

SÉRIE PRODUTOR RURAL
EDIÇÃO ESPECIAL

Série Produtor Rural



AGROQUÍMICOS DE CONTROLE HORMONAL, FOSFITOS E POTENCIAL DE APLICAÇÃO DOS AMINOÁCIDOS NA AGRICULTURA TROPICAL

Paulo Roberto de Camargo e Castro
Chryz Melinski Serciloto
Marcelo Andrade Pereira
Jorge Luiz Mazza Rodrigues
Giovani Rossi

Universidade de São Paulo/USP
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/ESALQ
Divisão de Biblioteca e Documentação/DIBD





ISSN – 1414-4530

Universidade de São Paulo – **USP**
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – **ESALQ**
Divisão de Biblioteca e Documentação – **DIBD**

Paulo Roberto de Camargo e Castro
Chryz Melinski Serciloto
Marcelo Andrade Pereira
Jorge Luiz Mazza Rodrigues
Giovani Rossi

AGROQUÍMICOS DE CONTROLE HORMONAL, FOSFITOS E POTENCIAL DE APLICAÇÃO DOS AMINOÁCIDOS NA AGRICULTURA TROPICAL

Série Produtor Rural
Número Especial

Piracicaba
2009

Série Produtor Rural

Edição Especial

Divisão de Biblioteca e Documentação – DIBD

Av. Pádua Dias, 11 – Caixa Postal, 9
13418-900 Piracicaba – SP
e-mail: biblio@esalq.usp.br
<http://www.esalq.usp.br/biblioteca>

Revisão e Edição:

Eliana Maria Garcia

Editoração Eletrônica:

Serviço de Produções Gráficas – USP/ESALQ

Tiragem:

300 exemplares

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) **Divisão de Biblioteca e Documentação – ESALQ/USP**

Agroquímicos de controle hormonal, fosfitos e potencial de aplicação dos aminoácidos na agricultura tropical / Paulo Roberto de Camargo e Castro ... [et al.]. -- Piracicaba: ESALQ – Divisão de Biblioteca e Documentação, 2009.
83 p. : il. (Série Produtor Rural, nº Especial)

ISSN 1414-4530
Bibliografia.

1. Agricultura tropical 2. Aminoácidos 3. Hormônios vegetais 4. Pesticidas I. Castro, P.R. de C. II Serciloto, C.M. III. Pereira, M.A. IV. Rodrigues, J.L.M. V. Rossi, G. VI. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Divisão de Biblioteca e Documentação. VII. Título. VIII. Série

CDD 630.913

A281

Paulo Roberto de Camargo e Castro ¹
Chryz Melinski Serciloto ²
Marcelo Andrade Pereira ³
Jorge Luiz Mazza Rodrigues ⁴
Giovani Rossi ⁵

¹ Prof. Titular - Departamento de Ciências Biológicas - ESALQ/USP

² Doutor em Fisiologia e Bioquímica de Plantas - ESALQ/USP

³ Doutor em Fitotecnia - ESALQ/USP

⁴ Ph.D. - Michigan State University

⁵ Mestrando em Fisiologia e Bioquímica de Plantas - ESALQ/USP

AGROQUÍMICOS DE CONTROLE HORMONAL, FOSFITOS E POTENCIAL DE APLICAÇÃO DOS AMINOÁCIDOS NA AGRICULTURA TROPICAL

Série Produtor Rural

Número Especial

Piracicaba

2009

SUMÁRIO

	Página
1 APRESENTAÇÃO	7
2 BIORREGULADORES NA AGRICULTURA.....	7
2.1 Auxinas	9
2.2 Giberelinas	10
2.3 Citocininas	12
2.4 Retardadores	13
2.5 Inibidores	13
2.6 Etileno	14
Referências.....	16
3 BIOESTIMULANTES NA AGRICULTURA	20
Referências.....	23
4 BIOATIVADORES NA AGRICULTURA	27
Referências.....	30
5 AGROQUÍMICOS FITOTÔNICOS	32
Referências.....	36
6 UTILIZAÇÃO DE FOSFITOS NA AGRICULTURA TROPICAL	37
6.1 Introdução.....	37
6.2 Fosfitos	38
6.3 Nomenclatura	39
6.4 Conversão de fosfito a fosfato	40
6.5 Histórico da utilização de fosfitos na agricultura	41
6.6 Controle de doenças	42
6.7 Influência do fosfito nas respostas à carência de fosfato	45
6.8 O fosfito é um fertilizante?	46
6.9 Efeito nutricional do fosfito	47
6.10 Riscos do fosfito ao meio-ambiente	48
6.11 Efeito sobre o desenvolvimento de micorrizas	49
6.12 Resposta das culturas ao uso de fosfito.....	49
6.12.1 Citros	50
6.12.2 Cana-de-açúcar	52
6.12.3 Algodoeiro.....	52
6.12.4 Batata.....	53
6.12.5 Tomateiro	53
6.12.6 Efeito sobre a redução da fitotoxidez de glifosato	54
6.13 Fosfitos no Brasil e no mundo: usos e recomendações	55
Referências.....	58

7	POTENCIAL DE APLICAÇÃO DOS AMINOÁCIDOS NA AGRICULTURA TROPICAL	63
7.1.	Introdução	63
7.2	Aminoácidos nas plantas	63
7.3	Aminoácidos no florescimento	69
7.4	Aminoácidos na agricultura	71
	Referências	79

1 APRESENTAÇÃO

Os controladores hormonais, fosfitos e aminoácidos, têm merecido cada vez mais atenção na agricultura tropical à medida que as técnicas de cultivo evoluem, principalmente em culturas de alto valor. Além de caracterizarmos os controladores hormonais, mostramos alguns efeitos dos mesmos nos cultivos tropicais. O objetivo desta obra é permitir aos Estudantes, Agrônomos, Produtores, Pesquisadores e Professores, que dedicam-se a Fruticultura, Olericultura, Cultivos, Pastagens e Ornamentais, utilizar tecnologias já estabelecidas, assim como gerar suas próprias técnicas. Nessas aplicações de controladores hormonais na agricultura tropical é dada ênfase a alguns aspectos práticos da utilização dessa tecnologia agrícola. O professor Paulo R. C. Castro tem-se dedicado ao estudo da ação fisiológica e aplicação de biorreguladores nos últimos 30 anos, sendo representante no Brasil do International Advisory Committee of the Plant Bioregulators in Fruit Production Working Group, da Sociedade Internacional de Horticultura.

2 BIORREGULADORES NA AGRICULTURA

Biorregulador é um composto orgânico, não nutriente, aplicado na planta, que a baixas concentrações, promove, inibe ou modifica processos morfológicos e fisiológicos do vegetal. Pertence ao grupo das auxinas, giberelinas, citocininas, retardadores, inibidores e etileno. Além desses grupos clássicos, têm-se aventado os grupos dos brassinosteróides, jasmonatos, salicilatos e poliaminas, com efeitos similares aos dos biorreguladores.

No que se refere às aplicações agrícolas dos biorreguladores, deve-se considerar que algumas plantas cultivadas já atingiram no Brasil estágios de evolução que exigem elevado nível técnico para alcançar melhor produtividade. Essas culturas já não se apresentam condicionadas por limitações de ordem nutricional e hídrica, além de serem protegidas adequadamente com defensivos. Nessas condições, a economicidade da utilização de tecnologia avançada tem levado ao emprego dos biorreguladores, que podem freqüentemente mostrar-se altamente compensadores. As auxinas atuam na síntese de RNA mensageiro, induzindo a formação de enzimas que causariam a ruptura das ligações entre as microfibrilas de celulose. As novas enzimas formadas agem sobre polissacarídeos ou glicopeptídeos constituintes das ligações entre as microfibrilas de celulose da parede celular. O rompimento das ligações entre as microfibrilas promoveria o aumento da plasticidade e uma deformação irreversível da parede celular. Ocorreria ainda uma diminuição no potencial osmótico no interior do vacúolo que promoveria um influxo de água e o aumento das dimensões celulares. Considera-se que, para o biorregulador agir, ele deve primeiramente se ligar a um receptor na membrana plasmática da célula. A interação entre o biorregulador e o receptor promove a ativação de um transdutor (proteína G), assim denominado por requerer GTP (trifosfato de guanósina) que se transforma em GDP (difosfato de guanósina). Este sistema leva à ativação de fosfolipase C, uma enzima que cataliza a hidrólise de 4,5-bifosfato de fosfatidilinositol a 1,4,5-trifosfato de inositol e

diacilglicerol, mensageiros secundários. O trifosfato de inositol liberado da membrana se transloca para o retículo endoplasmático, onde estimula a liberação de cálcio (Ca^{2+}) armazenado. O aumento na concentração de Ca^{2+} no citoplasma, participa da ativação da proteína quinase C e também ativa proteínas-alvo diretamente, ou por meio da mediação da calmodulina. Diacilglicerol e trifosfato de inositol podem ser utilizados para sintetizar novamente bifosfato de fosfatidilinositol. O metabolismo do trifosfato de inositol, durante esse processo, pode ser inibido por lítio. Fatores que participam da regulação dos níveis de Ca^{2+} no citoplasma incluem: (a) o influxo de Ca^{2+} , pela membrana plasmática, através de canal de Ca^{2+} carregado com certa voltagem; (b) o transporte de Ca^{2+} , para o interior do retículo endoplasmático, verifica-se por uma Ca^{2+} -ATPase; (c) a secreção de Ca^{2+} da célula, através da membrana plasmática, por meio de outra Ca^{2+} -ATPase e (d) acumulação de Ca^{2+} , no vacúolo, através de um carregador antiporte, sendo que a liberação de Ca^{2+} do vacúolo, pode também contribuir para o aumento de cálcio livre no citoplasma. Estas alterações em cargas podem gerar uma assimetria através da membrana, originando um gradiente eletroquímico capaz de produzir uma força prótonmotiva. Essa levaria à secreção de prótons H^+ através da membrana, promovendo acidificação em compartimentos da parede celular. Essa acidificação promoveria ativação ou síntese de enzimas (endo-transglicosilase ou β -glucam sintetase) capazes de romper e refazer ligações entre microfibrilas da parede ou provocar a quebra de polissacarídeos da parede, liberando oligossacarinas que podem estar relacionadas com um sistema regulador gênico que leva a transcrição de um novo RNAm, responsável pela síntese de novas enzimas que podem atuar na morfogênese (Figura 1).

As giberelinas agem no DNA nuclear promovendo a formação de RNA mensageiro. Logo depois ocorre a síntese de proteínas e de enzimas como a alfa-amilase, proteases, hidrolases e lípases. Sob a ação da alfa-amilase, poderíamos ter a formação de glicose na célula a partir do amido, o que promoveria uma diminuição no potencial osmótico celular, causando um influxo de água e o conseqüente aumento na dimensão celular. A ação das proteases resultaria na síntese de triptofano a partir do qual ocorreria a formação do ácido indolilacético (IAA). O IAA aumentaria a plasticidade da parede celular causando um aumento na dimensão celular. Alguns pesquisadores consideram que o ácido giberélico (GA) inibe a IAA oxidase, impedindo a inativação da auxina, o que promove maior plasticidade, influxo hídrico e o conseqüente aumento nas dimensões celulares.

A citocinina isopenteniladenosina (IPA) promove a ligação do RNA transportador ao complexo ribossomo-mensageiro e influi na formação e função de diversos RNAs transportadores e na síntese de proteínas. Embora se considere que o controle do tipo de proteína produzida esteja localizado no RNA mensageiro, há evidências de que o RNA transportador exerce um controle adicional sobre o sistema. As citocininas parecem manter em alto nível a síntese de proteínas e enzimas, retardar a degradação de proteínas e de clorofila, diminuir a taxa respiratória e preservar o vigor celular.

Os inibidores como o ácido abscísico impedem o crescimento de plantas, induzem a senescência e a abscisão. Aparentemente, o ácido abscísico inibe as enzimas hidrolíticas,

essenciais para o metabolismo. A hidrazida maleica é um inibidor sintético. Os retardadores de crescimento retardam a alongação de ramos, diminuindo a divisão celular no meristema sub-apical. O chlormequat (CCC) e a daminozide (SADH) podem bloquear a síntese de promotores de crescimento.

O etileno parece induzir a produção de proteínas específicas em diversos tecidos. No processo de maturação sabe-se que a S-adenosil metionina (derivado da metionina) é transformada em ácido 1-carboxílico-1-amino ciclopropano, capaz de produzir etileno.

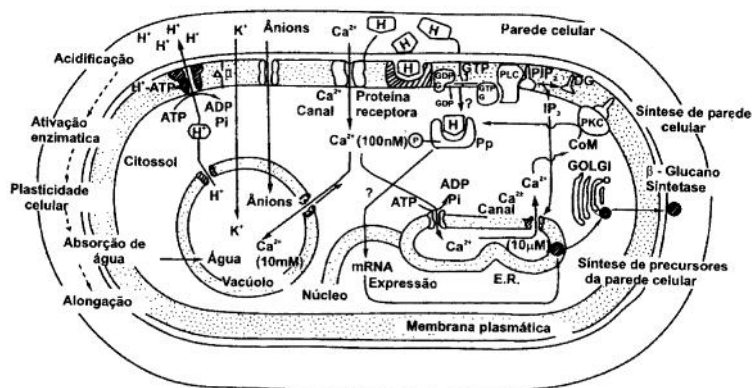


Figura 1 - Esquema dos mecanismos de ação da auxina na expansão celular, mostrando o crescimento ácido, a transdução de sinais e a atividade gênica

2.1 Auxinas

O ácido indolbutírico (IBA) tem sido amplamente utilizado no enraizamento de estacas para a propagação vegetativa de espécies vegetais.

Castro et al. (1994) verificaram a eficiência de Exubérone (IBA) no enraizamento de estacas de videira muscadinia 'Dixon'. Observaram que o tratamento lento (24h) de estacas medianas com 10 mL L⁻¹ de Exubérone e de estacas basais com 20 mL L⁻¹ do produto, mostraram-se eficientes (Figura 2). Fernandes et al. (1973) notaram que Exubérone 10 mL L⁻¹ revelou-se efetivo no enraizamento de estacas de *Rhododendron Simsii* e *Bougainvillea spectabilis*, sendo que a concentração de 20 mL L⁻¹ mostrou-se mais eficiente para *Cupressus sempervirens* e *Thuja occidentalis*.

Aplicação de ácido indolilacético (IAA) 10 mg L⁻¹ em morangueiro 'Monte Alegre' na antese floral e repetindo-se duas vezes com intervalos de 7 dias, levou a maiores produções de morango (CASTRO et al., 1976).

Pulverização de árvores de macieira 'Rome Beauty' com ácido naftalenacético (NAA) 20 mg L⁻¹ antes da queda dos frutos, evita a abscisão precoce das maçãs (WASHINGTON STATE UNIVERSITY, 1968).



Figura 2 - Produção de mudas de videira muscadinia 'Dixon' a partir de estacas tratadas com auxina

Carlucci e Castro (1982) observaram que Tomatone (ácido para-clorofenoxiacético) 20 mL L^{-1} , aplicado na antese floral dos três primeiros cachos, aumentou o número, o comprimento, a massa e a classificação do tomate 'Miguel Pereira'. Aplicação de Trylone (ácido 2-hidroximetil 4-clorofenoxiacético) 150 mg L^{-1} na antese floral do primeiro cacho, promoveu a produção de frutos extra A e extra até a quinta colheita, antecipando significativamente a produção de frutos de melhor qualidade e permitindo o cultivo do tomateiro em menor período de tempo (CASTRO; CHURATA-MASCA, 1973).

Aplicação de 3,5,6-TPA (Maxim) 15 mg L^{-1} e Fenotiol 20 mg L^{-1} , após a queda fisiológica dos frutos (21/11), aumentou o diâmetro dos frutos do tangor 'Murcott', assim como a massa média e o número de frutos de maior classe comercial. Pulverização de lima ácida 'Tahiti' com Fengib 1 mL L^{-1} , na antese floral, aumentou a fixação dos frutos (CASTRO, 2002). Sabe-se que aplicação de 2,4-D 8 mg L^{-1} também aumenta a fixação de frutos de citros.

2.2 Giberelinas

Castro e Barbosa (1978) verificaram que a imersão de sementes de algodoeiro 'IAC-17' em giberelina (GA) 100 mg L^{-1} por 22 horas acelerou o processo germinativo originando

plântulas mais desenvolvidas. Tratamento similar com GA 100 mg L⁻¹ aumentou a germinação de sementes de braquiária, siratro, soja perene e panicum verde; sendo que esse tratamento também incrementou o crescimento das plântulas de crotalária, lablab e estilosantes.

Imersão de tubérculos-semente de batata cultivar Bintje por 10 minutos em GA 10 mg L⁻¹ (Figura 3) promoveu precocidade e melhorou o estande na emergência das brotações (CASTRO et al., 1996).



Figura 3 - Plantio mecanizado de batatas-sementes 'Bintje' previamente tratadas com giberelina para melhorar o estande

Castro et al. (1991) observaram que a pulverização de porta-enxertos de macadâmia aos 120 dias após a semeadura (DAS), com GA 500 mg L⁻¹, promoveu maior aumento no diâmetro do caule da planta, possibilitando enxertia precoce e produção mais rápida de mudas enxertadas.

Castro e Rossetto (1979) notaram que plantas de algodoeiro 'IAC-RM3' tratadas com giberelina 100 mg L⁻¹ foram menos atacadas pelo pulgão *Aphis gossypii*. Consideraram que o biorregulador promove redução no potencial osmótico da seiva do floema, desfavorecendo o estabelecimento dos afídios.

Pulverização da cana-de-açúcar 'CB 51-22' com GA 60 mg L⁻¹ em 20/05 (início das condições inverniais) promoveu aumento no crescimento da região apical e incremento na fitomassa de colmo, sem alterar os valores de pol % cana (CASTRO et al., 1982).

Aplicação de GA 500 mg L⁻¹ em pós-florescimento na videira 'Niagara Rosada' aumentou a alongação das bagas com relação ao diâmetro (CASTRO et al., 1974). Sabe-se que a giberelina tem também incrementado o tamanho dos cachos e reduzido a compactação das bagas em uvas sem sementes (Figura 4).

Sanches et al. (2001) notaram que o tratamento invernal de lima ácida 'Tahiti', após 50 a 60 dias sem irrigação, reduziu o número de flores formadas em 81% e aumentou a produção de frutos temporões em 60%.



Figura 4 - Cultura de videira sem sementes com cachos tratados com giberelina evitando a compactação das bagas

Imersão por cinco minutos de frutos de tomate 'Santa Cruz' em GA 10 e 50 mg L⁻¹ atrasou a maturação dos mesmos (AWAD et al., 1975). Imersão de frutos de lima ácida 'Tahiti' em GA 20 mg L⁻¹ manteve a coloração da casca em nível aceitável para transporte e comercialização até 40 dias de armazenamento refrigerado (TAVARES et al., 2004).

2.3 Citocininas

Benziladenina (BA) mostrou ser eficiente na quebra da dormência de sementes de pessegueiro.

Tratamento de estacas de cacaueteiro com BA 10 mg L⁻¹ retardou a clorose e necrose foliares, quando as mesmas foram acondicionadas para transporte e conservadas a temperatura ambiente.

A combinação de citocinina com auxina tem possibilitado a proliferação celular na morfogênese e organogênese de numerosas espécies vegetais em cultura de tecidos visando a micropropagação.

Pulverizações com BA 5 a 10 mg L⁻¹ em pré-colheita auxiliaram na manutenção da alface fresca e verde por três a cinco dias extras, após a embalagem do produto.

Imersão de hastes recentemente colhidas de aipo verde e dourado, em solução de BA 10 mg L⁻¹, ampliou a duração do material fresco, manteve a coloração foliar e aumentou a aceitabilidade de mercado para ambos os cultivares (CASTRO; VIEIRA, 2001).

2.4 Retardadores

Visando a obtenção de mudas mais compactas e resistentes de tomateiro para transplante mecanizado, verificou-se a eficiência da aplicação de chlormequat (CCC) 1000 mg L⁻¹ (APPEZZATO; CASTRO, 1983).

Cato e Castro (2006) observaram a eficácia da pulverização com o ácido 2,3,5-triidobenzóico (TIBA) 30 mg L⁻¹ em manter as plantas de soja compactas, evitando perdas por acamamento.

Barbosa e Castro (1984) verificaram em algodoeiro 'IAC-17' que CCC 450 mg L⁻¹ reduziu a altura e o número de entrenós das plantas. Esse retardador de crescimento supriu a necessidade de manter as plantas de algodoeiro compactas para viabilizar a mecanização da cultura.

Sabe-se que a utilização de retardadores de crescimento em plantas ornamentais envasadas, principalmente a daminozide (SADH) e CCC, possibilita a obtenção de plantas mais compactas, provoca redução na velocidade de crescimento e produção de flores de melhor qualidade (CASTRO; VIEIRA, 2001).

Bernardes (1989) observou que a pulverização da região apical da seringueira com SADH 2000 mg L⁻¹ promoveu incremento de 25% no perímetro relativo do tronco do cultivar RRIM 600 e melhorou a arquitetura da copa, tornando-a menos suscetível aos danos causados pelo vento.

Aplicação de CCC 1500 mg L⁻¹ em laranja 'Pera' reduziu os sintomas de clorose variegada do citros (CVC) em condições de campo, sendo que considerou-se a possibilidade de redução na infestação de cigarrinhas transmissoras, devido a alteração da coloração verde das folhas, causada pelo retardador de crescimento (CASTRO et al., 2001).

Castro et al. (1996) verificaram que Curavial (sulfometuron metil) aplicado no início de abril em cana-de-açúcar 'SP 70-1143' reduziu o comprimento do entrenó formado na época de aplicação, diminuiu a isoporização do colmo, aumentando em 1,12 o pol % cana e induzindo a maturação precoce da cana-de-açúcar.

Fonseca et al. (1980) analisaram numerosas características tecnológicas dos frutos de tomate tratados com biorreguladores. Observaram que os tomateiros tratados com CCC 2000 mg L⁻¹ 38 DAS apresentaram as melhores características tecnológicas dos frutos colhidos.

2.5 Inibidores

Inibidores de crescimento têm sido utilizados extensivamente no controle do desenvolvimento de gramados, cercas vivas e árvores; sendo que também têm sido aplicados para a manutenção de tubérculos e bulbos dormentes, no armazenamento (CASTRO; VIEIRA, 2001).

Verificou-se que aplicação de hidrazida maleica 1250 mg L^{-1} , 30 dias depois da poda da cerca viva de *Murraya paniculata* (Falsa Murta), manteve a mesma sem necessidade de uma nova poda por maior período de tempo com relação ao controle somente podado (CASTRO; MINAMI, 1978).

Câmara et al. (1993) observaram que aplicação de Diquat 2 L ha^{-1} em março, na cana-de-açúcar 'RB 78-5148' inibiu totalmente o florescimento; sendo que hidrazida maleica 2 L ha^{-1} reduziu o florescimento em 50% (Figura 5). Pulverização da cana-de-açúcar 'SP 70-1143' com glifosate $0,3 \text{ L ha}^{-1}$ ou hidrazida maleica 2 L ha^{-1} antecipou significativamente a maturação (CASTRO et al., 1994). Foi verificado que aplicação de Fusilade $0,4 \text{ L ha}^{-1}$ em cana-de-açúcar 'SP 70-1143' promoveu sua maturação precocemente (CASTRO et al., 2002).



Figura 5 - Efeito da aplicação de Diquat (D) em cana-de-açúcar inibindo o florescimento e induzindo a maturação

2.6 Etileno

O ethephon, com capacidade de liberar etileno, é o biorregulador mais utilizado na agricultura.

Churata-Masca et al. (1974) observaram que plantas de pepino 'Aodai', com 4 folhas definitivas, pulverizadas com ethephon 400 mg L^{-1} anteciparam a antese da primeira flor feminina, possibilitando colheita precoce. Ethephon 200 a 400 mg L^{-1} aumentou o número de frutos produzidos e melhorou a qualidade dos mesmos.

Aplicação de ethephon 300 mg L^{-1} em tangor 'Murcott', no florescimento (Figura 6), promoveu abscisão floral e aumentou significativamente a massa dos frutos remanescentes, evitando a produção de excesso de frutos de pequenas dimensões e a possibilidade da quebra de galhos da árvore de citros (VIEIRA; CASTRO, 1987). Ethephon 200 mg L^{-1} provocou queda de frutos em tangerina 'Ponkan', quando pulverizado em

25/11; sendo que o desbaste químico revelou-se eficiente e econômico (SANTOS et al., 2001).

Foi verificada a importância do uso de ethephon na região de corte da sangria, de três a oito aplicações por ano dependendo do cultivar, na produção de látex da seringueira (BERNARDES et al., 1990).



Figura 6 - Distribuição adequada dos frutos de citros obtida pelo desbaste prévio com ethephon

Castro et al. (1972) verificaram que aplicação de ethephon 1000 mg L^{-1} antecipou a colheita do tomateiro 'São Sebastião'. Consideraram que o biorregulador é também eficiente para concentrar a colheita de tomate para indústria.

Pulverização de ethephon $0,25 \text{ mL L}^{-1}$ em 16/04 dobrou a quantidade de frutos cereja de cafeeiro na colheita do cultivar 'Catuaí Vermelho' (CASTRO et al., 1981).

Castro et al. (2001) efetuaram aplicação aérea de ethephon 2 L ha^{-1} em 18/02 na cana-de-açúcar 'SP 70-1143'. Observaram que o biorregulador antecipou a maturação e incrementou o teor de sacarose nos colmos; sendo que diminuiu significativamente a isoporização.

Mota et al. (1997) promoveram a imersão de frutos verdes de 'Kunquat' em soluções de ethephon de 250 a 1000 mg L^{-1} . Verificaram que a taxa de desverdecimento dos frutos aumentou proporcionalmente ao incremento na concentração de ethephon aplicado.

Referências

APPEZZATO, B.; CASTRO P.R.C. Desenvolvimento e produtividade do tomateiro cultivar Santa Cruz sob ação de retardadores de crescimento aplicados em plântulas. **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, Piracicaba, v. 40, p. 447-472, 1983.

AWAD, M.; ARAMIZU, A.K.; CHURATA-MASCA, M.G.C.; CASTRO, P.R.C. Efeitos do ácido 2-cloroetilfosfônico (ethephon), das giberelinas, do confinamento em sacos de polietileno e da temperatura, no amadurecimento do tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 50, n. 1/2, p. 69-79, 1975.

BARBOSA, L.M.; CASTRO, P.R.C. Alguns efeitos de reguladores de crescimento na morfologia do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L. cv. IAC-17). **Hoehnea**, São Paulo, v. 11, p. 59-65, 1984.

BERNARDES, M.S. **Efeito de métodos de indução de copa no desenvolvimento da seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg. cv. RRIM 600)**. 1989. 192 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1989.

BERNARDES, M.S.; CASTRO, P.R.C.; FURTADO, E.L. **Sistemas de sangria da seringueira**. São Paulo: Rhodia, 1990. 24 p.

CÂMARA, G.M.S.; CASTRO, P.R.C.; CESAR, M.A.A.; NOGUEIRA, M.C.S.; GLÓRIA, B.A. Efeito de Diquat e hidrazida maleica no desenvolvimento, florescência e maturação da cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS DO BRASIL, 5., 1993, Águas de São Pedro. **Anais...** Piracicaba: STAB, 1993. p. 129-132.

CASTRO, P.R.C. Ação de biorreguladores na fixação e no aumento do tamanho de frutos cítricos. **Citricultura Atual**, Cordeirópolis, v. 6, n. 29, p. 6-7, 2002.

CASTRO, P.R.C.; BARBOSA, L.M. Ação de reguladores vegetais na germinação do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L. cv. IAC-17). **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, Piracicaba, v. 35, p. 417-430, 1978.

CASTRO, P.R.C.; CHURATA-MASCA, M.G.C. Variações provocadas pelo ácido 2-hidroximetil 4-clorofenoxiacético na colheita de tomateiro do grupo Santa Cruz. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 48, n. 2/3, p. 59-68, 1973.

CASTRO, P.R.C.; MINAMI, K. Controle químico do crescimento vegetativo de *Murraya paniculata*. **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, Piracicaba, v. 35, p. 431-439, 1978.

CASTRO, P.R.C.; ROSSETO, C.J. The influence of growth regulators on aphid infestation in cotton. **Turrialba**, San Jose, v. 29, n. 1, p. 75-77, 1979.

CASTRO, P.R.C.; VIEIRA, E.L. **Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical**. Guaíba: Ed. Agropecuária, 2001. 132 p.

CASTRO, P.R.C.; CHURATA-MASCA, M.G.C.; AWAD, M. Efeitos do ácido 2-cloroetilfosfônico na maturação de frutos do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill. cv. São Sebastião). **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, Piracicaba, v. 29, p. 159-168, 1972.

CASTRO, P.R.C.; FERRAZ, E.C.; SCARANARI, H.J. Efeitos de giberelinas e auxina na frutificação da videira ‘Niagara Rosada’. **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, Piracicaba, v. 31, p. 367-383, 1974.

CASTRO, P.R.C.; GONÇALVES, M.B.; DEMÉTRIO, C.G.B. Efeitos de reguladores vegetais na germinação de sementes. **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, Piracicaba, v. 42, p. 449-468, 1985.

CASTRO, P.R.C.; MEDINA, C.L.; ALMEIDA, M. Response of citrus variegated chlorosis (CVC) - infected ‘Pera’ sweet orange to growth regulators. **Proceedings of the Interamerican Society of Tropical Horticulture**, Lima, v. 43, p. 104-107, 1999.

CASTRO, P.R.C.; MELOTTO, E.; HARADA, E. Efeitos de giberelinas na emergência e no desenvolvimento de batata inglesa (*Solanum tuberosum* L. cv. Bintje). **Ecossistema**, Espírito Santo do Pinhal, v. 21, p. 5-10, 1996.

CASTRO, P.R.C.; MINAMI, K.; VELLO N.A. Efeitos de reguladores de crescimento na frutificação do morangueiro cultivar Monte Alegre. **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, Piracicaba, v. 33, p. 67-77, 1976.

CASTRO, P.R.C.; OLIVEIRA, D.A.; PANINI, E.L. Ação do sulfometuron metil como maturador da cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS DO BRASIL, 6., 1996, Maceió. **Anais...** Maceió: STAB, 1996. p. 363-369.

CASTRO, P.R.C.; CÂMARA, G.M.S.; CESAR, M.A.A.; NOGUEIRA, M.C.S. Ação comparada de maturadores em dois cultivares de cana-de-açúcar. **Álcool & Açúcar**, São Paulo, n. 73, p. 36-39, 1994.

CASTRO, P.R.C.; FRANCO, J.F.; COSTA, J.D.; DEMÉTRIO, C.G.B. Efeitos de ethephon e uréia na maturação de frutos e abscisão foliar do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, Piracicaba, v. 38, p. 281-288, 1981.

CASTRO, P.R.C.; DIONISIO, A.; JOÃO, J.; MARTINELLI, C.; DEMÉTRIO, C.G.B. Aumento da produção de cana-de-açúcar com ácido giberélico. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v. 99, n.1, p. 35-42, 1982.

CASTRO, P.R.C.; MELOTTO, E.; SOARES, F.C.; PASSOS, I.R.S.; POMMER, C.V. Rooting stimulation in muscadine grape cuttings. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 51, p. 436-440, 1994.

CASTRO, P.R.C.; MIYASAKI, J.M.; BERNARDI, M.; MARENGO, D.; NOGUEIRA, M.C.S. Efeito do ethephon na maturação e produtividade da cana-de-açúcar. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 76, n. 2, p. 277-290, 2001.

CASTRO, P.R.C.; PENTEADO, S.R.; TERAMOTO, E.R.; DEMÉTRIO, C.G.B.; ANZAI, N.H. Promoção do desenvolvimento de nogueira-macadâmia com reguladores vegetais visando enxertia precoce. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, Piracicaba, v. 48, p. 155-166, 1991.

CASTRO, P.R.C.; ZAMBON, S.; SANSÍGOLO, M.A.; BELTRAME, J.A.; NOGUEIRA, M.C.S. Ação comparada de Ethrel, Fuzilade e Roundup, em duas épocas de aplicação, na maturação e produtividade da cana-de-açúcar 'SP 70-1143'. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 77, n. 1, p. 23-38, 2002.

CARLUCCI, M.V.; CASTRO, P.R.C. Efeitos do Trylone e Tomatotone na frutificação do tomateiro 'Miguel Pereira'. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, Piracicaba, v. 39, p. 591-604, 1982.

CATO, S.C.; CASTRO, P.R.C. Redução da altura de soja causada pelo ácido 2,3,5-triidobenzóico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 3, p. 981-984, 2006.
CHURATA-MASCA, M.G.C.; CASTRO, P.R.C.; AWAD, M. Influência do ácido 2-cloroetilfosfônico (ethephon) na modificação da expressão do sexo e produção do pepino (*Cucumis sativus* L.). **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 49, n. 1, p. 7-14, 1974.

FERNANDES, P.D.; CASTRO, P.R.C.; KRONKA, S.N.; AGUIAR, I.B. Ação de um regulador de crescimento no enraizamento de estacas de quatro plantas ornamentais. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, Piracicaba, v. 30, p. 217-226, 1973.

FONSECA, H.; NOGUEIRA, J.N.; GRANER, M.; ANNICHINO, A.V.K.O.; CASTRO, P.R.C.; MINAMI, K.; VELLO, N.A. Effect of growth regulators on the technological and sensory characteristics of tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill. cv. Gigante Piedade). **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 100, p. 105-112, 1980.

MOTA, R.V.; BASSINELLO, P.Z.; MELOTTO, E.; CASTRO, P.R.C. Desverdecimento e conservação em pós-colheita de frutos de Kunquat (*Fortunella margarita*, Swingle) em resposta a tratamentos com ethephon e cera. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 54, n. 3, p. 241-246, 1997.

SANCHEZ, F.R.; LEITE, I.C.; CASTRO, P.R.C. Efeito do ácido giberélico (AG3) na floração e produção da lima ácida 'Tahiti' (*Citrus latifolia* Tan.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 23, n. 3, p. 504-509, 2001.

SANTOS, A.C.P.; CASTRO, P.R.C. Desbaste químico em tangerineira 'Ponkan' sobre o nível de carboidratos e a composição mineral das folhas. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 22, n. 1, p. 93-112, 2001.

TAVARES, S.; CASTRO, P.R.C.; KLUGE, R.A.; JACOMINO, A.P. Uso de fitoreguladores para a conservação pós-colheita da lima ácida 'Tahiti'. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 25, n. 1, p. 209-224, 2004.

VIEIRA, A.; CASTRO, P.R.C. Efeito do ethephon no raleamento dos frutos do tangor 'Murcote'. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 9., 1987, Campinas. **Anais...** Campinas: SBF, 1987. p. 333-339.

WASHINGTON STATE UNIVERSITY. **Spray recommendations for tree fruits in eastern**. Washington, 1968. (Extension Bulletin, 419).

3 BIOESTIMULANTES NA AGRICULTURA

Bioestimulantes podem ser definidos como misturas de biorreguladores ou mistura de um ou mais biorreguladores com outros compostos de natureza química diferente (aminoácidos, vitaminas, sais minerais, etc.).

Infelizmente poucas pesquisas têm sido divulgadas sobre os numerosos bioestimulantes aplicados nas condições tropicais, sendo que por isso nos reportaremos a três mais conhecidos: Stimulate, Promalin e GA + 2,4-D.

Stimulate é um bioestimulante da Stoller, constituído de 50 mg L⁻¹ de giberelina (GA), 50 mg L⁻¹ de ácido indolbutírico (IBA) e 90 mg L⁻¹ de cinetina (CK).

Cato et al. (2004) estudaram o sinergismo entre os biorreguladores constituintes do Stimulate através da aplicação dos mesmos isoladamente, em dupla ou os três juntos, em uma planta-teste, o tomateiro *Lycopersicon esculentum* cv. Micro-Tom. Como controle utilizou-se uma mistura dos três componentes puros do bioestimulante nas concentrações do produto comercial. Os resultados obtidos mostraram que somente a mistura dos três componentes aumentou a produtividade de frutos do tomateiro, nos dois tratamentos aplicados. Os biorreguladores aplicados isoladamente ou em dupla não afetaram a produção da planta-teste com relação a testemunha. Observou-se ainda que a presença de IBA sozinho, em dupla ou os três juntos, sempre aumentou a fitomassa radicular do tomateiro 'Micro-Tom.'

Vieira e Castro (2003) verificaram que aplicação de Stimulate em sementes de feijoeiro 'Carioca' incrementou a germinação até a concentração de 8 mL kg⁻¹ de sementes. Stimulate na concentração de até 10 mL kg⁻¹ de sementes aumentou a germinação de plântulas normais e diminuiu a emergência de plântulas anormais de feijoeiro.

Castro et al. (2005) observaram que Stimulate incrementou a massa seca das raízes de feijoeiro até a concentração de 10 mL kg⁻¹ de sementes. O bioestimulante também aumentou o número de vagens por planta, o número de grãos por planta e a massa seca de grãos por planta, na concentração de 5 mL kg⁻¹ de sementes.

Aplicação foliar de Stimulate 3 mL L⁻¹ aumentou a massa de vagens e a massa de grãos do feijoeiro 'IAC - Carioca Tybatã'. A concentração de 5,4 mL kg⁻¹ de sementes também produziu os mesmos resultados (CASTRO et al., 2004).

Deve-se considerar que Stimulate pode ser aplicado em mistura com inseticidas, fungicidas, inoculantes e fertilizantes foliares, sem nenhum inconveniente (VIEIRA; CASTRO, 2004).

Aplicação de Stimulate 7,0 mL kg⁻¹ de sementes proporcionou o número máximo de plântulas normais em soja 'IAC 8-2'. A maior massa seca de plântulas foi obtida com Stimulate 8,2 mL kg⁻¹ de sementes (VIEIRA; CASTRO, 2001; 2004).

Castro e Vieira (2002) notaram que Stimulate 7,0 mL kg⁻¹ de sementes incrementou em 51,9% a emergência de plântulas normais de soja. Verificaram aumento de 55,3% na massa seca das plântulas quando tratadas com 8,2 mL kg⁻¹ de sementes.

Cato et al. (2005) notaram pequenas alterações na área foliar e na massa da matéria seca total da parte aérea de plantas de soja 'Conquista' tratada com Stimulate 1,7 e 3,4 mL

L⁻¹ coletada no estágio V5. Essas concentrações de Stimulate incrementaram a área radicular e a massa da matéria seca das raízes, avaliadas no estágio R1.

Verificou-se que aplicação de Stimulate 10 mL kg⁻¹ de sementes aumentou o número de grãos por planta de soja 'IAC 8-2' (CASTRO et al., 2004; CASTRO; VIEIRA, 2004).

Vieira et al. (2005) consideraram que Stimulate deve ser incorporado no sistema de produção da soja. Isto em função da aplicação do bioestimulante na concentração de 10 mL kg⁻¹ de sementes ter produzido 157,4 grãos planta⁻¹, superando em 24,3% o controle e incrementado em 36,9% a massa seca de grãos com relação ao controle.

Castro e Vieira (2003) verificaram que aplicação de Stimulate 10 mL L⁻¹ em sementes de milho 'Cargill C-929' aumentou a germinação das sementes. Essa mesma concentração incrementou o número de plântulas normais, reduzindo conseqüentemente a porcentagem de plântulas anormais. Esse resultado é importante, uma vez que novos cultivares, com ótimo potencial, podem ter problemas de germinação, os quais poderiam ser resolvidos com a aplicação do bioestimulante.

Vieira e Castro (2004) notaram que Stimulate 13,2 mL kg⁻¹ de sementes proporcionou um crescimento da raiz principal do milho 'Cargill C-929' de 34,7 cm, aumentando em 17% com relação ao controle. Stimulate 13,8 mL kg⁻¹ de sementes promoveu um incremento de 165,5% no comprimento radicular total, resultando na dimensão de 430,3 cm de raízes contra 162,0 cm do controle.

Castro e Vieira (2001) observaram que o milho tratado com Stimulate, em função do maior desenvolvimento do sistema radicular, mostrou incremento na absorção de água e nutrientes, maior vigor e atividade fotossintética, adquirindo elevado potencial de aumento em produção.

Vieira (2001) notou incremento nos parâmetros de crescimento do sistema radicular de arroz com aplicação de Stimulate 4 mL kg⁻¹ de sementes. Concentrações de até 10 mL kg⁻¹ de sementes aumentaram a massa seca das raízes e da parte aérea. Stimulate 4 mL kg⁻¹ de sementes aumentou o número de panículas e a massa seca de grãos do arroz 'Primavera'.

Castro et al. (2002) verificaram que Stimulate aplicado nas concentrações de 6,25 a 50,00 mL ha⁻¹ aumentou a dominância apical e o comprimento dos ramos de laranja 'Pera', sendo que 12,50 a 50,00 mL ha⁻¹ do produto reduziu o número de ramos da muda de citros.

Castro et al. (1998) notaram que três aplicações de Stimulate 1 L ha⁻¹ aumentou o número de ramos das árvores de laranja 'Pera' 69 dias após a primeira pulverização, além de incrementar o peso médio de frutos por árvore na colheita.

Verificou-se que aplicação de Stimulate 25 mL L⁻¹ tendeu a aumentar a área foliar da cana-de-açúcar 'RB 72-454' (CASTRO et al., 2002).

Tavares et al. (2004) observaram que a massa da matéria seca do sorgo (*Sorghum bicolor*) aumentou com aplicação de Stimulate de 4 a 20 mL kg⁻¹ de sementes. O crescimento da raiz principal e sua velocidade também foram incrementados com o aumento na concentração aplicada.

Promalin é um bioestimulante constituído de uma mistura de giberelinas, GA 4+7+ BA (benziladenina) na proporção de 1:1.

Pulverização de mudas de pereira, cerejeira e macieira, em condições de viveiro, com Promalin 250 e 500 mg L⁻¹ estimulou a ramificação lateral das plantas e produziu ramos com maiores ângulos com relação a indução mecânica (CODY et al., 1985).

Rufato et al. (2004) verificaram que aplicação de Promalin em faixa, no tronco de pessegueiro 'Riograndense', cultivado em sistema adensado, mostrou-se eficiente no incremento do comprimento dos ramos e do diâmetro do tronco até concentrações de 3.000 mg L⁻¹.

Joustra (1989) observou que Promalin 250 mg L⁻¹ aumentou o número de ramos de macieira 'Golden Hornet' e a ramificação de *Prunus triloba*, utilizadas como plantas ornamentais.

Aplicação de Promalin 25 mg L⁻¹ no florescimento ou 12,5 mg L⁻¹ no florescimento e novamente no fechamento do cálice, tem aumentado o tamanho dos frutos de diversos cultivares de macieira (TUKEY, 1980).

Burak e Büyükyilmaz (1997) notaram que baixas concentrações de Promalin aplicadas no florescimento e posteriormente, possibilitaram a obtenção de frutos de maçã com padrão ideal, boa coloração e melhor qualidade.

Dabul e Ayub (2005) verificaram que aplicações de Promalin 2,5 L ha⁻¹ em macieira 'Gala' promoveu aumentos no comprimento do pedúnculo, no diâmetro e na massa do fruto.

A mistura de giberelina (GA) 10-20 mg L⁻¹ + ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) 8 mg L⁻¹ tem proporcionado relevantes efeitos em diferentes fases fenológicas dos citros.

Observou-se que aplicação de GA 15 mg L⁻¹ + 2,4-D 8 mg L⁻¹ incrementou o desenvolvimento das brotações em laranja 'Bahia' e outros cultivares, aumentando a área foliar, a fotossíntese e a produtividade das árvores quando tendiam a diminuir suas produções (CASTRO, 2001).

Pulverização com GA 15 mg L⁻¹ + 2,4-D 8 mg L⁻¹ após o período de seca invernal diminuiu o florescimento em até 50%, revelando-se um método adequado para restringir a alternância de produção e evitar super safra, capaz de reduzir o tamanho dos frutos, provocar esgotamento de nutrientes e mesmo causar quebra de galhos da árvore de 'Murcott' (CASTRO et al., 2001).

Serciloto et al. (2003) avaliaram o efeito da aplicação de GA 20 mg L⁻¹ + 2,4-D 8 mg L⁻¹ numa florada extemporânea, em 19/06, da lima ácida 'Tahiti'. Observou-se que o tratamento incrementou em 21,3% a fixação dos frutos contra 5,9% do controle, 107 dias após a aplicação (DAA).

Aplicação de GA 20 mg L⁻¹ + 2,4-D 8 mg L⁻¹, 45 dias antes da colheita da laranja 'Westin', proporcionou aumento na retenção dos frutos na árvore. Este fato mostra-se de interesse em função da freqüente forte abscisão de frutos em pré-colheita deste cultivar (ANTONIOLLI et al., 2003).

Imersão dos frutos recém colhidos de laranjas (Figura 7), tangerinas e limões em solução de GA 10 mg L⁻¹ + 2,4-D 30 mg L⁻¹ retardou a mudança de coloração da casca (CASTRO et al., 2001).



Figura 7 - Atraso na coloração da casca de laranja 'Valência' obtida pela imersão dos frutos em solução de GA + 2,4-D (1) com relação ao controle (4)

Castro et al. (2003) observaram em uma plantação de laranja 'Pera' com sintomas iniciais de Clorose Variegada dos Citros (CVC), pulverizada em 19/12 e 30/03 com GA 50 mg L⁻¹ + 2,4-D 8 mg L⁻¹, em Pirassununga, aumento no número de frutos produzidos.

Castro e Cato (2005) observaram que árvores de laranja 'Pera' tratadas com GA 20 mg L⁻¹ + 2,4-D 8 mg L⁻¹ aumentaram a ramificação. Também notaram que o bioestimulante incrementou o número de frutos produzidos.

Verificou-se em um pomar de laranja 'Pera' com sintomas iniciais de CVC, que aplicação de GA 20 mg L⁻¹ + NAA 20 mg L⁻¹ em 25/02, em Novo Horizonte, promoveu remissão dos sintomas de CVC (CASTRO et al., 2001).

Prates et al. (1983) notaram que pulverização de árvores de laranja 'Pera', mostrando Declínio unilateral acentuado, em 03/09, com GA 50 mg L⁻¹ + 2,4-D 10 mg L⁻¹ promoveu recuperação das árvores de citros.

Prates et al. (1988) verificaram que o tratamento de laranja 'Pera', apresentando Declínio unilateral acentuado, em 03/01, com GA 50 mg L⁻¹ + NAA 20 mg L⁻¹, GA 100 mg L⁻¹ + 2,4-D 10 mg L⁻¹ e GA 50 mg L⁻¹ + NAA 15 mg L⁻¹ + biofertilizante, promoveu remissão dos sintomas da anomalia.

Esses resultados sugerem que a mistura de giberelina com auxina pode ser útil no manejo de citros atacado por CVC ou com Declínio.

Referências

ANTONIOLLI, L.R.; CASTRO, P.R.C.; KLUGE, R.A. Prevenção da abscisão pré-colheita de frutos de laranjeira 'Westin'. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 24, n. 1, p. 83-94, 2003.

BURAK, M.; BÜYÜKYILMAZ, M. Effect of Promalin on fruit shape and quality of Starving Delicious apple cultivar. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 463, p. 365-369, 1997.

CASTRO, P.R.C. Biorreguladores em citros. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 22, n. 2, p. 367-381, 2001.

CASTRO, P.R.C.; CATO, S.C. Gibberellin and auxin on the behavior of *Citrus* trees. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PLANT BIOREGULATORS IN FRUIT PRODUCTION, 10., 2005, Saltillo. **Abstracts...** Saltillo, 2005. p. 61.

CASTRO, P.R.C.; VIEIRA, E.L. Ação de biorreguladores na cultura do milho. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. (Ed.). **Milho: tecnologia e produtividade**. Piracicaba: ESALQ, 2001. p. 48-59.

_____. Ação do Stimulate em sementes na germinação, desenvolvimento radicular e produtividade da soja (*Glycine max* (L.) Merrill). In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 24., 2002, Londrina. **Resumos...** Londrina, 2002. p. 201-202.

_____. Biorreguladores e bioestimulantes na cultura do milho. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. (Ed.). **Milho: estratégias de manejo para alta produtividade**. Piracicaba: ESALQ, 2003. p. 99-115.

_____. Biostimulant effect on yield of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). In: WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 7., 2004, Foz do Iguassu. **Abstracts...** Foz do Iguassu, 2004. p. 133.

CASTRO, P.R.C.; CATO, S.C.; VIEIRA, E.L. Biorreguladores e bioestimulantes em feijoeiro. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. (Ed.). **Feijão irrigado: tecnologia & produção**. Piracicaba: ESALQ, 2005. p. 54-62.

CASTRO, P.R.C.; MEDINA C.L.; ALMEIDA, M. Response of Citrus Variegated Chlorosis (CVC) infected 'Pera' sweet orange to growth regulators. **Proceedings of the Interamerican Society of Tropical Horticulture**, Lima, v. 43, p. 104-107, 1999.

CASTRO, P.R.C.; PACHECO, A.C.; MEDINA, C.L. Efeitos de Stimulate e de Micro-Citros no desenvolvimento vegetativo e na produtividade da laranjeira 'Pera' (*Citrus sinensis* L. Osbeck). **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 55, n. 2, p. 338-341, 1998.

CASTRO, P.R.C.; KLUGE, R.A.; MEDINA, C.L.; CORRENTE, J.E. Management of Citrus Variegated Chlorosis (CVC) with bioregulators. **Proceedings of the Interamerican Society of Tropical Horticulture**, Lima, v. 47, p. 161-163, 2003.

CASTRO, P.R.C.; MARINHO, C.S.; PAIVA, R.; MENEGUCCI, J.L.P. Fisiologia da produção dos citros. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 209, p. 26-38, 2001.

CASTRO, P.R.C.; MATTA Jr., J.P.; TAVARES, S.; VENDEMIATTI, A. Ação de biorreguladores no desenvolvimento da cana-de-açúcar 'RB 72-454'. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BOTÂNICA DE SÃO PAULO, 14., 2002, Rio Claro. **Resumos...** Rio Claro: SBSP, 2002. 1 CD-ROM.

CASTRO, P.R.C.; SILVA, G.P.; CATO, S.C.; TAVARES, S. Ação de bioestimulantes em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* cv. IAC – Carioca Tybatã). **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 79, n. 2, p. 215-225, 2004.

CASTRO, P.R.C.; VIEIRA, E.L.; CASTRO, J.R.P.; TAVARES, S. Produtividade da soja tratada com Stimulate. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 26., 2004, Ribeirão Preto. **Resumos...** Ribeirão Preto, 2004. p. 114.

CASTRO, P.R.C.; SOUZA, E.C.P.; RIBEIRO, R.V.; TAVARES, S.; VENDEMIATTI, A. Ação da aplicação foliar de Stimulate na formação de mudas de *Citrus sinensis* cv. Pera. In: REUNIÓN LATINOAMERICANA DE FISIOLÓGIA VEGETAL, 11., 2002, Punta del Este. **Actas...** Punta del Este, 2002. p. 111-112.

CATO, C.S.; CASTRO, P.R.C.; OLIVEIRA, R.F. Desenvolvimento radicular de plantas de soja (*Glycine max* L. Merrill) influenciado por bioestimulante. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA NA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 27., 2005, Cornélio Procópio. **Resumos...** Cornélio Procópio, 2005. p. 493-494.

CATO, S.C.; CASTRO, P.R.C.; VENDEMIATTI, A.; OLIVEIRA, R.F. Desenvolvimento vegetativo de plantas de soja (*Glycine max* L. Merrill) afetado por bioestimulante. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISIOLOGIA VEGETAL, 10., 2004, Recife. **Anais...** Recife, 2004. 1 CD-ROM.

CATO, S.C.; CASTRO, P.R.C.; ONGARELLI, M.G.; CARVALHO, R.F.; PERES, L.E.P. Estudo do sinergismo entre auxinas, giberelinas e citocininas no desenvolvimento vegetativo e na frutificação de *Lycopersicon esculentum* Mill. cv. Micro-Tom. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISIOLOGIA VEGETAL, 10., 2004, Recife, 2004. **Anais ...** Recife, 2004. 1 CD-ROM.

CODY, C.; LARSEN, F.E.; FRITTS Jr., R. Induction of lateral branches in tree fruit nursery stock with propyl-3-t-butylphenoxy acetate (MB 25,105) and Promalin (GA4+7 + 6-benzyladenine). **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 26, p. 111-118, 1985.

DABUL, A.N.G.; AYUB, R.A. Efeito da aplicação de Promalin em frutos de maçã (*Malus domestica*) cv. Gala. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 52, n. 301, p. 351-356, 2005.

JOUSTRA, M.K. Effect of Promalin on ornamental *Malus* and *Prunus* species. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 251, p. 377-380, 1989.

- PRATES, H.S.; CASTRO, P.R.C.; GUIRADO, N.; MELOTTO, E.; MULLER, G.W. Remissão de sintomas iniciais do Declínio de Citros pela aplicação de reguladores vegetais. **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, Piracicaba, v. 45, n. 1, p. 229-240, 1988.
- PRATES, H.S.; CASTRO, P.R.C.; SOUZA, W.; DIONISIO, A.; APPEZZATO, B. Ação de reguladores vegetais no Declínio dos Citros. **Summa Phytopathologica**, Piracicaba, v. 9, p. 220-229, 1983.
- RUFATO, L.; DE ROSSI, A.; FARIA, J.L.C. Uso de Promalina e incisão anelar no incremento do crescimento vegetativo de ramos laterais em pessegueiro (*Prunus persica* (L.) Batsch) conduzido em axis colunar. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 10, n. 1, p. 117-122, 2004.
- SERCILOTO, C.M.; CASTRO, P.R.C.; RIBEIRO, R.V.; TAVARES, S.; MEDINA, C.L.; MACHADO, E.C. Biorreguladores na fixação dos frutos da lima ácida ‘Tahiti’. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 24, n. 2, p. 383-395, 2003.
- TAVARES, S.; CATO, S.C.; CASTRO, P.R.C.; SILVA, G.P. Bioestimulante incrementa o desenvolvimento do sistema radicular em híbrido de sorgo (*Sorghum bicolor* Moench.). In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 25., 2004, Cuiabá. **Resumos ...** Cuiabá, 2004. 1 CD-ROM.
- TUKEY, L.D. Alar and Promalin in intensive orchard systems. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 114, p. 152-153, 1980.
- VIEIRA, E.L. **Ação de bioestimulante na germinação de sementes, vigor de plântulas, crescimento radicular e produtividade de soja (*Glycine max* (L.) Merrill), feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) e arroz (*Oryza sativa* L.)**. 2001. 122 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.
- VIEIRA, E.L.; CASTRO, P.R.C. Ação de bioestimulante na germinação de sementes, vigor das plântulas, crescimento radicular e produtividade de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 23, n. 2, p. 222-228, 2001.
- _____. Ação de bioestimulante na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). In: FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. (Ed.). **Feijão irrigado: tecnologia e produtividade**. Piracicaba: ESALQ, 2003. p. 73-100.
- _____. **Ação de bioestimulante na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. Cosmópolis: Stoller, 2004a. 73 p.

_____. Biostimulant effect on seeds germination, seedlings vigor and root growth of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). In: WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 7., 2004, Foz do Iguassu. **Abstracts...** Foz do Iguassu, 2004b. p. 259.

_____. Efeito do Stimulate na germinação, vigor e desenvolvimento radicular do milho (*Zea mays* cv. Cargill C - 929). In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 25., 2004, Cuiabá. **Resumos...** Cuiabá, 2004c. 1 CD-ROM.

VIEIRA, E.L.; CASTRO, P.R.C.; CATO, S.C.; SILVA, G.P. Stimulate no sistema de produção da soja. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA NA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 27., 2005, Cornélio Procópio. **Resumos ...** Cornélio Procópio, 2005. p. 82-83.

4 BIOATIVADORES NA AGRICULTURA

Bioativadores são substâncias orgânicas complexas promotoras de crescimento capazes de atuar em fatores de transcrição da planta e na expressão gênica, em proteínas de membrana alterando o transporte iônico e em enzimas metabólicas capazes de afetar o metabolismo secundário, de modo a modificar a nutrição mineral, produzir precursores de hormônios vegetais, levando a síntese hormonal e a resposta da planta a nutrientes e hormônios (Figura 8).

Dois potentes inseticidas sistêmicos têm demonstrado esse efeito, o aldicarb e o thiametoxan.

O aldicarb (Temik), 2-metil -2 (metiltio) propionaldeído Q-(metil carbamoyl) oxime, é um inseticida utilizado extensivamente, principalmente no controle de pragas iniciais do algodoeiro.

Em função de relatórios sobre efeitos positivos do aldicarb em processos fisiológicos do algodoeiro foi conduzido um estudo para verificar os efeitos dessa substância no desenvolvimento, produtividade e fotossíntese do algodoeiro (REDDY et al., 1989).

Aldicarb foi incorporado nas linhas de plantio nas concentrações de 0,84 kg i.a. ha⁻¹, seguido por 2,24 kg i.a. ha⁻¹ no início do florescimento. Plantas tratadas com aldicarb aumentaram o vigor e acumularam mais fitomassa no início do período vegetativo com relação ao controle. Algodoeiros tratados com aldicarb apresentaram taxas fotossintéticas mais altas durante a estação de crescimento da cultura. Aos 56 dias após a emergência (DAE) as plantas tratadas com aldicarb mostraram incremento na massa seca total. Aldicarb promoveu aumento significativo na massa seca das raízes em maiores profundidades do solo. Plantas tratadas com aldicarb apresentaram aumento no número de radículas funcionais, no comprimento total das raízes e na densidade das raízes, observada através da face de vidro do recipiente de plantio. As plantas tratadas podem explorar mais

uniformemente a totalidade do perfil do solo para água e nutrientes com relação ao controle. Plantas tratadas com aldicarb mostraram taxas mais altas de fotossíntese. Aldicarb promoveu florescimento precoce no algodoeiro, sendo que o número e massa dos capulhos mostraram-se ligeiramente mais altos (REDDY et al., 1990).



Figura 8 – Representação esquemática do modo de ação dos bioativadores aplicados nos vegetais

Fouche et al. (1977) trabalhando com aldicarb em laranja 'Valência', para controle de nematóide na África do Sul, observaram maior aumento de potássio nas folhas, quando comparado à aplicação de KNO_3 , KCl e K_2SO_4 , em pulverização. Wheaton et al. (1985) obtiveram aumento de fósforo e cálcio em laranja 'Valência' tratada com aldicarb.

Anania et al. (1988a) notaram influência do aldicarb nos níveis foliares de fósforo e potássio em amendoimzeiro. Anania et al. (1988b) observaram aumento nos teores de fósforo e potássio nas folhas de limão 'Tahiti' tratado com aldicarb.

Calafiore et al. (1989) verificaram os efeitos da aplicação de aldicarb em cafeeiro 'Novo Mundo'. Notaram no primeiro ano que o inseticida incrementou os teores de fósforo, potássio e nitrogênio nas folhas, sendo que esses resultados foram confirmados no segundo ano.

Lubus et al. (1985) e Junqueira et al. (1988) verificaram a eficiência da aplicação de aldicarb na produtividade de batata. Teixeira et al. (1991) observaram que aldicarb afetou positivamente a absorção de fósforo e potássio em batata. Souza Neto e Teixeira (1992) observaram que aldicarb incrementou os níveis de nitrogênio, fósforo e potássio nas folhas de batata 'Achat'. Também verificaram que o produto tendeu a aumentar o desenvolvimento das plantas.

De Grande (1992) realizou experimentos com aplicação de aldicarb ($2 \text{ kg i.a. ha}^{-1}$) em soja 'Dourados', sob condições de casa de vegetação e de campo. Aldicarb aumentou a altura das plantas, o diâmetro do caule, o número de vagens por planta e a duração do ciclo da cultura. O produto tendeu a incrementar o peso das raízes e a produção de grãos. Castro et al. (1995) efetuaram ensaio em casa de vegetação com aplicação de aldicarb em feijoeiro 'Carioca'. Notaram que $0,035 \text{ g}$ do produto por planta aumentou a altura do feijoeiro 41 DAS. Houve incremento no número de flores aos 59 DAS nas plantas tratadas com aldicarb $0,025$ e $0,065 \text{ g planta}^{-1}$. Verificou-se aumento no número de vagens, massa de vagens e massa de sementes em feijoeiro 'Carioca' tratado com $0,035 \text{ g planta}^{-1}$. Aplicação de aldicarb $0,025 \text{ g planta}^{-1}$ incrementou o número de sementes do feijoeiro.

O thiametoxan (Cruiser), 3-(2-cloro-tiazol-5-ilmetil)-5-metil-[1,3,5] oxadiazinan -4-ilideno-N-nitroamina, é um inseticida sistêmico do grupo neonicotinóide, da família nitroguanidina que atua no receptor nicotínico acetilcolina da membrana de insetos, lesando o sistema nervoso e levando-os à morte. É utilizado com sucesso no controle de pragas iniciais de diversas culturas.

Devido aos numerosos relatos de observações de campo descrevendo aumentos em vigor, desenvolvimento e produtividade da soja tratada com thiametoxan, mesmo na ausência de pragas, considerou-se que o produto possuía um efeito fitotônico.

Tavares e Castro (2005) avaliaram os efeitos fisiológicos de thiametoxan aplicado no tratamento de sementes de soja 'Monsoy'. Efetuaram teste de germinação, analisaram o desenvolvimento radicular em rizotrons e estudaram o crescimento da planta de soja. Verificaram que thiametoxan aumentou a área foliar e o volume radicular do cultivar 'Monsoy'. Também incrementou a massa seca das raízes e da parte aérea na concentração de 100 mL por 100 kg de sementes; sendo que essa concentração também aumentou a

altura da soja 30 DAE. Concluiu-se que incremento no desenvolvimento das raízes pode aumentar a absorção de água e nutrientes minerais, aumentando a área foliar e o vigor das plantas de soja.

Em função desses resultados tentou-se avaliar a molécula de thiametoxan para verificar se a mesma trata-se de um regulador vegetal. Realizaram-se biotestes com thiametoxan nas concentrações de 0,1 a 1000 μM , comparativamente ao controle. O produto foi aplicado em sementes de tomateiro 'Micro-Tom' (sensível a giberelina), DGT (sensível a auxina) e BRT (sensível a citocinina). Thiametoxan não afetou o desenvolvimento do hipocótilo nem da radícula das plantas-teste. Concluiu-se que a molécula não pertence a nenhum desses grupos de promotores de crescimento (CASTRO et al., 2005). O aumento no teor de citocinina, anteriormente aventado, deve-se ao maior desenvolvimento radicular e maior síntese desse hormônio endógeno nas pontas das raízes adicionais.

Outros trabalhos com thiametoxan têm mostrado que o produto está relacionado com aumentos na germinação, no estande e vigor, na atividade enzimática, aumento no nível de nutrientes, incrementos na altura, diâmetro do caule e desenvolvimento das raízes, na fitomassa, no número de vagens, na massa de grãos e na produção; tendo mostrado um aumento médio de 4 sacas por hectare de soja.

Thiametoxan parece aumentar a absorção de água e a resistência estomática, melhorando o equilíbrio hídrico da planta. É possível que esses fatos levem a planta a tolerar melhor déficits hídricos e estresse salino.

Referências

ANANIA, P.F.R.; TEIXEIRA, N.T.; CALAFIORI, M.H.; ZAMBON, S. Influência de inseticidas granulados sistêmicos nos teores de N-P-K nas folhas de amendoim (*Arachis hypogaea* L.). **Ecossistema**, Espírito Santo do Pinhal, v. 13, p. 121-124, 1988a.

ANANIA, P.F.R.; OLIVEIRA, C.L.; TEIXEIRA, N.T.; ZAMBON, S.; CALAFIORI, M.H. Influência da aplicação de aldicarbe nos teores de N-P-K nas folhas de limoeiro Taiti (*Citrus aurantifolia*) cv. Peruano. **Ecossistema**, Espírito Santo do Pinhal, v. 13, p. 48-52, 1988b.

CALAFIORI, M.H.; TEIXEIRA, N.T.; SCHMIDT, H.A.P.; ANANIA, P.F.R.; GRANDO, F.I.; PALAZZINI, R.; MARTINS, R.C.; OLIVEIRA, C.L.; ZAMBON, S. Efeitos nutricionais de inseticidas sistêmicos granulados sobre cafeeiros. **Ecossistema**, Espírito Santo do Pinhal, v. 14, p. 132-141, 1989.

CASTRO, P.R.C.; PITELLI, A.M.C.M.; PERES, L.E.P. Avaliação do crescimento da raiz e parte aérea de plântulas de tomateiro MT, DGT e BRT germinadas em diferentes concentrações do inseticida thiametoxan. In: ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA "LUIZ DE QUEIROZ". **Relatório Técnico, ESALQ/Syngenta**. Piracicaba, 2005. p. 14-25.

CASTRO, P.R.C.; SOARES, F.C.; ZAMBON, S.; MARTINS, A.N. Efeito do aldicarb no desenvolvimento do feijoeiro cultivar Carioca. **Ecossistema**, Espírito Santo do Pinhal, v. 20, p. 63-68, 1995.

DeGRANDE, P.E. **Influência de aldicarb e carbofuran na soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. 1992. 137 p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1992.

FOUCHE, P.S.; BESTER, D.H.; VELDMAN, G.H. The influence of potassium applications and nematocides on the potassium nutrition of 'Valencia' orange trees on replant citrus soil. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Geneva, v. 102, n. 5, p. 546-547, 1977.

JUNQUEIRA, F.M.A.; FORNER, M.A.; CALAFIORI, M.H.; TEIXEIRA, N.T.; ZAMBON, S. Aplicação de aldicarbe em diferentes dosagens e tipos de adubação influenciando a produtividade na cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.). **Ecossistema**, Espírito Santo do Pinhal, v. 13, p. 101-107, 1988.

LUBUS, C.A.F.; FERRAZ, J.A.D.P.; CALAFIORI, M.H.; ZAMBON, S.; BUENO, B.F. Ensaio com diferentes dosagens de aldicarbe e de adubo visando a produtividade na cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.), **Ecossistema**, Espírito Santo do Pinhal, v. 10, p. 64-68, 1985.

REDDY, K.R.; REDDY, V.R.; BAKER, D.N.; MCKINION, J.M. Effects of aldicarb on photosynthesis, root growth and flowering of cotton. In: PLANT GROWTH REGULATION SOCIETY OF AMERICAN ANNUAL MEETING, 16., 1989, Arlington. **Proceedings ...** Arlington: Plant Growth Regulation Society of America, 1989. p. 168-169.

REDDY, K.R.; REDDY, V.R.; HODGES, H.F.; MCKINION, J.M. Is aldicarb (Temik) a plant growth regulator? In: PLANT GROWTH REGULATION SOCIETY OF AMERICAN ANNUAL MEETING, 17., 1990, Saint Paul. Saint Paul: Plant Growth Regulation Society of America, 1990. p. 79-80.

SOUZA NETO, J.C.; TEIXEIRA, N.T. Aldicarbe e adubação influenciando na absorção de nutrientes pela cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.). **Ecossistema**, Espírito Santo do Pinhal, v. 17, p. 57-65, 1992.

TAVARES, S.; CASTRO, P.R.C. Avaliação dos efeitos fisiológicos de Cruiser 35 FS após tratamento de sementes de soja. In: ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA "LUIZ DE QUEIROZ". **Relatório Técnico, ESALQ/Syngenta**. Piracicaba, 2005. p. 1-13.

TEIXEIRA, N.T.; ZAMBON, S.; BOLLELA, E.R.; NAKANO, M.N.; OLIVEIRA, D.A.; CALAFIORI, M.H. Adubação e aldicarbe influenciando os teores de N, P e K, nas folhas da cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.). **Ecossistema**, Espírito Santo do Pinhal, v. 16, p. 120-125, 1991.

WHEATON, T.A.; CHILDERS, C.C.; TIMMER, L.W.; DUNCAN, L.W.; NIKDEL, S. Effects of aldicarb on the production, quality of fruits and situation of citrus plants in Florida. **Proceedings of the Florida State for Horticultural Society**, Tallahassee, v. 98, p. 6-10, 1985.

5 AGROQUÍMICOS FITOTÔNICOS

Os agroquímicos relacionados com hormônios vegetais que são aplicados com sucesso na agricultura, são denominados de biorreguladores, bioestimulantes e bioativadores. Esses produtos foram estabelecidos através de muitos trabalhos de pesquisa que comprovaram sua eficiência.

Biorregulador é um composto orgânico, não nutriente, aplicado na planta, que a baixas concentrações, promove, inibe ou modifica processos morfológicos e fisiológicos do vegetal. Pertence ao grupo das auxinas, giberelinas, citocininas, retardadores, inibidores e etileno. Além desses grupos clássicos, têm-se aventado os grupos dos brassinosteróides, jasmonatos, salicilatos e poliaminas, com efeitos similares aos dos biorreguladores.

Bioestimulantes podem ser definidos como misturas de biorreguladores ou mistura de um ou mais biorreguladores com outros compostos de natureza química diferente (aminoácidos, vitaminas, sais minerais, etc.). Infelizmente poucas pesquisas têm sido divulgadas sobre os numerosos bioestimulantes aplicados nas condições tropicais, sendo que por isso citaremos os três mais conhecidos: Stimulate, Promalin e GA + 2,4-D.

Bioativadores são substâncias orgânicas capazes de modificar o desenvolvimento e a fisiologia das plantas atuando indiretamente na síntese de hormônios endógenos ou de seus precursores, levando a aumentos em produtividade. Dois potentes inseticidas sistêmicos têm demonstrado esse efeito o Thiametoxan e o Aldicarb, além do brotante Cianamida Hidrogenada.

Agroquímicos que não se enquadram nesses grupos necessitam serem pesquisados para se estabelecer sua possível inclusão, sendo que produtos capazes de alterar a morfologia das plantas (evitar a queda de folhas e manter essas folhas verde-escuras), teriam efeito fitotônico. Esse efeito poderá ser favorável ou desfavorável à produção vegetal, conforme as condições ambientais amenas ou estressantes, respectivamente, a que a planta venha a ser submetida.

Consideramos que além dos fungicidas cúpricos, aqueles pertencentes aos diferentes grupos de triazóis (biorregulador), como o Triadimenol, além de alguns inseticidas, carboidratos e alguns outros agroquímicos, possuem um efeito fitotônico.

Na década de 70, Reis et al. (1979) referiram-se a um possível efeito tônico de fungicidas cúpricos, os quais, quando aplicados em cafeeiros adultos sadios, proporcionaram aumentos na produção. Os autores consideraram que os fungicidas causaram esse efeito principalmente pela ação dos mesmos no aumento da retenção de folhas.

Na África, foi proposta a seleção de genótipos de *Coffea arabica* que não requereriam pulverizações de fungicida de efeito tônico para aumentar a retenção foliar e a produção de café (VAN DER VOSSSEN; BROWNING, 1978).

Reis et al. (1979) estudaram os efeitos de fungicidas cúpricos e orgânicos, inseticidas granulados e piretróides no crescimento de mudas de cafeeiro. Sob condições de casa de vegetação, evitou-se o ataque de pragas e doenças do cafeeiro. Os tratamentos foram iniciados quando as plantas de 'Catuaí Amarelo' apresentaram 2 pares de folhas definitivas. Os tratamentos foliares constaram de 6 pulverizações a intervalos de 30 dias, de março a agosto; sendo que os tratamentos no solo foram realizados em março e dois meses após. Apesar de não terem sido verificadas diferenças significativas entre os tratamentos, observou-se que todos os produtos apresentaram algum efeito benéfico no crescimento das mudas, destacando-se o Zineb e o Disyston que promoveram um acréscimo de 28% em área foliar e 22% na massa seca total, quando comparados com o controle.

Miguel et al. (1980) estudaram a ação fisiológica de Triadimenol e Dissulfoton em cafeeiro. Triadimenol é um fungicida sistêmico do grupo dos triazóis (biorregulador) de efeito protetivo e de eficiência comprovada no controle da ferrugem do cafeeiro, tanto em aplicação foliar como via solo. Dissulfoton é um inseticida organo-fosforado, aplicado no solo, indicado para controle do bicho-mineiro e de pragas do solo do café. A associação destes dois produtos tem resultado em aumentos na produção do cafeeiro. As plantas tratadas mostram-se mais verdes e vigorosas, apresentando aumento do sistema radicular.

Plantas com 6 pares de folhas foram tratadas com Triadimenol + Dissulfoton via solo, sob a forma de Bayfidan e Dissulfoton CE 25%. O fungicida foi aplicado na dosagem de 0,24 mL cova⁻¹ e o inseticida foi utilizado na dose de 1,0 mL cova⁻¹. A associação fungicida-inseticida promoveu maior desenvolvimento das plantas. Houve incremento de 41% na altura, de 38% na área foliar e de 39% na massa seca. A taxa assimilatória líquida aumentou em 26% nos cafeeiros tratados com Triadimenol + Dissulfoton (MIGUEL et al., 1992a).

Miguel et al. (1992b), realizaram um trabalho com mudas de 'Catuaí Vermelho' após o transplante, apresentando dois pares de folhas, as quais foram submetidas a aplicação

de Oxicloreto de Cobre (0,3% foliar), Triadimenol (0,2%, foliar), Triadimenol (0,2%, 2 mL planta⁻¹, via tronco), Triadimenol (400 mL ha⁻¹, via solo), Triadimenol (800 mL ha⁻¹, via solo), Dissulfoton (1 mL cova⁻¹, via solo), Dissulfoton (2 mL cova⁻¹, via solo), Triadimenol + Dissulfoton (400 mL ha⁻¹, 1 mL cova⁻¹), (400 mL ha⁻¹, 2 mL cova⁻¹), (800 mL ha⁻¹, 1 mL cova⁻¹) e (800 mL ha⁻¹, 2 mL cova⁻¹). Os produtos utilizados foram o Recop (50% cobre metálico), Bayfidan (250 CE) e Dissulfoton (25% CE). Foi efetuada uma aplicação no solo, 4 aplicações foliares (mensais) e uma aplicação no tronco. O tratamento mais eficiente foi a mistura fungicida-inseticida, via solo, na menor dosagem, resultando num aumento de 21% em altura, 31% na massa seca da parte aérea e 23% na massa seca total, com relação ao controle. Notou-se também um incremento de 24% na massa seca radicular.

De acordo com Matiello et al. (1992), a aplicação do fungicida-inseticida Baysiston (via solo) promoveu maior enfolhamento do cafeeiro, acentuou a coloração verde escura das folhas, reduziu a deficiência nutricional das plantas e incrementou a formação de raízes secundárias. Em cafeeiro 'Mundindu', com 10 anos, foram aplicados; Baysiston GR (1,5% Triadimenol + 7,5% Dissulfoton) 40 kg ha⁻¹, Bayfidan GR 6% a 10 kg ha⁻¹, Disyston GR 10 a 30 kg ha⁻¹, além do controle. Nos tratamentos contendo Triadimenol ocorreu maior desenvolvimento radicular. Devemos lembrar que esse produto é do grupo dos triazóis (biorregulador) podendo causar maior formação de raízes em detrimento ao crescimento da parte aérea, semelhantemente aos fungicidas utilizados no combate à ferrugem da soja. Dissulfoton também causou enraizamento superior ao controle. Ensaio com cafeeiro 'Acaia' mostrou que Baysiston também promoveu maior enraizamento com relação ao controle.

Considerou-se que o Baysiston, utilizado no controle da ferrugem e do bicho mineiro do café, tem melhorado o aspecto vegetativo da planta, aumentando a retenção foliar e o vigor, levando a aumentos em produtividade. Utilizou-se 5 g de Baysiston por cova do cafeeiro 'Catuai' no transplante de mudas com 6 meses de idade. Concluiu-se que Baysiston aumentou a altura das plantas, o diâmetro do caule, a massa das raízes e da parte aérea, notando-se ainda incremento no diâmetro da copa (BARROS et al., 1992).

A literatura mostra vários exemplos onde a aplicação de fungicidas, principalmente cúpricos, em plantas sadias de cafeeiro ou com ferrugem, ocasionou maior retenção foliar e redução na queda anormal de folhas, o que levou a aumentos na produção (PASCHOLATI et al., 1986). Consideraram que poucas hipóteses existem para explicar a natureza do efeito tônico. Admite-se que a microflora saprofítica pode provocar o amarelecimento e a queda prematura das folhas, através da estimulação na produção de etileno endógeno. As pulverizações cúpricas controlaram a microflora, diminuindo conseqüentemente a concentração de etileno endógeno e prolongando a permanência das folhas nas plantas. Devido a inexistência de uma explicação fisiológica do efeito tônico provocado por fungicidas cúpricos em cafeeiro, tentou-se entender a ação do produto em plantas sadias ou com ferrugem. Cafeeiros 'Mundo Novo' com 1 ano de idade foram tratados com óxido cuproso (7,5 g L⁻¹ de água) ou Dithane M-45 (10 g L⁻¹ de água), tendo sido avaliadas a capacidade de retenção foliar, a produção de clorofila e de etileno durante a senescência natural ou induzida (ethephon, escuro) em condições de casa de vegetação ou câmaras

de crescimento. Na senescência natural concluiu-se que o efeito do óxido cuproso é mais evidente no aumento da retenção foliar do que no teor de clorofila nas folhas. O Dithane M-45 não promoveu efeito tônico característico. Na senescência induzida por ethephon verificou-se que o óxido cuproso aumentou a retenção foliar mas não alterou o nível de clorofila nas folhas; sendo que esse fungicida reduziu o teor de etileno liberado pelas plantas tratadas com ethephon. Na senescência induzida por escuro notou-se efeito evidente do óxido cuproso na retenção foliar, o que não ocorreu com o Dithane M-45. Observou-se maior conteúdo de clorofila nas folhas tratadas com os fungicidas; sendo que a liberação de etileno é reduzida nas folhas tratadas com esses produtos.

Experimento semelhante ao anterior foi instalado, sob condições de campo, em cafeeiro 'Mundo Novo', em Ribeirão Preto. O controle (A) foi tratado com Solvirex G-10 (15 g cova⁻¹) para combate ao Bicho Mineiro nos meses de outubro e janeiro, (B) constou do tratamento contra Bicho Mineiro além de pulverização com óxido cuproso 50% (3 kg por 1000 covas) para controle da ferrugem de janeiro a abril, (C) nas pulverizações tônicas, além do tratamento contra Bicho Mineiro e ferrugem, os cafeeiros foram pulverizados com óxido cuproso 50% (3 kg por 1000 covas) nos meses de maio e outubro. Durante o ano agrícola 85/86, as dosagens corresponderam à metade daquelas mencionadas acima. Verificou-se que o óxido cuproso (tratamentos B e C) aumentou a retenção foliar em relação ao controle (A). O conteúdo de clorofila e a liberação de etileno não foram afetados. Aplicação de óxido cuproso reduziu a porcentagem de folhas afetadas pela ferrugem e aumentaram a produção de café beneficiado (SILVA et al., 1987).

Deve-se considerar também que os fungicidas cúpricos, com coloração azul, exercem um efeito antitranspirante, mantendo mais alto o potencial água das folhas, reduzindo a abscisão.

Carvajal e Pereira (1960) aplicaram uma solução contendo 10% de sacarose, 0,2% de Thiodan (inseticida), 0,025% de Sulfanilamida (bacteriostático) e 0,5% de Xantomerase (umectante), em mudas estressadas de cafeeiro em pré-transplante. Essas pulverizações foram realizadas uma só vez, 2 vezes com intervalo de 24 horas, 3 vezes e 4 vezes. Verificou-se que uma única aplicação foi suficiente para obter os resultados adequados. As plantas de cafeeiro tratadas reduziram a transpiração e aumentaram o conteúdo de água. As diferenças em murchamento mostraram a eficiência da aplicação do carboidrato. Plantas tratadas com açúcar recuperaram a turgescência rapidamente, após a irrigação. Mudas controle sofreram dessecação.

Na atualidade, têm-se propalado o efeito de fungicidas do grupo dos triazóis (biorreguladores, retardantes de crescimento) aplicados conjuntamente com estrobilurinas, na fisiologia e na produção, principalmente nos cultivos de soja. Esses fungicidas, utilizados extensivamente no controle da Ferrugem da soja, apesar de causarem alterações morfo-fisiológicas nas plantas têm efeito fitotônico, isto é, podem aumentar ou reduzir a produção em função das condições amenas ou estressantes a que a planta está submetida.

Não consideramos que acima de três aplicações de triazol + estrobilurina tenham possibilidade de aumentar o potencial produtivo da soja, sob alta pressão da ferrugem.

Trabalho recente desenvolvido na ESALQ/USP por Veiga (2009), demonstrou que a utilização de fungicidas sistêmicos de diferentes grupos (carbendazim; benzimidazol; difenoconazole; triazol, azoxystrobin e pyraclostrobin; estrobilurinas; azoxystriobin + difenoconazole: mistura de triazol + estrobilurina) em condições similares àquelas praticadas a nível comercial, não promove alterações significativas em nenhum dos processos fisiológicos analisados em plantas de feijoeiro, que não possam ser explicadas através do controle dos patógenos ocorrentes nos ensaios.

A capacidade dos fungicidas de promover efeitos secundários não deve ser um fator preponderante quando da escolha dos produtos a serem utilizados no manejo das doenças do feijoeiro, mas sim a eficácia dos produtos no controle dos principais patógenos que o atacam.

Referências

BARROS, U.V.; MENDONÇA, G.M.; FREITAS, J.L.P.; MATIELLI, A. Efeito do Baysiston no plantio do cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 18., 1992, Araxá. **Resumos...** Araxá, 1992. p. 97.

CARVAJAL, J.F.; PEREIRA, J.F. Efecto de atomizaciones con sacarosa en el transplante del cafe. **Comunicaciones Científicas Agrícolas**, Café, n. 32, 1960.

MATIELLO, J.B.; ALMEIDA, S.R.; MIGUEL, A.E.; FERRONI, J.B. Efeito do triadimenol e de sua associação com dissulfoton sobre o sistema radicular do cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 18., 1992, Araxá. **Resumos...** Araxá, 1992. p. 95-96.

MIGUEL, A.E.; ARAÚJO NETTO, K.; MATIELLO, J.B. Comportamento de genótipos de *Coffea arabica* L. pulverizados ou não com fungicida cúprico, em relação à abscisão foliar induzida pelo ácido 2-cloroetil fosfônico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 8., 1980, Campos do Jordão. **Resumos...** Campos do Jordão, 1980. p. 18-20.

MIGUEL, A.E.; MATIELLO, J.B.; REIS, G.N. Efeitos do triadimenol e do dissulfoton, aplicados isoladamente e em mistura no desenvolvimento e crescimento de cafeeiros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 18., 1992, Araxá. **Resumos...** Araxá, 1992. p. 42-44.

MIGUEL, A.E.; MATIELLO, J.B.; REIS, G.N.; QUEIROZ, A.R. Avaliação da taxa de crescimento relativo (TCR) e da taxa de assimilação líquida (TAL) em cafeeiros

submetidos a tratamento fungicida-inseticida sistêmico, via solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 18., 1992, Araxá. **Resumos...** Araxá, 1992. p. 40-42.

PASCHOLATI, S.F.; HADDAD, G.; ALVES, M.N.; SILVA, S.R.; LUSSO, M.F.G.; MORAES, W.B.C. “Efeito tônico” em cafeeiros aspergidos com óxido cuproso ou Dithane M-45; retenção foliar, produção de clorofila e etileno. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 13., 1986, São Lourenço. **Resumos...** São Lourenço, 1986. p. 16-18.

REIS, G.N.; MIGUEL, A.E.; FRANCO, C.M.; FERREIRA, A.J. Efeitos de fungicidas cúpricos e orgânicos e inseticidas granulados e piretróides no crescimento de mudas de café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 7., 1979, Araxá. **Resumos...** Araxá, 1979. p. 39-41.

SILVA, S.R.; LUSSO, M.F.G.; ALVES, M.N.; HADDAD, G.; PASCHOLATI, S.F.; FIGUEIREDO, P.; MORAES, W.B.C. Estudos preliminares sobre as bases fisiológicas do “efeito tônico” em cafeeiros mantidos em condições de campo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 14., 1987, Campinas. **Resumos...** Campinas, 1987. p. 180-183.

VAN DER VOSSSEN, H.A.M.; BROWNING, G. Prospects of selecting genotypes of *Coffea arabica* L. which do not require tonic sprays of fungicide for increased leaf retention and yield. **Kenya Coffee**, Nairóbi, v. 43, n. 513, p. 361-368, 1978.

VEIGA, J.S. **Análise dos efeitos secundários decorrentes da aplicação de fungicidas sistêmicos à cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*)**. 2009. 99 p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

6 UTILIZAÇÃO DE FOSFITOS NA AGRICULTURA TROPICAL

6.1 Introdução

O fósforo é um dos elementos essenciais para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Este elemento não ocorre naturalmente na forma livre (P) já que é muito reativo e se combina rapidamente com outros elementos como oxigênio e hidrogênio. A sua concentração nas plantas varia entre 0,1 e 0,5% e as plantas absorvem o fósforo na

forma de H_2PO_4^- e HPO_4^{2-} , dependendo do pH do solo. Estas formas ocorrem naturalmente como minerais insolúveis que são pouco disponíveis às plantas.

Tem sido muito aceita a idéia de que o fosfato (PO_4^{3-}) seja a fonte exclusiva de nutrientes contendo fósforo para o crescimento e desenvolvimento das plantas (PLAXTON, 1998), mas, no entanto, nos últimos anos uma forma reduzida do fosfato conhecida como fosfito (H_2PO_3^-) tem sido utilizada para incrementar a produtividade de várias culturas.

Em um estudo visando avaliar o declínio do verão em "bentgrass", Lucas (1994) observou que o crescimento de brotações e a qualidade da forragem foram incrementados com o uso de Fosetyl-Al, que é metabolizado a fosfito na planta. O aumento na qualidade e no crescimento da forragem não foram associados com o controle de enfermidade, sugerindo uma resposta nutricional. Baseado nestas hipóteses, Dorer (1996) observou os efeitos nutricionais dos mesmos tratamentos durante dois anos e encontrou uma correlação positiva entre a qualidade da forragem e o teor foliar de certos nutrientes, dentre eles, o fósforo derivado dos tratamentos com fosfito (H_3PO_3).

No entanto, o grande uso do fosfito na agricultura tem gerado controvérsias no mundo científico.

6.2 Fosfitos

O fosfito difere quimicamente do fosfato, devido à substituição de um átomo de oxigênio ligado ao fósforo por um átomo de hidrogênio em sua molécula (Figura 9). Esta substituição resulta em diferenças marcantes no comportamento destes dois ânions no metabolismo das plantas. A perfeita simetria, que é característica do íon fosfato é perdida. É provável que a enzima a qual o fosfato se liga reconheça três dos quatro átomos de oxigênio, ocorrendo a ligação. Tanto a forma como a distribuição da carga da molécula influenciam esta ligação. Quando o fosfito se liga à enzima, o átomo de hidrogênio é aquele que se projeta da superfície enzimática para reagir com outras moléculas, ao contrário do fosfato, onde é o átomo de oxigênio que reagirá com outras moléculas. Portanto, o fosfito não pode possuir a mesma função bioquímica do fosfato. Muitas enzimas envolvidas com as reações de fosforilação distinguem o fosfito do fosfato (PLAXTON, 1998). O fosfito é um fraco ativador das enzimas fosfatase ácida e fosfofrutoquinase dependente de P na forma de fosfato (CARSWELL et al., 1996).

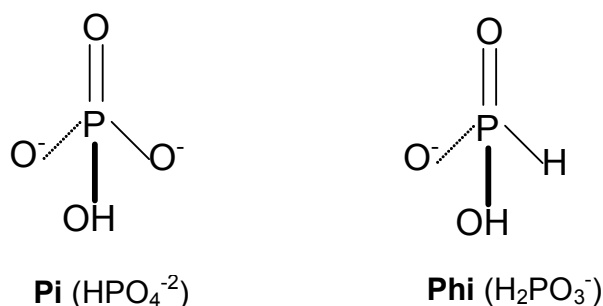
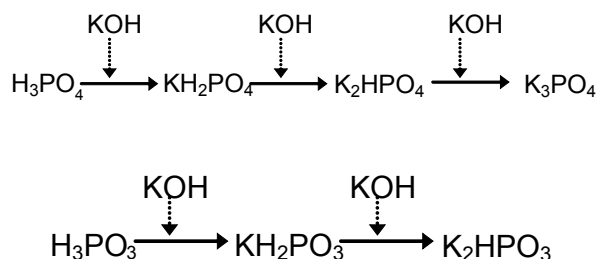


Figura 9 - Comparação entre os ânions fosfato (Pi) e fosfito (Phi)

Quando o ácido fosfórico (H_3PO_3) é neutralizado por uma base, como o hidróxido de potássio, resulta no sal fosfato. Já quando o ácido fosforoso é neutralizado por uma base, o sal formado é o fosfito.



6.3 Nomenclatura

Quanto à nomenclatura, além do ácido fosforoso, vários sinônimos como ácido fosfônico e ácido hidrofosfônico são utilizados para denominar H_3PO_3 . Já o termo “fosfito” é comumente utilizado para designar um sal de ácido fosforoso. Existe uma grande polêmica quanto à nomenclatura do ácido fosforoso, como sendo H_3PO_3 .

Guest e Grant (1991) em uma revisão dos efeitos de fungicidas fosfonados propuseram à União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC) que se deveria restringir o termo ácido fosforoso à forma sólida anidra $(\text{OH})_3\text{P}$. No entanto, segundo as mesmas regras da IUPAC quando a forma anidra do H_3PO_3 se dissolve em água o átomo de P muda da forma trivalente para a forma pentavalente, formando “ácido fosfônico”. Já Toia, citado por Rickard (2000) prefere o termo “ácido hidrofosfônico” para descrever o H_3PO_3 em uma solução, devido à isomerização da forma pentavalente. Segundo sua terminologia, a neutralização do “ácido hidrofosfônico” com uma base produz um sal denominado “hidrofosfonato”, sendo mais comumente referidos como “fosfonatos” ou “fosfitos”.

A utilização do termo “fosfonatos” é confusa, já que ele é utilizado preferencialmente para denominar derivados orgânicos do ácido fosfônico, como sais orgânicos, denominados organofosfonatos. Os organofosfonatos contêm uma ligação C-P, ao passo que o hidrofosfonato contêm uma ligação H-P. Estes compostos com a ligação orgânica C-P possuem propriedades químicas e biológicas muito diferentes dos sais inorgânicos. Quimicamente, os termos “ácido hidrofosfônico” e “hidrofosfonato” deveriam ser preferencialmente utilizados. No entanto, os termos “ácido fosforoso” e “fosfito” são muito utilizados e preferidos popularmente (RICKARD, 2000).

6.4 Conversão de fosfito a fosfato

O ciclo global do fósforo ocorre através da oxidação e redução de compostos de fósforo através de reações de transferência de elétrons (Figura 10). Embora estes processos ocorram em bactérias (ADAMS; CONRAD, 1953; IMAZU et al., 1998), os mecanismos bioquímicos e genéticos destas transformações ainda não estão completamente elucidados.

Algumas respostas de plantas a aplicações de fosfito podem ser resultado de uma lenta produção de ortofosfato (PO_4^{-3}). Através de uma série de experimentos, Adams e Conrad (1953) mostraram que o fosfito foi, de fato, oxidado a fosfato através de processos biológicos. Métodos de análises químicas de solo foram utilizados para monitorar a dinâmica desta conversão em solos que favorecem a atividade microbiana, onde a diminuição do fosfito foi correlacionada com um incremento na quantidade de fosfato e a massa seca das plantas foram maiores quando cultivadas em solos que mostraram uma maior oxidação do fosfito. Testes posteriores mostraram que o fosfito foi metabolizado por uma variedade de microrganismos de solo, como bactérias, fungos e actinomicetos.

Bezuidenhout et al. (1987) foram os primeiros a sugerirem que o fosfito poderia ser convertido a fosfato no interior dos tecidos das plantas. Eles isolaram e identificaram três gêneros de bactérias (*Alcaligenes*, *Pseudomonas* e *Serratia*) com a capacidade de produzir fosfato através de fosfito em raízes e folhas de abacateiro cultivadas “*in vitro*”. No entanto, o papel destas bactérias na conversão “*in vivo*” não foi observado.

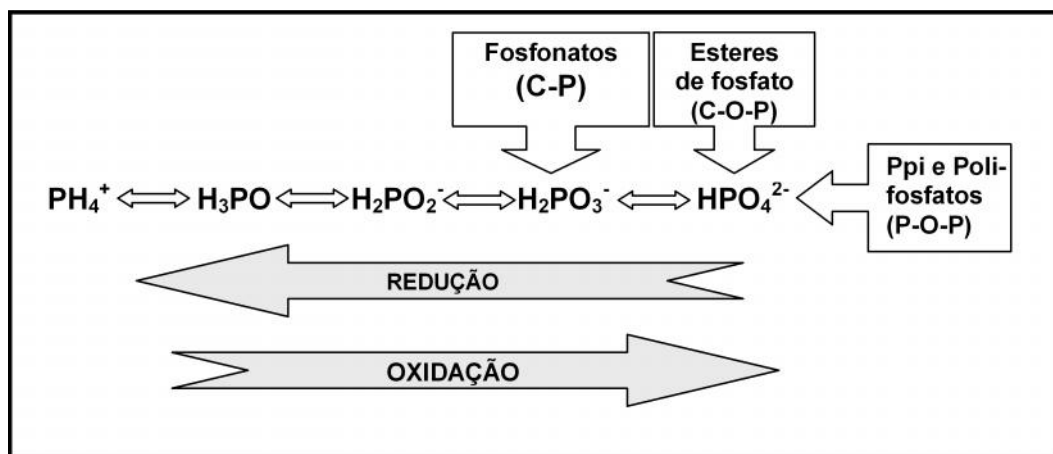


Figura 10 - Modelo do ciclo natural do fósforo (P) em micróbios de solo (adaptado de OHTAKE et al., 1998)

Rothbaum (1964) observou que o fósforo elementar em quatro tipos de solos foi oxidado por processos não-enzimáticos que foram dependentes de água e da temperatura. Grande parte do fosfato adicionado através de fertilizantes é fixado nos solos, não estando disponível à absorção pelas plantas. Rothbaum e Baillie (1964) constataram que o fosfito foi menos adsorvido em solos do que o fosfato. Esta menor fixação do fósforo ajuda a explicar observações de maior incremento no crescimento de plantas em solos tratados com fosfito do que em solos tratados com fosfato.

Recentemente, com os avanços na genética molecular, estudos demonstraram os processos utilizados pelas bactérias na oxidação do fosfito a fosfato (OHTAKE et al., 1996; IMAZU et al., 1998). O fosfito é também um intermediário na rota da oxidação de hidrofosfito a fosfato (Figura 9) (OHTAKE et al., 1996). O fosfito pode ser oxidado a fosfato por procariotos como *Escherichia coli*, *Klebsiella aerogenes*, *Agrobacterium tumefaciens* e várias espécies de *Pseudomonas* e *Rhizobium*. A expressão de genes *Phn*, envolvidos com o transporte e oxidação do fosfito a fosfato é ativada em condições de deficiência de fosfato (IMAZU et al., 1998).

6.5 Histórico da utilização de fosfitos na agricultura

Na década de 30 iniciaram-se estudos com uma variedade de compostos contendo fósforo com o objetivo de determinar sua efetividade no fornecimento de fósforo às plantas. O fosfito foi considerado uma pobre fonte de fósforo e a conversão de fosfito a fosfato nestes solos foi agriculturalmente irrelevante (MACINTIRE, 1950; GUEST, 1991). Houve um incremento de P em relação ao controle sem adição de fósforo, mostrando um efeito nutricional do fosfito, mas, no entanto, as culturas se desenvolveram muito menos nos solos onde o fosfito foi adicionado em relação àquelas que se desenvolveram nos solos onde se adicionou fosfato. No entanto, em alguns casos, ocorreu um maior desenvolvimento destes cultivos nestes mesmos solos um ano após a aplicação do fosfito. Segundo MacIntire et al. (1950), isto ocorreu devido à lenta conversão do fosfito a fosfato. Porém os incrementos na produtividade nunca foram equivalentes quando a fonte de fósforo adicionada foi o fosfato. Estes resultados adicionados ao fato do maior custo do fosfito em relação ao fosfato eliminaram o interesse dos produtores pelo fosfito. Segundo Fertilizer Product Labels Biagro (1996), muitos cuidados devem ser tomados para que se tirem conclusões deste trabalho já que as doses de fosfito e fosfato adicionadas foram muito superiores àquelas recomendadas atualmente para produtos deste tipo e que os cereais e forrageiras utilizadas neste estudo não refletem os cultivos-alvo como hortaliças, fruteiras e culturas permanentes, nos quais o fosfito é indicado atualmente. Outro ponto importante é que os produtos a base de fosfito são utilizados na forma líquida e não na forma sólida.

Na década de 70, foi demonstrado que o fosfito em reação com o etanol, formava etil-fosfonato que era muito efetivo no controle de várias doenças de solo nas plantas causadas

pelos fungos da ordem dos Oomicetos, principalmente os fungos pertencentes ao gênero *Phytophthora* (FENN; COFFEY, 1989; GRANT et al., 1992; GRIFFITH et al., 1992; NIERE et al., 1990; NIERE et al., 1994). Com isso ocorreu o retorno da utilização do fosfito na agricultura. O etil-fosfonato é atualmente comercializado com a marca comercial Aliette® ou como o princípio ativo Fosetyl-Al. Alumínio (Al) faz parte do nome devido ao uso de um íon Al^{+3} utilizado para neutralizar três íons de etil-fosfonato, que possui uma única carga negativa. O fosfito é liberado na planta através da hidrólise do etil-fosfonato, sendo responsável pela proteção da planta contra o ataque de patógenos (GUEST; GRANT, 1991; FENN; COFFEY, 1984, 1989; GRANT et al., 1992). O sal de fosfito potássico se comporta de forma similar ao Fosetyl-Al, sendo ambos muito utilizados no controle de doenças de fungos do gênero *Phytophthora*.

Após o retorno do uso do fosfito na agricultura, na execução dos trabalhos de pesquisa sobre o controle de patógenos, vários efeitos químicos e fisiológicos foram observados nas plantas ausentes de patógenos (RICKARD, 2000). Resultados mostraram que os fosfitos são mais facilmente absorvidos do que os fosfatos em tecidos foliares (QUIMETTE; COFFEY, 1989). Segundo Guest e Grant (1991), os fosfitos são facilmente translocados no interior das plantas e são metabolizados mais lentamente do que o fosfato, sendo mais persistentes no interior dos tecidos e não participam das mesmas rotas bioquímicas do fosfato. Lovatt (1990) observou vários efeitos do fosfito como na maior absorção de fósforo em relação ao fosfato, maior fixação e desenvolvimento dos frutos, etc.

6.6 Controle de doenças

Os fosfitos têm-se mostrado muito eficazes no controle de muitas doenças causadas por Oomicetos, sendo os efeitos similares aos promovidos pelo Fosetyl-Al (PEGG et al., 1985). É muito provável que fosfitos sejam formados no interior da planta, em decorrência da aplicação de Fosetyl-Al e que estes fosfitos sejam o componente ativo do produto (BOMPEIX; SAINDRENAN, 1984; DERCKS; BUCHENAUER, 1986; FENN; COFFEY, 1984; SAINDRENAN et al., 1985).

Considera-se que o fosfito seja capaz de induzir uma rápida resposta a organismos invasores através do sistema de defesa da planta (BOMPEIX et al., 1981; GUEST, 1984; 1986). Alguns autores sugerem que o controle de patógenos se deve a um incremento na produção de fitoalexinas em plantas tratadas com fosfito (GUEST, 1984; SAINDRENAN; BOMPEIX, 1986; SAINDRENAN et al., 1988). Afek e Sztemberg (1989) observaram que o fosfito assim como o Fosetyl-Al são compostos efetivos no controle de lesões provocadas por *Phytophthora citrophthora* em citros, ocorrendo um aumento nos teores de scoparone, uma fitoalexina associada à resistência de citros a *Phytophthora* e que se acumula na casca das árvores cítricas após a inoculação do patógeno, sendo este acréscimo maior nos cultivares resistentes (Figura 11).

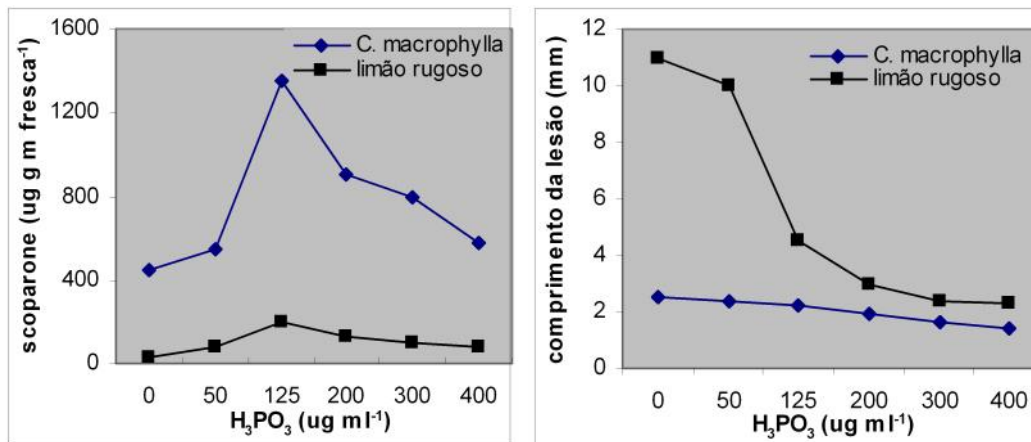


Figura 11 - Efeito da aplicação de ácido fosforoso na produção da fitoalexina scoparone (esquerda) e sobre o tamanho da lesão provocada por *Phytophthora spp.* em duas espécies de citros (adaptado de AFEK; SZTEMBERG, 1989)

Smillie et al. (1989) sugeriram que o fosfito atua diretamente sobre o crescimento do fungo e que em algumas plantas a eficiência do fosfito é influenciada pela concentração de fosfato presente. Em tabaco, quando há um incremento nos teores de fosfato, ocorre uma diminuição na absorção de fosfito pelos fungos, acarretando em uma maior efetividade do fungo sobre a planta o que se deve provavelmente à existência de um sistema comum de transporte para os dois ânions. Os mesmos autores sugeriram que, além do fosfito atuar diretamente sobre o fungo, o sistema natural de defesa das plantas tem um papel fundamental na paralisação do crescimento do patógeno e que o modo de ação do fosfito deva ser considerado como direto e indireto. Segundo Grant et al. (1992) o fosfito pode atuar diretamente sobre os fungos invasores no interior do tecido da planta causando morte ou inibição do crescimento dos fungos ou de forma indireta, através da ativação dos sistemas de defesa das plantas.

Entre algumas evidências obtidas com a aplicação de fosfitos, Wicks et al. (1990) verificaram bons resultados no controle do míldio e doenças causadas por *Phytophthora spp.* Na cultura da batata, a ocorrência de fungos causadores de podridões nos tubérculos é muito preocupante, sendo que em algumas regiões pode comprometer a produção. Johnson et al. (2004) avaliaram o efeito de aplicações de fosfito na forma de ácido fosforoso em duas doses e em várias épocas e do número de aplicações; constaram que 3 aplicações na dose de 9,37 kg i.a. ha⁻¹ a cada 14 dias, sendo a primeira no início do desenvolvimento dos tubérculos, reduziram a incidência e a severidade de *Phytophthora infestans* e *P. erythroseptica*. Neste mesmo trabalho o fosfito não foi efetivo no controle de *Phytium sp.* Sala et al. (2004) observaram que a aplicação de 500 mL de solução de fosfito de potássio

00-30-20 (4 mL L⁻¹) via “drench” diminuiu a incidência de *Phytophthora capsici* em várias espécies de pimenteiras.

Além do efetivo controle de fungos do gênero *Phytophthora*, o fosfito tem-se mostrado eficiente na diminuição da pressão de outros patógenos causadores de doenças. Agostini et al. (2003) verificaram que o fosfito foi tão eficiente quanto ao fungicida padrão benomyl no controle de melanose (*Diaporthe citri*) e mancha de alternaria (*Alternaria alternata*) em citros. O fosfito também reduziu a severidade de verrugose (*Elsinoe fawcettii*), mas com controle inferior ao promovido pelo benomyl.

Sônego et al. (2003) verificaram que aplicações preventivas de fosfito de potássio reduziram a incidência e a severidade do míldio da videira ‘Cabernet Sauvignon’.

Na videira, o fosfito demonstrou ser uma excelente alternativa para o controle de míldio (*Plasmopora viticola*). Em estudos realizados no sul do Brasil entre as safras de 1997/98 e 2002/03, constataram-se que os fosfitos de potássio 00:40:20 e 00:30:20 foram efetivos, assim como os demais fungicidas padrões no controle de míldio da videira com seis aplicações a cada 7 a 10 dias entre o início da floração e o início da compactação do cacho (BRASIL, 2003) (Tabela 1).

Geelen (1999) relatou resultados satisfatórios no controle da sarna e oídio em macieira. Brackmann et al. (2004) conseguiu um controle satisfatório de podridões pós-colheita em maçãs ‘Fuji’ com a aplicação de 250 mL 100 L⁻¹ de fosfito de potássio 00-40-20 associado a CaCl₂ (2%) (Tabela 2).

Tabela 1 - Índices de doença nas folhas em quatro datas de avaliação e nos cachos em duas datas de avaliação, cultivar Cabernet Sauvignon, safra 2002/2003 (EMBRAPA UVA E VINHO, 2003)

Tratamentos	Índice de doença (folhas)			Índice de doença (cacho)		
	08/11	21/11	03/12	08/11	21/11	3/12
Controle	3,6 a	30,3 a	63,6 a	71,1 a	61,5 a	83,4 a
Amistar	3,4 a	20,7 b	30,2 b	32,6 b	28,9 b	42,5 b
Equation	2,8 a	8,8 cd	21,2 c	29,0 bc	7,2 c	16,7 c
Ridomil	1,9 a	11,0 c	19,8 c	22,5 c	11,1 c	18,8 c
Fosfito K	1,8 a	5,0 d	11,1 d	14,5 d	4,1 c	4,6 c

Tabela 2 - Efeito da aplicação de fosfitos de potássio e de cálcio mais boro sobre a porcentagem de lesões podres em maçãs 'Fuji' (BRACKMAN, 2004)

Tratamentos	Dias a 20° C			
	2	4	6	8
Controle	47,5 a	98,3 a	99,5 a	100,0 a
Iprodione 75 g L ⁻¹	1,0 cd	23,0 e	61,3 cd	76,0 c
CaCl ₂	28,8 b	90,3 b	97,3 a	98,5 a
Fosf. de K (250 mL 100 L ⁻¹)+CaCl ₂	1,5 cd	25,8 e	52,0 d	70,8 c
Fosfito de potássio (250 mL 100 L ⁻¹)	1,8 cd	29,5 de	73,8 bc	88,5 b
Fosfito de Ca+B (300 mL 100 L ⁻¹)	3,3 c	81,3 c	97,0 a	99,0 a

6.7 Influência do fosfito nas respostas à carência de fosfato

Independente do mecanismo no qual o fosfito atua em restringir o desenvolvimento de fungos do gênero *Phytophthora* durante sua infecção nas plantas, recente trabalho demonstrou que o fosfito não tem efeito direto sobre as plantas, independente das plantas estarem infectadas por *Phytophthora* ou não. Plantas tratadas com fosfitos rapidamente acumulam este fosfito no interior de suas células (CARSWELL et al., 1996; 1997; FENN; COFFEY, 1991; FORSTER et al., 1998). O fosfito é móvel no floema e acumula-se nas regiões de dreno da planta (CARSWELL et al., 1996; GUEST; GRANT, 1991), sendo que a mesma não consegue metabolizá-lo. Contudo, tem sido proposto que o fosfito utilizado para o controle de *Phytophthora* não interfere com o metabolismo e o crescimento das plantas (MACINTIRE et al., 1950).

No entanto, estudos recentes demonstraram que baixas concentrações de fosfito (1 a 2 mM) interrompem o desenvolvimento da carência de fósforo nas plantas (Tabela 3), onde plantas de *Brassica nigra* carentes em fósforo não se desenvolveram na presença de fosfito (CARSWELL et al., 1996). Análises revelaram que os níveis intracelulares de fosfato diminuem na presença de fosfito e que o fosfito se acumula em folhas e raízes em quantidades de 6 a 16 vezes maiores do que o fosfato em plantas cultivadas na presença e em níveis baixos de fósforo, respectivamente. Embora o mecanismo preciso no qual o fosfito exerça estes efeitos seja desconhecido, hipóteses de que o fosfito interfira com a tradução de sinais, os quais a planta detecte e responda à deficiência de fósforo a nível molecular, afetando os efeitos prejudiciais da carência de fósforo. Em tomateiro, plantas carentes em fósforo e supridas com fosfito apresentaram uma redução no crescimento em relação às plantas cultivadas com níveis adequados de fósforo.

Tabela 3 – Matéria fresca da parte aérea e de raízes e relação raiz:parte aérea de plântulas de *Brassica nigra* desenvolvidas em meio suprido com fosfato (1,25 mM) e em meio deficiente de fosfato (0,15 mM) (CARSWELL et al., 1996)

Tratamentos	Raízes	Parte Aérea	Raiz: Parte Aérea
	g		
Fosfato 1,25 mM	79 a	810 a	0,098 a
+ fosfito 5 mM	81 a	810 a	0,100 a
+ fosfito 10 mM	34 b	402 b	0,084 b
Fosfato 0,15 mM	52 c	319 c	0,163 c
+ fosfito 1,5 mM	24 d	244 d	0,098 a
+ fosfito 3 mM	12 e	202 d	0,059 d
+ fosfito 10 mM	9 f	138 e	0,065 d

6.8 O fosfito é um fertilizante?

Se o fosfito fosse caracterizado como um fungicida, muito tempo e custos seriam necessários para registrá-lo desta forma. No entanto, se caracterizarmos o mesmo como uma fonte de fósforo, pode-se evitar vários testes, estudos em laboratório, custos e tempo requeridos para efeito de registro deste produto. Na agricultura mundial os fosfitos são vendidos como sendo uma fonte nutricional de fósforo (RICKARD, 2000). Apesar de muitos trabalhos apontarem efeitos positivos do fosfito na produtividade e qualidade dos cultivos (LOVATT, 1998; 1990; KATZ, 1996; RICKARD, 2000), McDonald et al. (2001) apontam que não existem evidências concretas de que as plantas utilizem o fosfito como uma fonte direta de fósforo. Além disso, seria muito custoso se fornecêssemos esta fonte para suprimos as quantidades desejáveis de fósforo para as culturas. É muito claro que fenômenos, como o controle de *Phytophthora* e outros patógenos, são responsáveis pelos efeitos benéficos do fosfito sobre a produtividade das culturas. O efeito do fosfito em reduzir baixos níveis de doenças, embora assintomáticos, pode ser suficiente para aumentar a produtividade e a qualidade das culturas. Testes em hidroponia e em cultura de tecidos demonstraram que o fosfito não é uma fonte de fósforo (JACKSON et al., 2000; CARSWELL et al., 1997; FORSTER et al., 1998; VARADAJAN; RAGHOTHAMA, 2000). Se há algum efeito, este poderia ser até mesmo antinutricional, já que o fosfito tem um efeito antifertilizante e influencia negativamente no metabolismo e crescimento de plantas com níveis nutricionais sub-ótimos de fósforo (MCDONALD et al., 2001).

6.9 Efeito nutricional do fosfito

Embora existam muitas divergências quanto ao efeito nutricional do fosfito, Wells et al. (2000) observaram que o fosfito aplicado via solo incrementa os níveis nutricionais e a absorção de fósforo (P) pelas plantas. Neste estudo onde se comparou os efeitos do fosfito em relação ao fosfato em alfafa, Wells et al. (2000) observaram que aplicações de 5 mg de P por kg de solo tanto na forma de fosfito como de fosfato incrementaram a produção de massa seca de alfafa (Tabela 4). Na primeira colheita o fosfato foi superior ao fosfito em todas as doses avaliadas. Já na segunda e terceira colheitas o fosfato somente superou o fosfito na dose de 40 mg de P por kg de solo. Este menor crescimento se deve, provavelmente a uma lenta oxidação de PO_3^{-3} a PO_4^{-3} , limitando a disponibilidade de PO_4^{-3} às plantas. Contudo foi observado que as plantas que receberam 20 e 40 mg de P por kg de solo na forma de fosfito apresentaram folhas cloróticas e atrofiadas até os setenta dias após a emergência. Os teores foliares de fósforo foram maiores com o incremento das doses, sendo que não foram observadas diferenças entre o fosfito e o fosfato (Tabela 5). A mesma tendência foi observada para a quantidade de fósforo absorvida, exceto para a dose de 40 mg de P, onde o fosfato gerou uma maior absorção de fósforo. Os efeitos de altas doses de fosfito podem ser tóxicos em uma fase inicial, mas há um decréscimo nestes efeitos com o tempo devido a uma maior oxidação do PO_3^{-3} a PO_4^{-3} promovida por bactérias existentes no solo (MACINTIRE et al., 1950).

Tabela 4 – Efeito de doses e fontes de fósforo no acúmulo de matéria seca (g vaso⁻¹) de plantas de alfafa

P aplicado (mg P kg ⁻¹ solo)	Colheitas					
	1		2		3	
	Fonte Aplicada					
	PO_3^{-3}	PO_4^{-3}	PO_3^{-3}	PO_4^{-3}	PO_3^{-3}	PO_4^{-3}
0	1,09 de		1,66 ef		1,56 e	
2,5	1,31 bcd	1,41 b	1,81 def	1,90 bcde	1,77 de	1,80 cde
5,0	1,32 bc	1,48 b	2,15 abc	1,79 ef	1,94 bcd	1,84 cd
10,0	1,39 b	1,74 a	1,96 bcde	1,97 bcde	2,05 abc	1,92 cd
20,0	1,46 b	1,87 a	2,04 abcd	2,20 ab	2,06 abc	2,20 abc
40,0	1,12 cd	1,93 a	1,84 cdef	2,35 a	1,95 bcd	2,26 a

Tabela 5 – Efeito de doses e fontes de fósforo na absorção de P (mg kg⁻¹ de MS) em alfafa (WELLS et al., 2000)

P aplicado (mg P kg ⁻¹ solo)	Colheitas					
	1		2		3	
	Fonte Aplicada					
	PO ₃ ⁻³	PO ₄ ⁻³	PO ₃ ⁻³	PO ₄ ⁻³	PO ₃ ⁻³	PO ₄ ⁻³
0	2,28 gh		4,66 fg		4,07 fg	
2,5	2,63 fgh	3,03 efg	5,37 efg	5,41 efg	4,51 efg	4,63 def
5,0	2,96 fg	3,42 def	5,43 efg	3,81 ef	5,04 cde	4,79 def
10,0	3,82 de	4,16 cd	6,32 de	7,13 d	5,88 c	5,43 cd
20,0	4,69 bc	5,49 b	9,01 c	9,35 bc	6,86 b	7,46 b
40,0	3,78 de	6,69 a	10,43 b	11,87 a	9,34 a	9,66 a

6.10 Riscos do fosfito ao meio-ambiente

Além da grande utilização dos fosfitos na agricultura, grandes quantidades são utilizadas pelas indústrias de discos compactos (cd's) com o objetivo de reduzir íons metálicos no processo de fabricação, sendo que estes resíduos com altos teores de fosfito são lançados diretamente ao meio-ambiente (OHTAKE et al., 1996).

Com a grande utilização destes compostos de forma inadequada, estirpes resistentes de *Phytophthora* poderão ocorrer com o tempo. Trabalhos já indicam que existem isolados resistentes de *Phytophthora cinnamoni* em áreas com uso repetitivo de Fosetyl-Al sendo que o mesmo deixou de ser eficiente nestas áreas de repetidas aplicações.

Um segundo problema seria o efeito da grande utilização destes produtos sobre a microflora do solo. Com significantes quantidades de fosfito no solo, haveria uma forte pressão na seleção de microrganismos que são hábeis em utilizar o fosfito como fonte de fósforo, diminuindo aqueles capazes de utilizar somente o fosfato como fonte de fósforo. Com isso, poderia ocorrer uma diminuição de associações simbióticas de plantas com muitos microrganismos de solo. Experimentos que mostram os efeitos do fosfito sobre as micorrizas são conflitantes (DESPATIE et al., 1989; SUKARNO et al., 1993).

Com a evidência de que o fosfito altera o metabolismo do fósforo nas plantas, onde seus efeitos são prejudiciais sob condições de baixo suprimento de fósforo, é de extrema importância que os produtores tenham certeza de que seus cultivos estejam supridos adequadamente com fósforo, reduzindo riscos de redução da sua produção.

6.11 Efeito sobre o desenvolvimento de micorrizas

Alguns trabalhos têm demonstrado que o fosfito pode atuar sobre o crescimento de fungos benéficos associados às raízes de plantas no solo. Os fungos ectomicorrízicos são importantes componentes da porção biológica do solo, principalmente em solos pobres em nutrientes. Alguns trabalhos têm demonstrado um aumento na quantidade de micorrizas em plantas tratadas com fosfito (JABAHI-HARE; KENFRICK, 1987) ao passo que outros pesquisadores têm demonstrado um decréscimo na quantidade de fungos micorrízicos em milho (SEYMOUR et al., 1994) e cebola (SUKARNO et al., 1996; 1998). Segundo Guest e Grant (1991) o fosfito, que é transportado via floema, se acumula próximo aos ápices radiculares, área que é colonizada pelos fungos micorrízicos, sendo que quando ocorre um acúmulo de fosfito pode haver a formação de uma necrose. Este efeito prejudicial às raízes mais finas pode causar uma redução nos sítios para a formação de fungos micorrízicos.

Segundo Howard et al. (2000) o efeito do fosfito sobre a formação e desenvolvimento de fungos micorrízicos varia com a dose aplicada e a espécie de micorriza presente. Nos tratamentos de fosfito em *Eucalyptus globulus*, somente com doses de 10 g L⁻¹ de fosfito foram observados decréscimos na porcentagem de raízes colonizadas por micorrizas da espécie *Descolea sp.* Nas demais espécies testadas, *Thelephora sp.*, *Laccaria sp.* e *Pisolithus sp.*, não ocorreram reduções na porcentagem de raízes colonizadas. Já nos tratamentos com fosfito 5 g L⁻¹, observou-se um incremento de 4 vezes na porcentagem de raízes de *Agonis flexuosa* colonizadas por micorrizas. Este incremento pode ser atribuído a diferenças na absorção de nutrientes ou alterações na resposta da planta ao hospedeiro. Em plantas tratadas com Fosetyl-Al, houve um incremento na quantidade de açúcares solúveis nos exsudados das raízes, o que também ocorre quando a quantidade de fosfato é limitante (JABAHI-HARE; KENFRICK, 1987). Uma mudança no fluxo de aminoácidos e carboidratos das raízes para a rizosfera também pode influenciar a esporulação de fungos micorrízicos.

6.12 Resposta das culturas ao uso de fosfito

Embora haja muita controvérsia sobre os reais efeitos dos fosfitos sobre as plantas, trabalhos demonstram que o fosfito possui efeitos positivos sobre a produtividade e a qualidade das culturas. Talvez estes efeitos sejam devidos a um controle de patógenos, à maior absorção do fosfito em relação ao fosfato pelas folhas ou a um efeito ainda não descoberto onde o fosfito poderia atuar a nível de mensageiros secundários ou na ativação de sinais nas membranas das células das plantas. Sabe-se que os produtos à base de fosfitos têm sido muito utilizados e têm demonstrado efeitos positivos sobre a produtividade e a qualidade das culturas.

6.12.1 Citros

A cultura dos citros é aquela onde existem o maior número de informações sobre aplicações práticas de fosfito visando a redução de infecções por patógenos e ganhos na produtividade. Embora a grande utilização de fosfito vise o controle de doenças, principalmente a gomose causada por *Phytophthora citrophthora*, alguns trabalhos realizados demonstram a eficácia dos fosfitos aplicados via foliar na produtividade e qualidade da cultura dos citros.

Rickard (2000), em estudos realizados em Riverside, E.U.A., obteve incrementos significativos na produtividade da laranjeira 'Washington Navel' com aplicação de fosfito 00:28:26 via foliar nas doses de 2,3 e 4,6 L ha⁻¹, com incrementos de 90% e 117%, respectivamente (Tabela 6).

Tabela 6 - Efeito de duas doses (2,3 e 4,6 L ha⁻¹) de fosfito sobre a produtividade da laranja 'Washington Navel' (adaptado de RICKARD, 2000)

Tratamentos	Produtividade (kg planta ⁻¹)
Controle	7,1 a
00:28:26 2,3 L ha ⁻¹	13,4 a
00:28:26 4,7 L ha ⁻¹	15,4 a

Rickard (2000) também obteve incrementos na produtividade de laranjeira 'Washington Navel' com aplicação de 4,7 L ha⁻¹ de fosfito 00:28:26 via foliar na fase de queda de pétalas na região de Riverside, E.U.A. Este incremento foi acompanhado de um aumento no teor de sólidos solúveis totais (°Brix) e porcentagem de acidez do suco (Tabela 7).

Tabela 7 - Efeito do fosfito sobre a produtividade e características tecnológicas do suco da laranja 'Washington Navel' (adaptado de RICKARD, 2000)

Tratamentos	Safra 95-96	Safra 95-96	Safra 96-97	Total
Controle	1207 b	902 a	1010 b	3120 c
Uréia (inverno)	1305 ab	932 a	1120 ab	3330 b
00:28:26 6,0 L ha ⁻¹	1460 a	980 a	1172 a	3655 a

Rickard (2000) verificou que o efeito do fosfito foi positivo em três anos consecutivos de avaliação em laranjeira 'Valência' nos estudos realizados na Flórida, E.U.A. O fosfito foi superior ao controle e ao tratamento realizado com aplicações de uréia durante o inverno (Tabela 8).

Tabela 8 - Efeito da aplicação foliar de fosfito e de uréia durante o inverno sobre a produtividade da laranja 'Valência' (adaptado de RICKARD, 2000)

Tratamentos	Produtividade (caixas ha ⁻¹)			
	Safra 95-96	Safra 95-96	Safra 96-97	Total
Controle	1207 b	902 a	1010 b	3120 c
Uréia (inverno)	1305 ab	932 a	1120 ab	3330 b
00:28:26 6,0 L ha ⁻¹	1460 a	980 a	1172 a	3655 a

Além dos significativos incrementos na produtividade dos citros, o fosfito proporciona efeitos positivos sobre a qualidade dos frutos cítricos. Rickard (2000) obteve um incremento no número de frutos de maior tamanho e classe comercial com aplicações de 4,7 L ha⁻¹ de fosfito em laranjeira 'Valência' na região de Ducor, E.U.A.

Apesar de alguns trabalhos apontarem que aplicações de fosfito não levam a um incremento no teor de fósforo na planta, Rickard (2000) obteve incrementos nos teores foliares de fósforo e potássio com a aplicação de fosfito via foliar em plantas de laranjeira 'Valência' cultivadas em solos deficientes em P. Apesar de não diferir estatisticamente do controle, a massa seca das raízes fibrosas das plantas tratadas com fosfito foi superior ao controle (Tabela 9).

Tabela 9 - Efeito da aplicação foliar de fosfito de potássio no teor foliar de P e K e na massa seca de raízes fibrosas de plantas de citrumelo 'Swingle' cultivadas em solos normais e deficientes em fósforo (adaptado de RICKARD, 2000)

Tratamentos	P foliar (%)		K foliar (%)		Massa seca de raízes fibrosas (g)	
	Solo normal	Solo defic. em P	Solo normal	Solo defic. em P	Solo normal	Solo defic. em P
Controle	0,10 b	0,13 a	0,62 b	0,67 b	1,30 a	1,29 a
00:28:26	0,12 a	0,13 a	1,04 a	1,12 a	1,56 a	1,41 a

6.12.2 Cana-de-açúcar

Vitti et al. (2005) estudaram o efeito de várias doses de uma nova formulação de fosfito 00:21:23 complementada com 14,3 g L⁻¹ de boro e 3,72 g L⁻¹ de molibdênio comparada à tradicional formulação 00:20:20 e ao controle, em cana-de-açúcar (Figura 12).

Neste estudo verificaram que houve um efeito da nova formulação aplicada sobre a produtividade, mas também sobre parâmetros qualitativos, incrementando a quantidade de pol ha⁻¹, sendo que a dose 7,5 L ha⁻¹ de fosfito 00:21:23+B+Mo foi a mais efetiva sobre a produtividade de colmos ha⁻¹ e de pol ha⁻¹. Os fosfitos aplicados não alteraram os teores foliares de nutrientes da cana-de-açúcar.

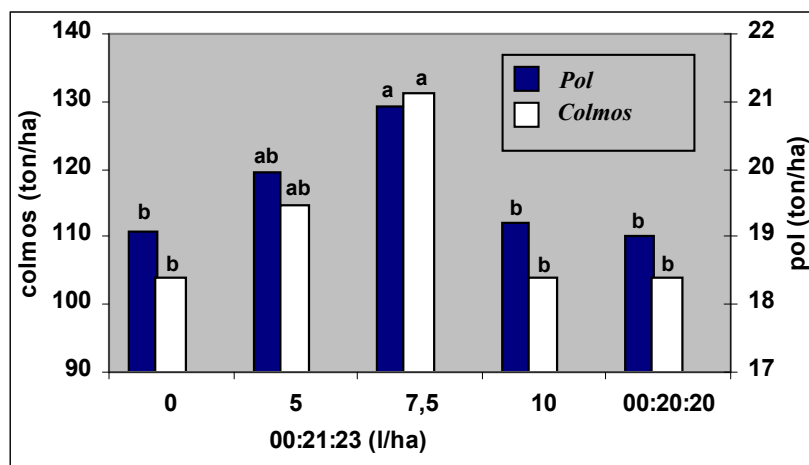


Figura 12 - Efeito de doses do fosfito 00:21:23+B+Mo e do fosfito 00:20:20 7,5 L ha⁻¹ sobre a produtividade de colmos e pol em cana-de-açúcar (adaptado de VITTI et al., 2005)

6.12.3 Algodoeiro

O fosfito na formulação 00:28:26 aplicado na dose de 2,3 L ha⁻¹, três vezes durante o desenvolvimento da cultura, incrementou a produtividade de fibra de algodão (Tabela 10), sendo seus efeitos similares à aplicação de 90 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio (RICKARD, 2000).

Tabela 10 - Efeito da aplicação foliar de fosfito de potássio e de cloreto de potássio via solo na produtividade de fibra em algodoeiro (adaptado de RICKARD, 2000)

Tratamentos	Fibra (kg ha ⁻¹)
Controle	1148 b
KCl 90 kg ha ⁻¹	1187 a
KCl 180 kg ha ⁻¹	1146 b
Fosfito 00:28:26 2,35 L ha ⁻¹ (3x)	1180 a

6.12.4 Batata

Rickard (2000) obteve incrementos na produtividade total e na produção de batatas do tipo especial com a aplicação de fosfito. Neste mesmo trabalho foi observado que a formulação 00:28:26 foi mais eficiente que a formulação 04:30:08, mostrando que, embora as quantidades de PO₃ aplicadas não diferissem muito entre os tratamentos, a formulação mais neutralizada, com quantidades próximas de potássio e fosfito, foi mais eficaz (Tabela 11).

Tabela 11 - Efeito de aplicações foliares de duas formulações de fosfito de potássio na produtividade qualitativa e quantitativa de batata (adaptado de RICKARD, 2000)

Tratamentos	Jerome, ID, E.U.A.		Eden, ID, E.U.A.	
	Total (cwt/a)	Especial (cwt/a)	Total (cwt/a)	Especial (cwt/a)
Controle	624	530	348	320
04:30:08 (0,5+1,0+1,0 L ha ⁻¹)	635	532	368	341
04:28:26 (0,5+1,0+1,0 L ha ⁻¹)	698	607	398	363

6.12.5 Tomateiro

O único resultado disponível na literatura mostra o efeito de uma aplicação combinada de fosfito 00:40:20 via fertirrigação com o fosfito 00:30:08 aplicado via foliar. Neste trabalho observa-se um incremento na quantidade de frutos de maior tamanho e também na produtividade total do tomateiro (Tabela 12) (RICKARD, 2000).

Tabela 12 - Efeito de aplicações foliares de duas formulações de fosfito de potássio na produtividade qualitativa e quantitativa de frutos de tomate (adaptado de RICKARD, 2000)

Tratamentos	Tamanho do fruto (caixas ha ⁻¹)				
	Extra	Grande	Médio	Pequeno	Total
Controle	2122	1345	755	190	4412
Fosfito fertir + foliar	2522	1895	1115	315	5847

6.12.6 Efeito sobre a redução da fitotoxidez de glifosato

O fosfito, além dos efeitos nutricionais e incrementos na produtividade conhecidos, possui outros efeitos nas plantas, o que sugere que este íon funcione também na ativação de sinais para o desencadeamento de respostas nas plantas, assim como sobre os hormônios endógenos. Serciloto e Castro (2005) verificaram que o fosfito pode reduzir a fitotoxidez gerada por herbicidas nas plantas. A fitotoxidez induzida pelo glifosato pode ser revertida mediante a aplicação de fosfito logo depois das plantas receberem contaminações por glifosato (Tabela 13 e Figura 13). Como existem hipóteses de que os fosfitos possam induzir a síntese de fitoalexinas através da maior síntese de um de seus precursores, a fenilalanina, os mesmos talvez possam também estar atenuando os efeitos do glifosato que inibe a síntese da fenilalanina.

Tabela 13 - Efeito da aplicação do fosfito na reversão de fitotoxidez induzida por glifosato em feijoeiro em quatro datas de avaliação (SERCILOTO; CASTRO, 2005)

Tratamentos	Datas de avaliação				
	1/11	5/11	11/11	19/11	Média ²
Test. Absoluta	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00 c
Glifosato somente	2,50	3,33	3,33	3,67	3,21 a
Fosfito 2000	2,17	2,17	2,50	3,00	2,46 ab
Fosfito 4000	2,67	2,67	2,00	2,50	2,46 ab
Média ²	2,48	2,57	2,27	2,65	—

¹ Valores referem-se a média das notas dadas às plantas de acordo com a escala de avaliação visual de fitotoxicidade de herbicidas sobre plantas, proposta pela EWRC, variando de 1 (ausência de sintomas) a 9 (prejuízo forte na colheita). ²: Letras diferentes indicam diferenças estatísticas pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade, sendo que, para efeito da análise, os dados foram transformados em $\sqrt{\text{nota}+1}$

Serciloto e Castro (2005) verificaram que aplicação de fosfito 4000 mg L⁻¹ (4 L ha⁻¹) pode reverter os sintomas causados pela aplicação do glifosato em feijoeiro. O fato do fosfito promover reversão dos sintomas de glifosato pode estar relacionado com a reposição dos aminoácidos triptofano, fenilalanina e tirosina, cuja síntese é inibida pelo glifosato. Isso corrobora o mecanismo de ação do fosfito proposto por Lovatt (1990).



Figura 13 - Efeito da aplicação de fosfito em feijoeiro, na reversão de fitotoxidez induzida por glifosato (SERCILOTO; CASTRO, 2005)

6.13 Fosfitos no Brasil e no mundo: usos e recomendações

Os fosfitos comercializados no Brasil são oriundos da neutralização total ou parcial do íon fosfito (H_2PO_3^-) por uma base (KOH , $\text{Mg}(\text{OH})_2$) formando um sal (KH_2PO_3). No mercado, existem diversos tipos destes produtos, contendo outros cátions como Ca^{+2} , Mg^{+2} e até mesmo micronutrientes, especialmente o Zn^{+2} no lugar do potássio (K^+) como citado anteriormente. De acordo com as informações dos produtores que utilizam os fosfitos, estes diferenciam muito quanto à sua efetividade, sendo que esta efetividade pode ser influenciada pela fonte de ácido fosforoso utilizada, devido a um maior ou menor grau de oxidação; pelo processo de fabricação; da fonte que origina o cátion acompanhante e também pela neutralização total ou parcial da quantidade de íon fosfito presente. Os fosfitos que não estão totalmente neutralizados como a formulação 00:40:20 são mais ácidos, podendo incrementar a absorção de outras substâncias quando aplicados em conjunto. Por isso, recomenda-se que no caso de misturas com produtos que possam causar certa fitotoxicidade ou que sejam incompatíveis a reações ácidas, sejam aplicadas as formulações neutralizadas totalmente, como a formulação 00:20:20.

Vários benefícios podem ser obtidos com a aplicação dos fosfitos nas plantas. Seu uso geralmente visa a uma maior resistência à doenças, principalmente do gênero *Phytophthora* e fornecimento de fósforo. No entanto, segundo a recomendação das

empresas fabricantes, vários outros benefícios são conseguidos através de sua aplicação.

As vantagens e benefícios da aplicação dos fosfitos são:

- Facilidade de aplicação: por sua sistemicidade pode ser aplicado por vários métodos e com isso atingir tanto as raízes como as brotações;
- Efeito nutricional: O fosfito no interior da planta é convertido a fosfato, que é a fonte de fósforo prontamente assimilável pelas plantas. Além do fósforo fornece outros elementos essenciais como K, Ca, Mg, Zn, dependendo de sua formulação;
- Incrementa a resistência a doenças: O fosfito atua diretamente sobre o fungo e induz à síntese de fitoalexinas no interior das plantas. Estas substâncias são agentes naturais de defesa da planta, aumentando sua resistência ao ataque de fungos e bactérias;
- Incremento da produtividade e da qualidade. Devido à ação dos fosfitos nas propriedades bioquímicas e fisiológicas, interferem no metabolismo das plantas, incrementando a produtividade das culturas e a qualidade da parte colhida;
- Incrementar a absorção de nutrientes e agroquímicos. Devido às suas propriedades físico-químicas, o fosfito possui uma rápida absorção e alta mobilidade no interior da planta, podendo contribuir para uma maior absorção de nutrientes e outras substâncias, quando aplicados em conjunto.

Devido ao seu caráter sistêmico, os fosfitos podem ser aplicados de várias formas, de acordo com o objetivo e a possibilidade de aplicação.

- Via pulverização foliar
- Via fertirrigação
- Imersão de mudas
- Via injeção
- Pincelamento de partes afetadas

A aplicação via foliar é a mais comumente utilizada, já que é utilizada em conjunto com outros agroquímicos no controle de pragas e doenças. A aplicação via fertirrigação é utilizada em locais onde se faz uso de irrigação localizada. A imersão de mudas é utilizada para a prevenção de doenças radiculares. O pincelamento de troncos é utilizado em casos onde há uma infecção por fungos, como caráter curativo.

As doses de aplicação dos fosfitos variam de acordo com a formulação, a cultura e a forma a ser aplicada. Na forma foliar, as doses variam entre 2,5 e 5,0 L para cada 2000 L de calda. no caso dos citros e entre 1,5 e 4,0 L ha⁻¹ para a maioria dos cultivos. Para a aplicação via gotejo as doses variam entre 3,0 a 9,0 L ha⁻¹. Já para o pincelamento de troncos, as doses variam entre 250 e 500 mL L⁻¹. E no caso da imersão de mudas, as doses variam entre 1,0 a 2,0 mL L⁻¹. No entanto, um ponto que deve ser observado é que diferentes fosfitos fornecem quantidades muito distintas da forma equivalente de P₂O₅ às plantas, sugerindo que existam poucas informações e que diferenças na efetividade de cada produto devam ocorrer.

Recomendações de alguns fosfitos aplicados via foliar existentes no mercado brasileiro.

Fosfito	Doses						
	Citrus	Batata	Café	Algodão	Cana	Soja	Dens.
Nutex Premium 00-40-20	3 L 2000L ⁻¹	2,0 L ha ⁻¹	3,0 L ha ⁻¹	2,0 L ha ⁻¹	3,0 L ha ⁻¹	2,0 L ha ⁻¹	1,49
Nutex Premium 00-30-20	4 L 2000L ⁻¹	2,5 L ha ⁻¹	4,0 L ha ⁻¹	2,5 L ha ⁻¹	3,5 L ha ⁻¹	3,0 L ha ⁻¹	1,35
Nutex Premium 00-20-20	5 L 2000L ⁻¹	3,0 L ha ⁻¹	5,0 L ha ⁻¹	3,0 L ha ⁻¹	4,0 L ha ⁻¹	4,0 L ha ⁻¹	1,22
Fitofos K-Plus 00-40-20	3 L 2000L ⁻¹	1,5 L ha ⁻¹	3,0 L ha ⁻¹	2,0 L ha ⁻¹	—	2,0 L ha ⁻¹	1,48
Fitofös K 00-30-20	4 L 2000L ⁻¹	1,5 L ha ⁻¹	4,0 L ha ⁻¹	2,5 L ha ⁻¹	—	2,5 L ha ⁻¹	1,38
Fitofös Mg 00-40-00+6%Mg	3 L 2000L ⁻¹	1,5 L ha ⁻¹	3,0 L ha ⁻¹	2,0 L ha ⁻¹	—	2,0 L ha ⁻¹	1,46
Foskalium 00-30-20	3 L 2000L ⁻¹	1,5 L ha ⁻¹	2,5 L ha ⁻¹	2,5 L ha ⁻¹	7,5L ha ⁻¹	1,5 L ha ⁻¹	1,41
Hortifös 00-20-20	3 L 2000L ⁻¹	4,0 L ha ⁻¹	—	2,0 L ha ⁻¹	—	2,0 L ha ⁻¹	1,35
Phosphorus-K 00-28-26	4 L 2000L ⁻¹	2,0 L ha ⁻¹	4,0 L ha ⁻¹	4,0 L ha ⁻¹	—	2,5 L ha ⁻¹	1,51
Phytus K 00-40-20	2,5 L 2000L ⁻¹	1,5 L ha ⁻¹	4,0 L ha ⁻¹	4,0 L ha ⁻¹	—	2,0 L ha ⁻¹	1,48
Phytus Mag 00-40-00+10%Mg	2,5 L 2000L ⁻¹	1,5 L ha ⁻¹	4,0 L ha ⁻¹	4,0 L ha ⁻¹	—	2,0 L ha ⁻¹	1,48

Quantidade equivalente de P₂O₅ aplicada segundo as recomendações de fosfito para algumas culturas no Brasil.

Fosfito	Doses			
	Citrus	Algodão	Soja	Cana
Nutex Premium 00-40-20	1,80 kg 2000L ⁻¹	1,20 kg ha ⁻¹	1,20 kg ha ⁻¹	1,80 kg ha ⁻¹
Nutex Premium 00-30-20	1,60 kg 2000L ⁻¹	1,00 kg ha ⁻¹	1,20 kg ha ⁻¹	1,40 kg ha ⁻¹
Nutex Premium 00-20-20	1,20 kg 2000L ⁻¹	0,70 kg ha ⁻¹	1,00 kg ha ⁻¹	1,00 kg ha ⁻¹
Fitofos K-Plus 00-40-20	1,80 kg 2000L ⁻¹	1,20 kg ha ⁻¹	1,20 kg ha ⁻¹	—
Fitofös K 00-30-20	1,65 kg 2000L ⁻¹	1,05 kg ha ⁻¹	1,05 kg ha ⁻¹	—
Fitofös Mg 00-40-00+6%Mg	1,75 kg 2000L ⁻¹	1,15 kg ha ⁻¹	1,15 kg ha ⁻¹	—
Foskalium 00-30-20	1,25 kg 2000L ⁻¹	1,05 kg ha ⁻¹	0,60 kg ha ⁻¹	3,20 kg ha ⁻¹
Hortifös 00-20-20	0,80 kg 2000L ⁻¹	0,55 kg ha ⁻¹	0,55 kg ha ⁻¹	—
Phosphorus-K 00-28-26	1,70 kg 2000L ⁻¹	1,05 kg ha ⁻¹	1,05 kg ha ⁻¹	—
Phytus K 00-40-20	1,50 kg 2000L ⁻¹	1,20 kg ha ⁻¹	1,20 kg ha ⁻¹	—
Phytus Mag 00-40-00+10%Mg	1,50 kg 2000L ⁻¹	1,20 kg ha ⁻¹	1,20 kg ha ⁻¹	—

Referências

ADAMS, F.; CONRAD, J.P. Transition of phosphite to phosphate in soils. **Soil Science**, Baltimore, v. 75, p. 361-371, 1953.

AFEK, U.; SZTEJNBERG, A. Effects of Fosetyl-Al and phosphorous acid on scoparone, a phytoalexin associated with resistance of Citrus to *Phytophthora citrophthora*. **Phytopathology**, St. Paul, v. 79, n. 7, p. 736-739, 1989.

AGOSTINI, J.P.; BUSHONG, P.M.; TIMMER, L.W. Greenhouse evaluation of products that induce host resistance for control of scab, melanose, and alternaria brown spot of citrus. **Plant Disease**, St. Paul, v. 87, n. 1, p. 69-74, 2003.

BEZUIDENHOUT, J.J.; DARVAS, J.M.; KOTZE, J.M. The dynamics and distribution of phosphite in avocado trees treated with fosetyl-Al. **South African Avocado Growers' Association Yearbook**, Pretoria, v. 10, p. 101-103, 1987.

BOMPEIX, G.; SAINDRENAN, P. In vitro antifungal activity of fosetyl-Al and phosphorous acid on *Phytophthora* species. **Fruits**, Paris, v. 39, p. 777-786, 1984.

BOMPEIX, G.; FETTOUCHE, F.; SAINDRENAN, P. Mode d'action du fosethyl-Al. **Phytiatrie-phytopharmacie**, Paris, v. 30, p. 257-272, 1981.

BRACKMANN, A.; GIEHL, R.F.H.; SESTARI, I.; STEFFENS, C.A. Fosfitos para o controle de podridões pós-colheita em maçãs 'Fuji' durante o armazenamento refrigerado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 4, p. 1039-1042, 2004.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Abastecimento. **Avaliação de fosfitos no controle do míldio da videira**. Brasília, EMBRAPA, 2003.

CARSWELL, C.; GRANT, B.R.; PLAXTON, W.C. Disruption of the phosphate-starvation response of oilseed rape suspension cells by fungicide phosphonate. **Planta**, Berlin, v. 203, p. 67-74, 1997.

CARSWELL, C.; GRANT, B.R.; THEODOROU, M.E.; HARRIS, J.; NIERE, J.O.; PLAXTON, W.C. The fungicide phosphonate disrupts the phosphate-starvation response in *Brassica nigra* seedlings. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 110, p. 105-110, 1996.

DERCKS, W.; BUCHENAUER, H. Untersuchungen zum einfluss von aluminiumfosetyl auf den pflanzlichen phenolstoffwechsel in dem pathogen-wirt-benziehungen *Phytophthora fragariae* – Erdbeere und *Bremia lactuca*. **Salat. J. Phytopathology**, v. 115, p. 37-55, 1986.

DESPATIE, S.; FURLAN, V.; FORTIN, J.A. Effects of successive application of fosetyl-Al on growth of *Alium cepa* L. associated with endomycorrhizal fungi. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 113, p. 175-180, 1989.

DORER, S.P. **Nutricional effects of a fungicide combination on summer bentgrass decline**. 1996. Thesis (M. Sc.) - North Carolina State University, Raleigh, 1996.

FENN, M.E.; COFFEY, M.D. Studies on the *in vivo* and *in vitro* antifungal activity of fosetyl-Al and phosphorus acid. **Phytopathology**, St. Paul, v. 74, p. 606-611, 1984.

_____. Quantification of phosphonate and ethyl phosphonate in tobacco and tomato tissues and its significance for the mode of action of two phosphonate fungicides. **Phytopathology**, St. Paul, v. 79, p. 76-82, 1989.

FERTILIZER PRODUCT LABELS. BIAGRO. **Nutri-phite P soil; nutri – phite P+K; and nutri- phite P foliar. nutri phite?** Western Sales, 1996.

FORSTER, H.; ADASKAVEG, J.E.; KIM, D.H.; STANGHELLENI, M.E. Effect of phosphite on tomato and pepper plants and on susceptibility of pepper to *Phytophthora* rot and crown rot in hydroponic culture. **Plant Disease**, St. Paul, v. 82, p. 1165-1170, 1998.

GEELEN, J.A. **An evaluation of Agrio-fossupra 400 for the control of black spot and powdery mildew of apple in Hawke's bay**. [s.l.]: Geelen Research. Independent Horticultural Consultants, 1999. 15 p.

GRANT, B.R.; GRANT, J.H.; HARRIS, J. Inhibition of growth of *Phytophthora infestans* by phosphate and phosphonate in defined media. **Experimental Mycology**, San Diego, v. 16, p. 240-244, 1992.

GRIFFITH, J.M.; AKINS, A.H.; HARRIS J. Inhibition of growth of *Phytophthora infestans* by phosphate and phosphonate in defined media. **Experimental Mycology**, San Diego, v. 152, p. 430-436, 1992.

GUEST, D. Modification of defense responses in tobacco and *Capsicum* following treatment with Fosetyl-AI. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, London, v. 25, p. 125-134, 1984.

GUEST, D.; GRANT, B. The complex action of phosphonates as antifungal agents. **Biological Reviews**, v. 66, p. 159-187. 1991.

GUEST, D.I. Evidence from light microscopy of living tissues that Fosetyl-AI modifies the defense response in tobacco seedlings following inoculation by *Phytophthora nicotianae* var. *nicotianae*. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, London, v. 29, p. 251-261. 1986.

HOWARD, K.; DELL, B. HARDY, G.E.; Phosphite and mycorrhizal formation in seedlings of three Australian Myrtaceae. **Australian Journal of Botany**, Melbourne, v. 48, p. 725-729, 2000.

IMAZU, K.; TANAKA, S.; KURODA, A.; ANBE, Y.; KATO, J.; OHTAKE, H. Enhanced utilization of phosphonate and phosphite by *Klebsiella aerogenes*. **Applied and Environmental Microbiology**, Baltimore, v. 64, p. 3754-3758, 1998.

JABAHI-HARE, S.H.; KENDRICK, W.B. Response of an endomycorrhizal fungus in *Allium porrum* L. to different concentrations of the systemic fungicides metalaxyl (Ridomil) and Fosetyl-AI (Aliette). **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 19, p. 95-99, 1987.

JACKSON, T.J.; BURGUESS, T.; COLQUHOUN, I.; HARDY, G.E.S. Action of the fungicide phosphite on *Eucalyptus marginata* inoculated with *Phytophthora cinnamomi*. **Plant Pathology**, London, v. 49, p. 147-154, 2000.

JOHNSON, D.A.; INGLIS, D.A.; MILLER, J.S. Control of potato tuber rots caused by oomycetes with foliar applications of phosphorous acid. **Plant Disease**, St. Paul, v. 88, n. 10, p. 1153-1159, 2004.

LOVATT, C.J. Foliar phosphorus fertilization of citrus by foliar application of phosphite. **Summ. Citrus Research**, p. 25-26, 1990.

LUCAS, L.T. Development of management of summer decline of bentgrass. In: GOLF COUSE SUPERINTENDENT'S ASSOCIATION OF AMERICA INTERNATIONAL CONFERENCE, 1994, Dallas. **Proceedings ...**

MACINTIRE, W.H.; WINTERBERG, S.H.; HARDIN, L.J.; STERGES, A.J.; CLEMENTS, L.B. Fertilizer evaluation of certain phosphorus and phosphoric materials by means of pot cultures. **Agronomy Journal**, Madison, v. 42, p. 543-549, 1950.

McDONALD, A.E.; GRANT, B.R.; PLAXTON, W.C. Phosphite (phosphorous acid): its relevance in the environment and agriculture, and influence on the plant phosphate starvation response. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 24, p. 1505-1519, 2001.

NIERE, J.O.; DE ANGELIS, G.; GRANT, B.R. The effect of phosphonate on the acid-soluble phosphorus components in the genus *Phytophthora*. **Microbiology**, Reading, v. 140, p. 1661-1670, 1994.

NIERE, J.O.; GRIFFITH, J.M.; GRANT, B.R. ³¹P-NMR studies on the effect of phosphite on *Phytophthora palmivora*. **Journal of General Microbiology**, London, v. 136, p. 147-156, 1990.

OHTAKE, H.; WU, H.; IMAZU, K.; ANBE, Y.; KATO, J.; KURODA, A. Bacterial phosphonate degradation, phosphite oxidation and polyphosphate accumulation. **Resources, Conservation and Recycling**, Amsterdam, v. 18, p. 25-134, 1996.

PEGG, K.; WILEY, A.W.; SARANAH, J. B.; GLASS, R.J. Control of phytophthora root rot of avocado with phosphorous acid. **Australian Plant Pathology**, Melbourne, v. 14, p. 25-29, 1985.

PLAXTON, W.C. Metabolic aspects of phosphate starvation in plants. In: LYNCH, J.P.; DEIKMAN, J. P. (Ed.). **Phosphorus in plant biology: regulatory roles in molecular, cellular, organism, and ecosystem processes**. Rockville, 1998. p. 229-241.

QUIMETTE, D.G.; COFFEY, M.D. Phosphonate levels in avocado (*Persea americana*) seedlings and soil following treatment with fosetyl-Al or potassium phosphonate. **Plant Disease**, St. Paul, v. 73, p. 212-215, 1989.

RICKARD, D.A. Review of phosphorous acid and its salts as fertilizer materials. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 23, n. 2, p. 161-180, 2000.

ROTHBAUM, H.P. The use of red phosphorus as a fertilizer. Part 1. Rates of oxidation of red phosphorus in soil. **New Zealand of Journal Science**, Wellington, v. 7, p. 51-66, 1964.

ROTHBAUM, H.P.; BAILLIE, W.J.H. The use of a red phosphorus as a fertilizer. Part 4. Phosphite and phosphate retention in soil. **New Zealand Journal of Science**, Wellington, v. 7, p. 446-451, 1964.

SAINDRENAN, P.; BOMPEIX, G. Role des phytoalexines dans la response de *Vigna unguiculata* traité par le phosethyl-Al, a l'infection par *Phytophthora cryptogea*. **Compte Rendus**, Montpellier, v. 303, p. 411-414, 1986.

SAINDRENAN, P.; DARAKIS, G.; BOMPEIX, G. Determination of ethyl phosphite, phosphite and phosphate in plant tissues by anion exchange high-performance liquid chromatography and gas chromatography. **Journal of Chromatography**, Amsterdam, v. 342, p. 267-273, 1985.

SAINDRENAN, P.; BARCHIETTO, T.; AVELINO, J.G.; BOMPEIX, G. Effect of phosphate on phytoalexin accumulation in leaves of cowpea infected with *Phytophthora cryptogea*. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, London, v. 32, p. 425-435, 1988.

SALA, F.C.; COSTA, C.P.; ECHER, M.M.; MARTINS, M.C.; BLAT, S.F. Phosphite effect on hot and sweet pepper reaction to *Phytophthora capsici*. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 61, n. 5, p. 492-495, 2004.

SERCILOTO, C.M.; CASTRO, P.R.C. Interações entre diferentes substâncias aplicadas às plantas de feijoeiro e o glifosato. In: ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA "LUIZ DE QUEIROZ". **Relatório Técnico**, Piracicaba, 2005. p. 12-16.

SEYMOUR, N.P.; THOMPSON, J.P.; FISKE, M.L. Phytotoxicity of fosetyl-Al and phosphonic acid to maize during production of vesicular-arbuscular mycorrhizal inoculum. **Plant Disease**, St. Paul, v. 78, p. 441-446. 1994.

SMILLIE, R.; GRANT, B.R.; GUEST, D. The mode of action of phosphite: evidence for both direct and indirect modes of action on three *Phytophthora spp.* in plants. **Phytopathology**, St. Paul, v. 79, n. 9, p. 921-926. 1989.

SÔNEGO, O.R.; GARRIDO, L.R.; CZERMAINSKY, A.B.C. **Avaliação de fosfitos no controle do míldio da videira**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2003. 14 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 11).

VARADARAJAN, D.; RAGHOTHAMA, K.G. Phosphite (HPO_3^{-2}): A structural analog of phosphate ($\text{H}_2\text{PO}_4^{-}$) suppresses phosphate starvation induced molecular responses in tomato. In: ANNUAL MEETING OF AMERICAN SOCIETY OF PLANT PHYSIOLOGISTS, 2000, San Diego. San Diego: ASPP, 2000.

VITTI, G.C.; LUZ, P.H.C.; QUEIROZ, F.E.C.; OTTO, R.; PACKER, L.A. **Utilização de micronutrientes e de fosfito na cultura da cana-de-açúcar.** Piracicaba: FEALQ, 2005. 65 p. (Relatório de Pesquisa).

WEELS, K.L.; DOLLARHIDE, J.E.; MUNDELL Jr., R.E. Effect of phosphite phosphorous on alfalfa growth. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 31, n.15/16, p. 2707-2715, 2000.

WICKS, T.J. Evaluation del fosfito potasico como funguicida en Australia. In: CONFERENCIA DE BRINHTON PARA PROTECCIÓN DE LAS COSECHAS. PESTES Y ENFERMEDADES, 1990.

7 POTENCIAL DE APLICAÇÃO DOS AMINOÁCIDOS NA AGRICULTURA TROPICAL

7.1 Introdução

A utilização de aminoácidos na agricultura tem sido praticada por várias décadas, no Brasil e no mundo, em diversas culturas. O número de empresas, ofertando no comércio uma ampla gama de produtos, a base de aminoácidos, vem aumentando consideravelmente. Muitos técnicos e produtores relatam benefícios na utilização destes produtos. Entretanto existem controvérsias sobre a utilização de aminoácidos na agricultura, uma vez que a aplicação isolada dos mesmos raramente tem mostrado efeitos significativos na produtividade vegetal. Muito poucos trabalhos científicos são encontrados demonstrando a eficácia destes produtos. A ausência de fiscalização e a classificação como fertilizantes para a venda no comércio dificulta a avaliação da eficácia destas substâncias nas plantas.

7.2 Aminoácidos nas plantas

Os aminoácidos são moléculas de características estruturais em comum, formados por um carbono central, quase sempre assimétrico, ligado a um grupamento carboxila

(COOH), um grupamento amino (NH₂) e um átomo de hidrogênio. Além destas três estruturas, os aminoácidos apresentam um radical chamado genericamente de “R”, que diferencia os mesmos.

Várias hipóteses são atribuídas aos aminoácidos. As principais funções dos aminoácidos seriam:

- I) Síntese de proteínas
- II) Compostos intermediários dos hormônios vegetais endógenos
- III) Efeito quelatizante em nutrientes e outros agroquímicos
- IV) Maior resistência ao estresse hídrico e de alta temperatura
- V) Maior resistência ao ataque de doenças e pragas

Entretanto tais afirmativas carecem de fundamentos científicos. O efeito dos aminoácidos nas plantas, tem sido investigado por alguns autores, entretanto ainda existem dúvidas básicas como:

- Absorção de aminoácidos pelas plantas.
- Utilização pela planta de aminoácidos exógenos.
- Locais de ação no metabolismo vegetal.

Não têm sido encontrados, porém, trabalhos que demonstrem efetivamente a ação positiva da aplicação direta de aminoácidos em plantas. A dificuldade de absorção dos aminoácidos, a necessidade das plantas por aminoácidos específicos e a posição intermediária dos mesmos no metabolismo secundário, são aspectos que interferem na correta interpretação de seus modos de ação. Diversos produtos comerciais que contém aminoácidos também possuem nutrientes minerais e outros compostos, dificultando a caracterização do efeito específico dos mesmos sobre as plantas. Considera-se a partir de algumas evidências que alguns aminoácidos podem agir como protetores das plantas da ação de sais minerais e outros agroquímicos ou, ao contrário, incrementar a absorção e efeito desses produtos (CASTRO, 2006).

Consideramos que os aminoácidos podem ser enquadrados no grupo de bioativadores, compostos capazes de agir em processos morfofisiológicos do vegetal como precursores de um hormônio endógeno ou de enzimas e da disponibilização de compostos formadores de promotores de crescimento. O triptofano, por exemplo, é um conhecido precursor do ácido indolilacético, auxina promotora de crescimento vegetal. A arginina 20 ppm mostrou-se eficiente para incrementar a emergência da cana-de-açúcar. Este aminoácido adicionado na solução nutritiva, substituindo uma pequena fração do nitrogênio, apresentou forte efeito positivo no crescimento da cana. Presença de arginina estimulou o desenvolvimento das células de cana em meio de cultura. A metionina é também uma conhecida precursora do etileno, responsável pela maturação de frutos e senescência vegetal (CASTRO, 2006).

Virtanen e Linkola (1946) consideraram que compostos orgânicos nitrogenados poderiam ser usados como fonte de nutrição nitrogenada em plantas superiores assim como já eram utilizados em meio de cultura para microrganismos, reconhecendo que as plantas, em adição a íons inorgânicos, podem também assimilar componentes orgânicos tais como ácidos orgânicos, aminoácidos e ácidos nucléicos. Assim, a extensa variação na composição de substâncias básicas como os já citados produtos metabólicos, nos diferentes estádios do crescimento vegetal, implica em uma requisição e assimilação destes pelas plantas que diferem proporcionalmente nestes estádios (GRAHAN et al., 1964; OSAKI; TAI, 1961).

Caso a afirmativa dos autores supracitados esteja correta (HAQUE et al., 1971), os vegetais podem ser desejavelmente suplementados com componentes primários de proteínas e ácidos nucléicos nas proporções requeridas em cada estágio da planta. Estes autores, utilizando-se de alguns aminoácidos marcados com ^{14}C (ácido aspártico, ácido glutâmico, treonina e prolina), além de bases nitrogenadas de ácidos nucléicos marcados com o mesmo radioisótopo (adenina, guanina, citosina e uracila) estudaram a aplicação destes em plantas de arroz nos estádios de plântula, estágio reprodutivo e estágio de espiga jovem. Determinou-se que no estágio de plântula, os aminoácidos foram incorporados na seguinte ordem, em quantidade: ácido aspártico > ácido glutâmico > prolina > treonina. Já por outro lado, no estágio reprodutivo do vegetal a incorporação dos mesmos aminoácidos tomou a seguinte ordem: prolina > ácido glutâmico > treonina > ácido aspártico. Similarmente, na espiga jovem, a ordem de velocidade de absorção dos mesmos aminoácidos foi: ácido glutâmico > prolina > treonina > ácido aspártico. Os dados sugerem que diferenças existem na proporção de vários aminoácidos a serem incorporados na fração insolúvel em água entre diferentes estádios e entre a planta integral e cada parte específica desta.

Haque et al. (1971) ainda sugeriram que no estágio de plântula, a síntese de proteína pode ter um grande requerimento para os aminoácidos ácido aspártico e ácido glutâmico. Por outro lado, no estágio reprodutivo ou na fase de espiga jovem a planta pode utilizar mais prolina do que outros aminoácidos. Assim, diferentes aminoácidos podem ser requeridos em quantidades diferentes em vários estádios do desenvolvimento da planta.

Os mecanismos de ação da tiamina e do ácido nicotínico sobre o crescimento das plantas ainda não foram desvendados completamente. A tiamina associada a duas moléculas de ácido fosfórico produz o pirofosfato de tiamina (cocarboxilase) que em muitas enzimas exerce a função de coenzima.

Haque et al. (1971) supõem que a tiamina age, de forma parecida com a dos hormônios vegetais, sobre a atividade de genes. Um dos fatores regulativos da atividade dos genes em organismos superiores são as proteínas dos cromossomos. Elas são subdivididas em dois grupos principais: as proteínas básicas ou histonas e as proteínas não-histônicas. Sobre o efeito de tiamina, a quantidade de histonas de todas as frações individuais das histonas e das cromoproteínas não-histônicas aumentaram nas sementes de ervilha de 87 a 245% em comparação ao controle. No decorrer do crescimento, porém, a quantidade

de histonas das plantas tratadas com tiamina diminuiu de 15 a 52% em comparação com as plantas controle.

A maior quantidade de proteínas não-histônicas foi encontrada em germens de plantas de 12 a 25 dias de idade, ou seja, 106 a 120mg por 1 grama de cromatina seca. Sob efeito de tiamina a quantidade de proteínas cromossômicas não-histônicas, em comparação com o controle, diminuiu em 52% até o terceiro dia após a germinação. Depois disso começou lentamente um estímulo, de modo que o controle finalmente foi superado em 37%.

É de se supor que a tiamina exógena, nas fases iniciais do crescimento, atua como inibidora da atividade dos genes, reprimindo muitos genes; nas fases seguintes, no entanto, ela atua como ativadora de genes.

Kinraide (1981) analisou a inibição de um aminoácido em alta concentração atuando sobre outro. Estes estudos de competição interaminoácidos permitem identificar grupos de aminoácidos que presumivelmente compartilham do mesmo sistema de transporte. O autor mostra que metionina e alanina apresentam-se virtualmente sempre como fortes inibidores relativos para outros aminoácidos. O estudo mostrou dois sistemas de transporte gerais: (a) metionina, alanina, fenilalanina, tirosina, leucina, cisteína, serina, glicina, triptofano, glutamina, treonina, valina, isoleucina, ácido glutâmico, prolina, histidina, lisina, asparagina, arginina e ácido aspártico; (b) asparagina, arginina e ácido aspártico. Este estudo tem a importância de separar os aminoácidos, de forma que uma maior eficiência de absorção quando da aplicação via foliar seja obtida, impedindo que interações negativas dificultem a assimilação dos mesmos.

White (1937) trabalhando com raízes excisadas de tomateiro observou que neste caso específico somente os aminoácidos: ácido glutâmico, lisina, histidina, fenilalanina, leucina, isoleucina, valina, serina e prolina mostraram efeitos positivos no crescimento. Outros aminoácidos pareceram não serem essenciais sob as condições testadas deste experimento.

O L-3,4-dihidroxi-fenilalanina (L-DOPA), aminoácido não protéico sintetizado via oxidação da tirosina, é precursor de diversos compostos orgânicos importantes para o metabolismo das plantas, constituindo-se ainda um poderoso aleloquímico. O aminoácido aumentou a atividade de peroxidases, lignina e fenóis, tendo reduzido o crescimento das raízes das plantas de soja (SOARES et al., 2005).

Os aminoácidos essenciais lisina, treonina, metionina e isoleucina são derivados do ácido aspártico. No entanto, os cereais apresentam deficiências de lisina e treonina, enquanto que as leguminosas apresentam deficiência do aminoácido metionina. Na década de 60 a constatação de que os mutantes de milho opaco e *floury* apresentavam aumentos nas concentrações de lisina abriu novas perspectivas para estudos bioquímicos e moleculares que têm levado a um melhor entendimento dos processos relacionados à biossíntese, degradação e ao acúmulo de lisina na forma solúvel ou incorporada às proteínas de reserva. Os resultados demonstraram que a adição de 1mM de lisina foi suficiente para causar uma forte inibição na atividade da dihidropicolinato sintase (DHPS)

que variou entre 79% e 86% para os mutantes Oh43f/2 e Oh43f/1, respectivamente. A adição de 1mM e 5mM de treonina não causou efeitos inibitórios sobre a atividade da enzima. Um padrão semelhante foi observado com a adição de metionina e SAM. No entanto, a adição de 1mM de AEC (aminoetil cisteína) causou inibição na atividade enzimática que variou entre 40% e 75% para os genótipos Oh43o2 e Oh43f/1, respectivamente, enquanto que a adição de 5mM de AEC ao ensaio provocou níveis de inibição semelhantes aos observados para 1mM de lisina, variando entre 67% e 86% para os genótipos Oh43f/2 e Oh43+, respectivamente. Os resultados confirmam, em todos os genótipos analisados, a presença de uma forma da enzima DHDPS altamente sensível à inibição por lisina que pode ser capaz de controlar a síntese de lisina desviando o fluxo de carbono para o ramo da via metabólica que conduz à síntese de treonina, visto que a DHDPS compartilha com a HSDH o mesmo substrato, ASA. Além disso, o aminoácido lisina não se mostrou específico para a inibição da atividade enzimática, pois a presença de AEC também provocou reduções na atividade da DHDPS (VARISI et al., 2006).

Nyman et al. (1987) verificaram através de estudos histo-autoradiográficos, utilizando aminoácidos marcados, que células vivas dos tricomas de *Tillandsia paucifolia* (Bromeliaceae) podem ser capazes de absorver aminoácidos livres de soluções extrafoliares. Resultados similares foram obtidos com outras espécies de *Tillandsia* (BENZING et al., 1976). Quando soluções contendo ³H leucina são colocadas na superfície das folhas, os tecidos acumulam uma quantidade considerável de material marcado em 30 minutos, a maioria do qual é concentrado no interior das células da haste do tricoma. Experimentos de absorção demonstraram entrada líquida simultânea de aminoácidos. Após 2 a 3 horas de exposição, as concentrações de 17 aminoácidos foram reduzidas. Arginina e lisina foram absorvidas mais rapidamente, numa taxa média de 115,2 n mol g⁻¹ de matéria seca h⁻¹. Todos os outros aminoácidos foram absorvidos numa menor magnitude. Aminoácidos neutros foram removidos da solução a uma taxa média de 27,9 n mol g⁻¹ de matéria seca h⁻¹, enquanto aqueles acidílicos foram absorvidos a 9,6 n mol g⁻¹ de matéria seca h⁻¹.

Asparagina foi o único aminoácido que mostrou efluxo líquido para o meio. Entretanto, em todos os casos, observou-se que as perdas são muito menores do que a absorção combinada dos outros 17 aminoácidos. A taxa de absorção combinada por um período de duas horas foi de 650 n mol g⁻¹ de matéria seca h⁻¹ para os 17 aminoácidos; sendo que o correspondente efluxo líquido de asparagina foi de 79 n mol g⁻¹ de matéria seca. Assim, o acúmulo líquido de aminoácidos do meio durante o período de duas horas foi da ordem de 571 n mol g⁻¹ de matéria seca. Foi evidenciado que o sistema geral de transporte de aminoácidos nas plantas possui uma baixa afinidade para a asparagina (KINRAIDE, 1972).

O influxo de leucina e lisina marcadas foi igual a entrada líquida desses aminoácidos. A entrada líquida de arginina parece ocorrer mais rapidamente do que o influxo do material marcado. Isto sugere que a arginina é metabolizada durante a realização do experimento e que algum produto metabólico marcado é liberado no meio.

As concentrações de arginina, lisina e leucina nas folhas foram de 8,6 μM , 0,5 μM e 17,2 μM , respectivamente. A concentração total interna de aminoácidos foi de 8,2 mM, da qual asparagina participou com 70% ou 5,7 mM. No caso da lisina a entrada continua, mesmo com baixas concentrações externas (28 mM), contra um gradiente de concentração. A entrada líquida de leucina e arginina também ocorre contra significativos gradientes de concentração, sugerindo transporte ativo. Considera-se possível que sementes de orquídeas em germinação e plântulas em desenvolvimento possam absorver aminoácidos (ARDITTI, 1984). Alguns autores sugerem que aminoácidos e amidas podem ser absorvidos diretamente do solo pelas raízes (DEVLIN; WITHAM, 1983).

Schliemann et al. (1999) verificaram que o fornecimento de diferentes aminoácidos para raízes aéreas formadoras de betalaína, em cultura, na beterraba amarela (*Beta vulgaris* L. subsp. *vulgaris* cv. Golden Beet), mostrou que todos os aminoácidos produziram as betaxantinas correspondentes. O fornecimento de aminoácidos em hipocótilos de *B. vulgaris* L. subsp. *vulgaris* cv. Altamo levou a resultados similares. Não têm sido encontrados porém, trabalhos que demonstrem a ação positiva da aplicação direta de aminoácidos em plantas.

Verificou-se que a colocação de uma gota da solução de aminoácidos marcados, sobre uma folha de soja, possibilitou a absorção e translocação dos diversos aminoácidos para o interior da planta, com velocidades e direções diferentes (KURSANOV, 1961).

Estudos de Kursanov (1961) mostraram que aminoácidos moveram-se de uma solução através das extremidades cortadas da haste de trigo, até as espiguetas.

Kursanov (1961) demonstrou que quando uma folha de *Rheum* sp. é coberta por uma câmara contendo $^{14}\text{CO}_2$, em um período de 3 a 4 minutos, encontra-se nas nervuras adjacentes não somente açúcares marcados, mas também ácidos orgânicos e aminoácidos marcados com ^{14}C . Observou-se que os aminoácidos são mais móveis do que os ácidos orgânicos. Em *Rheum* sp. os aminoácidos mais móveis foram a treonina, serina e alanina.

Nelson e Gorham (1959a) colocaram uma gota de solução contendo aminoácidos marcados sobre um pecíolo cortado de uma folha primária de soja. Os diversos aminoácidos foram transportados no interior da planta em velocidades e direções diferentes. Em plantas com 17 dias, a serina que se acumula rapidamente em tecidos jovens, era muito móvel, enquanto que a asparagina e a glutamina moveram-se lentamente. Em plantas com mais idade, essas relações se tornaram invertidas. As velocidades de transporte variaram entre o mínimo de 350 cm h^{-1} para asparagina até 1400 cm h^{-1} para o ácido aspártico.

Nelson e Gorham (1959b) observaram que as taxas de absorção de aminoácidos marcados através do pecíolo cortado da folha primária de soja variaram de 1,0 a 1,5 mL por minuto. Depois de 1 a 5 minutos foi determinada a distribuição de ^{14}C na planta. Os aminoácidos se translocaram íntegros, preferencialmente em direção às raízes, sendo que muito pouco se moveu para a região apical da planta. A quantidade de asparagina ou glutamina translocada para a folha primária, oposta a que teve o pecíolo cortado, aumentou com a idade da folha, enquanto que a quantidade dos outros compostos decresceu. Quando

asparagina e serina foram administradas juntas, serina moveu-se para a folha primária enquanto asparagina foi excluída.

Kursanov (1961) verificou que os vasos fibrovasculares isolados das folhas de beterraba açucareira e de outras plantas têm a capacidade de acumular glicina, além de grande volume de sacarose. Mostrou também, nesses vasos separados, que a sacarose marcada utilizada na respiração converte-se, nos tecidos condutores, em uma mistura de ácidos: pirúvico, hidroxipirúvico, beta-cetoglutárico, oxalacético e glioxílico. Esses cetoácidos conduzem por aminação e por transaminação aos aminoácidos.

Observou-se que aminoácidos podem ser transportados através da membrana plasmática da célula por meio de transportadores tipo simporte, penetrando na célula paralelamente à entrada de H^+ (TAIZ; ZEIGER, 2009).

7.3 Aminoácidos no florescimento

Manthur e Sharma (1968), interessados nos análogos de bases purínicas e pirimidínicas: uracil e 5-nitrouracil devido ao último possuir um átomo de nitrogênio (N) adicional do grupo nitro na posição 5 e do importante papel que estas bases possuem no metabolismo e diferenciação celular, verificaram que os tratamentos com uracil e 5-nitrouracil significativamente aumentaram a altura do vegetal e também a massa da matéria fresca e seca da brotação. Os maiores efeitos foram observados em concentrações de 200mg L^{-1} para ambas as substâncias. Embora tenha havido significante promoção no crescimento de folhas e hastes, o crescimento de raízes e o número de nós não foram afetados.

Quanto ao florescimento, os autores apresentaram dados que indicam a promoção deste processo, tanto por uracil como por 5-nitrouracil. Significativamente mais flores foram formadas em plantas tratadas com baixas concentrações de uracil (50, 100, 200 e 300mg L^{-1}). A promoção do florescimento causado por tratamento com 5-nitrouracil não foi significativa.

Houve efeito sobre o metabolismo de proteínas, estimado pela quantidade de N total, pois determinou-se aumento em folhas e hastes. O conteúdo de N nas raízes foi mais baixo se comparado com o conteúdo de N presente nas folhas e hastes.

Tabela 14 – Efeito de purinas e pirimidinas sobre o florescimento de plantas de batata e feijoeiro (KESSLER et al., 1959, modificado)

Tratamento	Feijoeiro	Batata
Controle	4	11
Adenina	5	16
Guanina	-	0*
Xantina	8	27*
Cafeína	9*	50*
Uracil	6	30*

Kessler et al. (1959) reportaram que o uso de uracil intensificou a síntese de ácido ribonucléico (RNA) e, conseqüentemente, de proteínas em várias espécies frutíferas. Sendo que resultados similares foram obtidos com xantina, adenina e guanina aplicadas no estágio de desenvolvimento da planta, promovendo síntese de ácido desoxirribonucléico (DNA). Em plantas de feijoeiro e batata a adição de bases nitrogenadas aumentou significativamente o número de flores produzidas por planta, conforme a Tabela 14.

As características de alteração na época do florescimento e no número de flores podem ser devidas à modificação da indução fotoperiódica como argumentam Salisbury e Bonner (1960); Zeevaart (1962); Cherry e Van Hustee (1965). É sabido que 5-fluoruracil inibe o crescimento de vários tipos de células devido a suspensão da formação de timidina, e que a aplicação desta última diminui os efeitos inibitórios de 5-fluoruracil. Nestes casos, este composto é um inibidor da síntese de DNA.

Heslop-Harrison (1960) trabalhando com plantas de *Cannabis sativa* demonstrou que a pirimidina 2-thiouracil é altamente efetiva na supressão ou retardamento de certos processos de desenvolvimento e diferenciação nesta espécie, caracterizada como sendo de dias curtos. O autor, visto que a planta é dióica, observou que a resposta ao florescimento de plantas masculinas foi severamente reduzida e quase abolida no caso de plantas femininas. Neste ensaio, plantas de ambos os sexos mostraram algum atraso no desenvolvimento geral como resultado do tratamento durante a indução fotoperiódica. Embora, em parte a redução da resposta ao florescimento seja atribuído a isto, parece claro que o efeito é ainda mais específico, sugerindo um bloqueio parcial dos processos de desenvolvimento que atuam sobre o florescimento do vegetal, o que, acompanhado de aberrações histológicas, sugere um efeito na diferenciação celular.

Quando o autor promoveu a aplicação de 2-¹⁴C-2-thiouracil marcado e determinou em que proporção esta substância estava presente nos compostos celulares, observou que a

maior concentração de radioatividade nas folhas devia-se à fração ribonucléica, implicando que este análogo funciona interferindo com o metabolismo de ácido nucléico.

Salisbury e Bonner (1960) sugeriram que a inibição do florescimento em *Xanthium*, por 5-fluoruracil afeta a síntese ou a efetividade de produtos do período de indução no escuro. Heslop-Harrison (1960) considerou que esta resposta é mais comumente devida a perda da capacidade de tecidos meristemáticos apicais de reagirem ao estímulo gerado pela folha. Desta maneira, um *loci* que se apresenta quiescente durante o crescimento vegetativo, e que é ativado durante a indução fotoperiódica, torna-se incapaz de produzir proteínas características na presença de fatores modificadores.

Wardell (1976) verificou que IAA levava a formação de gemas vegetativas em hastes de fumo em meio de cultura. Observou que o thiouracil (base análoga de RNA) levava a formação de gemas florais, sendo esse processo inibido pela base análoga correspondente, uracil.

7.4 Aminoácidos na agricultura

Jeppsen (2000) considerou que Albion Metalosato aumentou a absorção através de superfícies foliares. Tratam-se de aminoácidos quelatizados com tal distribuição de cargas que possibilita a penetração através de várias camadas da cutícula e da parede celular, sem serem ligadas a elas. Também, possui características compatíveis para atravessar a plasmalema por transporte ativo. Quando se separam nos locais de utilização, os compostos metabólicos podem assumir seus nichos na hierarquia funcional da planta, sendo que os aminoácidos livres resultantes assumem sua função benéfica onde são necessários nos processos metabólicos.

Hsu (1986) discutiu fertilizantes para o uso foliar, além de apresentar a estrutura geral e propriedade de quelados, incluindo principalmente Metalosates (nutrientes quelatizados por aminoácidos).

Estudos isotópicos usando plantas de tomateiro mostraram maior aumento da concentração e translocação de ferro via aplicação foliar com Metalosate complexado com ferro em relação ao ferro-EDTA ou sulfato férrico. O autor também estudou elementos como Mn, Zn e Cu; bem como outras culturas: milho, trigo e soja.

Hsu et al. (1986b) consideraram que plantas de milho tratadas com FeSO_4 e Metalosate marcado radioativamente contendo ferro, aplicados em folhas, tiveram translocação para a base da folha, mas não em direção à ponta. Sendo a translocação maior com o Metalosate contendo ferro do que do FeSO_4 . Isso é explicado pelo fato de que o nutriente ligado ao aminoácido, formando um quelado, permite maior penetração, pois a velocidade prevista seria maior do que por simples difusão, havendo um aumento de permeabilidade pelo quelado, sendo conseqüentemente o nutriente absorvido mais rapidamente do que quando livre em solução. Cabe mostrar se agentes quelantes sintéticos podem apresentar problemas de fitotoxicidade, exigindo experimentos mais extensivos sobre o assunto.

Aplicando-se Calcium Metalosate (ácido aspártico, ácido glutâmico, alanina, arginina, cistina, glicina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, prolina, fenilalanina, serina, tronina, triptofano, tirosina e valina + 2% N + 6% Ca), na cultura do algodoeiro, não se verificou, diferença significativa na produtividade, comprimento e resistência das fibras do algodão, uniformidade e cor.

Kobayashi et al. (1980) apresentaram dados sobre o efeito de extratos de levedura no crescimento e rendimento do amendoizeiro (Tabela 15).

Tabela 15 – Rendimento de plantas de amendoizeiro submetidas ao tratamento com levedura autolizada (KOBAYASHI et al., 1980, modificado)

Tratamentos	Número de legumes	Massa de legumes (g)	Massa de folhas e hastes (g)
I. Controle (minerais: M)	531 (100)	929,6 (100)	2512
II. M + levedura autolizada (LA) (0,1 ppm)	811 (152,7)	1699,1 (182,7)	2078
III. M + LA (1,0 ppm)	776 (146,1)	1537,7 (165,4)	2181
IV. M + LA (10,0 ppm)	768 (144,6)	1330,5 (143,1)	2147

Como o conteúdo de componente mineral foi de 168ppm de N e 165ppm de P, o aumento da concentração de N e P quando 0,1 ppm; 1,0 ppm e 10,0 ppm do extrato autolizado foi adicionado era de: N = 0,01 ppm, P = 0,001 ppm; N = 0,1 ppm, P = 0,01 ppm e N = 1 ppm, P = 0,1 ppm; respectivamente, pode-se considerar que os efeitos destes componentes poderia ser negligenciável no crescimento das plantas.

Pela Tabela 15 podemos observar que o número e a massa fresca de legumes foram, respectivamente, 531 e 929,6 gramas no controle com solução fertilizante mineral, elevando-se para 811 e 1699 gramas no tratamento onde 0,1 ppm de levedura autolizada foi adicionada, mostrando uma considerável estimulação da produção. Os autores, entretanto, não esclarecem a razão pela qual o aumento da quantidade de levedura autolizada levou a um decréscimo sucessivo no número e massa fresca dos legumes, sendo que no tratamento 1,0 ppm os resultados foram de 776 e 1537,7 gramas enquanto que no tratamento 10,0 ppm obtiveram 768 e 1330,5 gramas. Como o conteúdo total de

aminoácidos e bases nitrogenadas é relativamente pequeno, seria possível que a variação na produção fosse causada por efeito do conteúdo de vitaminas presentes no extrato. Simkunas et al. (1978) afirmaram, por exemplo, que a umidificação de sementes com soluções de tiamina e ácido nicotínico responde por um aumento de 15 a 20% da colheita de inúmeros produtos agrícolas como beterraba açucareira, milho, repolho, tomate, feijão e outros.

Apesar das plantas serem organismos autotróficos, capazes de sintetizar as vitaminas essenciais ao crescimento, Simkunas et al. (1978) afirmam que uma diminuição na síntese de vitaminas – espécie de hipovitaminose – ocorre em condições de crescimento desfavoráveis como sob temperatura baixa, escassez de água e sais minerais. A influência de vitaminas poderia, por si só, representar um obstáculo ao crescimento. Condição que é possível de ser corrigida por meio de doses vitamínicas adequadas, seja intumescendo as sementes com solução, pulverizando em pó ou aspergindo os germens com soluções.

Simkunas et al. (1978) ainda informaram que os aumentos de produção após o tratamento das sementes com tiamina foram de 3,9 até 48,4% em comparação com o controle. Entretanto, outros ensaios mostraram que a tiamina provoca um aumento médio de 17,3 a 21,1% e o ácido nicotínico de 13,7 a 16,9%, em comparação com plantas onde os tratamentos não foram aplicados.

Foltran et al. (1990), com o objetivo de avaliar a adição de aminoácidos via foliar, na produção de hortaliças, realizaram experimento no Departamento de Horticultura, da ESALQ, utilizando misturas feitas pela indústria Ajinomoto, com diferentes concentrações de alguns aminoácidos. Os tratamentos utilizados foram Ajifol – 2, Ajifol – 3, Ajifol – 4, Ajifol – 5, Ajifol – 6, Ajifol – 7 e o controle. Para as culturas de alface e da batata foram realizadas pulverizações foliares, e para a cenoura e berinjela além das pulverizações foliares, também foram aplicados no solo. O delineamento utilizado foi blocos ao acaso, com 4 repetições. Os dados foram submetidos a análise estatística revelando haver diferença significativa apenas para a alface, sendo que as demais culturas, batata, cenoura e berinjela, não apresentaram diferença entre os tratamentos.

Canto Neto et al. (2001), também no Departamento de Horticultura, da ESALQ, realizaram experimento com a finalidade de avaliar os efeitos da aplicação de aminoácidos, macronutrientes e micronutrientes, via foliar, na cultura do feijoeiro, cultivado no campo. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com quatro repetições, tendo como tratamentos: T1- controle, que não recebeu nenhum tipo de aplicação, T2- aplicação de cobalto e molibdênio via semente e aplicação de molibdênio via foliar, 18 dias após a emergência, T3- aplicação de cobalto e molibdênio via semente e aplicação de molibdênio via foliar, 18 dias após a emergência adicionado com Torpet (aminoácidos, N, P, K, Ca, Mg, S, Zn, B, Mn, Fe, Mo, Cu e matéria orgânica), T4- tratamento 2 com P30 (N, P, Mg e S) e Torpet, T5- aplicação apenas de Torpet. Avaliaram-se os teores foliares de nutrientes e a produção de grãos. Os dados foram analisados pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade, sendo que o tratamento T3 apresentou melhor resultado, apenas na

avaliação da produção de grãos encontrou-se diferença significativa, provavelmente devido à ação conjunta do Mo e Co, associados com outros nutrientes e aminoácidos via foliar.

Barros Jr. et al. (2001), com a finalidade de avaliar a eficiência de aplicações foliares de manganês, zinco e aminoácidos na cultura do milho em plantio direto, realizaram experimento em Uberaba (MG). O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com cinco repetições, tendo como tratamentos: T1- controle, que não recebeu nenhum tipo de aplicação, T2- 2 aplicações de aminoácidos com macro e micronutrientes, T3- tratamento 2 com adição de duas aplicações de P foliar, T4- tratamento 3 adicionado de duas aplicações de Mn e Zn foliar. Os dados foram analisados pelo teste de Tukey, ao nível de 5%, sendo que não foi observada diferença significativa para os parâmetros produtividade e massa média da espiga.

Teixeira et al. (2001) avaliaram a eficiência da aplicação de aminoácidos e de duas fontes de cobre na cultura da soja 'Monsoy 8001', em plantio direto. O experimento foi estabelecido em blocos ao acaso, com cinco repetições, tendo como tratamentos: T1- controle sem aplicações foliares, T2- 2 aplicações de aminoácidos enriquecidos com macro e micronutrientes, T3- tratamento 2 adicionado de duas aplicações de P foliar, T4- tratamento 3 adicionado de aminoácidos enriquecidos com macro e micronutrientes via semente, T5- aplicação de oxiclreto de cobre, T6- aplicação de sulfato de cobre. Para os tratamentos 5 e 6 os tratamentos foram aplicados aos 30 dias após a emergência das plantas, no restante as aplicações foram realizadas em duas vezes, sendo a primeira no estágio V4 e a segunda no estágio R1. A análise dos resultados pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade, não apresentou diferença significativa para o parâmetro produtividade. Quanto a análise foliar, observou-se que a aplicação de sulfato de cobre proporcionou efeito sinérgico com o potássio, elevando seus teores na folha.

Malavolta (1980) referiu-se a trabalhos demonstrando que a exigência de S no tomateiro poderia ser satisfeita pelo fornecimento de metionina e cisteína, dois aminoácidos que contém o elemento. Entretanto, Mello et al. (1983) aplicaram um produto a base de cisteína no milho e não observaram resultados significativos para a produção de grãos, massa de sementes e teor de N, P e S em folhas e grãos. Segundo Thorne et al. (1984), a utilização de metionina em adubações foliares, na cultura da soja, não alterou a sua composição protéica.

Castro e Boaretto (2002), procurando determinar os efeitos da adubação foliar sobre a produtividade do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*), conduziram dois experimentos, um na época da seca e outro na época das águas, em Botucatu (SP), onde foram aplicados diversos tratamentos: T1- Sulfato de Zn, Mg, ferroso, Mn, Cu e S, respectivamente (6,0, 5,0, 0,2, 1,0, 0,1 e 4%), ácido bórico (3,5%) e metionina (0,1%), T2- Sulfato de Zn, Mg, ferroso, Mn, Cu e S, respectivamente (6,0, 5,0, 0,2, 1,0, 0,1 e 4%), ácido bórico (3,5%) e vitamina B1 (0,1%), T3- Sulfato de Zn, Mg, ferroso, Mn, Cu e S, respectivamente (6,0, 5,0, 0,2, 1,0, 0,1 e 4%), ácido bórico (3,5%), T4- Ácido fosfórico (30%), T5- Cloreto de cálcio (10%), T6- Metionina (0,1%), T7- Vitamina B1 (0,1%), T8- Controle. O delineamento foi inteiramente casualizado, com quatro repetições cada. Os tratamentos foram aplicados

em pulverização foliar aos 30, 45 e 60 dias após a emergência da cultura, utilizando-se 200 L ha⁻¹ de calda. Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos para as épocas estudadas, demonstrando que a aplicação de nutrientes, vitamina B1 e metionina não influenciaram os teores dos elementos N, P e K. A aplicação de metionina e vitamina B1 não alterou o teor de S nos grãos. A metionina reduziu a porcentagem de germinação. Concluíram que aplicação de metionina não influenciou a qualidade e a produtividade da cultura (Tabela 16).

Tabela 16 - Valores médios de germinação, condutividade elétrica e produtividade do feijoeiro, cultivo da seca e das águas, Botucatu, SP, 1993/94

Trat.	Cultivo da seca			Cultivo das águas		
	Germ. (%)	C.E. (umhosg ⁻¹)	Produtividade (kg ha ⁻¹)	Germinação (%)	C. E. (umhosg ⁻¹)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
1	75	4,4	640	65	4,3	1.900
2	74	4,7	600	68	3,4	1.990
3	81	4,5	680	74	5,1	2.080
4	88	4,5	650	74	4,3	2.110
5	60	4,8	670	70	4,5	2.370
6	66	4,6	600	70	5,0	2.300
7	76	4,0	740	72	4,6	2.140
8	82	5,6	470	74	4,3	2.090

Grande parte dos sintomas de deficiência de Zn está associada a distúrbios no metabolismo das auxinas, principalmente do ácido indolilacético (IAA), hormônio vegetal responsável pelo crescimento das plantas. O modo de ação do Zn no metabolismo das auxinas ainda não está bem esclarecido (EPSTEIN, 1975; MARSCHNER, 1995), admite-se, entretanto, que o Zn seja necessário para a síntese do triptofano (Trp), aminoácido precursor do IAA (VÁLIO, 1979; MENGEL; KIRKBY, 1987). Quando o Trp é fornecido ao ápice de coleótilos, rapidamente é metabolizado em IAA. Algumas plantas deficientes em Zn apresentam concentrações muito baixas de IAA, podendo ter seu crescimento reativado pela aplicação de Trp ou IAA (VÁLIO, 1979). Já em 1948, em um estudo com tomateiro, verificou-se que em plantas com deficiência de Zn havia redução na alongação, baixa atividade da auxina e baixo conteúdo de Trp (TSUÍ, 1948). Salami e Kenefick (1970), trabalhando com milho em solução nutritiva, observaram que os sintomas de deficiência de Zn podem ser eliminados se for adicionado Zn ou Trp à solução nutritiva, o que é uma evidência indireta da necessidade do Zn para manter teores adequados de Trp.

Outros autores consideraram que, em plantas deficientes em Zn, há um acúmulo de Trp. Em estudos com cafeeiros deficientes em Zn, Ramaiah et al. (1964) observaram um acúmulo da maioria dos aminoácidos identificados. Segundo esses autores, os resultados

sugerem que o acúmulo de alguns aminoácidos em concentrações tóxicas, no caso de deficiência antes da aparição de sintomas visuais na planta, poderia explicar as anormalidades foliares que surgem nas brotações subseqüentes. Sugeriram, também, que a maior concentração de Trp em folhas deficientes em Zn e sua menor concentração em folhas normais, pode ser explicada como um possível distúrbio causado no sistema catalítico na conversão do Trp para IAA nas plantas deficientes. Takaki e Kushizaki (1970); Mohideen et al. (1994); Domingo et al. (1992) também encontraram altos teores de Trp em plantas deficientes em Zn.

Mouco e Lima Filho (2004), avaliando a aplicação de aminoácidos na cultura da mangueira 'Tommy Atkins', para minimizar os efeitos do excesso de biorreguladores, utilizados para esta cultura, no Semi-árido Nordeste, aplicaram diferentes concentrações de aminoácidos, em três épocas distintas: na floração (panículas com 5 cm), na fase "chumbinho" e em frutos com tamanho de ovo. O produto comercial utilizado como fonte de aminoácidos foi a solução de aminoácidos em H_2O . Foram avaliados quatro tratamentos: 0,06%, 0,04%, 0,02% do aminoácido além do controle. Somente a dose de 0,06% apresentou aumento significativo no comprimento da panícula (Tabela 17).

Tabela 17 - Comprimento de panícula na floração e número de frutos de mangueira por planta, aos trinta dias antes da colheita

Tratamentos	Comprimento de panícula (cm)	Fixação de frutos (nº planta ⁻¹)
Controle	23,41 b	393,2
0,06% aminoácido	28,43 a	540,2
0,04% aminoácido	26,15 a b	571,4
0,02% aminoácido	26,54 a b	456,8
C.V.(%)	6,8	21,9

Kikuti e Tanaka (2005), aplicando vários aminoácidos (ácido aspártico, treonina, serina, ácido glutâmico, prolina, glicina, alanina, cistina, valina, metionina, isoleucina, leucina, tirosina, fenilalanina, lisina, amônia, histidina, triptofano e arginina) na cultura do feijoeiro 'IAC-Carioca Tybatã', não observaram resultados significativos para o teor foliar de N, P, K, Ca, Mg, B, Cu, Fe, Mn e Zn, produtividade, velocidade de emergência e massa seca da parte aérea (Tabela 18). Apenas aumentou significativamente a % de germinação das sementes (Tabela 19).

Albuquerque e Dantas (2004) consideraram que os aminoácidos podem entrar na planta e compor uma reserva disponível para a produção de novas proteínas durante o

crescimento da videira. Notaram que cinco pulverizações, nos estádios de brotação, pré-floração, floração, frutificação e maturação dos cachos, com uma solução que contém $4,15\text{g L}^{-1}$ de um conjunto de 20 aminoácidos, induzem o aumento no tamanho das bagas. Também verificaram melhoria na qualidade das uvas do cultivar Benitaka com três pulverizações de aminoácidos $4,15\text{g L}^{-1}$, obtendo-se uvas de coloração mais intensa e uniforme, assim como diminuição na acidez, com uma relação de sólidos totais e acidez titulável mais equilibrada.

Os produtos Coda são corretivos de carências, com aminoácidos, muitas vezes associados a micronutrientes, podendo proporcionar, segundo a empresa, rendimentos maiores e colheitas de melhor qualidade (CODA, 2000). Fornecem, além de aminoácidos, o ácido glutâmico necessário para a transaminase, que permite à planta sintetizar os aminoácidos que lhe são necessários naquele momento. A aplicação destes contribui para reduzir os efeitos da seca através de mecanismos não muito conhecidos, mas por meio dos quais se supõe que a prolina serviria para a síntese do material protéico necessário. Castro et al. (2006) verificaram que Codamin –150 e Codamin – BR aumentaram a massa seca de plantas de feijoeiro. Codamin – BR também aumentou o número de grãos, sendo que este produto, Codamin – 150 e Codamin B – Mo incrementaram a massa de grãos colhidos.

Serciloto e Castro (2005) observaram que aplicação de aminoácido (Codamin – BR 1000 mg L^{-1}) pode reverter os sintomas causados pela aplicação de glifosato em feijoeiro (Figura 14).

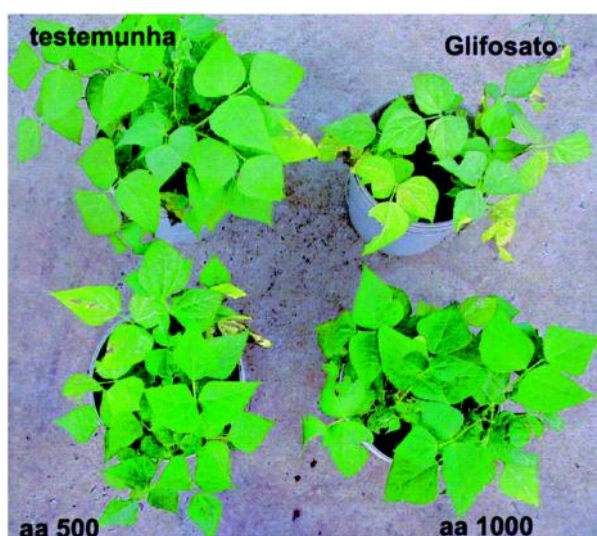


Figura 14 – Efeito do uso de aminoácidos na atenuação da fitotoxicidade promovida pelo glifosato em feijoeiro



Figura 15 - Efeito de ácido fólico + cisteína na diminuição da fitotoxidez promovida por herbicidas pós-emergentes em soja (área tratada à esquerda e controle à direita)

Tabela 18 – Teores de nutrientes nas folhas do feijoeiro, em função de aminoácidos e nutrientes (KIKUTI; TANAKA, 2005, modificado)

Nutrientes	Com aminoácidos	Sem aminoácidos
N (g kg ⁻¹)	45,3	47,3
P (g kg ⁻¹)	2,7	2,8
K (g kg ⁻¹)	28,3	24,2
Ca (g kg ⁻¹)	15,2	16,1
Mg (g kg ⁻¹)	4,3	4,6
B (mg kg ⁻¹)	49,0	51,1
Cu (mg kg ⁻¹)	11,5	11,5
Fe (mg kg ⁻¹)	168,0	157,0
Mn (mg kg ⁻¹)	52,0	44,0
Zn (mg kg ⁻¹)	32,1	28,5

Tabela 19 – Produtividade, população, germinação de sementes, emergência, velocidade de emergência e massa da parte aérea de plantas de feijoeiro em função da aplicação de aminoácido orgânico (KIKUTI; TANAKA, 2005, modificado)

Característica	Com aminoácido	Sem aminoácido
Produtividade (kg por ha)	847,00	859,00
População (mil plantas por ha)	293,00	313,00
Germinação (%)	76,00	68,00
Emergência em solo (%)	72,00	65,00
Velocidade de emergência (dias)	9,53	9,56
Massa seca p. aérea (mg por pl.)	7,84	75,88

Foi verificado que a mistura de ácido fólico + cisteína diminuiu a fitotoxidez causada por herbicidas pós-emergentes em soja (Figura 15).

Em função dos efeitos dos aminoácidos e das dificuldades em determinar seus modos de ação sobre as plantas, devem-se aumentar as pesquisas com esses compostos para melhor estabelecer a eficiência dos mesmos na produção agrícola (CASTRO et al., 2005).

A partir dos resultados obtidos até o momento, podemos concluir que:

- a) Aminoácidos e seus análogos podem vir a ser utilizados como bioativadores vegetais, contudo devem ser necessariamente obtidas mais informações sobre sua ação efetiva e interações com os demais compostos orgânicos.
- b) É possível utilizar análogos de purinas e pirimidinas como modificadores dos estádios de desenvolvimento, principalmente com relação a alterações propostas ao florescimento das plantas.
- c) Aminoácidos podem vir a ser utilizados como substâncias quelantes para promoverem uma absorção mais eficiente ou mais restrita de íons ou moléculas através da aplicação foliar.
- d) Há necessidade de maiores estudos na área, visto que foi detectada grande deficiência de literatura conclusiva.

Referências

ALBUQUERQUE, T.C.S.; DANTAS, B.F. **Cultivo da videira: uso de substâncias orgânicas na produção de uvas de mesa.** Embrapa Semi-árido. 4 p. 2004. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br>>. Acesso em: 14 jan. 2007.

BARROS Jr., M.C.; TEIXEIRA, L.H.B.; LUZ, P.H.C.; VITTI, G.C. Aplicação de manganês, zinco e aminoácido via foliar na cultura do milho. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA USP, 9., 2001, São Paulo. **Agropecuária, Ciências Biológicas: Resumos ...** São Paulo: USP, 2001. 1 CD-ROM.

BENZING, D.H.; HENDERSON, K.; KESSEL, B.; SULAK, J. The absorptive capacities of bromeliad trichomes. **American Journal of Botany**, New York, v. 63, p. 1009-1014, 1976.

CANTO NETO, B.L.; LUZ, P.H.; VITTI, G.C.; MARCHIORI, L.F.S. Aplicação de macronutrientes e aminoácidos na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA USP, 9., 2001, São Paulo. **Agropecuária, Ciências Biológicas: Resumos ...** São Paulo: USP, 2001. 1 CD-ROM.

CASTRO, A.M.C.; BOARETTO, A.E. **Adubação foliar do feijoeiro com nutrientes, vitamina B1 e metionina**: nota científica. Disponível em: <<http://calvados.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/agraria/article/viewFile/1008/834>>.

Acesso em: 25 maio 2006.

CASTRO, P.R.C. **Agroquímicos de controle hormonal na agricultura tropical**.

Piracicaba: ESALQ, DIBD, 2006. 46 p. (Série Produtor Rural, 32).

CASTRO, P.R.C. Ação de Flororgan em feijoeiro. Piracicaba, 2008. 44p. (**Relatório Técnico, ESALQ/Adubos Triângulo**), Piracicaba, 2008. p. 1-21.

CASTRO, P.R.C.; GONÇALVES, M.R.; CATO, S.C. Efeitos da aplicação foliar de Codamin e de Brassinolide em feijoeiro. **Revista da Agricultura**, Piracicaba, v. 81, n. 1, p. 24-30, 2006.

CASTRO, P.R.C.; KLUGE, R.A.; PERES, L.E.P. **Manual de fisiologia vegetal: teoria e prática**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005. 640 p.

CHERRY, J.H.; VAN HUYSTEE, R. Effect of 5-fluoruracil on photoperiodic induction and nucleic acid metabolism of *Xanthium*. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 40, p. 987-993, 1965.

COMPANHIA DE AGROQUÍMICOS. **Nutrição vegetal**: catálogo geral. 2000. 11 p.

DEVLIN, R.M.; WITHAM, F.H. **Plant physiology**. Boston: PWS Publ., 1983. 340 p.

DOMINGO, A.; NAGATOMO, Y.; TAMAI, M.; TAKAKI, H. Free tryptophan and indolacetic acid in zinc-deficient radish shoots. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v. 38, p. 261-267, 1992.

FOLTRAM, A.M.T.; OKAJIMA, M.S.U.; TABUCHI, C.S.; LIMA, J.F.; MIYAMOTO, M.N.; GLORIA, R.M.; MINAMI, K. Efeito da aplicação foliar de aminoácidos sobre a produção de alface, batata, cenoura e berinjela. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA ESALQ, 5., 1990, Piracicaba. **Resumos ...** Piracicaba: ESALQ, 1990. 1 CD-ROM.

GRAHAN, J.S.D.; MORTON, R.K.; RAISON, J.K. The *in vivo* uptake and incorporation of radioisotopes into proteins of wheat endosperm. **Australian Journal of Biological Science**, Melbourne, v. 17, p. 102-114, 1964.

HAQUE, M.Z.; KOBAYASHI, M.; FUJII, K.; TAKAHASHI, E. The incorporation of aminoacids and nucleic acid bases into the seedling, reproductive stage and young ear portion of rice plants. **Plant and Soil**, The Hague, v. 34, p. 17-24, 1971.

HESLOP-HARRISON, J. Suppressive effects of 2-thiouracil on differentiation and flowering in *Cannabis sativa*. **Science**, v. 132, p. 1943-1944. 1960.

HSU, H.H. The absorption and distribution of Metalosates from foliar fertilization. In: ASHMEAD, H.D.; ASHMEAD, H.H.; MILLER, G.W.; HSU, H.H. (Ed.). **Foliar feeding of plants with amino acid chelates**. Park Ridge: Noyes Publ., 1986. 370 p.

HSU, H.H.; ASHMEAD, H.D.; GRAFF, D.J. Absorption and distribution of foliar-applied iron by plants. In: ASHMEAD, H.D.; ASHMEAD, H.H.; MILLER, G.W.; HSU, H.H. (Ed.). **Foliar feeding of plants with amino acid chelates**. Park Ridge, Noyes Publ., 1986. 370 p.

JEPPSEN, R.B. Characteristics of the metal amino acid chelates and their role in foliar absorption by plants. **Dissertation Abstracts**, 2000.

KESSLER, B.; BAK, R.; COHEN, A. Flowering in fruit trees and annual plants as effected by purines, pyrimidines and triiodobenzoic acid. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 34, p. 605-608, 1959.

KIKUTI, H.; TANAKA, R.T. Produtividade e qualidade de sementes de feijão em função da aplicação de aminoácidos e nutrientes. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 8., 2005, Goiânia. **Resumos ...** Disponível em: <[http:// www.cnpaf.embrapa.br/conafe/pdf/conafe2005-0278](http://www.cnpaf.embrapa.br/conafe/pdf/conafe2005-0278)>. Acesso em: 25 maio 2006.

KINRAIDE, T.B. Interamino acid inhibition of transport in higher plants. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 68, p. 1327-1333, 1972.

KOBAYASHI, M.; TORIGAI, Y.; TAKAHASHI, E. Effect of yeast extracts on higher plants. **Plant and Soil**, The Hague, v. 57, p. 41-48, 1980.

KURSANOV, A.L. The transport of organic substances in plants. **Endeavour**, London, v. 20, p.19-25, 1961.

MALAVOLTA, E. **Potássio, magnésio e enxofre nos solos e culturas brasileiras**. 2.ed. Piracicaba: Instituto da Potassa-Fosfato, 1980. 91 p. (Boletim Técnico, 4).

MANTHUR, S.N.; SHARMA, R.A. Effect of uracil and 5-nitrouracil on growth and flowering of tomato. **Physiologia Plantarum**, Kobenhavn, v. 21, p. 911-917, 1968.

MELO, W.J.; FORNASIERI FILHO, D.; VITTI, G.C. Efeito de um ativador biológico à base de cisteína sobre a cultura do milho (*Zea mays* L.). **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 58, n. 3, p. 159-167, 1983.

MOHIDEEN, J.S.; HOSSAIN, B.; NAGATOMO, Y.; TAMAI, M.; TAKAKI, H. Effect of zinc deficiency on the concentration of free tryptophan at different growth stages in higher plants. **Bulletin Faculty Agriculture Miyazaki University**, Miyazaki, v. 41, p. 1-9, 1994.

MOUCO, M.A.C.; LIMA FILHO, J.M.P. **Efeito da aplicação de aminoácidos na mangueira (*Mangifera indica* L.) na região semi-árida brasileira**. Petrolina: Embrapa Semi-árido. Disponível em: <http://www.cpatsa.embrapa.br/sbpif6/resumos/mouco_aminoacidos.doc>. Acesso em: 25 maio 2006.

NELSON, C.D.; GORHAM, P.R. Translocation of ¹⁴C- labeled amino acids and amides in the stems of young soybean plants. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 37, p. 431-438, 1959a.

_____. Physiological control of the distribution of translocated amino acids and amides in young soybean plants. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 37, p. 439-447, 1959b.

NYMAN, L.P.; DAVIS, J.P.; O'DELL, S.J.; ARDITTI, J.; STEPHENS, G.C.; BENZING, D.H. Active uptake of amino acids by leaves of an epiphytic vascular plant, *Tillandsia paucifolia* (Bromeliaceae). **Plant Physiology**, Bethesda v. 83, n. 3, p. 681-684, 1987.

OSAKI, K.; TAI, K. The studies on nitrogen metabolism of paddy rice at heading. (1) Free proline in the pollens. **Soil and Plant Food**, Tokyo, v. 6, p. 184-187, 1961.

RAMAIAH, P.K.; RAO, M.V.K.; CHOKKANNA, N.G. Zinc deficiency and aminoacids of coffee leaves. **Turrialba**, San Jose, v. 14, p. 136-139, 1964.

SALAMI, A.U.; KENEFICK, D.G. Stimulation of growth in zinc-deficient corn seedlings by the addition of tryptophan. **Crop Science**, Madison, v. 10, p. 291-294, 1970.

SALISBURY, F.B.; BONNER, J. Inhibition of photoperiodic induction by 5-fluorouracil. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 35, p. 173-177, 1960.

SCHLIEMANN, W.; KOBAYASHI, N.; STRACK, D. The decisive step in betaxanthin biosynthesis is a spontaneous reaction. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 119, p. 1217-1232, 1999.

SERCILOTO, C.M.; CASTRO, P.R.C. Interações entre diferentes substâncias aplicadas às plantas de feijoeiro e o glifosato. In: ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA "LUIZ DE QUEIROZ". (**Relatório Técnico, ESALQ/CODA**), Piracicaba, 2005. p. 12-16.

SIMKUNAS, R.; MATEIKIENE, BLUZMANAS, P. O efeito da tiamina e do ácido nicotínico sobre o crescimento das cromoproteínas das plantas (tradução) In: **Controle de processos de desenvolvimento das plantas por meio de luz e fitohormônios**. Greiswald, 1978. 138 p.

SOARES, A.R.; BONINI, E.A.; FERRARESE, M.L.L.; FERRARESE, O.; SIQUEIRA, O. Lignificação de raízes de soja sob ação de L-3,4-dihidroxifenilalanina (L-DOPA). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 4., 2005, Londrina. **Resumos ...** Londrina, 2005. p. 87.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Tradução de E.L. Santarém et al. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819 p.

ZEEVAART, J.A.D. DNA multiplication as a requirement for expression of floral stimulus in *Pharbitis nil*. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 37, p. 296-304, 1962.



