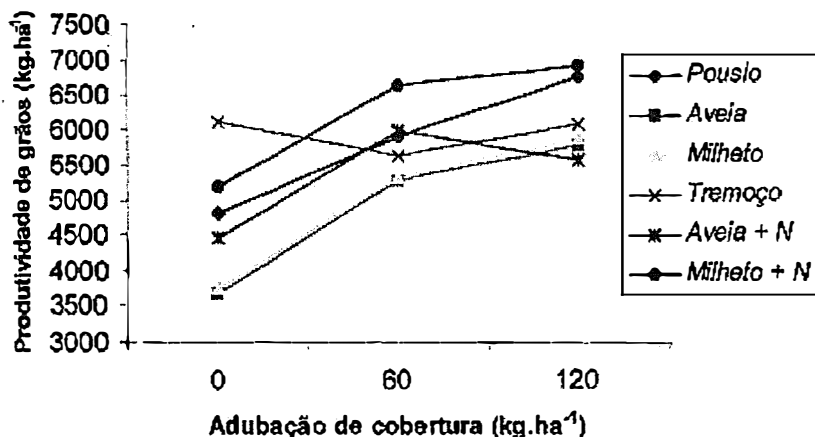


Figura 2. Produtividade do milho (13% de umidade) para os tratamentos em função da adubação nitrogenada de cobertura (Pace, 2001).

Assim, observa-se que para a definição da adubação nitrogenada é fundamental avaliar o sistema produtivo como um todo.

ADUBAÇÃO DE MANUTENÇÃO - FÓSFORO

A exemplo do nitrogênio, as respostas à aplicação de fósforo em milho têm sido altas e freqüentes devido ao baixo teor de fósforo “disponível” na maioria dos solos brasileiros.

Embora as exigências do milho em fósforo sejam em quantidades bem menores do que as de nitrogênio e potássio (Tabela 2), as doses normalmente recomendadas são altas, em função da baixa eficiência (20 a 30%) de aproveitamento desse nutriente pela cultura. Isto decorre da alta capacidade de fixação do fósforo adicionado ao solo através de mecanismos de adsorção e precipitação, reduzindo sua disponibilidade às plantas. Outro fator que deve ser levado em conta é a demanda de fósforo pela cultura. Plantas de intenso desenvolvimento, de ciclo curto, como o milho, requerem maior nível de fósforo em solução e reposição mais rápida do P adsorvido, que as plantas de culturas perenes Coelho & França, 1995.

A análise do solo é fundamental para discriminar respostas do milho à adubação fosfatada, bem como o potencial de produção da cultura na região e o nível de tecnologia utilizada pelos agricultores.

Com base na proposta de alta produtividade deve-se procurar instituir como níveis mínimos iniciais no solo, teores de P em torno de 15 mg.dm⁻¹ (extraído pela resina), tendo como objetivo geral, dentro da concepção de alta produtividade, atingir teores de 30 a 40 mg.dm⁻¹ de P (resina), conforme citado por Vitti & Nussio, 1991.

Coelho & França, 1995 citam as quantidades de P recomendadas na adubação do milho em função do teor do nutriente no solo e da classe textural, conforme apresentado na Tabela 20.

Tabela 21. Interpretação das classes de teores de fósforo no solo e doses de P₂O₅ recomendadas para o milho.

Classe textural do solo	Extrator de fósforo	Classes de teor (ppm) de fósforo no solo		
		Baixo	Médio	Alto
Argilosa (36 a 60%)	Mehlich 1	< 5	6 a 10	> 10
Média (15 a 35%)	Mehlich 1	< 10	11 a 20	> 20
Arenosa (<15%)	Mehlich 1	< 20	21 a 30	> 30
	Resina	< 15	16 a 40	> 40
Doses de P ₂ O ₅ recomendadas (kg.ha ⁻¹)		80 a 100	50 a 70	30 a 60

Esses autores também recomendam, quando o solo apresentar teores de P no nível crítico, proceder a adubação de manutenção, ou seja, a reposição anual da quantidade removida no produto colhido, considerando que para cada tonelada de grãos produzida são exportados 10 kg.ha⁻¹ de P₂O₅, aplicando-se o mesmo valor para a produção de forragem.

Raij & Cantarella (1996) recomendam para o Estado de São Paulo doses de P₂O₅ levando-se em consideração os teores de P revelados pela análise de solo, bem como a produtividade esperada, conforme dados apresentados na Tabela 21.

Para o Estado de Minas Gerais, Ribeiro et al.(1999), recomendam doses maiores de P no plantio, em relação ao Estado de São Paulo, como observado na Tabela 22. Os critérios das classes de P no solo estão na Tabela 16.

Tabela.22. Adubação fosfatada de plantio de milho para grãos e silagem.

Produtividade Esperada t.ha ⁻¹	P – resina (mg.dm ⁻¹)			
	0-6	7-15	16-40	> 40
	P ₂ O ₅ kg.ha ⁻¹			
2-4	60	40	30	20
4-6	80	60	40	30
6-8	90	70	50	30
8-10	(*)	90	60	40
10-12	(*)	100	70	50

(*) Improvável a obtenção de altas produtividades de milho em solos com teores muito baixos de P, independentemente da dose de fertilizante empregada.

Tabela 23. Adubação fosfatada de plantio de milho para grão e silagem.(adaptado de Ribeiro et al., 1999)

Produtividade grãos silagem t.ha ⁻¹	P – Mehlich 1		
	Baixo	Médio	Boa
	P ₂ O ₅ kg.ha ⁻¹		
4-6 (30-40)	80	60	30
6-8 (40-50)	100	80	50
>8 (>50)	120	100	70

ADUBAÇÃO DE MANUTENÇÃO - POTÁSSIO

O potássio é, depois do nitrogênio, o nutriente mais absorvido pela cultura do milho, sendo que 20% são exportados nos grãos. Além dos efeitos do K na produção de grãos e na produção e na qualidade da silagem, vários trabalhos tem mostrado efeito desse nutriente na resistência ao acamamento da planta, pela maior rigidez da base do colmo. Deve-se prestar atenção especial a sucessão de culturas exigentes em K, como é o caso da aveia forrageira sucedida por milho ou sorgo.

O potássio é um nutriente decisivo na produção de silagem, pois quando deficientes em potássio as plantas apresentam-se geralmente folhas amareladas e secamento prematuro das folhas basais, e portanto em estágio de maturação fisiológica aquém do desejado, resultando em silagem úmida e de baixa qualidade. O aspecto externo

do secamento das folhas, tem levado o produtor a antecipar o momento da colheita pela falsa impressão visual causada. Plantas bem nutridas permanecem com praticamente todos seus pares de folhas verdes, mesmo as basais, até o momento correto da ensilagem (Vitti & Nussio, 1991). Outro aspecto importante é a interação positiva entre o N e o K_2O , no que diz respeito não só a produção de grãos, mas também a outros parâmetros como qualidade do produto colhido, eficiência na utilização dos nutrientes, resistência a doenças, ao acamamento, e bom desenvolvimento do colmo, órgão de reserva, de onde serão drenados os nutrientes quando do enchimento de grãos. Coelho & França (1995) apresentam na Tabela 22 as quantidades de K_2O recomendadas na adubação do milho para a produção de grãos e forragem, em função do teor do nutriente no solo.

Tabela 24. Recomendação de adubação potássica para a cultura do milho, com base na análise do solo. (Coelho & França, 1995).

Classe de teor no solo	K no solo $cmol_c.dm^{-3}$	Doses de K_2O recomendadas ($kg.ha^{-1}$)	
		milho-grão	milho-silagem
Muito baixa	< 0,07	90 – 120	150 – 180
Baixa	0,08 – 0,15	60 – 90	120 – 150
Média	0,16 – 0,30	30 – 60	60 – 120
Alta ⁽¹⁾	> 0,30	30	60

⁽¹⁾Quando o milho for destinado à produção de grãos, a adubação potássica pode ser dispensada, a critério técnico.

Porém, quanto à adubação potássica, recomenda-se muito critério na definição da quantidade a ser aplicada na semeadura, pois a fonte desse nutriente (cloreto de potássio, principalmente), pode afetar significativamente a arquitetura da raiz e a germinação das sementes, por efeito salino.

Assim, objetivando evitar os problemas acima mencionados, Fancelli (2001) recomenda fornecer, na semeadura, quantidades inferiores a $50 kg.ha^{-1}$, de K_2O , bem como, que o adubo citado seja distanciado das sementes, no mínimo, 8 cm (preferencialmente abaixo). Se a quantidade total exigida exceder $50 kg.ha^{-1}$, o restante deverá ser aplicado em pré-semeadura ou em cobertura, conforme sugestões apresentadas na Tabela 24.

Tabela 25. Recomendação de adubação potássica em pré-semeadura, semeadura e cobertura. (Fancelli, 1998).

Condição	Época de aplicação
Solos corrigidos, com capacidade de troca catiônica de, pelo menos, 4,5 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ (ou 45 $\text{mmol}_c.\text{dm}^{-3}$) e com participação máxima do potássio na CTC de 1,8 a 2,0 %	pré –semeadura (1 a 6 semanas antes da semeadura)
Aplicar, no máximo, 50 $\text{kg}.\text{ha}^{-1}$ de K_2O	semeadura
à lanço, antes das plantas emergirem, ou na superfície, em faixas até a sexta folha, ou incorporado, até a oitava folha.	cobertura ⁽¹⁾

⁽¹⁾A quantidade total a ser aplicada em cobertura dependerá do teor de potássio no solo, profundidade efetiva do sistema radicular, rendimento almejado e do teor de potássio na parte exportável da planta.

Ainda, devido à acentuada demanda por nutrientes e água, no início do ciclo da cultura, o sistema radicular do milho não pode ser afetado, notadamente em sua fase de crescimento exponencial, ou seja, entre a 6ª e a 10ª folhas. Desta forma, quanto mais tempo a raiz levar para atingir seu tamanho ideal, maior será o comportamento do desempenho da planta. A salinização do sulco de semeadura afeta sobremaneira a taxa de crescimento e a distribuição das raízes.

Desta forma, Raij & Cantarella (1996) recomendam a seguinte adubação potássica para o plantio de milho para grãos e silagem, levando-se em consideração a produtividade esperada e o teor de K da análise do solo, conforme dados da Tabela 25.

Quanto ao parcelamento e época de aplicação da adubação potássica, Coelho & França (1995) citam que a aplicação parcelada do K_2O pode ser feita nas seguintes situações: a) solos altamente deficientes nesse nutriente, em que são necessárias altas doses de fertilizantes e b) quando o milho for cultivado para produção de forragem, em que normalmente são necessárias doses mais altas de K devido a maior exportação desse nutriente. Entretanto, Raij & Cantarella (1996), além dos teores de K no solo, levam em

consideração também a produtividade esperada, conforme apresentado na Tabela 26.

Tabela 26. Adubação potássica de plantio de milho para grãos e silagem (Raij & Cantarella, 1996).

Produtividade esperada (t.ha ⁻¹) grãos silagem	K ⁺ trocável (mmol _c dm ⁻³)			
	0 – 0,7	0,8 – 1,5	1,6 – 3,0	> 3,0
	K ₂ O (kg.ha ⁻¹)			
2 – 4	50	40	30	0
4 – 6 (4 – 8)	50 (60)	50 (60)	40 (40)	20 (20)
6 – 8 (8 – 12)	50 (60)	50 (60)	50 (60)	30 (40)
8 – 10 (12 – 16)	50 (60)	50 (60)	50 (60)	40 (60)
10 – 12 (16 – 20)	50 (60)	50 (60)	50 (60)	50 (60)

Tabela 27. Doses recomendadas de K₂O em cobertura para a cultura do milho (grão e silagem) em função da produtividade esperada e dos teores de K no solo.

Produtividade esperada (t.ha ⁻¹) grãos silagem	K ⁺ trocável (mmol _c dm ⁻³)			
	0 – 0,7	0,8 – 1,5	1,6 – 3,0	> 3,0
	K ₂ O (kg.ha ⁻¹)			
2 – 4	0	0	0	
4 – 6 (4 – 8)	20 (20)	0 (0)	0 (0)	(0)
6 – 8 (8 – 12)	60 (60)	20 (20)	0 (0)	(0)
8 – 10 (12 – 16)	90 ⁽¹⁾ (100) ⁽¹⁾	60 (60)	20 (40)	(0)
10 – 12 (16 – 20)	110 ⁽¹⁾ (160) ⁽¹⁾	80 ⁽¹⁾ (100) ⁽¹⁾	40 (60)	(20)

⁽¹⁾Em solos argilosos o K aplicado em cobertura pode não ser eficiente.

Assim, principalmente nesses solos, quando os teores de K forem muito baixo ou baixo (< 1,5 mmol_cdm⁻³) e as doses recomendadas em cobertura, igual ou superior a 80 kg.ha⁻¹ de K₂O para milho grão e 100 kg.ha⁻¹ de K₂O para milho silagem, é aconselhável transferir a adubação potássica de cobertura para a fase de pré-plantio, aplicando o fertilizante a lanço e incorporando-o ao solo. Nesse caso, acrescentar mais 20 kg.ha⁻¹ de K₂O à dose recomendada.

Essa prática da aplicação de potássio à lanço, numa operação denominada de potassagem, foi sugerida por Vitti & Nussio (1991) visando elevar a porcentagem de K na CTC, para um valor de cerca de 4%. Assim, num solo com CTC = 7,0 a necessidade de KCl foi de 300 kg.ha⁻¹ para elevar o K%T de 1,0 para 4,0.

Quando da utilização do K₂O em cobertura, deve-se fornecer juntamente com a primeira cobertura de N, no máximo até o estágio V4, para que não haja prejuízos na produção.

RECOMENDAÇÃO N-P₂O₅-K₂O PARA O ESTADO DE MINAS GERAIS

As recomendações de N, P₂O₅ e K₂O, tanto para a adubação de plantio como para a adubação de cobertura, no Estado de Minas Gerais, estão presentes na Tabela 27.

Tabela 28a. Recomendação de adubação N-P₂O₅-K₂O para plantio e para a cobertura do milho grão e silagem (Ribeiro et al., 1999).

Produtividade	<i>Dose de N Plantio</i>
t.ha ⁻¹	Kg.ha ⁻¹
<i>Grãos</i>	
4-6	10-20
6-8	10-20
>8	10-20
<i>Silagem</i>	
30-40	10-20
40-50	10-20
>50	10-20

Utilizar as faixas de interpretação da tabela 15

Tabela 28b. Recomendação de adubação N-P₂O₅-K₂O para plantio e para a cobertura do milho grão e silagem (Ribeiro et al., 1999).

para a cobertura e mínimo grão e silagem (Ribeiro et al., 1977).			
Produtividade	Disponibilidade de P ^I		
	Baixa	Média	Boa
	Dose de P ₂ O ₅		
t.ha ⁻¹	kg.ha ⁻¹		
Grãos			
4-6	80	60	30
6-8	100	80	50
>8	120	100	70
Silagem			
30-40	80	60	30
40-50	100	80	50
>50	120	100	70

Utilizar as faixas de interpretação da tabela 15

Tabela 28c. Recomendação de adubação N-P₂O₅-K₂O para plantio e para a cobertura do milho grão e silagem (Ribeiro et al., 1999).

Produtividade	Disponibilidade de K ^I		
	Baixa	Média	Boa
	Dose de K ₂ O		
t.ha ⁻¹	kg.ha ⁻¹		
Grãos			
4-6	50	40	20
6-8	70	60	40
>8	90	80	60
Silagem			
30-40	100	80	40
40-50	140	120	80
>50	180	160	120

Utilizar as faixas de interpretação da tabela 15

Tabela 28d. Recomendação de adubação N-P₂O₅-K₂O para plantio e para a cobertura do milho grão e silagem (Ribeiro et al., 1999).

Produtividade	<i>Dose de N Cobertura</i>
t.ha ⁻¹	kg.ha ⁻¹
<i>Grãos</i>	
4-6	60
6-8	100
>8	140
<i>Silagem</i>	
30-40	80
40-50	130
>50	180

Utilizar as faixas de interpretação da tabela 15

ADUBAÇÃO DE MANUTENÇÃO - ENXOFRE

A deficiência de enxofre, além de afetar a produtividade do milho, também irá afetar negativamente a qualidade da silagem, pois irá promover a redução no conteúdo de aminoácidos essenciais (metionina e cistina), redução na taxa de síntese de proteínas e aumento na quantidade de nitratos e de componentes orgânicos e inorgânicos solúveis de N (Spencer, 1959).

A extração de enxofre pela planta de milho é pequena e varia de 15 a 30 kg.ha⁻¹, para produções de grãos em torno de 5.000 a 7.000 kg.ha⁻¹, sendo recomendado 20 kg.ha⁻¹ de S para baixas produtividades e até 40 kg.ha⁻¹ de S para altas produtividades.

Em anos passados, o cultivo do milho em solos ricos em matéria orgânica, o uso de fórmulas de fertilizantes menos concentradas, contendo enxofre, e os baixos níveis de produtividade contribuíram para minimizar problemas de deficiência desse nutriente. Atualmente, com o uso mais intensivo dos solos e de fórmulas de adubos mais concentradas, sem enxofre, as respostas a esse elemento tendem a aumentar (Coelho & França, 1995).

Quando do uso do gesso na prática da gessagem, como condicionador de sub-superfície, as doses de S são suficientes por,

pelo menos, três safras agrícolas. Por outro lado, quando não há necessidade de utilizar o gesso agrícola, deve-se optar por fontes de N e P que contenham S, como o sulfato de amônio (24% de S), ou superfosfato simples (12% de S), ou multifosfato magnésiano (4,2 a 8% de S), ou, ainda, os termofosfato magnésiano que contenham S (5 a 6% de S). Por fim, caso não seja possível utilizar nenhuma das opções acima descritas, pode-se optar pela aplicação à lanço de dose de gesso que permita fornecimento adequado de S, bem como viabilidade técnica na aplicação, como 500 kg.ha⁻¹ de gesso, correspondendo ao fornecimento de 75 kg de S por hectare.

ADUBAÇÃO COM MICRONUTRIENTES

ASPECTOS GERAIS

A ocorrência de deficiência de micronutrientes na cultura do milho limitando a produtividade e influenciando na qualidade e nos aspectos fitossanitários tem aumentado de modo preocupante.

Os fatores associados à deficiência e disponibilidade dos micronutrientes podem ser (Vitti & Trevisan, 2000): a) material de origem do solo; b) reação do solo (pH); c) textura do solo; d) aeração do solo (ferro x manganês); e) práticas culturais (calagem, adubação fosfatada, plantio direto e implementos); f) características genéticas da planta e g) desbalanceamento entre cátions metálicos (Fe, Cu, Mn e Zn).

Quanto ao material de origem do solo e à textura, fatores não controlados pelo homem, tem-se que solos originários de arenito e solos de textura grosseira apresentam maiores probabilidades de resposta a aplicação de micronutrientes, em relação, por exemplo, a solos originários de basalto e solos de textura mais fina. A influência da reação do solo na disponibilidade de micronutrientes está apresentada na figura 3.

Além da calagem, outras práticas culturais tendem a afetar a disponibilidade dos micronutrientes, como: a) adubação fosfatada (H₂PO₄⁻ vs. Zn⁺² ou Cu⁺² ou Mn⁺²), isto é, formação de precipitados pouco solúveis do H₂PO₄⁻ com cátions metálicos; b) plantio direto, pela formação de quelados estáveis dos micronutrientes metálicos com a matéria orgânica, seguindo a seguinte ordem decrescente de estabilidade: Cu⁺² > Fe⁺² > Co⁺² > Zn⁺² > Mn⁺²; c) desbalanceamento

entre cátions metálicos, causando a chamada inibição competitiva, na qual a presença de um íon A diminui a absorção do íon B por competirem pelo mesmo carregador, sendo comumente o Zn o mais afetado pela presença de outros micronutrientes como o Mn e o Cu.

APLICAÇÃO

Os micronutrientes podem ser fornecidos ao milho através de três vias principais: a) aplicação via solo: correção lenta, gradual e preventiva; b) mistura de grânulos: mais econômica, porém apresenta problemas de segregação; c) mistura granulada: mais cara, porém mais eficiente; d) micro na base, agregado principalmente ao superfosfato simples; e) fontes de P_2O_5 contendo micro, como termofosfato e multifosfatos; f) aplicação via folha: correção rápida, menos duradoura e corretiva; g) aplicação via semente.

ZINCO

É no Brasil o micronutriente que mais limita a produção do milho. As principais causas da deficiência de Zn são: baixos teores no material de origem do solo, excesso de calagem e de adubação fosfatada, entre outros.

Porém, Souza et al. (1998) e Santos (2000), citados por Da Silva (2000) em estudos recentes não verificaram efeitos antagônicos do fósforo em relação ao zinco, quando variaram as doses de P entre 0 e 320 kg.ha^{-1} de P_2O_5 e as doses de zinco de 0 a 6 kg.ha^{-1} de Zn.

Com relação a métodos de extração e interpretação da análise do solo, Coelho & França (1995) citam que respostas à adubação com zinco são freqüentes obtidas quando o teor desse micronutriente no solo for inferior a 1,0 ppm pelo método Mehlich 1, recomendando doses de 2,0 a $4,0 \text{ kg.ha}^{-1}$ de Zn. Raij & Cantarella (1996) recomendam aplicar $4,0 \text{ kg.ha}^{-1}$ de Zn em solos com teores de Zn (DTPA) inferior a $0,6 \text{ mg.dm}^{-3}$ e $2,0 \text{ kg.ha}^{-1}$ de Zn quando os teores estiverem entre 0,6 e $1,2 \text{ mg.dm}^{-3}$.

Além da aplicação de uma fonte de Zn no sulco de plantio (óxidos silicatos ou sais), pode ser também interessante a aplicação de Zn via semente, principalmente devido à utilização de adubos na forma de mistura de grânulos, que pode resultar na segregação desse micronutriente, embora hoje seja possível a incorporação do zinco no mesmo grânulo do adubo fosfatado. Atualmente está disponível no

mercado produtos para tratamento de sementes contendo micronutrientes em sua composição, conforme apresentado na Tabela 28.

Tabela 29. Aplicação de Zn via semente através de produtos fitossanitários.

Produto	Garantia g.L ⁻¹	Dose ml/20kg sem.	Quantidade g.ha ⁻¹
Futur 300	250ZnO/ 2B/ 10Mo	400	78Zn/ 4Mo/ 0,8Mo
Furazin 310 TS	210 Zn	450	95 Zn
Furazin 310 TS + Vitavax Thiran 200 SC	210 Zn	500	105

Tabela 30. Fontes, doses e métodos de aplicação de zinco na cultura do milho em Latossolo Vermelho Escuro em Planaltina – DF (adaptada de Galvão, 1994).

Fonte de Zinco	Doses de Zinco kg.ha ⁻¹	Método de Aplicação	Zinco no solo ppm	Produção de grãos kg.ha ⁻¹
Sulfato de zinco	0,4	a lanço	0,9	5.478
Sulfato de zinco	0,4	no sulco	0,4	4.913
Sulfato de zinco	1,2	a lanço	1,2	7.365
Sulfato de zinco	1,2	no sulco	1,0	5.598
Sulfato de zinco	3,6	a lanço	1,6	7.408
Óxido de zinco	0,8	nas sementes	0,4	6.156
Sulfato de zinco	1%	via foliar – 2x	0,4	7.187
Sulfato de zinco	1%	via foliar – 3x	0,4	7.187
Testemunha	-	-	0,3	3.880

Quanto a resultados referentes a métodos de aplicação desse nutriente na cultura do milho Galvão (1994) verificou maior eficiência da aplicação das maiores doses de zinco à lanço incorporado ao solo e da pulverização foliar, entretanto, a aplicação via semente, também mostrou-se eficiente na produção de grãos,

conforme dados apresentados na Tabela 29. É importante ressaltar que no caso do tratamento via foliar o autor não cita o volume de solução por unidade de área.

Segundo Fancelli, 2001 o zinco pode ser aplicado via foliar, juntamente com o inseticida para controle da lagarta do cartucho (entre a 4ª e 6ª folhas) e, nesse caso, a dose recomendada pode variar entre 100 a 400 g.ha⁻¹.

O excesso de zinco, na planta, poderá afetar o aproveitamento de outros nutrientes metálicos, principalmente o cobre (Cu), o que poderá predispor a planta á incidência de doenças (Fancelli, 2001).

MANGANÊS

A situação normal é a ocorrência de excesso de manganês em nossos solos, principalmente em condições de acidez excessiva. Entretanto, com a tendência atual do aumento do uso do calcário e sua incorporação muito superficial, principalmente em sistemas de plantio direto, tem ocorrido em algumas lavouras problemas de deficiência de Mn (Coelho & França, 1995). Assim, recomenda-se observar atentamente o desenvolvimento da cultura e havendo ocorrência de sintomas visuais de sua deficiência, proceder a aplicação foliar, na forma de sais ou de um produto quelatizado, uma vez que é baixa a recuperação do manganês aplicado ao solo, com conseqüente impacto sobre o custo de produção. A boa eficiência da aplicação foliar induz a utilização desse método como alternativa de fornecimento do nutriente para atender as necessidades das diferentes espécies (Castro, 1997). Na Tabela 30 são apresentados resultados da correção da deficiência de Mn, pela aplicação foliar.

Analisando os dados da tabela observa-se que duas aplicações foliares de sulfato de manganês nas doses de 0,6 kg.ha⁻¹ de Mn, na época de 4 e 6 folhas promoveram aumentos na produção de grãos de cerca de 270% em relação à testemunha (sem manganês), bem como resultou em maior peso de espiga (Mascagni J.R. & Cox, 1984).

Tabela 31. Efeito de doses e número de aplicações foliares de manganês em diferentes estádios de desenvolvimento do milho, na produção de grãos. (adaptada de Mascagni J.R. & Cox, 1984).

Doses de manganês (kg.ha ⁻¹)	Época de aplicação		Produção de grãos (kg.ha ⁻¹)	Peso da espiga (g)
	4 folhas	8 folhas		
	(n.º de aplicações)			
0,0	-	-	2.210	89
0,6	1	-	5.100	143
1,1	1	-	5.330	144
0,6	-	1	6.030	168
1,1	-	1	6.690	182
0,6	1	1	8.230	218
1,1	1	1	8.400	211

Em propriedades do triângulo mineiro no ano agrícola 2000/01, Vitti, Luz, Teixeira & Barros (dados não publicados) observaram visualmente, de modo generalizado, deficiência de Mn nos seguintes híbridos de milho: Master, Exceller, C-929, Dina 767, P3021, AG 6018, AV2288 e P3027. Assim sendo, procedeu-se a adubação foliar com um produto quelatizado a base de cloreto, sendo aplicado em , 111, 37, 9, 9 e 0,9 g.ha⁻¹ de Mn, Zn, B, Cu e Mo, respectivamente, no estádio V4. Porém, os talhões com o híbrido Exceller, necessitaram de mais um aplicação foliar no estádio R1, tendo recebido ao todo 185 g.ha⁻¹ de Mn. Após a aplicação notou-se o desaparecimento dos sintomas de deficiência em todos os híbridos.

BORO

O boro (B), por apresentar baixa mobilidade na planta, deverá ser aplicado, preferencialmente, via solo, de forma corretiva (área total), em dose de 3 a 10 kg.ha⁻¹ de B (Fancelli, 2001), ou 0,7 a 1,0kg.ha⁻¹ de B localizado na linha de plantio. Trabalhos recentes, incluindo Favarin (informações pessoais), citado por Fancelli (2001), tem demonstrado que fontes de solubilidade média a baixa, ulexita por exemplo, tem proporcionado melhores resultados.

COBRE

Pelo fato do cobre ser o íon metálico com maior facilidade em formar complexos estáveis com a matéria orgânica ($\text{Cu}^{+2} > \text{Fe}^{+2} > \text{Co}^{+2} > \text{Zn}^{+2} > \text{Mn}^{+2}$), em áreas antigas de plantio direto, com elevado teor de matéria orgânica e/ou zinco no solo, deve-se dobrar o cuidado com a falta de cobre, suprimindo as necessidades, neste caso, com aplicação foliar. Loman F.^o et al (2001), observaram resposta positiva a aplicação de Cu via foliar sobre a produção de grãos em cultura de milho cultivada em solos de várzeas, na dose de 400g.ha^{-1} (200g aplicadas entre a 4 e 5 folhas + 100g aplicadas com 7 folhas + 100g aplicadas com 8 folhas), tendo um aumento de até 100% em relação a testemunha que não recebeu aplicação foliar.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cultura do milho apresenta potencial genético para altas produtividades em regiões tropicais, principalmente pelas condições climáticas (luz, temperatura e precipitação pluvial), sendo a fertilidade do solo o fator limitante. Para a construção e manutenção da fertilidade do solo, estabelecer as seguintes etapas no manejo químico: a) amostragem e análise química e física do solo, nas camadas superficiais e sub-superficiais; b) práticas corretivas como calagem, gessagem e fosfatagem; c) adubação de N em pré-plantio em plantio direto consolidado; d) adubação no sulco de plantio com doses de N na faixa de 30 a 45 kg.ha^{-1} , associadas a doses máximas de 50 kg.ha^{-1} de K_2O , abaixo (8 a 10 cm) e ao lado (5 cm) da semente, bem como a adubação de P_2O_5 , S e micronutrientes, principalmente o boro; e) adubação de N em cobertura no estágio V4 e até V6 na implantação e estabelecimento do plantio direto; f) adubação de K_2O em pré-plantio em solos argilosos ou em cobertura, no estágio V4, em solos arenosos; g) adubação foliar, principalmente com Mn no estágio V4 e se necessário repeti-la no estágio R1, podendo estar associado a doses menores de Zn e Cu, elementos de alta reatividade no solo; h) monitoramento com análise foliar, utilizando o método DRIS para a interpretação; i) analisar e avaliar o sistema de rotação e de culturas de espera, principalmente em termos de adubação nitrogenada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BÜLL, L.T. Nutrição mineral do milho. IN: Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade. BULL, L.T.; CANTARELLA, H. Piracicaba. POTAFOS, p.63-131p. 1993.
- CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van; CAMARGO, C.E., OLIVEIRA de. 13. Ceres. In: Boletim 100 (RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.) Instituto Agrônomo. Campinas. 1996. p.43-47.
- COAMO/CODETEC. Fertilidade do solo e nutrição de plantas. 2ª ed. 93p. 2001.
- COELHO, A.M.; FRANÇA, G.E. de; BAHIA FILHO, A.F.C.; GUEDES, G.A.A. Doses e métodos de aplicação de fertilizantes nitrogenados na cultura do milho sob irrigação. Revista Brasileira de Ciência do Solo. Campinas. v.16, n.2, p.61-7. 1992.
- COELHO, A.M.; FRANÇA, G.E. de. Seja o doutor do seu milho. Arquivo do Agrônomo. nº 2 Informações Agronômicas número 71. Setembro, 1995. p.1-24.
- EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Oeste (Dourados, MS). Milho: informações técnicas. Dourado, 1997. 222p. (EMBRAPA –CPAO. Circular Técnico, 5).
- FANCELLI, A.L. Plantas alimentícias: guia para aula, estudos e discussão. Centro Acadêmico “Luiz de Queiroz”. ESALQ/USP. 131p. 1986.
- FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. Fisiologia de produção e manejo de água e nutrientes na cultura de milho de alta produtividade. Piracicaba: POTAFOS, Departamento de Agricultura/ESALQ/USP, 1996. p.1-29.
- FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. (coord.) Tecnologia da produção de milho. Piracicaba, ESALQ/USP, Departamento de Agricultura, 1997. 174p.
- FANCELLI, A.L. Nutrição e adubação do milho. In: Curso de atualização em manejo racional do solo e nutrição de plantas. ALOISI, R.R. (coord.). Módulo III. 11ª aula. 18p.2001.
- FARIA, V.P. Técnicas de produção de silagem. Anais do Congresso Brasileiro de Pastagens. 1986. p.79-144. FEALQ/Piracicaba.
- FNP Consultoria & Comércio. AGRIANUAL 2001 – Anuário da Agricultura Brasileira. 545p. 2001.

- GALRÃO, E.Z. Métodos de correção da deficiência de zinco para o cultivo de milho num Latossolo Vermelho-Escuro sob cerrado. *Revista Brasileira Ciência do Solo*. v.18, n.2, p.225-260. 1994.
- GROVE, L.T.; RITCHEY, K.D.; NADERMAN, J.R.; VITTI, G.C. Nitrogen fertilization of maize on oxisol of the cerrado of Brazil. *Agronomy Journal*. Madison. v.27, n.2, p.261-265. 1980.
- LOMAN FILHO, E.J.; PAULETTI, V.; TESSARO, L.C.; COSTA, L.C. Resposta do milho (*Zea mays* L.) a adubação foliar com cobre em área de várzea nos campos gerais, PR. XXVIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. 2001.
- PACE, L. Adubação nitrogenada na cultura do milho em sucessão a espécies de cobertura de solo. Tese Mestrado. UNESP. Botucatu-SP. 2001.
- RAIJ, B van; CANTARELLA, H. Milho para grãos e silagens. In: Boletim Técnico. 100. RAIJ, B. van. CANTARELLA, H.; QUAGGIO J.A.; FURLANI A.M.C. (Ed.). Instituto Agronômico. Campinas. 1996. P.56-59.
- RHOADES, F.M.; STANLEY Jr., R.L. Yield and nutrient utilization efficiency of irrigated corn. *Agronomy Journal*. v.76, p.219-23. 1984.
- RIBEIRO et al. Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. CFSEMG. 359p. 1999.
- SILVA, E.J. da. Avaliação da distribuição e disponibilidade de zinco para três cultivares de milho. Tese Doutorado. UNESP/Jaboticabal. 74p.2000.
- SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E.; REIN, T.A. Uso do gesso agrícola nos solos dos cerrados. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1996. 20p. (EMBRAPA-CPAC. Circular técnica 32).
- SPENCER, K. Growth and chemical composition of white clover as affected by sulphur suply. *Australian J. of Agric.. Res.* Melbourne. 10:500-9. 1959.
- TAMAS, L. Effect of climatic and agronomic factors on the dry matter and crudeprotein yields na annual fodder crops. *Analele Institutului de Cercetari pentri cereali si plante thnice* (Romênia). 41:325-31. 1976.
- VITTI, G.C. O enxofre no solo. In: BÜLL, L.T.; ROSOLEM, C.A. (ed.) Interpretação de análise química de solo e planta para fins de

- adubação. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais. P.129-175. 1989.
- VITTI, G.C.; NUSSIO, L.G. Correção do solo e adubação da cultura do milho e sorgo de alta produtividade para ensilagem. In: Anais do 4º Simpósio sobre Nutrição de Bovinos. Piracicaba. FEALQ. 1991. p.1-58.
- VITTI, G.C.; FAVARIN J.L. Nutrição e manejo químico do solo para a cultura do milho. In: Tecnologia da produção de milho. FANCELLI (coord.). Piracicaba, 1997.
- VITTI, G.C.; TREVISAN, W. Manejo de macro e micronutriente para alta produtividade da soja. POTAFOS, Encarte Técnico. Junho. 2000.

MILHO: MANEJO INTEGRADO DE DOENÇAS

Erlei Melo Reis

Ricardo Trezzi Casa

Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária

Universidade de Passo Fundo

CEP: 99001-970 Passo Fundo, RS, CP 611

email: erleireis@uol.com.br

INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma cultura importante para a alimentação humana e animal. Grande parte do alimento processado encontrado no mercado contém de alguma forma componentes do milho.

O potencial de rendimento da cultura pode ser afetado pela fertilidade do solo, disponibilidade hídrica, população de plantas, épocas de semeadura, potencial produtivo do híbrido e ataque de agentes nocivos como plantas daninhas, pragas e doenças.

Em relação às doenças destacam-se no Brasil, tanto pela frequência de ocorrência e pelos danos causados, aquelas relacionadas à germinação de sementes, emergência e estabelecimento de plântulas, podridões radiculares e da base do colmo, podridões de espiga e doenças foliares causadas por fungos e organismo semelhante a micoplasma.

Até o final da década de 70 eram graves os problemas causados pela erosão hídrica dos solos na Região Sul do Brasil. Com a introdução, difusão e adoção do sistema plantio direto a erosão dos solos foi controlada, houve redução no gasto de energia, com conseqüente redução do custo de produção. Porém, o sistema plantio direto alterou marcadamente a comunidade biológica no agroecossistema e no microclima, com reflexos nas populações dos agentes causais das doenças do milho e na intensidade das doenças da cultura.

Nesse trabalho serão enfatizadas algumas doenças fúngicas relacionadas com as fases iniciais da cultura, com as podridões do colmo e da espiga e com manchas foliares que predominam em

importância no sul do Brasil. Informações relativas a cercosporiose ou mancha cinzenta da folha também serão abordadas em função de sua ressurgência em forma epidêmica no sudoeste goiano na safrinha de 2000.

No texto empregam-se os termos produção, dano e perda segundo os conceitos de Nutter et al. (1993): produção é o produto mensurável de valor econômico de uma plantação; dano é qualquer redução na quantidade e qualidade da produção; e perda é a redução em retorno financeiro por unidade de área devido à ação de organismos nocivos.

ESTABELECIMENTO DA LAVOURA DE MILHO

Na Região Sul do Brasil, principalmente nos planaltos, as lavouras de milho, conduzidas sob plantio direto, têm apresentado um decréscimo na população de plantas, devido principalmente à redução no número de plantas emersas e ao acréscimo no de plântulas crestadas e de plantas com estatura reduzida, em reboleiras, mesmo com sementes tratadas com fungicidas. A situação agrava-se, ainda mais, quando se antecipa a semeadura para os meses de julho a agosto, com o objetivo de evitar que as plantas floresçam no período de dezembro a janeiro sujeito a déficits hídricos. Nessas condições, após a semeadura, ocorrem precipitações pluviais em excesso, coincidindo com temperaturas do solo próximas a 10 °C (Reis & Casa, 1996). Aliado a essas condições, as sementes com injúria mecânica ficam sujeitas a colonização por fungos associados à semente e predispostas por maior tempo a infecção e a colonização por fungos habitantes do solo. Os fungos de solo com maior incidência predominantes na Região Sul pertencem aos gêneros *Fusarium*, *Pythium*, *Rhizoctonia* e *Trichoderma*.

Severo (1999), estudando as variáveis temperaturas, conteúdo de água no solo, profundidade de semeadura e grau de injúria visível (GIMV) mecânica determinou que as temperaturas do solo de 10 a 16 °C afetaram negativamente a emergência das plântulas. A temperatura de 21,9 °C condicionou o ponto de máxima emergência de plântulas. Em relação ao conteúdo de água no solo, a maior percentagem de plântulas emersas foi condicionada pela umidade volumétrica do solo de 0,2214 kg.kg-1, na qual emergiram 60,0% das

plantas. A baixa emergência de plântulas pode ser atribuída ao efeito deletério da temperatura do solo mantida à $13 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Em relação a profundidade de semeadura, variáveis testadas de 2, 5, 8 e 11 cm com temperatura do solo de $13 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e umidade volumétrica aproximada de 0,2766 (kg.kg⁻¹) não se detectou efeito detrimental na emergência de plântulas, apenas foi quantificado que acréscimos na profundidade retardaram o início da emergência. Contatou-se também que a emergência de plântulas foi reduzida a medida que aumentou o GIMV; a maior porcentagem de plântulas emersas ocorreu quando a semente apresentou o menor GIMV (2%) e a menor emergência ocorreu com o maior GIMV (36,1%). Os fungos envolvidos com a germinação de sementes e emergência de plântulas, presentes no solo, responsáveis pelos danos foram: *F. equiseti* (Corda) Sacc., *F. oxysporum* Schlechtend. Fr, *F. solani* (Mart.) Sacc., *Rhizoctonia* sp e *T. koningii* Oudem.

Os resultados acima apresentados sobre os fatores temperatura e conteúdo de água no solo, profundidade de semeadura, injúria mecânica-visível em sementes de milho híbrido, possibilitam concluir-se que: decréscimos de temperatura em solo úmido reduzem a porcentagem de plântulas emersas, a duração e o índice de velocidade de emergência de plântulas e prorrogam o início da emergência; acréscimos no conteúdo de água em solo frio reduzem a porcentagem de plântulas emersas, a duração e o índice de velocidade de emergência de plântulas; acréscimos na profundidade de semeadura em solo frio e úmido não reduzem a porcentagem de plantas emersas, porém, retardam o início e reduzem o índice de velocidade de emergência de plântulas; e acréscimos no GIMV em sementes de milho, semeadas em solo frio e úmido reduzem a porcentagem de plântulas emersas e o índice de velocidade de emergência.

Os fungos habitantes do solo são responsáveis pela podridão de semente, morte de plântulas e podridões radiculares do milho. Por outro lado, os fungos associados às sementes, os mesmos que causam podridões da base do colmo e de espigas, também interferem na podridão de sementes e emergência de plântulas.

PODRIDÕES DE RAÍZES E DO COLMO

As podridões de raízes e de colmo são consideradas as principais doenças na cultura do milho na Região Sul do Brasil. Apesar da incidência e da severidade variarem, ocorrem em todas as lavouras em todas as safras de cultivo. As podridões do colmo estão, na maioria das vezes, associadas a podridões radiculares, à quebra do colmo com acamamento e à morte de plantas.

Os principais fungos envolvidos com as podridões da base do colmo no Rio Grande do Sul são: *Colletotrichum graminicola* (Ces.) G.W.Wils., *Diplodia macrospora* Earle in Bull., *D. maydis* (Berk.) Sacc., *Fusarium graminearum* (Schwabe), *F. moniliforme* J. Sheld. e *F. subglutinans* (Wollenweb. & Reinking) P.E. Nelson, T.A. Toussoun, and Marasas (Casa et al., 2000; Reis & Casa, 2000).

Os danos causados pelos agentes causais das podridões do colmo podem ser analisados sobre vários aspectos. Um tipo de dano ocorre com a morte prematura da planta, no final do ciclo da cultura, determinando a paralisação do processo normal de enchimento de grãos resultando na redução do seu peso. Outro componente de dano é o acamamento, no qual algumas espigas deixam de ser colhidas mecanicamente e/ou apresentam menor peso. Em outra situação o dano ocorre porque as espigas das plantas acamadas entram em contato com o solo, reduzindo a qualidade do grão. Nos Estados Unidos são citados por Shurtleff (1992) danos de 10 a 20% devido às podridões do colmo. No Brasil, Nazareno (1989), detectou incidência de 15 a 85% e danos no rendimento de grãos de 12 a 40%. Posteriormente, Denti et al. (1999), determinaram incidências de 4 a 72% com danos variando de 0,67 a 50%, sendo que *C. graminicola* e *D. maydis* foram os principais fungos isolados das plantas com sintomas. Este autor quantificou, na região sul, perdas devido às podridões da base do colmo de aproximadamente US\$ 415 milhões.

De modo geral, os fungos causadores das podridões do colmo apresentam em seu ciclo de vida uma fase parasitária sobre a planta viva e uma fase saprofítica nos restos culturais após a colheita. A sobrevivência desses fungos na palha de milho garante o inóculo para as plantas do novo cultivo. Normalmente, as maiores intensidades das podridões do colmo e da espiga ocorrem em monocultura, principalmente, em anos com precipitação pluvial acima da normal.

Na tentativa de esclarecer-se a origem do inóculo e a função de hospedeiros secundários na sobrevivência dos principais patógenos envolvidos, têm sido estudado o efeito das culturas de inverno, antecedentes ao cultivo milho. Comparando-se os efeitos das culturas de aveia e do nabo forrageiro, sobre as podridões do colmo milho, Blum et al. (no prelo) encontraram incidências de 6,4 a 51,2% em sucessão à aveia e de 5,4 a 39,0% em sucessão ao nabo, em função de diferentes fases de maturação dos grãos. As maiores intensidades de podridões foram quantificadas aos 25 dias após a maturação fisiológica dos grãos, o que caracteriza as podridões do colmo como doença que aumenta sua intensidade a medida que a planta se aproxima do final do ciclo. Este complexo de doenças provoca a morte ou senescência precoce das plantas determinando danos à produção. Embora havendo diferença significativa apenas para uma época de amostragem, 15 dias após a maturação, as incidências das podridões do colmo foram menores quando o milho foi cultivado sobre os restos culturais do nabo forrageiro. Não se encontrou na literatura informações que confirmem o parasitismo e sobrevivência saprofítica de *C. graminicola*, *F. graminearum* e *Diplodia* sp. em nabo forrageiro. Outras fontes de inóculo podem ser as sementes de milho infectadas e também fragmentos infectados de tecidos (restos culturais) de milho ou de outros como trigo, aveia e gramíneas.

Convém lembrar também que *F. graminearum* apresenta ampla gama de hospedeiros, incluindo a aveia, azevém, cevada, trigo e tritcale sendo por isso um patógeno de difícil controle por práticas culturais.

Têm sido largamente aceito que a intensidade das podridões do colmo do milho aumenta com o incremento na população de plantas. Como regra, as plantas de milho tendem a formar um grande número de grãos na espiga. Após a floração, o fluxo de carboidratos dentro da planta é direcionado prioritariamente ao enchimento de grãos. Quando, em algumas situações, a planta não produz carboidratos em quantidade suficiente para a manutenção dos tecidos e, como o fluxo para o grão tem prioridade sobre os demais processos fisiológicos, a competição por hidratos de carbono dentro da planta leva os tecidos da raiz e da base do colmo a senescerem. A medida que as células iniciam o processo de senescência, seus tecidos tornam-se mais predispostos à colonização pelos patógenos que causam as podridões

do colmo (Reis & Casa, 1996). O ponto chave é a disponibilidade de nitrogênio e potássio, em quantidade suficiente para satisfazer a demanda do metabolismo da planta durante todo o período de crescimento (Smith & White, 1988). A medida em que a população de plantas aumenta, a demanda por nutrientes também é incrementada e, quando não for devidamente suprida qualitativa e quantitativamente, irá predispor as plantas à infecção pelos fungos causadores de podridão do colmo. Normalmente, a alta população de plantas, com uso de menor espaçamento, aumenta o potencial de danos das podridões. Denti (1999), demonstrou que independentemente da rotação ou da monocultura, o aumento populacional determinou incremento na intensidade das podridões das podridões do colmo.

Pode-se aceitar o fato de que a infecção dos órgãos radiculares do milho tem início com o inóculo presente na semente ou em restos culturais do milho ou de espécies vegetais suscetíveis. O início da colonização parece coincidir com o estabelecimento da cultura e que o processo de colonização é muito lento. Em geral, as podridões da base do colmo surgem no final do ciclo da cultura demonstrando ser o estágio final do processo de colonização radicular. Como os sintomas surgem principalmente a partir da base da planta parece ser apropriada a denominação de “podridão da base do colmo”. Infecções do colmo a partir da axila das folhas também pode ser observada, porém em menor percentual.

PODRIDÕES DA ESPIGA

Como regra, os fungos agentes causais das podridões do colmo, são também responsáveis pelas podridões da espiga (*Aspergillus* spp., *Cephalosporium* sp., *C. graminicola*, *D. macrospora*, *D. maydis*, *F. graminearum*, *F. moniliforme*, *F. subglutinans* e *Penicillium* spp.). As podridões da espiga envolvem o ataque direto dos fungos aos grãos que exibem sintomas da colonização; os grãos com essa sintomatologia são denominados de grãos ardidos.

Esses grãos podem conter micotoxinas e fornecerem baixa energia para a alimentação animal e também causar micotoxicoses em animais (Molin & Valentini, 1999). Em geral, na comercialização de grãos de milho, é descontado do preço oferecido, um percentual

correspondente a incidência de grãos ardidos. O manejo de grãos ardidos é uma tarefa difícil à fitopatologia. O conhecimento detalhado dos ciclos biológicos das espécies de fungos envolvidas com a produção de micotoxinas pode contribuir para o manejo de suas populações e consequentemente reduzir a ocorrência de grãos ardidos (Reis & Casa, 1999).

Está bem esclarecido que a ocorrência e a intensidade dos danos são maiores em lavouras conduzidas em monocultura, especialmente quando chove em excesso, no período compreendido entre a fecundação e a colheita e, quando a cultura é afetada por insetos, granizo, pássaros e geada.

Em relação a sucessão de culturas, Blum et al. (no prelo), determinaram que o cultivo do milho sobre palha de aveia, comparado com o nabo forrageiro, aumentou o rendimento de grãos em 426 Kg/ha. Porém, quando cultivado sobre o nabo verificou-se redução na incidência média de grãos ardidos de 1,66%.

A população de plantas pode relacionar-se também com as intensidades das podridões da espiga, e conseqüentemente com a incidência de grãos ardidos (Blum et al., 1998; Trento, 2000). A medida que aumenta população de plantas, incrementa linearmente a incidência de grãos ardidos. Sob monocultura, esse aumento é maior do que comparado à rotação de culturas.

Esporadicamente, dependendo do híbrido de milho e do clima, tem se verificado a ocorrência do carvão da espiga, *Ustilago maydis* (DC.) Corda.

DOENÇAS FOLIARES

As principais doenças foliares no milho causadas por fungos, na Região Sul do Brasil, são: mancha foliar de diplodia macrospora (*D. macrospora*), helmintosporiose comum (*Exserohilum turcicum* (Pass.) K.J. Leonard and E.G. Suggs), mancha de feosféria (*Phaeosphaeria maydis* (P. Henn.) Rane, Payak, & Renfro) e ferrugem comum (*Puccinia sorghi* Schwein.). A quantificação dos danos causados por essas doenças ainda não foi devidamente determinada. Mais recentemente, safra 2000/01 foi detectado a presença da cercosporiose causada por *Cercospora zea-maydis* Tehon & Daniels. A epidemia da cercosporiose ressurgiu no sudoeste goiano e

no final da safra 2001 encontra-se difundida em quase todas as regiões aonde se cultiva o milho no Brasil.

A mancha foliar de diplodia macrospora tem ocorrido freqüentemente em lavouras de milho conduzidas em monocultura. Apesar de infectar as folhas, o dano maior deve-se ao ataque em colmos e espigas, favorecido pelo inóculo produzido nas folhas.

A helmintosporiose, a mancha de feosféria e a ferrugem comum causam danos no rendimento de grãos em híbridos suscetíveis e quando as condições climáticas forem favoráveis ao desenvolvimento dos agentes causais. O dano é uma consequência da redução da área foliar sadia. Na safra 2000/01, em virtude da precipitação pluvial ocorrida na Região do Planalto Médio do Rio Grande do Sul a intensidade da helmintosporiose comum em híbridos suscetíveis foi elevada.

ESTRATÉGIAS DE CONTROLE

As estratégias de controle dos fungos agentes de doenças do milho, na Região Sul do Brasil, em lavouras conduzidas em plantio direto são: resistência genética, uso de sementes saudas e com menor grau de injúria mecânica visível, tratamento de semente com fungicidas em doses eficientes, população adequada de plantas, época de semeadura, quantidade e equilíbrio de nutrientes e rotação de culturas.

Preferencialmente, as lavouras produtoras de sementes de milho deveriam ser conduzidas sob rotação de culturas, objetivando ter menor intensidade de doenças nos órgãos aéreos e na semente colhida. O tratamento de sementes com fungicidas em doses eficientes previnem que as sementes levem os fungos necrotróficos para a lavoura; a rotação de culturas elimina ou reduz o inóculo na lavoura pela eliminação do substrato necessário a multiplicação dos fitopatógenos. As duas práticas usadas conjuntamente agem sobre o inóculo primário prevenindo a infecção das plantas de milho.

A resistência genética é a medida preferencial no controle de doenças. Esforços têm sido despendidos com sucesso na obtenção de cultivares com resistência as podridões do colmo, de manchas foliares, ferrugens, míldio e carvões. Em face da grande disponibilidade de híbridos comerciais o produtor tem a possibilidade

de escolher aqueles com resistência a uma dada moléstia, que predomine em sua região.

Em relação à época de semeadura, deve-se procurar evitar épocas em que a temperatura e conteúdo de água no solo sejam desfavoráveis a germinação e a emergência de plantas. Deve-se também, evitar o uso de sementes injuriadas semeadas profundamente que retardem a emergência das plântulas, predispondo ao ataque de fungos do solo.

A população elevada de plantas, determinando uma maior competição por água e nutrientes, aliada a uma falta ou desequilíbrio de N e K pode contribuir para um aumento da incidência de podridões do colmo, da espiga (Smith & White, 1988) e conseqüentemente de grãos ardidos em milho. Por isso, quanto a população de plantas deve-se seguir as recomendações para o híbrido e adubar adequadamente com base na análise do solo.

O uso de fungicidas no tratamento de sementes de milho tem duas finalidades. Primeiro, proteger contra o ataque de fungos habitantes do solo como *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Pythium*, *Rhizoctonia* e *Trichoderma*, que podem reduzir a germinação das sementes, a emergência e estabelecimento das plântulas. Segundo, evitar que os fungos patogênicos, presentes na semente como *Aspergillus*, *Cephalosporium*, *Diplodia*, *Fusarium*, *Nigrospora* e *Penicillium*, causem podridão de sementes, reduzam a emergência e vigor das plântulas, em condições adversas e, sejam introduzidos nas lavouras onde se pratica a rotação de culturas. O tratamento de sementes deve apresentar uma eficiência tal que erradique ou reduza, abaixo do limiar de transmissão, os fungos na semente, evitando a introdução e/ou aumento da intensidade das doenças no campo, principalmente, as podridões da base do colmo.

A eficiência no controle do complexo de fungos associados às sementes, tem sido melhorado pelo uso de mistura de fungicidas, melhoria na qualidade do tratamento, uso de sementes com menor incidência de fungos (semente de milho híbrido produzida em lavoura com rotação de cultura) e menor grau de índice injúria-mecânica visível (Casa et al., 1995; Reis et al., 1995; Pinto, 1998; Casa et al., 1998; Severo, 1999). O fungicida tiabendazole na dose de 40 g de i.a./100kg de sementes em mistura com captam (75 g i.a.) tem possibilitado alcançar a erradicação de *F. moniliforme*, *F.*

graminearum, *Diplodia* spp e *Cephalosporium* sp. Outras misturas de fungicidas como benomil + captam, benomil + iprodiona e tiabendazole + metalaxil, também tem apresentado bons resultados. Por outro lado, o uso do fungicida tiabendazole isolado ou em mistura com metalaxil não tem controlado *Cephalosporium* sp.

Casa et al. (1995) e Severo (1999), demonstraram que tanto fungos do solo, como os patogênicos associados à semente, podem reduzir a emergência do milho em solo frio e úmido. Esses autores demonstraram que o tratamento de semente com os fungicidas captam e metalaxil, em mistura com tiabendazole, ou captam, fosetil alumínio, metalaxil e tiram usados isoladamente propiciaram as melhores emergências e estabelecimento de plântulas. Reis et al., (1995), também haviam determinado que as misturas de captam ou fosetil alumínio com tiabendazole proporcionaram as melhores emergências das plântulas de milho contra o ataque de *Pythium*. Chama-se a atenção para o fato de que o fungicida captam não é tão eficiente quanto os benzimidazóis no controle de *D. maydis* e *F. moniliforme* (Reis et al., 1995). Por outro lado, o fungicida tiabendazole não é eficiente no controle *Cephalosporium* sp. (Casa et al., 1998) veiculados pela semente, bem como para *Pythium* sp., presente no solo. Por isso, fica claro a necessidade do uso de mistura de fungicidas no tratamento de semente de milho.

No entanto, Casa et al. (1998) comprovaram que o tratamento comercial de sementes de milho não tem sido satisfatório, considerando-se como alvo do controle a erradicação dos fungos. Nos casos onde o controle erradicativo não tenha sido alcançado, mesmo que o fungo causador da doença não interfira na população de plantas, causando podridão de semente, de raízes e da base do colmo, existe a possibilidade da transmissão sistêmica na planta, como ocorre comumente com *F. moniliforme* em milho (Foley, 1962; Munkvold & Carlton, 1997).

No sistema plantio direto os restos culturais são deixados na superfície do solo, protegendo-o eficientemente contra a ação erosiva das chuvas. Nessa situação, a velocidade de decomposição da palhada é mais lenta, o que aumenta o período de sobrevivência dos patógenos necrotróficos causadores de podridões de raízes, da base do colmo, da espiga e manchas foliares. A presença dos restos culturais infectados, garante a presença dos parasitas necrotróficos na

lavoura. Assim, o inóculo encontra-se num posicionamento ideal para a esporulação, liberação e inoculação. O milho emerge, sob monocultura, entre os restos culturais infectados. Por isso, as doenças causadas por agentes necrotróficos são mais severas sob plantio direto e monocultura. A rotação de culturas reduz esse inconveniente do plantio direto.

Por rotação de culturas entende-se não cultivar o milho na mesma área da lavoura, todos os anos, na mesma estação de cultivo, até que ocorra a decomposição completa de seus restos culturais (Reis & Casa, 1996). Os restos culturais foram eliminados biologicamente, durante a rotação de culturas, através do processo de decomposição microbiana. Eliminando-se os restos culturais eliminam-se os fitopatógenos que sobrevivem saprofiticamente na palha e que não possuam estruturas de resistência como clamidósporos, oósporos e escleródios.

Freqüentemente questiona-se que o controle de doenças pela rotação de culturas pode ser anulado pelo transporte dos esporos dos fungos pelo vento à longa distância. São escassos os dados que procuraram quantificar a distância de dispersão de propágulos a partir de sua fonte.

Alguns fungos que produzem corpos frutíferos como picnídios, comumente liberam esporos na presença de água, com sua posterior dispersão veiculados em respingos de chuva ou água de irrigação (Fitt et al., 1989). Casa et al. (1999) coletou esporos de *D. maydis* e *D. macrospora* no ar, individualmente ou grupados em cirros, até uma altura de 2 m, não veiculados por gotículas d'água, discordando da afirmação de Fitt et al. (1989). A concentração de esporos coletados foi inversamente proporcional a altura da fonte de inóculo. A distância do transporte dos conídios de *D. maydis* e de *D. macrospora* foi recentemente quantificada, tendo sido coletados esporos até uma distância de 120 m da fonte de inóculo (Casa, no prelo). A maior quantidade de conídios foram capturados nas armadilhas de esporos localizadas no centro da fonte de inóculo. Nas distâncias de 10 a 80 m capturou-se um número semelhante de esporos; tendo-se coletado a 120 m a menor quantidade. Esses dados demonstram que lavouras de rotação de culturas, distantes da fonte de inóculo acima de 120 m, podem apresentar uma menor incidência das podridões do colmo e da espiga causada por *Diplodia* spp.

Logicamente, que o efeito barreira das plantas de milho ou de outras espécies vegetais pode contribuir ainda mais para reduzir a distância de transporte do inóculo. Ullstrup (1964), havia confirmado redução da incidência de podridões da espiga de 49 a 61% em lavouras ao lado da fonte de inóculo, para incidência abaixo de 1% nas plantas a 16 metros de distância do inóculo. Del Rio & Melara (1991), relataram uma redução de 80% na incidência de podridão da espiga causada por *D. maydis* em plantas distantes 20 da fonte de inóculo constituída por palha infectada. Estes trabalhos demonstram o efeito potencial da rotação de culturas no controle das podridões do colmo e da espiga dentro dos limites de distância estudados pelos autores.

Os agentes causais das fusarioses do milho, *F. graminearum*, *F. moniliforme* e *F. subglutinans*, produzem seus esporos numa estrutura denominada esporodóquio, na qual permanecem unidos e protegidos por uma substância mucilagínosa. São removidos e transportados com gotículas de água pelo vento à curta distância. Por outro lado, a forma perfeita desses fungos, pertencente ao gênero *Gibberella* (descrita no Brasil apenas *G. zeae*), produz esporos em peritécios. Os ascósporos são liberados quando o peritécio é hidratado, sendo posteriormente transportados pelo vento à longa distância. Os fungos do gênero *Fusarium* são de difícil controle pela rotação de culturas: apresentam ampla gama de hospedeiros, formam estruturas de repouso como clamidósporos e os ascósporos sendo pequenos e leves são transportados pelo vento à longa distância.

O controle da antracnose do milho não tem sido eficiente pela rotação de culturas, necessitando para tal identificar todas as fontes de inóculo possíveis. Além disso, a patogenicidade de *C. graminicola* não deve ser específica ao milho.

Os fungos de solo *F. equiseti*, *F. oxysporum*, *F. solani*, *Pythium* sp., *Rhizoctonia* sp. e *Trichoderma* sp. são habitantes do solo e sobrevivem eficientemente através de estruturas de resistência. Por isso, constituem um grupo de patógenos de difícil controle. Para esse grupo de organismos as medidas de controle exploradas devem concentrar-se no desenvolvimento da supressividade do solo.

Os efeitos do controle de doenças pela rotação de culturas são mais notáveis quando o clima favorece o desenvolvimento de epidemias das doenças e, portanto, quando ocorrem danos econômicos.

No Brasil, o controle de doenças foliares pela aplicação de fungicidas tem sido restrito a algumas regiões produtoras onde freqüentemente as ferrugens causam danos. Em relação a cercosporiose, como medida emergencial de controle, havendo registro, pode-se aplicar fungicida de acordo como o limiar de dano econômico (LDE). Para cultivares suscetíveis em áreas de ocorrência de epidemia pode-se aplicar o fungicida quando a intensidade da doença atingir em média duas lesões nas cinco folhas de referência (Fe -2, Fe -1, Fe, Fe +1, Fe +2) (Fe = folha da espiga) a partir do estágio de pendoamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BLUM, M.M.C., FONTOURA, S.M.V., NOVATIZKI, M.R.; CLAZER, E.R. Efeito de doses de nitrogênio e população sobre a incidência de fungos na semente de milho colhida. In: 5º Simpósio Brasileiro de Patologia de Sementes. Programe & Resumos. Sanidade de Sementes no Século XXI. Ponta Grossa. PR. p.27. 1998.
- CASA, R.T., REIS, E.M., MEDEIROS, C.A.; MOURA, F.B. Efeito do tratamento de sementes de milho com fungicidas, na proteção de fungos do solo, no Rio Grande do Sul. *Fitopatologia Brasileira*, v.20, p.633-638. 1995.
- CASA, R.T., REIS, E.M.; ZAMBOLIM, L. Fungos associados à semente de milho produzida nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil. *Fitopatologia Brasileira*, v.23, p.370-373. 1998.
- CASA, R.T., REIS, E.M., ZAMBOLIM, L.; CECCHETTI, D. Quantificação de conídios de *Diplodia maydis* e *Diplodia macrospora* dispersos no ar coletados com armadilha de esporo em diferentes alturas. *Fitopatologia Brasileira*, v.24, p.273. 1999.
- CASA, R.T., REIS, E.M., SEVERO, R., DENTI, E., TRENTA, S.; BLUM, M.M.C. Prevenção e controle de doenças na cultura do milho. In: Sandini, I.A.; Fancelli, A.L. Milho: estratégias de manejo para a região sul. Guarapuava: Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária, 2000. 209p.il.

- DEL RIO, L.; MELARA, W. Dispersion de *Stenocarpella maydis* (Berk.) Sutton en un cultivo de miz. Ceiba, v.32, p.133-140. 1991.
- DENTI, E.A., TRENTO, S.; REIS, E.M. Incidência, frequência e danos por fungos envolvidos com as podridões da base do colmo do milho em 1997/98, nas regiões do Planalto Médio Gaúcho (RS) e Guarapuava (PR). Fitopatologia Brasileira, v.24, p.279. 1999.
- FITT, B.D.L., McCARTENEY, H.A.; WALKATE, P.J. The role of rain in dispersal pathogen inoculum. Annual Review of Phytopathology, v.27, p.241-270. 1989.
- FOLEY, D.C. Systemic infection of corn by *Fusarium moniliforme*. Phytopathology, v.52, p.870-872. 1962.
- MOLIN, R. & VALENTINI, M.L. Simpósio sobre micotoxinas em grãos. Fundação Cargill, Fundação ABC, 1999. 208p.
- MUNKVOLD, G.P.; CARLTON, W.M. Influence of inoculum method on systemic *Fusarium moniliforme* infection of maize plants grown infected seeds. Plant Disease, v.81, p.211-216. 1997.
- NAZARENO, N.R.X. Avaliação de perdas por podridões do colmo em milho (*Zea mays* L.) no estado do Paraná. Fitopatologia Brasileira, v.14, p.82-84. 1999.
- NUTTER, F.W., TENG, S.P.; ROYER, M.H. Terms and concepts for yield, crop, and disease thresholds. Plant Disease, v.77, p.211-215. 1993.
- PINTO, N.F.J. de A. Patologia de sementes de milho. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1998. 44p. (EMBRAPA-CNPMS, Circular Técnica, 29).
- REIS, A.C., REIS, E.M., CASA, R.T.; FORCELINI, C.A. Erradicação de fungos patogênicos associados a sementes de milho e proteção contra *Pythium* sp. presente no solo pelo tratamento com fungicidas. Fitopatologia Brasileira, v.20, p.585-590. 1995.
- REIS, E.M.; CASA, R.T. Manual de identificação e controle de doenças de milho. Passo Fundo. Aldeia Norte Editora. 1996. 80p.
- REIS, E.M.; CASA, R.T. Ciclos biológicos e epidemiologia: *Aspergillus*, *Penicillium*, *Diplodia* e *Fusarium*. In: Molin, R.;

- Valentini, M.L. (ed.). Simpósio sobre micotoxinas em grãos. Fundação Cargill, Fundação ABC, 1999. p.21-40.
- REIS, E.M.; CASA, R.T. Controle de doenças fúngicas na cultura do milho em plantio direto. In: Borges, G.; Borges, L.D. Seminário sobre tecnologia de produção e comercialização do milho, 2000. Passo Fundo - RS. Resumo de Palestras. Editora Aldeia Norte, Passo Fundo, RS. p.62-71.
- SEVERO, R. A emergência de milho: os efeitos de fatores bióticos e abióticos (Tese de Doutorado) Porto Alegre. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1999.
- SHURTLEFF, M.C. Compendium of corn diseases. American Phytopathological Society. 1992. 105p.
- SMITH, D.R.; WHITE, D.G. Disease of corn. In: Sprague, G.F. & Dudley, J.W. (eds) Corn in corn improvement. American Society of Agronomy. Madison, 1988. p.687-766.
- TRENTO, S.M. Quantificação de danos causados por podridões de espiga e por grãos ardidos em milho, em diferentes sistemas de manejo de plantas (Dissertação de Mestrado). Passo Fundo. Universidade de Passo Fundo. 2000.
- ULLSTRUP, A.J. Observations on two ephiphytotics of *Diplodia* ear rot corn in Indiana. Plant Disease, v.48, p.414-415. 1964.

AGRICULTURA DE PRECISÃO: UMA VISÃO REALISTA

A. I. Elias

Engenheiro Agrônomo, Mestrando em Máquinas Agrícolas
Departamento de Engenharia Rural, ESALQ/USP

José Roberto O. Camargo

Engenheiro Mecânico. New Holand
e-mail: jose.r.camargo@cnh.com

INTRODUÇÃO

No início da agricultura, o homem contava apenas com a sua força braçal e com algumas ferramentas rudimentares que pudesse auxiliá-lo no preparo e condução das culturas. Toda a atividade agrícola era praticamente de subsistência, e tinha como objetivo produzir uma grande variedade de produtos para consumo próprio. Com o início do processo de industrialização e conseqüente aumento da população urbana, o homem do campo viu-se obrigado a aumentar a quantidade de alimentos produzidos, a fim de gerar um excedente que pudesse ser utilizado pela população urbana. A introdução das primeiras ferramentas e dos primeiros implementos de tração animal contribuíram para a viabilização deste aumento de produção. A evolução da tecnologia associada à agricultura está representada pela Figura 1.

O crescente e constante aumento da população urbana, associado ao declínio da população rural, exigiu e tem feito aumentar constantemente a demanda por alimentos. A introdução da mecanização representou neste contexto, um grande avanço para a agricultura, permitindo que o homem aumentasse consideravelmente sua capacidade produtiva. No entanto, até este momento, a única forma de se aumentar a produção agrícola estava baseando-se principalmente no aumento da área de produção. A partir do momento em que a expansão das fronteiras agrícolas passam a não mais serem viáveis, seja por razões físicas, econômicas ou ecológicas, a agricultura foi obrigada a buscar outras formas de aumentar a quantidade produzida sem que novas áreas fossem

introduzidas ao processo. Inicia-se então a busca pelo desenvolvimento de novas tecnologias capazes de aumentar a produtividade das culturas, isto é, aumentar a eficiência da utilização da terra, aumentando a quantidade total produzida por unidade de área. Grandes modificações da agricultura surgem neste momento. O agricultor passa a contar, a partir deste momento, com uma série de novos produtos que o auxiliam na obtenção de maiores produtividades. O ponto máximo desta etapa ou fase da agricultura é marcada pelo desenvolvimento da chamada biotecnologia, cujos objetivos são os de pesquisar e desenvolver melhorias agrônômicas, fitotécnicas e até genéticas das culturas. Novas variedades de plantas, resistentes a pragas e doenças são criadas através do melhoramento genético.

HISTÓRIA DA AGRICULTURA

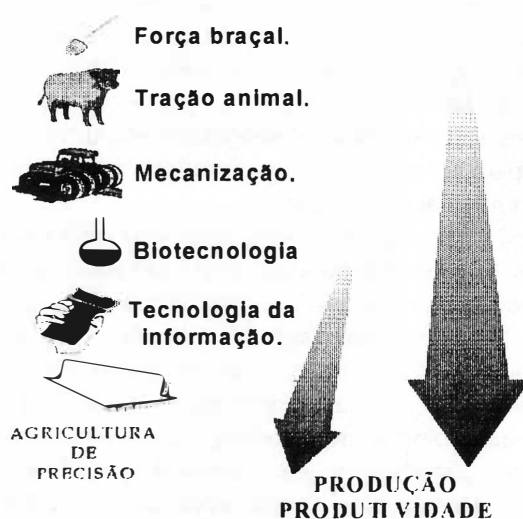


Figura 1. Evolução das tecnologias utilizadas pela agricultura na busca pelo aumento da produção agrícola.

Entretanto, apesar de todos os avanços da agricultura, esta tem sido ultimamente, alvo de uma série de críticas e acusações, principalmente no que se refere à poluição e a degradação ambiental.

Tem sido atribuída à agricultura, a culpa por grande parte dos problemas ecológicos que hoje existem, não só no Brasil, mas em todos os países.

De acordo com Auernhammer *et. al.* (1994), a lucratividade do produtor rural têm sido proporcionada pela manutenção de elevadas produtividades, obtidas principalmente devido à utilização de elevadas dosagens de fertilizantes químicos. Entretanto, a utilização de super-dosagens destes insumos tem acarretado sérios problemas ecológicos, referentes principalmente à poluição de rios, lagos e lençóis freáticos. Os autores enfatizaram a necessidade de se levar em conta a relação entre a quantidade de insumos aplicadas e as reais necessidades da cultura, a fim de se evitar a utilização de dosagens excessivas destes insumos e conseqüentemente da degradação ambiental.

A agricultura convencional, conforme afirmou Goering (1992), tratam os campos de produção como sendo áreas homogêneas. Para a análise do solo, por exemplo, várias sub-amostras são retiradas e posteriormente homogeneizadas, sendo que uma única amostra é enviada para análise. Os resultados desta análise são aceitos como representativos da área toda. As operações de fertilização e pulverizações são realizadas considerando-se uma mesma dosagem de insumo para toda a área, o que muitas vezes, contribui para que super-dosagens sejam utilizadas.

Goering & Han (1993) afirmaram que embora a variabilidade espacial dos fatores de produção fosse conhecida há muito tempo, a agricultura convencional não as considerava devido ao fato da não existência de tecnologia especializada que permitisse que tais variações ao longo do campo de produção fossem levadas em consideração. Não havia justificativa econômica para que se adotassem metodologias de amostragens e análises pontuais de solo. Não haviam equipamentos que pudessem aplicar localizadamente, e em dosagens diferenciadas, as reais necessidades de fertilizante.

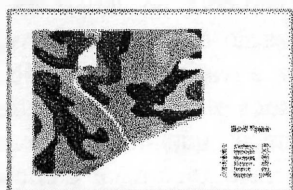
Vários termos têm sido utilizados como sinônimos da agricultura de precisão. Os termos mais comuns encontrados na bibliografia são: tecnologia de taxas variáveis ("*Variable Rate Technology - VRT*"), gerenciamento localizado de culturas ("*Site-Specific Crop Management*"), cultivo auxiliado por computadores ("*Computer Aided Farming*") entre outros, conforme relatou

Kincheloe (1994). Ainda conforme afirmou Balastreire (1996), o termo “aplicação localizada de insumos - ALI”, pode ser utilizado como forma de caracterizar aplicações de insumos sobre pontos específicos da área, cujas coordenadas geográficas, latitude e longitude, sejam conhecidas.

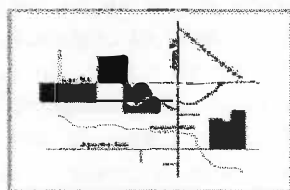
A filosofia básica da agricultura de precisão, conforme relatam vários autores tais como Kincheloe (1991), Goering (1992), Goering & Han (1993), Stafford *et. al.* (1996), entre outros, considera que se os fatores de produção variam espacialmente ao longo da área produtiva, então as exigências de fertilização e dos demais insumos também devem variar, de acordo com a variação destes fatores. Assim, se as reais necessidades dos insumos puderem ser localizadas e medidas ao longo da área, e somente as quantidades ideais de insumos forem aplicadas, o agricultor poderá maximizar a eficiência da utilização dos insumos, reduzir a quantidade total de insumos utilizados diminuindo os custos de produção e ainda aumentar a produtividade total da área. Resumidamente, o objetivo principal da agricultura de precisão é o de maximizar a eficiência da utilização dos insumos, buscando atingir produtividades associadas ao máximo retorno econômico, dependendo-se dos potenciais produtivos de cada sub-área ou parcela da área produtiva.

Ao contrário do que pode parecer, embora as práticas de gerenciamento localizado tenham sido introduzidas apenas nestes últimos anos, a filosofia básica da agricultura de precisão não é nova. Os primeiros conceitos da agricultura de precisão foram apresentados ainda no ano de 1929 por C. M. Linsley e F. C. Bauer, pesquisadores da Universidade de Illinois, conforme relataram Goering (1992 e 1993), Stafford (1996a e 1996b), entre outros. Linsley e Bauer dividiram uma área experimental em pequenas sub-áreas, as quais os autores denominaram “células”. Para cada uma destas áreas, os pesquisadores realizaram estudos sistemáticos e detalhados, mapeando assim a variabilidade espacial da acidez do solo e concluindo que as dosagens de calcário que deveriam ser utilizadas para corrigir o PH do solo também deveriam variar ao longo da área, de acordo com a acidez. Elaboraram então um mapa de prescrição, o qual indicava, para cada uma destas “células”, a dosagem ideal de calcário. Como naquela época as operações eram realizadas quase que todas manualmente, e em pequenas áreas, a aplicação localizada

e diferenciada de insumos podia ser realizada. Após a introdução dos equipamentos mecanizados e do aumento das áreas produtivas, estas técnicas tiveram que ser abandonada. Os avanços tecnológicos recentes na área da mecânica, eletrônica e computação vieram, entretanto, viabilizar técnica e economicamente a criação de sensores, atuadores e diversos outros equipamentos capazes de realizar automaticamente, em grandes áreas e em “tempo-real” tais operações.



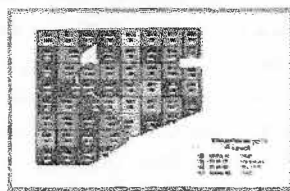
Mapeamento do tipo de solo



Mapeamento físico da propriedade



Mapeamento da produtividade



Mapa de amostragem e análise da fertilidade do solo

Figura 2. Avanços tecnológicos recentes tais como computadores, software, sistemas de sensoriamento remoto e GPS permitem um gerenciamento mais detalhado da propriedade agrícola.

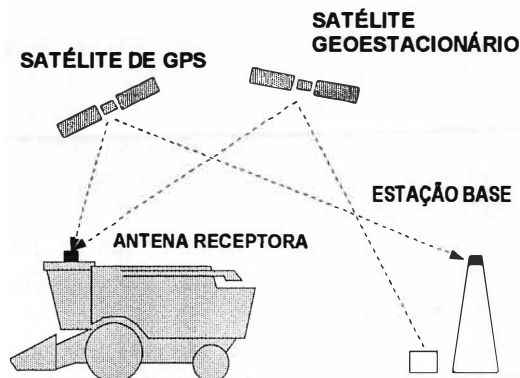


Figura 3. Sistema de Posicionamento Global com correção diferencial ("DGPS"). Sinal diferencial também enviado via satélite.

Dentre os vários avanços tecnológicos surgidos recentemente, destacam-se os computadores, os softwares, os sensores e atuadores, os sistemas de sensoriamento remoto e principalmente os sistemas de posicionamento via satélite, conforme ilustra a Figura 2. O principal sistema de posicionamento via satélite, de uso mais difundido para a agricultura, é um sistema desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos E.U.A, denominado GPS ("Global Positioning System"), ou Sistema de Posicionamento Global. De acordo com Krüger *et. al.* (199), o sistema GPS é composto por um conjunto de 24 satélites distribuídos em 6 diferentes órbitas. Utilizando-se de um receptor especial, pode-se determinar em tempo real as coordenadas geográficas, Latitude, Longitude e Altitude, de um determinado ponto. Por razões de segurança, o Departamento de Defesa dos EUA interferem nos sinais emitidos pelos satélites, fazendo com que o erro de posicionamento dos equipamentos de GPS sejam próximos a 100 metros. Para se aumentar a acurácia do sistema, utiliza-se uma técnica de correção denominada correção diferencial de posição, também conhecido por DGPS ("Differential Global Positioning System"), ou Sistema de Posicionamento Global Diferencial. Esta técnica consiste em se utilizar um segundo receptor de GPS, instalado em uma posição fixa e de coordenadas conhecidas, o qual é denominado receptor BASE. Comparando-se as coordenadas calculadas com a coordenada real do ponto fixo, o receptor BASE

pode estimar, para cada dado instante, os erros de posição. Tendo-se como premissa básica que, num mesmo instante, os receptores de GPS estão sujeitos aos mesmos erros, o receptor móvel pode “descontar” os erros estimados pelo receptor BASE. Esta técnica aumenta a acurácia de posicionamento dos receptores móveis para valores próximos a 1 metro.

Stafford *et. al.* (1996) afirmaram que a implantação da agricultura de precisão têm sido motivada por questões ambientais e principalmente econômicas.

Atualmente, a agricultura de precisão é uma tecnologia altamente dependente dos chamados sistemas de engenharia, e segundo Searcy (1995), esta nova forma de gerenciamento agrônômico da produção está fortemente baseada na disponibilidade de dados detalhados sobre as condições de crescimento das culturas. O uso extensivo de grandes quantidades de dados requeridos pelos processos de gerenciamento associados à agricultura de precisão exigem a utilização de equipamentos destinados à aquisição e análise de dados. Exige-se também a disponibilidade de programas de suporte à decisão e ainda de equipamentos destinados à realização da aplicação localizada e diferenciada de insumos.

Stafford (1996b) afirmou que a agricultura de precisão exige quatro subsistemas: sensoriamento do solo e da cultura; posicionamento ou georreferenciamento dos equipamentos no campo; mapeamento do campo produtivo; aplicação automática de insumos, de forma localizada e com dosagens específicas. Como o processo de produção agrícola é um ciclo contínuo, a agricultura de precisão, isto é, os processos de gerenciamento localizados também devem ser vistos como um processo cíclico. Assim, o autor subdivide a agricultura de precisão em três etapas distintas, conforme ilustra a Figura 4. O processo inicia-se com o monitoramento da colheita, o qual possui como objetivo a elaboração dos mapas de produtividade da cultura colhida, o qual é uma representação fiel da variabilidade espacial da cultura. As variações de produtividade são, entretanto, resultado da interação de vários fatores. Desta forma, a elaboração dos mapas de produtividade é uma etapa indispensável para a agricultura de precisão.

A segunda etapa da agricultura de precisão é destinada à interpretação dos dados coletados. Podem ser utilizados, nesta etapa,

uma série de softwares de suporte à decisão, sistemas de informações geográficas, sistemas de simulação, entre outros. O objetivo principal desta segunda etapa refere-se ao planejamento e à elaboração das futuras ações a serem tomadas, as quais devem ser realizadas de forma localizada e representadas através dos chamados mapas de prescrição.



Figura 4. Ciclo da agricultura de precisão. A interação dos quatro subsistemas essenciais dispostos em três etapas básicas. Modificado de Stafford (1996b).

Finalmente, a terceira etapa da agricultura de precisão refere-se à execução das atividades planejadas anteriormente. Com base nas informações contidas nos mapas de prescrição, as operações de semeadura, fertilização e pulverizações devem ser realizadas localizadamente e em taxas variáveis.

Pode-se concluir, afinal, que a agricultura de precisão representa mais um avanço da agricultura na busca pela redução do uso indiscriminado e irracional dos insumos e conseqüentemente pela redução dos custos de produção. A agricultura pode ser vista, neste contexto, como sendo mais uma ferramenta à disposição do agricultor para que este faça de sua atividade produtiva uma atividade econômica e principalmente ecologicamente sustentável. A diminuição dos desperdícios, associada à utilização eficiente dos insumos e ao máximo aproveitamento do potencial produtivo da cultura e do solo são as chaves e a base da agricultura de precisão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AUERNHAMMER, H.; DEMMEL, M.; MUHR, T.; ROTTMEIER, J.; WILD, K. GPS for yield mapping on combines. *Computers and Eletronics in Agriculture*, v.11, p.53-68, 1994.
- BALASTREIRE, L.A. Aplicação localizada de insumos - ALI: Um velho conceito novo. In: Congresso brasileiro de engenharia agrícola, 23. Anais, Campinas: UNICAMP, 1994, p.248. (resumo).
- GOERING, C.E.; HAN, S. A field information system for SSCM. Warrendale: SAE International, 1993. 6p. (SAE Technical Paper Series, 932422).
- GOERING, C.E. How much and where. *Agricultural Engineering*, v.73, n.4, p.13-15, July, 1992.
- KINCHELOE, S. Tools to aid management: The use of site specific management. *Journal of Soil and Water Conservation*, v.49, n.2, p.43-45, 1991. Special Supplement.
- KRÜGER, G.; SPRINGER, R.; LECHNER, W. Global navigation satellite systems (GNSS). *Computers and Eletronics in Agriculture*, v.11, p.3-21, 1994.
- SEARCY, S.W. Engineering systems for site-specific management: opportunities and limitations. In: International conference of site-specific management for agricultural systems, 1995, proceedings,. Madison: ASA-CSSA-SSSA, 1995, p.603-611.
- STAFFORD, J.V. Essential technology for precision agriculture. In: International conference on precision agriculture, 3., Minneapolis,

1996. Precision agriculture: proceedings. Madison: ASA; CSSA; SSSA, 1996a, p.595-604.
- STAFFORD, J.V. Spatially variable field operations. Computers and Eletronics in Agriculture, v.14, p.99-100, 1996b.
- STAFFORD, J.V.; Le BARS, J.M.; AMBLER, B. A hand-held data logger with integral GPS for producing weed maps by field walking. Computers and Eletronics in Agriculture, v.14,p.235-247, 1996.

MANEJO DE PRAGAS ASSOCIADAS AO MILHO

Dirceu N. Gassen

Engenheiro Agrônomo, Gerente técnico da COOPLANTIO
Cooperativa dos Agricultores de Plantio Direto.

INTRODUÇÃO

Os insetos são considerados praga em milho quando atingem nível populacional capaz de causar danos e de reduzir o rendimento de grãos ou diminuir a qualidade do produto.

Em milho, a estratégia de manejo de pragas pode ser elaborada de acordo com a espécie vegetal cultivada imediatamente antes (Tabela 1). Em azevém pode ocorrer a broca-do-azevém (*Listronotus bonariensis*), em aveia a lagarta-da-aveia (*Pseudaletia* spp.), em língua-de-vaca a lagarta-rosca (*Agrotis ipsilon*), em ervilhaca e em cornichão os percevejos (*Dichelops* spp.) e em pastagens as cigarrinhas (*Deois* spp.), os gafanhotos e os tripses.

Tabela 1. Animais que se desenvolvem sobre culturas de cobertura vegetal e que podem tornar-se praga na cultura subsequente sob plantio direto (Gassen, 1992b; 1993e; 1994)

Cultura dessecada	Praga em plântulas de milho
Aveia	Lagarta-da-aveia
Azevém	Broca-do-azevém
Crucíferas	Lesmas e lagarta-do-nabo
Gramíneas	Tripses
Leguminosas	Percevejos (<i>Dichelops</i> spp.) e lagartas
Milheto	Lagarta-dos-capinzais (<i>Mocis latipes</i>)
Pastagens	Cigarrinhas, gafanhotos, cupins e tripses

As pragas de estádios iniciais de desenvolvimento de milho podem ser agrupadas em causadoras de danos em sementes, na fase entre a semeadura e a emergência, e causadoras de danos em plântulas, após a emergência de plantas. Essas pragas iniciais afetam

a população de plantas, o que se considera o principal fator limitante na produção de milho.

LARVA-ANGORÁ

A larva-angorá ou lanudo, *Astylus variegatus* (Col., Dasytidae), apresenta ciclo biológico de um ano.

As larvas desenvolvem-se no solo, a partir do verão e até o fim da primavera. Somente as larvas causam danos. Alimentam-se do endosperma de sementes de plantas daninhas ou cultivadas e evitam raízes e outras partes subterrâneas de plantas. O dano na semente impede a germinação ou debilita a plântula. Causam preocupação maior nas culturas com baixa população de plantas, como o milho.

Os adultos alimentam-se de exsudatos de plantas, de néctar e de pólen, não sendo considerados praga em lavouras.

CUPINS

O cupim-de-monte, *Cornitermes cumulans*, é a espécie mais conhecida em pastagens e em lavouras no Brasil, onde constrói montes típicos, de contornos arredondados e textura rígida.

Os cupins subterrâneos, *Heterotermes* sp. e *Procornitermes striatus* constroem longas galerias no solo. Pouco se conhece sobre o ninho e sobre a biologia desse grupo.

Os cupins alimentam-se de produtos celulósicos. A celulose é digerida por protozoários ou bactérias no interior do tubo digestivo do inseto.

O controle de cupins está associado à espécie e suas características biológicas. Os cupins de monte podem ser controlados com a injeção de inseticidas na forma de pastilha gasosa, líquida ou de pó, através de uma abertura no topo do monte, nos meses de outono e inverno, antes da fase reprodutiva ou da revoada.

Nos cerrados, os cupins subterrâneos *Heterotermes* sp. e *Procornitermes* atacam as sementes e a parte subterrânea de plantas cultivadas em lavouras. Eles podem ser controlados com inseticidas no tratamento de sementes.

CORÓ OU BICHO-BOLO

Os corós ou bicho-bolo (Col., Melolonthidae) são insetos de solo que atacam sementes e partes subterrâneas de plantas de milho.

No sul do Brasil ocorre o coró-da-pastagem, *Diloboderus abderus*, onde causa danos nos meses de inverno e no início da primavera. O nível de dano em milho é inferior a uma larva/m², pois o consumo de duas plântulas corresponde a 40 % de redução na população de plantas. O coró-do-trigo, *Phyllophaga* sp., ocorre independente da presença de palha ou do sistema de manejo de solo usado, causando danos no período entre fevereiro e setembro.

Na região de clima tropical e nos cerrados brasileiros, os corós apresentam características de ciclo biológico e de danos adaptadas ao período de seca no inverno. No norte do Paraná ocorre o coró-da-soja, *Phyllophaga cuyabana*, com ciclo biológico de um ano causando danos a partir de dezembro e até abril. A ocorrência de larvas do coró-da-soja não é afetada pela presença de palha na superfície nem pelo sistema de manejo de solo. Populações maiores são observadas em áreas sob aração e gradagem de solo.

No Mato Grosso do Sul ocorre a espécie *Liogenys suturalis*, com danos no período entre janeiro e abril e ciclo biológico de um ano, semelhante aos do coró-da-soja e de outras espécies que ocorrem em Goiás, em Minas Gerais e no Mato Grosso.

Os corós causam danos na fase de larva de terceiro estágio, consumindo sementes e partes subterrâneas de plantas, com prejuízos maiores em milho safrinha.

Quando inicia a estiagem de inverno, as larvas aprofundam-se no solo até 20 ou 30 cm e constroem câmaras larvais, onde permanecem em diapausa até setembro.

As estratégias de controle de corós nos cerrados são diferentes das adotadas no sul do Brasil. Nos cerrados, a previsão de ocorrência e a identificação das manchas com populações maiores torna-se difícil, pois as revoadas e a oviposição ocorrem na fase de semeadura das culturas de verão (outubro). Os danos ocorrem dois meses após a semeadura e a revoada. O uso de inseticidas no tratamento de sementes ou de líquidos no sulco de semeadura, em geral, não apresenta persistência para o controle de corós.

Nas manchas onde ocorrem os danos no verão (janeiro e fevereiro), recomenda-se a semeadura de uma cultura de "safrinha" com inseticida no sulco de semeadura ou no tratamento de sementes.

Ao decidir sobre o controle de corós, é necessário identificar a espécie predominante, avaliar a capacidade de danos e, se necessário, optar por alternativas com menor impacto ambiente.

BROCA-DO-AZEVÉM

A broca-do-azevém, *Listronotus bonariensis* (Col., Curculionidae), apresenta ciclo biológico de 4 a 5 semanas. O besouro adulto realiza a postura em gramíneas, com destaque para o azevém, centeio e trigo. A larva atinge 0,3 cm de comprimento e alimenta-se de plantas pequenas, de gemas e de afilhos, causando o definhamento e a morte do hospedeiro.

As larvas maiores migram das plantas de azevém dessecadas para as plântulas de milho, broqueando o ponto de crescimento e causando a morte destas. O dano da broca-do-azevém em milho sempre ocorre a partir de insetos presentes na lavoura.

A aplicação de inseticidas, misturados com herbicidas ou pulverizados na parte aérea de plantas de milho, não controla as larvas da broca-do-azevém, e poucos produtos são eficazes contra os adultos. O tratamento de sementes de milho com inseticidas resulta em controle parcial, não garantindo proteção efetiva de plantas contra larvas e adultos da broca-do-azevém.

Para o controle de larvas sugere-se dessecar o azevém infestado, com antecedência, usando herbicidas de ação rápida. Com isso corta-se o ciclo biológico da praga, impedindo a presença de larvas na fase de germinação de milho.

GRILLOS

Os grilos (Ort., Gryllidae), *Gryllus assimilis* e *Anurogryllus muticus*, permanecem no interior de galerias subterrâneas durante o dia, bloqueando a entrada com terra. Após períodos de chuva, os grilos depositam montículos de terra, resultantes da escavação, que caracteriza a presença da praga na lavoura. No período entre abril e junho, a

contagem dos montículos permite determinar a população e a distribuição do inseto nas lavouras.

A partir do início da primavera passam à fase adulta, iniciam a reprodução e causam danos severos em plântulas. Causam, ainda, redução na população de plantas, especialmente durante períodos de estiagem.

O controle de grilos em lavouras extensivas é considerado difícil em virtude do hábito de a praga proteger-se nas galerias e, aparentemente, evitar o consumo de plantas tratadas com veneno.

A aplicação de inseticidas na parte aérea de plantas resulta em controle insatisfatório. Entretanto, pode proteger a cultura contra a praga por alguns dias, possivelmente por repelência. O uso de iscas com inseticidas é a alternativa de controle de grilos em lavouras.

LAGARTAS CORTADORAS DE PLÂNTULAS

As lagartas (Lep., Noctuidae) que ocorrem com maior frequência atacando plântulas são a lagarta-rosca, *Agrotis* spp., a lagarta-da-aveia, *Pseudaletia* spp., e a lagarta-militar, *Spodoptera frugiperda*. Em geral predomina uma das espécies, que está associada à cultura anterior.

A lagarta-rosca ocorre em vários ambientes associada a algumas plantas hospedeiras. Nas várzeas e em áreas infestadas com língua-de-vaca (*Rumex* spp.) ou caruru (*Amaranthus* spp.), desenvolvem populações mais elevadas. A larva corta plântulas rente ao solo e as transporta para dentro da galeria. Essa característica, diferentemente da lagarta-da-aveia, determina índices menores de controle com inseticidas no tratamento de sementes.

A lagarta-da-aveia desenvolve-se a partir de postura realizada em plantas verdes. As lagartas deslocam-se dezenas de metros em busca de alimento. Consomem as folhas de plântulas a partir do ápice e até dentro do solo. A dessecação duas a três semanas antes da semeadura da cultura de milho interrompe o ciclo biológico da lagarta-da-aveia. Alguns inseticidas em tratamento de sementes são eficazes no controle da lagarta-da-aveia até duas semanas após a semeadura.

A lagarta-militar ou lagarta-do-cartucho também ocorre na fase de plântula, nos cerrados, e pode ser confundida com a lagarta-rosca.

A aplicação de inseticidas, via líquida, no sulco de semeadura parece ser uma alternativa eficiente de proteção contra lagartas que atacam plântulas.

PERCEVEJO BARRIGA-VERDE

O percevejo barriga-verde é conhecido como inseto secundário em soja e importante praga em plântulas de milho. A espécie mais frequente em soja e em milho é *Dichelops (Neodichelops) furcatus* (Hem., Pentatomidae). Nos cerrados predomina a espécie *D. melacanthus*.

O ciclo biológico das duas espécies completa-se em pouco mais de um mês. Os adultos voam distâncias curtas (até alguns quilômetros) em busca de plantas adequadas, como ervilhaca (*Vicia* spp.) e outras leguminosas. Tendem a ocorrer em milho semeado sobre leguminosas infestadas ou em cultivo de safrinha sobre áreas de soja.

Na fase de germinação de milho, praticamente, não há planta verde na lavoura e o ambiente é desfavorável para o percevejo. Para emigrar, os percevejos necessitam alimentar-se e armazenar energia para viabilizar o vôo para outras áreas.

Os percevejos barriga-verde sugam a base de plântulas de milho, injetando saliva para facilitar a penetração dos estiletes e para solubilizar substâncias a serem extraídas. O milho é muito sensível a essa saliva. As folhas que crescem após o dano do inseto apresentam deformações, havendo redução no crescimento e morte de plantas.

Um sintoma típico do dano causado pelo percevejo é o aparecimento de folhas com orifícios dispostos em linha transversal no limbo foliar. Quanto menor o tamanho da planta atacada, maior é o potencial de dano do percevejo.

CIGARRINHAS-DAS-PASTAGENS

Várias espécies de cigarrinhas-das-pastagens (*Deois* spp., Hom., Cercopidae) ocorrem em gramináceas nativas ou cultivadas. Os adultos atingem 1,0 cm de comprimento e apresentam coloração variável, com desenhos nas asas, que caracterizam as diferentes espécies. O ciclo

biológico completa-se em dois meses e a longevidade dos adultos é de duas a três semanas.

Em milho, apenas as cigarrinhas-das-pastagens adultas causam danos. Durante o processo de introdução dos estiletes na planta, elas injetam saliva fitotóxica, que causa a morte de plântulas. Populações equivalentes a duas cigarrinhas podem causar a morte de uma plântula de milho.

A partir da fase de quatro folhas, as plantas de milho toleram o dano da cigarrinha.

As populações de cigarrinhas podem desenvolver-se em gramíneas que precedem o milho ou imigrar de pastagens das proximidades da lavoura. A infestação de fora resulta na morte de plantas nas bordas, seguidas de plantas com menor desenvolvimento vegetativo e plantas normais.

Nas gramíneas que precedem o milho, deve-se decidir sobre a necessidade de controle antes da semeadura.

Nas lavouras próximas a pastagens nativas ou cultivadas, infestadas com cigarrinhas, deve-se controlar a praga na borda da lavoura e na borda da pastagem, com inseticida.

CIGARRINHA-DO-MILHO

A cigarrinha-do-milho apresenta tamanho pequeno, inferior a 0,5 cm de comprimento, coloração verde-clara, com variações entre esbranquiçado e marrom-claro. As fêmeas realizam a postura em gramíneas. Os adultos movimentam-se com agilidade e são encontradas principalmente em lavouras isoladas, inseridas em regiões com gramíneas nativas e pastagens. Ocorrem em população maior no final do verão e no outono, em milho plantado tardiamente ou safrinha. As ninfas e os adultos extraem seiva das folhas e são vetores de micoplasmas, causadores do enfezamento e do nanismo-arbustivo do milho e do vírus do mosaico-de-estrias finas. A saliva tóxica, injetada nas plântulas, pode reduzir a velocidade de crescimento e provocar estrias amareladas nas folhas.

Na Argentina, cigarrinhas dos gêneros *Delphacodes* e *Toya*, transmitem *Fijivirus* e causam a doença denominada mal-de-Rio Quarto, com sintomas semelhantes aos do enfezamento.

O uso de inseticidas, antes das cigarrinhas alimentarem-se de milho, é uma alternativa de controle. Entretanto, pouco se conhece sobre plantas hospedeiras de micoplasmas e de vírus, para recomendar-se estratégias eficazes de manejo da praga. O uso de inseticidas não impede o aparecimento de plantas com enfezamento, nanismo ou mosaico, pois a cigarrinha, ao extrair seiva da planta, antes de intoxicar-se com inseticida, pode injetar saliva e com ela os microrganismos, morrendo após.

LARVA-ALFINETE

A larva-alfinete ou larva-da-vaquinha (*Diabrotica speciosa*, Col., Chrysomelidae) é importante praga em lavouras de milho com rendimento elevado.

Os adultos alimentam-se de folhas de feijão, de soja, de abóbora e de outras culturas. As fêmeas fazem a postura no solo, junto a plântulas de gramíneas e de batata. No milho, a postura é feita quando a planta apresenta 4 a 6 folhas, duas a quatro semanas após a semeadura. No sul do Brasil, podem ocorrer cinco a seis gerações do inseto por ano, não havendo diapausa no inverno.

Em geral, a cultura que antecede o milho, não influencia sobre a ocorrência da larva-alfinete, pois, os adultos voam com facilidade e apresentam hábitos alimentares diferentes das larvas. Entretanto, a presença de culturas hospedeiras para adultos (feijão, girassol, abóbora, ervilhaca e outras), na mesma época e no mesmo ambiente, pode facilitar a postura e a ocorrência de larvas em milho.

Os danos causados pela larva-alfinete, em milho, ocorrem no período que se situa entre um a dois meses de desenvolvimento da planta. Atacam as raízes adventícias, causando o tombamento de plantas. Aos 60 dias após a semeadura, após a fase de danos das larvas, as plantas emitem raízes nos nós superiores firmando-as ao solo, resultando no curvamento típico da planta de milho, denominado de "pescoço-de-ganso". As plantas acamadas dificultam a colheita mecanizada provocando perdas no rendimento de grãos. As larvas atacam as raízes na fase em que as plantas extraem maior quantidade de nutrientes do solo.

As lavouras semeadas fora de época (safrinha) e as lavouras pequenas e isoladas tendem a ter populações maiores de larvas e danos mais severos.

As lavouras infestadas com mais de 10 larvas-alfinete por planta de milho, podem apresentar sintoma de acamamento.

O controle da larva-alfinete em milho é mais difícil do que o de outras pragas. O tratamento de sementes com inseticidas protege as plantas até duas a três semanas após a semeadura, com persistência insuficiente para o controle da larva-alfinete que inicia a fase de danos em torno de 35 dias após a semeadura. A aplicação de inseticidas líquidos ou granulados no sulco de semeadura é alternativa de controle da praga. Essa forma de aplicação de inseticidas também substitui o tratamento de sementes para a proteção nas fases de germinação e de instalação das plantas.

LAGARTA-DO-CARTUCHO

A lagarta-do-cartucho ou lagarta-militar (*Spodoptera frugiperda*, Lep., Noctuidae) é considerada, na bibliografia brasileira, a principal praga em milho. A capacidade de danos da lagarta é influenciada pelo vigor da planta e pelo clima. Na região tropical, os danos podem ser severos. No milho safrinha, em períodos de seca, a lagarta ocorre desde a germinação até a fase de maturação, causando danos semelhantes aos de outras lagartas.

As larvas jovens consomem parte das folhas e mantêm a epiderme intacta, sugerindo o sintoma de raspagem. As lagartas maiores perfuram as folhas e desenvolvem-se no cartucho do milho. Também podem broquear a base da planta e atacar a espiga, à semelhança de outras lagartas. A partir da fase de pendramento, desaparece o cartucho e a lagarta penetra na espiga, onde busca proteção.

Estudos realizados pela Embrapa Milho e Sorgo evidenciam que plantas de milho infestadas com a lagarta-do-cartucho sofrem injúrias com maior intensidade na fase de oito a dez folhas, podendo reduzir 19 % no rendimento. Na fase até seis folhas e a partir de 12 folhas, os danos da lagarta-do-cartucho são inferiores a 9 % da produção de grãos.

Na fase até três semanas após a semeadura, durante períodos de seca, a lagarta-do-cartucho pode causar danos severos. Nessas situações o controle torna-se necessário nas lavouras em que o potencial de rendimento é superior a 5 t/ha.

Estudos realizados no sul do Brasil desde 1993, marcando plantas com e sem danos, evidenciam que as atacadas pela lagarta-do-cartucho, na fase de oito folhas, mostraram produções equivalentes as sem danos, em períodos com chuvas normais. Em lavouras de agricultores foram marcadas plantas infestadas e os resultados, com o acompanhamento de assistência técnica indicam que não há resposta na produção de grãos de milho, com o controle da lagarta, durante períodos de chuvas regulares.

No sul do Brasil, durante períodos com chuvas normais, questiona-se a necessidade de controle da lagarta-do-cartucho, em função da ausência de resposta no rendimento de grãos, pela morte natural das lagartas, pela baixa eficiência do controle químico e pela ressurgência da praga com o uso de inseticidas de amplo espectro de ação.

Entre as dificuldades, para o controle químico, pode-se destacar a localização da lagarta dentro do cartucho do milho, impedindo o contato com o inseticida e a possibilidade de ressurgência da praga devido à morte de inimigos naturais.

USO DE INSETICIDAS EM MILHO

Os inseticidas aplicados na parte aérea, mesclados com herbicidas, causam a morte de insetos que se encontram acima da superfície do solo (lagartas, percevejos, besouros, moscas, vespas etc.) com persistência inferior a uma semana. Não tem efeito sobre pragas de solo e não substituem o tratamento de sementes.

O tratamento de sementes em milho protege contra pragas que atacam sementes (corós, larva-aramé, lanudo etc.) até duas semanas após a semeadura (Tabela 2). É difícil alcançar persistência maior do que três semanas. Algumas vezes parece proteger por períodos maiores, porém, pode ser por causa da ausência da praga.

O tratamento de sementes contra pragas que atacam plântulas apresenta resultados erráticos. Inseticidas contendo tiodicarbe protegem bem contra a lagarta-da-aveia. Para a lagarta-rosca

(cortadora do colo), brocas, cigarrinhas, percevejos, grilos e outras pragas iniciais os resultados são instáveis e a persistência é curta. Quando ocorrem chuvas normais o controle é bom. Em períodos de seca ocorrem problemas de absorção de inseticida, maior atividade fisiológica da praga e a planta não cresce, resultando em menor eficácia de tratamentos de semente.

Os inseticidas imidaclopride e tiametoxam são excelentes para o controle de homópteros (pulgões, mosca-branca etc.) e possibilidade de controle do percevejo barriga-verde. São pouco eficientes para controle de lagartas em plântulas de milho. Mais pesquisa é necessária para recomendações seguras de controle de pragas iniciais, em plântulas de milho com esses inseticidas.

A quimigação, ou aplicação de inseticidas na água de irrigação é adotada por alguns agricultores para o controle de lagarta-do-cartucho. Entretanto, se considerar o elevado volume de água aplicado na irrigação (5 mm = 50.000 L/ha) e a baixa capacidade da planta reter água (600 l/ha na superfície das folhas e 2000 l/ha no cartucho) o índice de aproveitamento de inseticida é inferior a 2 %. Ou seja, 98 % do inseticida aplicado na irrigação cairá no solo com a água da irrigação. É um método ineficiente e deve ser evitado pelo efeito na morte de inimigos naturais de pragas e na ressurgência das pragas cujos adultos são voadores como as mariposas e os pulgões.

O uso de inseticidas no sulco de semeadura (granulados ou líquidos) apresenta a vantagem de aplicar maior quantidade de ingrediente ativo, do que permite o tratamento de sementes de milho (apenas 5 sementes/m², lisas e com pouca aderência).

A aplicação de granulados é limitada pelo preço elevado da formulação e pela necessidade de adaptar uma terceira caixa para distribuir o inseticida.

A aplicação de líquido no sulco apresenta a vantagem de optar por formulações mais baratas, usadas para aplicação na parte aérea de plantas, e a experiência de agricultores na regulação de pulverizadores. As dificuldades de aplicação dependem da adaptação ou da aquisição de equipamento para a aplicação no sulco de semeadura. É importante regular a vazão para volumes baixos, em torno de 10 l/ha. Deve-se optar por manômetro de baixa pressão, para permitir melhor regulação, e bico cone de baixa vazão e sem difusor, ou bico leque com ângulo menor, dirigindo o jato na forma de

esguicho, para dentro do sulco, sem molhar o disco de semeadura e sem pulverizar o solo ou a palha que ficará exposta à radiação solar. Aplicar dentro do sulco e cobrir com a roda ou disco de fechamento (cobertura) do sulco de semeadura.

Tabela 2. Principais pragas em milho e estratégias de controle (DNGassen).

Praga	TS	Gr	LS	De	PA	Di
Larva-angorá	xx	xx	xx			
Corós	xx	xx	xx			
Lagarta-elasmô	x	x	xx		x	
Lagarta-da-aveia	xx	x	x	xx	xx	
Broca-do-azevém			x	xx		
Percevejo barriga-verde	x	x	x		xx	
Cigarrinhas	x	xx		xx	xx	
Larva-alfinete		xx	xx			
Cupim-de-monte						xx
Formigas						xx
Grilos					x	xx
Lagarta-do-cartucho					x	

TS: tratamento de sementes; Gr: granulado no sulco; LS: líquido no sulco; De: dessecação antecipada; PA: pulverização aérea; Di: aplicação dirigida; xx: controle satisfatório; x: controle parcial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERTELS, A.M. Estudos da influência da umidade sobre a dinâmica de populações de lepidópteros, pragas do milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 5(3): 67-79, 1970a.
- BIANCO, R. Determinação do nível crítico de infestação da lagarta do "cartucho" (*Spodoptera frugiperda*) num híbrido comercial de milho. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MILHO E SORGO, 13, Londrina, 1980. *Resumos...* Londrina: IAPAR, 1980. p.143.
- BIANCO, R. Pragas e seu controle. p.185-221. In: *A cultura do milho no Paraná*. Londrina: IAPAR, 1991.

- CARVALHO, A.O.R. Pragas e seu controle. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ, Londrina. *O milho no Paraná*. Londrina: IAPAR, 1982. p.141-148.
- CRUZ, I.; SANTOS, J.P.; WAQUIL, J.M. Principais pragas da cultura do milho. In: EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa e Milho e Sorgo. *Recomendações técnicas para o cultivo do milho*. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1987b. p.59-67.
- CRUZ, I.; TURPIN, F.T. Efeito da *Spodoptera frugiperda* em diferentes estádios de crescimento da cultura de milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 17(3): 335-339, 1982.
- CRUZ, I.; WAQUIL, J.M.; SANTOS, J.P.; VIANA, P.A.; SALGADO, L.O. *Pragas da cultura do milho em condições de campo: métodos de controle e manuseio de defensivos*. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS. 1986. 75p.
- GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA-NETO, S.; CARVALHO, R.P.L.; BATISTA, G.C.; BERTI-FILHO, E.; PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A.; ALVES, S.B.; VENDRAMIM, J.D. *Manual de entomologia agrícola*. São Paulo: Ceres, 1988. 649p.
- GASSEN, D.N. *Diabrotica speciosa* como praga de milho. Porto Alegre: EMATER-RS/EMBRAPA-CNPT, 1986a. 2p.
- GASSEN, D.N. *Insetos subterrâneos prejudiciais às culturas no sul do Brasil*. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1989. 49p.
- GASSEN, D.N. **Manejo de pragas associadas à cultura do milho**. Passo Fundo, Aldeia Norte Editora. 1996. 134p.
- GASSEN, D.N. *Pragas associadas à cultura do milho*. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1994. 90p.
- KRYSAN, J.L. Introduction: biology, distribution, and identification of pest *Diabrotica*. In: KRYSAN, J.L.; T.A. MILLER. ed. *Methods for the study of pest Diabrotica*. New York: Springer-Verlag, 1986. p.1-23.
- LEÓN, C. de. *Moléstias do milho: guia para sua identificação no campo*. Campinas: Cargill, 1984. 119p.
- REIS, P.R.; SOUZA, J.C.; SANTOS, J.P. Pragas de milho e seu controle. *Informativo agropecuário* 6(72): 54-60, 1980.
- SILVA, H.P.; PEREIRA, O.A.P.; REZENDE, I.C. Controle do complexo "enfezamento do milho" através do uso de inseticidas. *Fitopatologia Brasileira* 19: 408, 1993.

- VIANA, P.A. Monitoramento, resistência de plantas e manejo de pragas subterrâneas na cultura do milho. In: REUNIÃO SOBRE PRAGAS SUBTERRÂNEAS DOS PAÍSES DO CONE SUL, 2., 1992, Sete Lagoas. *Anais*. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1992a. p.157-164.
- VIANA, P.A.; WAQUIL, J.M.; LUCENA, A.I.T.; OLIVEIRA, A.C. Controle químico de *Elasmopalpus* na cultura do milho. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MILHO E SORGO, 12, Goiânia, 1978. *Anais...* Goiânia: EMBRAPA/DID, 1979. p.96.
- VALICENTE, F.H.; CRUZ, I. Lagarta-do-cartucho: o bioinseticida controla. In: SOCIEDADE NACIONAL DE AGRICULTURA. *Manual de controle biológico*. Rio de Janeiro, 1992. p.31-33.
- WAQUIL, J.M.; VIANA, P.A.; SANTOS, J.P.; VALICENTE, F.H.; MATRAGOLO, W.J.R. Levantamento de pragas subterrâneas e sua importância na redução da população de plantas. In: REUNIÃO SOBRE PRAGAS SUBTERRÂNEAS DOS PAÍSES DO CONE SUL, 2., 1992, Sete Lagoas. *Anais*. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1992. p.133-144.



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA "LUIZ DE QUEIROZ"
DEPARTAMENTO DE PRODUÇÃO VEGETAL