

Série
Produtor Rural



**Utilização de Fosfitos e Potencial
de Aplicação dos Aminoácidos na
Agricultura Tropical**

SÉRIE PRODUTOR RURAL - Nº 38

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

Utilização de Fosfitos e Potencial de Aplicação dos
Aminoácidos na Agricultura Tropical
Série Produtor Rural – nº 38

Piracicaba
2008

Série Produtor Rural, nº 38

Divisão de Biblioteca e Documentação - DIBD

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

Revisão e Edição:

Eliana Maria Garcia

Editoração Eletrônica e Impressão:

Serviço de Produções Gráficas - USP/ESALQ

Tiragem:

300 exemplares

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Divisão de Biblioteca e Documentação - ESALQ/USP

Utilização de 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, 2008.
71 p. : il. (Série Produtor Rural, 38)

ISBN 1414-4530
Bibliografia.

1. Agricultura tropical 2. Aminoácidos 3. Fertilizantes 4. Fisiologia vegetal I. Castro P.R. de C. e II Serciloto, C.M. III. Pereira, M.A. IV. Rodrigues, J.L.M.V. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" – Divisão de Biblioteca e Documentação VI. Título VII. Série

CDD 630.913

Paulo Roberto de Camargo e Castro ¹

Chryz Melinski Serciloto ²

Marcelo Andrade Pereira ³

Jorge Luiz Mazza Rodrigues ⁴

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

² Dr. em Fisiologia e Bioquímica de Plantas - ESALQ/USP

³ Doutorando em Fitotecnia - ESALQ/USP

⁴ Ph. D - Michigan State University

Utilização de Fosfitos e Potencial de Aplicação dos Aminoácidos na Agricultura Tropical

Série Produtor Rural – nº 38

Piracicaba
2008

SUMÁRIO

1	UTILIZAÇÃO DE FOSFITOS NA AGRICULTURA TROPICAL	7
1.1	Introdução	7
1.2	Fosfitos	7
1.3	Nomenclatura	9
1.4	Conversão de fosfito a fosfato	10
1.5	Histórico da utilização de fosfitos na agricultura	12
1.6	Controle de doenças	13
1.7	Influência do fosfito nas respostas à carência de fosfato	17
1.8	O fosfito é um fertilizante ?	18
1.9	Efeito nutricional do fosfito	19
1.10	Riscos do fosfito ao meio-ambiente	20
1.11	Efeito sobre o desenvolvimento de micorrizas	21
1.12	Respostas das culturas ao uso de fosfito	22
1.12.1	Citros	23
1.12.2	Cana-de-açúcar	25
1.12.3	Algodoeiro	26
1.12.4	Batata	26
1.12.5	Tomateiro	27
1.12.6	Efeito sobre a redução da fitotoxicidade de glifosato	28
1.13	Fosfitos no Brasil e no mundo: usos e recomendações	29
	Referências	33
2	POTENCIAL DE APLICAÇÃO DOS AMINOÁCIDOS NA AGRICULTURA TROPICAL	40
2.1	Introdução	40
2.2	Aminoácidos nas plantas	41
2.3	Aminoácidos no florescimento	48
2.4	Aminoácidos na agricultura	51
3	CONCLUSÕES	64
	REFERÊNCIAS	65

1 UTILIZAÇÃO DE FOSFITOS NA AGRICULTURA TROPICAL

1.1 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.

1.2 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 1). 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 apase (fosfatase ácida) e fosfofrutoquinase dependente de P na forma de fosfato (CARSWELL et al., 1996).

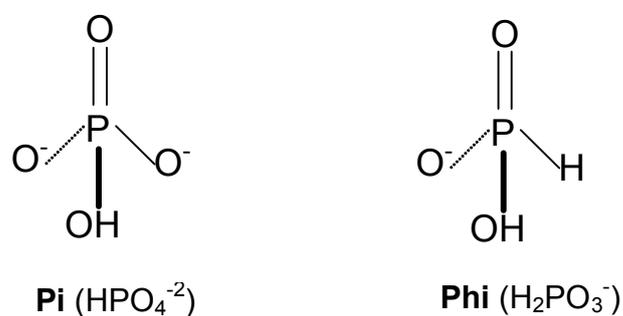
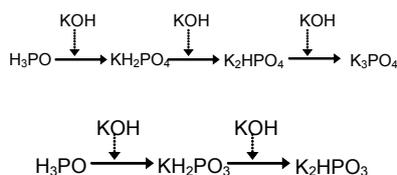


Figura 1 - Comparação entre os ânions fosfato (Pi) e fosfito (Phi)

Quando o ácido fosfórico (H_3PO_4) 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.



1.3 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

contém uma ligação C-P, ao passo que o hidrofosfonato contém 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).

1.4 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 2). 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.

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 em solos são fixados nos solos, não estando disponíveis 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 2) (OHTAKE et al., 1996). O fosfito pode ser oxidado a fosfato por procariontos 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).

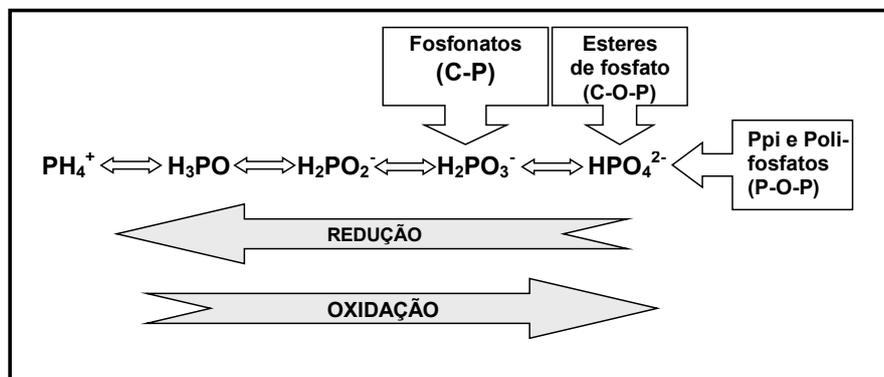


Figura 2 - Modelo do ciclo natural do fósforo (P) em micróbios de solo (adaptado de OHTAKE et al., 1998)

1.5 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 daquelas 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 ao 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.

1.6 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; DERCKES; 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; GUEST, 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-AI 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 3).

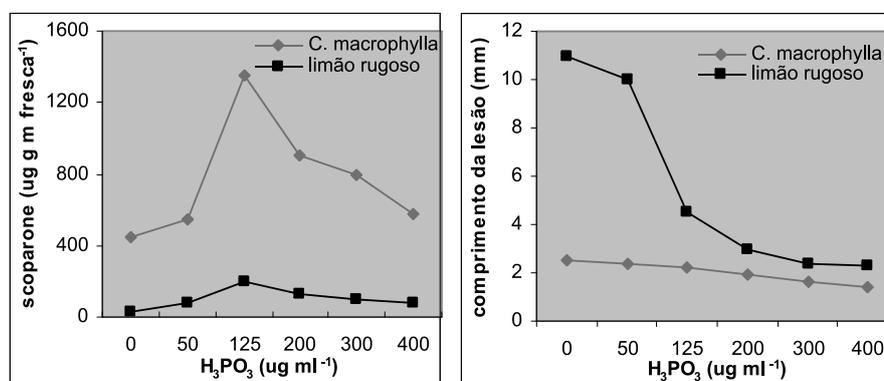


Figura 3 - Efeito da aplicação de ácido fosforoso na produção da fitoalexina scoparone (esquerda) e sobre o tamanho da lesão provocada por *Phytophthora* spp. em duas espécies de citros (adaptado de AFEK; SZTEMBERG, 1989)

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. erytroseptica*, Neste mesmo trabalho o fosfito não foi efetivo no controle de *Phyium* 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 (*Diaphorte 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).

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 (cachos)		
	8/11	21/11	3/12	11/12	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

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 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

1.7 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; FENN; COFFEY, 1991; CARSWELL et al., 1997; 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).

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	R aizes	Parte aérea	Raiz - parte aérea
			mg
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

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.

1.8 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).

1.9 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 terceiras 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		Fonte aplicada		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 P kg de MS⁻¹) em alfafa (WELLS et al., 2000)

P aplicado (mg P kg ⁻¹ solo)	colheitas					
	1		2		3	
	Fonte aplicada		Fonte aplicada		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

1.10 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.

1.11 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*. Nas demais espécies testadas, *Thelephora*, *Laccaria* e *Pisolithus*, 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.

1.12 Respostas 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.

1.12.1 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 laranja '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 b
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 laranja '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).

Rickard (2000) verificou que o efeito do fosfito foi positivo em três anos consecutivos de avaliação em laranja '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 7 - Efeito do fosfito sobre a produtividade e características tecnológicas do suco da laranja 'Washington Navel' (adaptado de RICKARD, 2000)

Tratamentos	° Brix	% acidez	Produtividade (kg planta ⁻¹)
Controle	10,94 b	1,49 b	200,0 b
00:28:26 4,7 L ha ⁻¹	11,38 a	1,61 a	219,0 a

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 defic. em P	Solo normal	Solo defic. em P	Solo normal	Solo defic. em P	Solo normal
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

1.12.2 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.

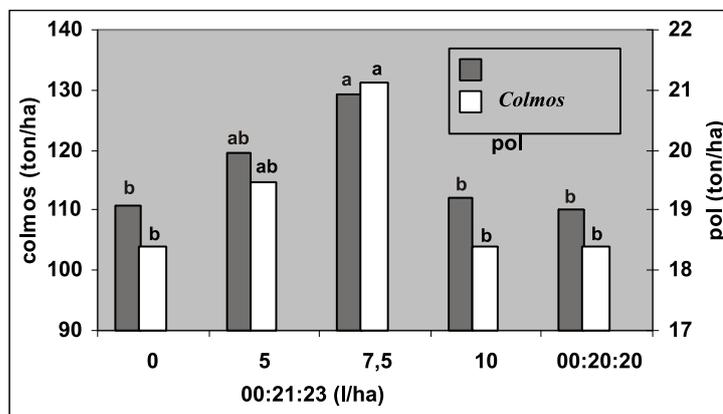


Figura 4 - Efeito de doses do fosfito 00:21:23+B+Mo e do fosfito 00:20:20 7,5 L ha⁻¹ sobre a produtividade de colmos e pol em cana-de-açúcar (adaptado de VITTI et al., 2005)

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 $7,5 \text{ L ha}^{-1}$ de fosfito 00:21:23+B+Mo foi a mais efetiva sobre a produtividade de colmos/ha e de pol/ha (Figura 4). Os fosfitos aplicados não alteraram os teores foliares de nutrientes da cana-de-açúcar.

1.12.3 Algodoeiro

O fosfito na formulação 00:28:26 aplicado na dose de $2,3 \text{ L ha}^{-1}$, 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 $2,35 \text{ L ha}^{-1}$ (3 x)	1180 a

1.12.4 Batata

Rickard (2000) obteve incrementos na produtividade total e na produtividade 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

1.12.5 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 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)				
	Extra	Grande	Médio	Pequeno	Total
Controle	2122	1345	755	190	4412
Fosfito fertir+ foliar	2522	1895	1115	315	5847

1.12.6 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 5). 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				Média ²
	1/11	5/11	11/11	19/11	
Test. Absoluta	1,00 ¹	1,00	1,00	1,00	1,00 d
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 bc
Fosfito 4000	2,67	2,67	2,00	2,50	2,46 bc
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 5 - Efeito da aplicação de fosfito em feijoeiro, na reversão de fitotoxidez induzida por glifosato (SERCILOTO; CASTRO, 2005)

1.13 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 2000 L⁻¹ 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.

DOSES							
Fosfitos	Cítrus	Batata	Café	Algodão	Cana	Soja	Dens
Nutex Premium 00-40-20	3 L/2000L	2,0 L/ha	3,0 L/ha	2,0 L/ha	3,0 L/ha	2,0 L/ha	1,49
Nutex Premium 00-30-20	4 L/2000L	2,5 L/ha	4,0 L/ha	2,5 L/ha	3,5 L/ha	3,0 L/ha	1,35
Nutex Premium 00-20-20	5 L/2000L	3,0 L/ha	5,0 L/ha	3,0 L/ha	4,0 L/ha	4,0 L/ha	1,22
Fitofós K-Plus 00-40-20	3 L/2000L	1,5 L/ha	3,0 L/ha	2,0 L/ha		2,0 L/ha	1,48
Fitofós K 00-30-20	4 L/2000L	1,5 L/ha	4,0 L/ha	2,5 L/ha		2,5 L/ha	1,38
Fitofós Mg 00-40-00+6%Mg	3 L/2000L	1,5 L/ha	3,0 L/ha	2,0 L/ha		2,0 L/ha	1,46
Foskalium 00-30-20	3L/2000L	1,5L/ha	2,5L/ha	2,5L/ha	7,5 L/ha	1,5L/ha	1,41
Hortifós 00-20-20	3 L/2000L	4,0 L/ha		2,0 L/ha		2,0 L/ha	1,35
Phosphorus-K 00-28-26	4 L/2000L	2,0 L/ha	4,0 L/ha	2,5 L/ha		2,5 L/ha	1,51
Phytus K 00-40-20	2,5L/2000L	1,5 L/ha	4,0 L/ha	2,0 L/ha		2,0 L/ha	1,48
Phytus Mag 00-40-00+10%Mg	2,5L/2000L	1,5 L/ha	4,0 L/ha	2,0 L/ha		2,0 L/ha	1,48

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

Fosfitos	kg P₂O₅ /ha ou 2000 L			
	Cítrus	Algodão	Soja	Cana
Nutex Premium 00-40-20	1,80 kg/2000L	1,20 kg/ha	1,20 kg/ha	1,80 kg/ha
Nutex Premium 00-30-20	1,60 kg/2000L	1,00 kg/ha	1,20 kg/ha	1,40 kg/ha
Nutex Premium 00-20-20	1,20 kg/2000L	0,70 kg/ha	1,00 kg/ha	1,00 kg/ha
Fitofós K-Plus 00-40-20	1,80 kg/2000L	1,20 kg/ha	1,20 kg/ha	
Fitofós K 00-30-20	1,65 kg/2000L	1,05 kg/ha	1,05 kg/ha	
Fitofós Mg 00-40-00+6%Mg	1,75 kg/2000L	1,15 kg/ha	1,15 kg/ha	
Foskalium 00-30-20	1,25 kg/2000L	1,05 kg/ha	0,60 kg/ha	3,20 kg/ha
Hortifós 00-20-20	0,80 kg/2000L	0,55 kg/ha	0,55 kg/ha	
Phosphorus-K 00-28-26	1,70 kg/2000L	1,05 kg/ha	1,05 kg/ha	
Phytus K 00-40-20	1,50 kg/2000L	1,20 kg/ha	1,20 kg/ha	
Phytus Mag 00-40-00+10%Mg	1,50 kg/2000L	1,20 kg/ha	1,20 kg/ha	

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.
- BIOAGRO. Fertilizer Product Labels. BIAGRO. **Nutri-phite P soil; nutri – phite P+K; and nutri- phite P foliar. nutri phite?** Western Sales, 1996.
- BOMPEIX, G.; FETTOUCHE, F.; SAINDRENAN, P. Mode d'action du fosethyl-Al. **Phytiart-Phytopharm.**, v. 30, p. 257-272, 1981.
- 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.

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.; 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.

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.

DERCKES, 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.

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.

GEELLEN, 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-Al. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, London, v. 25, p. 125-134, 1984.

_____. Evidence from light microscopy of living tissues that Fosetyl-Al 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.

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

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-Al (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. **Res. Cons. Recy**, 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 réponse de *Vigna unguiculata* traité par le phosethyl-Al, à 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*. **Sciencia 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.

SÔNIGO, 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 (H_2PO_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.

2 POTENCIAL DE APLICAÇÃO DOS AMINOÁCIDOS NA AGRICULTURA TROPICAL

2.1 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.

2.2 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 era utilizada 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-dihidroxifenilalanina (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 (DHDPS) 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 $115,2 \text{ n mol g}^{-1}$ 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 $27,9 \text{ n mol g}^{-1}$ de matéria seca h^{-1} , enquanto aqueles acidícos foram absorvidos a $9,6 \text{ n mol g}^{-1}$ 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 $8,6 \mu\text{M}$, $0,5 \mu\text{M}$ e $17,2 \mu\text{M}$, respectivamente. A concentração total interna de aminoácidos foi de $8,2 \text{ mM}$, da qual asparagina participou com 70% ou $5,7 \text{ mM}$. 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 ocorrem 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. Altamou 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 μL 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-cetoglutarico, 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, 2004).

2.3 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.

2.4 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 as reações para o uso foliar, acima das aplicações de fertilizantes em solo, além de apresentar a estrutura geral e propriedade de quelados, incluindo principalmente Metalosatos (nutrientes quelatizados por aminoácidos).

Estudos isotópicos usando plantas de tomateiro mostraram maior aumento da concentração e translocação de ferro via aplicação foliar com Metalosato 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, Ashmead e Graff (1986) consideraram que plantas de milho tratadas com FeSO_4 e Metalosato 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 Metalosato 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 que agentes quelantes sintéticos podem apresentar problemas de fitotoxicidade, exigindo experimentos mais extensivos sobre o assunto.

Aplicando-se Calcium Metalosato (ácido aspártico, ácido glutâmico, alanina, arginina, cistina, glicina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, prolina, fenilalanina, serina, treonina, 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 vegetal (Tabela 15).

Tabela 15 – Rendimento de plantas de amendoineiro 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 um 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 um 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, 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 de Miller e Sacca e a trabalhos próprios, 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 - Teores de macronutrientes em grãos de feijoeiro, em g kg⁻¹, cultivo da seca e das águas, Botucatu, SP, 1993/94

Tratamento	Cultivo da Seca						Cultivo das Águas					
	N	P	K	Ca	Mg	S	N	P	K	Ca	Mg	S
1	32	4	17	2	2	2	41	5	16	2	2	3
2	33	4	16	2	2	2	44	5	16	2	2	3
3	33	4	16	2	2	2	44	5	16	2	2	2
4	33	4	16	2	2	2	43	5	17	2	2	3
5	34	4	17	2	2	2	42	5	16	2	2	2
6	33	4	17	2	2	2	43	5	17	2	2	3
7	33	4	17	2	2	2	43	5	17	2	2	3
8	33	4	17	2	2	2	43	5	16	2	2	2
F (trat.)	1,9 ^{ns}	0,9 ^{ns}	0,4 ^{ns}	2,3 ^{ns}	1,6 ^{ns}	0,8 ^{ns}	1,3 ^{ns}	1,9 ^{ns}	1,5 ^{ns}	0,5 ^{ns}	1,8 ^{ns}	0,6 ^{ns}
CV (%) ¹	1,6	2,1	2,5	3,3	1,4	3	1,5	1,8	1,3	3,7	1,1	2,6

⁽¹⁾CV = Coeficiente de Variação
^{ns} = Não significativo

Tabela 17 - Teores de micronutrientes em grãos de feijoeiro, em mg kg⁻¹, cultivos da seca e das águas, Botucatu, SP, 1993/94

Tratamento	Cultivo da Seca					Cultivo das Águas				
	Fe	Zn	Cu	Mn	B	Fe	Zn	Cu	Mn	B
1	33	26	10	22	15	79	43	10	21	15
2	62	31	11	19	15	72	41	11	20	15
3	69	32	10	21	15	73	42	11	21	16
4	69	31	10	21	14	72	42	11	18	15
5	69	32	10	19	15	51	31	11	21	15
6	62	33	10	20	16	43	28	11	19	16
7	69	33	10	18	14	40	27	11	17	14
8	43	28	10	21	14	43	34	11	17	14
F (trat.)	9,0*	7,0*	3,0*	0,6 ^{ns}	5,0*	23,0*	19,0*	6,0*	3,0*	1,6 ^{ns}
CV (%) ¹	16	7	4	17	4	9	8	7	10	7

⁽¹⁾ CV = Coeficiente de Variação

^{ns} = Não significativo

* = Significativo a 5% de probabilidade

Tabela 18 - 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
F (trat.)	1 ^{ns}	1 ^{ns}	1 ^{ns}	1 ^{ns}	1 ^{ns}	1 ^{ns}
CV (%)	8	14	26	9	20	15

⁽¹⁾ CV = Coeficiente de Variação

^{ns} = Não significativo

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 coleóptilos, 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, no

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 aminoácido possui 20% de aminoácidos, 11% de nitrogênio e 15% de K₂O. 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 19).

Tabela 19 - Comprimento de panícula na floração e número de frutos 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 ns
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 20). Apenas aumentou significativamente a % de germinação das sementes (Tabela 21).

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 1000mg L^{-1}) pode reverter os sintomas causados pela aplicação de glifosato em feijoeiro (Figura 6).

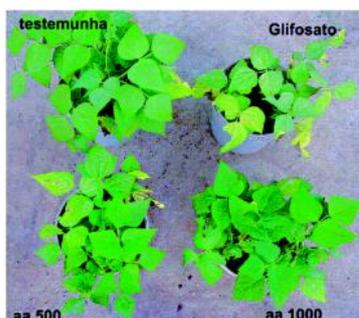


Figura 6 – Efeito do uso de aminoácidos na atenuação da fitotoxicidade promovida pelo glifosato em feijoeiro



Figura 7 - 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 20 – 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 21 – 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 a	68,00 b
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 7).

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).

3 CONCLUSÕES

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.

CANTOS 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.; 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 HUUSTEE, 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>>. 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.cpatia.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-fluoruracil. **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**. Piracicaba, ESALQ/CODA, p. 12-16. 2005.

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-dihidroifenilalanina (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, 2004. 719 p.

TAKAKI, H.; KUSHIZAKI, M. Accumulation of free tryptophan and tryptamine in zinc deficient plants. **Plant and Cell Physiology**, Tokyo, v. 11, p. 793-804, 1970.

TEIXEIRA, L.H.B.; BARROS JR., M.C.; VITTI, G.C.; LUZ, P.H.C. Efeito da aplicação de produtos enriquecidos com aminoácidos e de fontes de cobre na cultura da soja. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA USP, 9., 2001, São Paulo. **Agropecuária, Ciências Biológicas: resumos ...** São Paulo, USP, 2001. 1 CD-ROM.

THORNE, J.H.; SCHMITT, M.R.; HAVELKA, V.D. Supplemental foliar methionine and CO₂ enrichment effects on the kinetics of seed growth, assimilate uptake, and yields of field grown soybeans. In: ANNUAL MEETING OF THE AMERICAN SOCIETY OF AGRONOMY, 1984, Las Vegas. **Abstracts ...** Madison: American Society of Agronomy, 1984. p. 117.

TSUI, C. The role of zinc in auxin synthesis in the tomato plant. **American Journal of Botany**, New York, v. 35, p. 172-180, 1948.

VÁLIO, I.F.M. Auxinas. In: FERRI, M.G. (Coord.). **Fisiologia Vegetal**. EDU/EDUSP, v. 2, 1979, p.39-72.

VARISI, V.A.; TORO, A.A.; DE PAULA, J.A.C.; AZEVEDO, R.A. Síntese de lisina em milho: efeito de aminoácidos e cálcio na regulação da atividade da dihidropicolinato sintase. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BOTÂNICA DE SÃO PAULO, 16., 2006, Piracicaba. **Resumos ...** Piracicaba, 2006. 1 CD-ROM.

VIRTANEN, A.I.; LINKOLA, H. Organic compound as nitrogen nutrition for higher plants. **Nature**, London, v. 158, p. 515-516, 1946.

WARDELL, W.L. Floral activity in solutions of dioxiribonucleic acid extracted from tobacco stems. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 57, p. 855-861, 1976.

WHITE, P.R. Amino acids in nutrition of excised tomato roots. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 12, p. 793-802, 1937.

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.

Divisão de Biblioteca e Documentação

A Divisão de Biblioteca e Documentação está vinculada à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ) do Campus da USP em Piracicaba. Reúne um acervo dos mais importantes do país na área de Ciências Agrárias, distribuído nas quatro bibliotecas do Campus: Biblioteca Central, Biblioteca Setorial do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição, Biblioteca Setorial do Departamento de Genética, e Biblioteca Setorial do Departamento de Economia, Administração e Sociologia. Funcionam de forma sistêmica tendo como principais objetivos: coordenar as atividades de informação documentária no Campus; atender ao corpo docente, discente, administrativo, institutos e centros complementares, podendo ainda ser utilizada pela comunidade geral, observada as exigências do regulamento interno da Divisão; servir de apoio ao ensino, pesquisa e extensão, fornecendo informações aos usuários através da coleta, armazenamento, recuperação e disseminação dos documentos na área de agricultura e ciências afins.

Conheça também nossos outros títulos

Série Produtor Rural *

- SP/01 – Cultivo hidropônico de plantas
- SP/03 – Cultura do quiabeiro: técnicas simples para hortaliça resistente ao calor
- SP/04 – Rabanete: cultura rápida para temperaturas amenas e solos arenos-argilosos
- SP/05 – Cultura da mandioca para a região centro-sul do Brasil
- SP/07 – Da piscicultura à comercialização: técnica de beneficiamento do pescado de água doce
- SP/08 – A cultura da rúcula
- SP/09 – Instalação de apiários
- SP/10 – A cultura do maracujá azedo (*Passiflora edulis*) na região de Vera Cruz, SP
- SP/11 – Adobe: como produzir o tijolo sem queima reforçado com fibra de bananeira
- SP/12 – Carambola: fruto com formato e sabor único
- SP/13 – Turismo rural
- SP/14 – Fundamentos da criação de peixes em tanques-rede

* R\$ 5,00

** R\$ 10,00

SP/15 – Como preparar a silagem de pescado
SP/16 – Cultivo de camu-camu (*Myrciaria dubia*)
SP/17 – Cultivo ecológico da ameixeira (*Prunus salicina* Lind)
SP/18 – Cultura da batata
SP/19 – Maxixe: uma hortaliça de tripla forma de consumo
SP/20 – O cultivo da acerola
SP/21 – A cultura do pessegueiro: recomendações para o cultivo em regiões subtropicais
SP/22 – Mel
SP/23 – A cultura do caqui
SP/24 – Estabelecimento de pastagens
SP/25 – Manejo da fertirrigação utilizando extratores de solução do solo
SP/26 – A cultura da lichia
SP/27 – Kiwi: cultura alternativa para pequenas propriedades rurais
SP/28 – Produção de *Gypsophila*
SP/29 – A cultura do marmeleiro
SP/30 – Adubação verde: do conceito à prática
SP/31 – Mirtáceas com frutos comestíveis do Estado de São Paulo: conhecendo algumas plantas
SP/32 – Agroquímicos de controle hormonal na agricultura tropical
SP/33 – Manual de desidratação solar de frutas, ervas e hortaliças
SP/34 – A cultura do pimentão
SP/35 – Colheita e climatização da banana
SP/36 – A Cultura do Manjerição
SP/37 – Geléia Real: composição e produção

Série Produtor Rural - Especial **

- Cultivo do cogumelo shiitake (*Lentinula edodes*) em toras de eucalipto: teoria e prática
- Cultivo hidropônico do meloeiro
- Enxames: coleta, transferência e desenvolvimento
- Plantas visitadas por abelhas e polinização
- Suplementação de bovinos de corte em pastejo: aspectos práticos
- Soja: Colheita e perdas
- Aplicação de fertilizantes via pivô central: um exemplo direcionado à produção de pastagens

Para adquirir as publicações, depositar no Banco do Brasil, Agência 0056-6, C/C 306.344-5 o valor referente ao(s) exemplare(s), acrescido de R\$ 7,50 para o envio, posteriormente enviar via fax (19) 3429-4371 o comprovante de depósito, o(s) título(s) da(s) publicação(ões), nome e endereço completo para fazermos o envio, ou através de cheque nominal à Divisão de Biblioteca e Documentação.

Acesse nosso site: <http://dibd.esalq.usp.br> e consulte o “Catálogo de Publicações” com informações atualizadas das publicações disponíveis para a venda no link “Publicações para venda”.

