

**Thiamethoxam no cultivo do milho: avaliações fisiológicas e bioquímicas em ambiente controlado e no campo**

Willian Rodrigues Macedo<sup>(1)</sup>, Alex Fernando Orizio<sup>(2)</sup>, José Gabriel Peres Marques<sup>(2)</sup>, Izakiele Soares<sup>(2)</sup>, Marcelo Cruz Mendes<sup>(2)</sup> e Paulo Roberto de Camargo e Castro<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Universidade de São Paulo (ESALQ), Piracicaba, SP, wrmacedo@usp.br; prcastro@usp.br;

<sup>(2)</sup>Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, PR, alex\_orizio@hotmail.com; gabriel.pm@hotmail.com; iza.ss@live.com; mcmendes@unicentro.br.

**RESUMO** – O tratamento de sementes com pesticidas é uma prática agrícola que confere às plântulas proteção contra ataque de pragas e doenças, entretanto poucos estudos referem-se aos efeitos metabólicos e fisiológicos proporcionados por esses produtos durante o desenvolvimento dos cultivos. Entre as moléculas que apresentam este efeito destaca-se o thiamethoxam, inseticida sistêmico do grupo dos neonicotinóides. O trabalho objetivou verificar o efeito das doses 17,5; 35; 52,5 e 70 g i.a. do thiamethoxam, via tratamento de sementes, em ambiente controlado e no campo, adicionalmente foi implantado um tratamento controle que constou da aplicação de somente água. Observou-se que o thiamethoxam alterou a concentração de pigmentos fotossintetizantes foliares em ambas condições de crescimento, bem como promoveu aumentos na massa seca da parte aérea das plantas cultivadas em casa-de-vegetação, porém não influenciou os índices produtivos no campo. Esses resultados permitem concluir que o produto em questão altera o metabolismo vegetal, mas há necessidade de confirmar sua atividade bioativadora para a cultura do milho.

**Palavras-chave:** *Zea mays* L., inseticida, bioativador, pigmentos fotossintéticos.

### Introdução

Os pesticidas normalmente são estudados com relação a sua eficácia no controle de pragas e doenças, mas de acordo com Castro et. al. (2009) algumas moléculas têm levado a efeitos fisiológicos nas plantas, capazes de modificar seu metabolismo e morfologia, de modo a influenciar o seu desenvolvimento e rendimento, sendo que quando o agroquímico apresenta essa atividade pode ser classificado como bioativador. Entre essas moléculas, há destaque para o thiamethoxam [3-(2-chloro-1,3-thiazol-5-ylmethyl)-5-methyl-1,3,5-oxadiazinan-4-ylidene(nitro)amine], um inseticida sistêmico do grupo dos neonicotinóides.

O uso de pesticidas no tratamento de sementes é uma tecnologia que apresenta diversos benefícios, como: controle de doenças e pragas iniciais da cultura; mitigação dos impactos ambientais; redução de exposição do operador aos produtos; e, no caso do thiamethoxam, potencialização da produção agrícola (Sirchio e Sutton, 2007). Atualmente verifica-se na literatura que o uso desta molécula tem promovido possíveis ganhos de vigor em plântulas de ervilha, milho e soja (Hori et al., 2007), maior

germinação, produção de grãos e produção de nódulos viáveis em feijoeiro (Calafiori e BARBIERI, 2001), além de promover a síntese de enzimas antioxidantes em plantas de soja submetidas ao estresse hídrico (seca), quando aplicada via tratamento de sementes (CATANEO et al., 2010).

Objetivou-se verificar os efeitos de doses crescentes do inseticida thiamethoxam, sobre parâmetros biométricos, metabólicos e produtivos do milho Pioneer P1630H.

### **Material e Métodos**

Foram realizados dois experimentos no município de Guarapuava- PR, durante a safra 2011/2012. O primeiro consistiu no plantio de milho em casa-de-vegetação utilizando-se vasos com capacidade para 5 dm<sup>3</sup>, preenchidas com solo sub-superficial, em delineamento de blocos aleatorizados, com 5 tratamentos e 4 blocos. O segundo ensaio foi conduzido à campo em delineamento de blocos aleatorizados, com 5 tratamentos e 4 blocos, em solo Latosolo bruno distroférico, com textura argilosa, num espaçamento entre linhas de 0,45 m, profundidade de semeadura de 4 cm e distribuição de 5 sementes por metro linear, perfazendo uma densidade de 70.000 plantas por hectare.

As sementes foram tratadas com o produto comercial (Cruiser<sup>®</sup> 350 FS), com homogeneização do produto realizada em sacos plásticos, nas doses de 17,5; 35,0; 52,5 e 70,0 g i.a. por 100 kg<sup>-1</sup> de sementes, com diluição em 800 mL de água, e posterior agitação das sementes até se encontrarem uniformemente tratadas. Para o tratamento controle, as sementes foram acondicionadas em sacos plásticos e homogeneizadas em 800 mL de água, sem o thiamethoxam.

Para o ensaio realizado em casa-de-vegetação foram aferidos o índice de emergência (%), o diâmetro do colmo (cm), altura das plantas (cm), massa seca da parte aérea (g) e massa seca de raiz (g). Já para as plantas cultivadas a campo foram avaliados o índice de emergência (%), altura das plantas (cm), além dos índices produtivos (comprimento e circunferência de espiga, massa fresca da espiga, massa seca dos grãos de 20 espigas e produtividade). Em ambos os ensaios determinamos a concentração de clorofila a, clorofila b, carotenóides, clorofila total, relação clorofilas a/b e relação clorofila total/carotenóides através de espectrofotômetro SP-2000 UV Spectrum (Barbosa et al., 2008).

Os resultados obtidos no experimento foram submetidos à análise da variância,

posteriormente as médias dos tratamentos à análise de regressão. Elegendo o modelo matemático linear ( $y = a_0 + a_1x + \varepsilon$ ), polinomial quadrático ( $y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \varepsilon$ ) ou polinomial cúbico ( $y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 + \varepsilon$ ) quando melhor ajustado.

### **Resultados e Discussão**

Durante a condução do experimento em casa-de-vegetação não foi constatada resposta do thiamethoxam sobre o desenvolvimento das plantas, visto que o índice de emergência, diâmetro de colmo, altura de plantas e massa seca radicular das plantas de milho submetidas a doses crescentes do thiamethoxam não diferiram do controle. (Tabela 1). No entanto, a matéria seca da parte aérea apresentou comportamento ajustado à regressão cúbica, onde a dose de 52,5 g do thiamethoxam por 100 kg de sementes incrementou a matéria seca em 50%, com relação ao controle. Resultado similar foi observado na cultura do trigo, onde a dose de 70 g do thiamethoxam por 100 kg de sementes incrementou a matéria seca em 41%, com relação ao controle (MACEDO e CASTRO, 2011).

Com relação aos teores dos pigmentos clorofila a, clorofila b, clorofilas totais e carotenóides, observamos um melhor ajuste para regressão cúbica (Tabela 2), porém as médias observadas nas doses de 35 e 52,5 g do thiamethoxam, mais elevadas dentre os tratamentos com o biativador, não foram superiores àquelas apresentadas pelo controle. Enquanto para as razões clorofila a/b e clorofilas totais/carotenóides, o modelo mais ajustado foi o quadrático, essas observações segundo Terashima e Hikosaka (1995) indicam maiores quantidades de centros de reação (PSII) e menor capacidade para a captura da energia solar incidente pelo complexo coletor (LHC II).

Já para as condições de cultivo do milho a campo, constatou-se que o uso do thiamethoxam não influenciou respostas para as variáveis emergência aos 21 DAP; altura de plantas, entre 25 e 60 DAP (Tabela 3); comprimento e circunferência de espiga; massa fresca de espiga; massa seca de grãos de 20 espigas e produtividade (Tabela 5). Porém, para as variáveis dos pigmentos foliares, houve uma resposta cúbica, onde a dose de 52,5 g i.a. proporcionou o menor conteúdo de clorofilas a, b e totais e relação clorofilas totais/carotenóides, enquanto a sobre dosagem de 70 g i.a. apresentou a melhor resposta para essas variáveis (Tabela 4).

Um potencial mecanismo de alteração dos pigmentos foliares refere-se ao fato de que a molécula do thiamethoxam é capaz de incrementar o metabolismo do nitrogênio

em plantas (MACEDO e CASTRO, 2011), sendo esse elemento químico essencial à síntese de clorofilas, por se tratar de um constituinte do anel tetrapirrólico desses pigmentos (HELDT e PIECHULLA, 2011). A atividade de inseticida que altera a síntese dos pigmentos fotossintetizantes, também, foi reportado por Mishra et al. (2008), que observaram incrementos de 10 e 7% no conteúdo de clorofila a e clorofila b, respectivamente quando utilizou o inseticida dimetoato em plantas de *Vigna unguiculata*.

Os incrementos nos teores de pigmentos fotossinteticamente ativos em folhas tornam-se interessantes visto que esses pigmentos permite uma melhor interceptação dos fótons pelos fotossistemas I e II, bem como um melhor mecanismo de fotoproteção fornecido pelos carotenóides (TAIZ; ZEIGER, 2009), comportamento este que incrementa a massa seca e acúmulo de carboidratos, pela maior eficiência fotossintética.

### **Conclusão**

Para a cultura do milho o thiamethoxam alterou o metabolismo de síntese dos pigmentos, tanto em ambiente controlado como no campo, e levou a incrementos na massa seca das plantas em casa-de-vegetação, porém não expressou todo seu potencial bioativador sobre os parâmetros produtivos.

### **Literatura Citada**

BARBOSA, J. M.; SCOPEL, W.; VIEIRA, M. L. Procedimentos para extração de pigmentos fotossintetizantes em espécies frutíferas. *Evidência*, v. 8, n. 1-2, p.29-42, 2008.

Calafiori, M. H., Barbieri, A. A. Effects of seed treatment with insecticide on the germination, nutrients, nodulation, yield and pest control in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) culture. *Ecosystema*. v. 26, n.1, p. 97-104, 2001.

Castro, P. R. C.; Serciloto, C. M.; Pereira, M. A.; Rodrigues, J. L. M.; Rossi, G. Agroquímicos de controle hormonal, fosfitos e potencial de aplicação dos aminoácidos na agricultura tropical. Piracicaba: Série Produtor Rural, 2009, 83p.

Cataneo, A. C.; Ferreira, L. C.; Carvalho, J. C.; Andréo-Souza, Y.; Corniani, N.; Mischan, M. M.; Nunes, J. C. Improved germination of soybean seed treated with thiamethoxam under drought conditions. *Seed Science & Technology*, v. 38, p. 248-251, 2010.

HELDT, H. W.; PIECHULLA, B. The use of energy from sunlight by photosynthesis is the basis of life on earth. In: Heldt, H. W.; Piechulla, B. (eds.) *Plant Biochemistry*. 4 ed. London:Elsevier, 2011, p. 43–64, 2011.

Horii, A.; McCue, P.; Shetty, K. Enhancement of seed vigour following insecticide and phenolic elicitor treatment. *Bioresource Technology*. v. 98, p. 623-632, 2007.

MACEDO, W. R.; CASTRO, P. R. C. Thiamethoxam: molecule moderator of growth, metabolism and production of spring wheat. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. v.100, n.3, p.299-304, 2011.

MISHRA, V.; SRIVASTAVA, G.; PRASAD, S. M.; ABRAHAM, G. Growth, photosynthetic pigments and photosynthetic activity during seedling stage of cowpea (*Vigna unguiculata*) in response to UV-B and dimethoate. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. v.92, n.1, p.30-37, 2008

Sirchio, K.; Sutton, A. Syngenta professional products focuses chemical technology on new applications to enhance the quality of life. *Chimia*. v.67, p.17-22, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 4. ed. Trad. SANTARÉM, E. R. Porto Alegre: Artmed, 2009. 722p.

TERASHIMA, I.J.; HIKOSAKA, J. Comparative ecophysiology of leaf and canopy photosynthesis. *Plant Cell Environment*. v.18, n.9, p.1111-1128, 1995.

**Tabela 1.** Resumo da análise da variância e da regressão para parâmetros biométricos de plantas de *Zea mays* L. cultivadas em casa-de-vegetação e submetidas a doses crescentes de thiamethoxam. Guarapuava (2011).

Thiamethoxa m (g 100 kg <sup>-1</sup> sementes)	Emergênci a 14 DAP (%)	Diâmetro do colmo (mm)	Altura 21DAP (cm)	Altura 28 DAP (cm)	Altura 35 DAP (cm)	Altura 42 DAP (cm)	Massa seca raiz (g)	Massa seca parte aérea <sup>#</sup> (g)
0	87,50 (±4,53)	3.55 (±0.26)	10,60 (±0.91)	20,40 (±1,02)	41,61 (±1,28)	46,55 (±1,67)	4,26 (±0,43)	0,20 (±0,05)
17.5	97,50 (±2,50)	3.60 (±0.19)	13,65 (±0,87)	23,78 (±1,32)	41,13 (±1,91)	46,05 (±2,58)	2,35 (0,49)	0,17 (±0,05)
35	86,25 (±4,19)	3.66 (±0.23)	12,83 (±1,02)	24,11 (±1,45)	44,75 (±2,06)	49,41 (±1,38)	3,84 (±0,61)	0,22 (±0,05)
52.5	85,00 (±5,97)	3.65 (±0.16)	12,31 (±1,38)	22,81 (±1,47)	41,95 (±1,78)	45,58 (±2,28)	3,47 (±1,22)	0,30 (±0,07)
70	91,25 (±3,50)	3.40 (±0.15)	12,67 (±1,34)	22,41 (±1,56)	38,37 (±1,92)	44,48 (±2,20)	3,10 (±0,48)	0,13 (±0,08)
C. V. (%)	12,35	11,35	22,66	15,62	12,51	12,80	50,31	50,18
Valor de F	1,67	4,26	1,28	1,36	1,53	0,77	1,47	2,33
Regressão	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	C
Coefficiente de determinação	-	-	-	-	-	-	-	0,9531

ns: não significativo, C: regressão cúbica. Média (± erro padrão), n = 8.

<sup>#</sup>Dados transformados em log 10.

**Tabela 2.** Resumo da análise da variância e da regressão para pigmentos foliares de plantas de *Zea mays* L., cultivadas em casa-de-vegetação e submetidas a doses crescentes de thiamethoxam. Guarapuava (2011).

Thiamethoxam (g 100 kg <sup>-1</sup> sementes)	Clorofila a (mg g <sup>-1</sup> MF)	Clorofila b (mg g <sup>-1</sup> MF)	Clorofilas totais (mg g <sup>-1</sup> MF)	Carotenóides (mg g <sup>-1</sup> MF)	Razão Clorofila a/b	Razão Clorofilas/ Carotenóides
0	2,00 (±0,00)	0,80 (± 0,01)	2,80 (±0,01)	0,035 (±0,000)	2,50 (±0,02)	79,42 (±1,18)
17.5	1,87 (±0,01)	0,58 (± 0,01)	2,45 (±0,02)	0,033 (±0,000)	3,23 (±0,12)	73,04 (±0,65)
35	1,95 (±0,01)	0,78 (± 0,01)	2,73 (±0,02)	0,035 (±0,000)	2,49 (±0,03)	77,52 (±0,64)
52.5	1,96 (±0,01)	0,65 (± 0,01)	2,61 (±0,02)	0,035 (±0,000)	3,02 (±0,05)	73,42 (±0,08)
70	1,67 (±0,00)	0,63 (± 0,01)	2,31 (±0,01)	0,030 (±0,001)	2,63 (±0,03)	75,45 (±1,30)
C. V. (%)	1,04	3,79	1,52	1,78	4,30	2,13
Valor de F	132,24	40,60	78,71	35,37	23,52	8,44
Regressão	C	C	C	C	Q	Q
Coefficiente de determinação	0,9995	0,4602	0,8619	0,9933	0,1516	0,8536

ns: não significativo, C=regressão cúbica; Q=regressão quadrática. Média (± E.P.), n = 3.

**Tabela 3.** Resumo da análise da variância e da regressão para parâmetros biométricos de plantas de *Zea mays* L. cultivadas à campo e submetidas a doses crescentes de thiamethoxam. Guarapuava (2011-2012).

Thiamethoxa m (g 100 kg <sup>-1</sup> sementes)	Emergência 21 DAP (%)	Altura 25 DAP (cm)	Altura 32 DAP (cm)	Altura 39 DAP (cm)	Altura 46 DAP (cm)	Altura 53 DAP (cm)	Altura 60 DAP (cm)
0	88,28 (± 1,96)	22,35 (± 1,07)	26,57 (± 1,15)	33,65 (± 2,66)	50,90 (± 3,03)	67,05 (± 4,70)	91,75 (± 5,97)
17.5	86,72 (± 5,00)	21,62 (± 0,43)	26,82 (± 0,19)	34,67 (± 1,23)	52,85 (± 2,37)	69,57 (± 2,48)	99,42 (± 2,95)
35	92,97 (± 2,34)	22,07 (± 0,39)	28,20 (± 0,62)	36,25 (± 1,30)	55,90 (± 2,98)	75,37 (± 2,88)	102,12 (± 3,86)
52.5	85,94 (± 1,56)	22,57 (± 0,99)	27,57 (± 0,72)	34,62 (± 1,31)	51,75 (± 1,55)	70,02 (± 1,25)	94,92 (± 1,35)
70	90,62 (± 4,59)	22,55 (± 0,39)	28,67 (± 0,13)	37,30 (± 0,91)	58,05 (± 0,99)	76,67 (± 1,31)	101,37 (± 3,69)
C. V. (%)	7,67	6,21	5,07	9,40	8,48	8,13	8,01
Valor de F	0,72	0,33	1,65	0,77	1,72	1,97	1,29
Regressão	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns: não-significante. Média (±erro padrão), n = 20.

**Tabela 4.** Resumo da análise da variância e da regressão para pigmentos foliares de plantas de *Zea mays* L., cultivadas à campo e submetidas a doses crescentes de thiamethoxam. Guarapuava (2011-2012).

Thiamethoxa m (g 100 kg <sup>-1</sup> sementes)	Clorofila a (mg g <sup>-1</sup> MF)	Clorofila b (mg g <sup>-1</sup> MF)	Carotenóides (mg g <sup>-1</sup> MF)	Clorofilas totais (mg g <sup>-1</sup> MF)	Razão Clorofila a/b	Razão Clorofilas/Carotenoides
0	1,96 (±0,009)	0,64 (±0,05)	0,04 (±0,0003)	2,61 (±0,06)	3,07 (±0,21)	64,17 (±1,27)
17.5	1,97 (±0,008)	0,70 (±0,03)	0,03 (±0,0003)	2,67 (± 0,03)	2,82 (±0,15)	67,38 (±1,40)
35	1,98 (±0,013)	0,73 (±0,03)	0,04 (±0,0003)	2,72 (±0,02)	2,72 (±0,14)	65,89 (±0,87)
52.5	1,81 (±0,015)	0,62 (±0,03)	0,04 (±0,0003)	2,43 (±0,02)	2,92 (±0,17)	60,37 (±0,85)
70	2,13 (±0,010)	0,81 (±0,04)	0,16 (±0,1256)	2,94 (±0,03)	2,64 (±0,15)	67,49 (±0,23)
C. V. (%)	0,86	6,25	143,24	1,87	6,08	1,79
Valor de F	134,80	8,59	1,10	40,79	2,79	19,22
Regressão	C	C	ns	C	ns	C
Coefficiente de determinação	0,79	0,81	-	0,77	-	0,89

ns: não-significante, Q=regressão quadrática. Média (± erro padrão), n = 4.

**Tabela 5.** Resumo da análise da variância e da regressão para parâmetros produtivos de plantas de *Zea mays* L., cultivadas à campo e submetidas a doses crescentes de thiamethoxam. Guarapuava (2011-2012).

Thiamethoxa m (g 100 kg <sup>-1</sup> sementes)	Comprimento de espiga (cm)	Circunferência de espiga (cm)	Massa fresca da espiga (g)	Massa seca dos grãos de 20 espigas (kg)	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )
0	19,98 (± 0,27)	16,48 (± 0,11)	275,43 (±18,87)	4,25 (±0,26)	14875,00 (±917,26)
17.5	19,71 (± 0,22)	16,59 (± 0,11)	283,75 (±19,67)	4,43 (±0,25)	15513,75 (±904,64)
35	19,81 (± 0,22)	16,20 (± 0,09)	266,50 (±17,59)	4,17 (±0,22)	14621,25 (±786,70)
52.5	20,06 (± 0,25)	16,58 (± 0,10)	288,06 (±22,59)	4,30 (±0,52)	15058,75 (±1822,71)
70	20,10 (± 0,22)	16,65 (± 0,10)	282,56 (±10,11)	4,42 (±0,14)	15478,75 (±523,51)
C. V. (%)	4,62	2,42	10,57	11,89	11,89
Valor de F	0,13	0,77	0,33	0,18	0,18
Regressão	ns	ns	ns	ns	ns

ns: não-significante. Média (± erro padrão), n = 20.