

RESPOSTA DO REGULADOR DE CRESCIMENTO *STIMULATE*[®] NA CULTURA DO MILHO SOB DIFERENTES DOSES DE ALUMÍNIO

Giovani Cordeiro Bastos¹, Marcos Guilherme Peguim Magalhães¹, Rayane Monique Sete da Cruz², Caroline Zanella Cagnini², Odair Alberton³

¹Discentes do curso em Engenharia Agrônoma da Universidade Paranaense – UNIPAR, Umuarama – PR.

²Discentes do Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia Aplicada à Agricultura, UNIPAR.

³Docente da Universidade Paranaense – UNIPAR, Umuarama – PR. E-mail: odair@prof.unipar.br

RESUMO: O milho é uma cultura de interesse no Brasil, porém necessita de estudos para aprimorar sua produtividade, frente a solos com a presença de Alumínio (Al). O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito do regulador de crescimento *Stimulate*[®] na cultura do milho, sob diferentes doses de Al. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com seis tratamentos e cinco repetições, em vasos com 3 L de solo em casa de vegetação da Universidade Paranaense – UNIPAR, Umuarama, PR. Os tratamentos: 1- Sem Al e com *Stimulate*[®], 2- Sem Al e sem *Stimulate*[®], 3- 0,95 mg kg⁻¹ de Al e com *Stimulate*[®], 4- 0,95 mg kg⁻¹ de Al e sem *Stimulate*[®], 5- 1,9 mg kg⁻¹ de Al e com *Stimulate*[®], 6- 1,9 mg kg⁻¹ de Al e sem *Stimulate*[®]. Foram avaliados: a produção de fitomassa, comprimento da parte aérea, diâmetro do caule, o índice de clorofila e o conteúdo de nitrogênio na parte aérea. A massa seca total (MST), na dose de 1,90 mg kg⁻¹ Al na ausência do *Stimulate*[®] foi de 7,11 g planta⁻¹, tendo um aumento significativo para 8,76 g planta⁻¹ quando a adição do *Stimulate*[®]. A massa da parte aérea (MSPA) foi maior na presença de *Stimulate*[®], independente da dose de alumínio. Para o nitrogênio da parte aérea (NPA) e a clorofila, não houve diferença significativa na presença de *Stimulate*[®]. Conclui-se portanto que a adição de *Stimulate* aumenta a massa seca da parte aérea (MSPA) independente da dose de Al. A MST diminui na presença de Al mas, com a adição do *Stimulate* reduz o estresse causado pelo Al aumentando a produção da massa da planta.

PALAVRAS-CHAVE: Acidez do solo, fitohormônios, produção vegetal.

RESPONSE OF *STIMULATE*[®] GROWTH REGULATOR IN MAIZE UNDER DIFFERENT RATES OF ALUMINUM

ABSTRACT: Maize is a crop of interest in Brazil, but it needs studies to improve its productivity, against soils with the presence of Alumínio (Al). The main of this study was to evaluate the effect of the *Stimulate*[®] growth regulator on maize under different Al doses in the soil. The experimental design was completely randomized with six treatments and five replicates in pots with 3 L of soil in the greenhouse of the University Paranaense - UNIPAR, Umuarama, Paraná State. The treatments were: 1- without Al and with *Stimulate*[®], 2- without Al and *Stimulate*[®], 3- 0.95 mg kg⁻¹ Al and with *Stimulate*[®], 4- 0.95 mg kg⁻¹ Al and without *Stimulate*[®], 5- 1.9 mg kg⁻¹ Al and with *Stimulate*[®], 6- 1.9 mg kg⁻¹ Al and without *Stimulate*[®]. The phytomass production, shoot length, stem diameter, chlorophyll index and nitrogen content in shoot were evaluated. Total dry mass (TDM) at the dose of 1.90 mg kg⁻¹ Al and without *Stimulate* was 7.11 g plant⁻¹, showing a significant increase to 8.76 g plant⁻¹ when the addition of *Stimulate*[®]. Shoot dry mass (SDM) was higher with addition of *Stimulate*[®], regardless of the Al dose. Shoot nitrogen and chlorophyll, there was no significant difference with addition of *Stimulate*[®]. Concluded that addition of *Stimulate*[®] increases the SDM regardless of the dose of Al. The TDM decrease in the presence of Al, but with the addition of *Stimulate*[®] reduces the stress caused by Al increasing the production of the plant mass.

KEYWORDS: Soil acidity, phytohormones, plant production.

INTRODUÇÃO

A cultura do milho apresenta alto potencial produtivo de grãos, estima-se um crescimento de 42% na produtividade, passando de 4,2 t ha⁻¹ em 2016 para 6 t ha⁻¹ até 2026 (Outlook fiesp, 2016). No Brasil, na safra 2016/2017, o milho ocupou uma área em torno de 17.346,5 milhões de ha, responsável por uma produção de cerca de 93.835,7 milhões de toneladas de grãos. Para a safra 2017/2018 o relatório do USDA (Departamento de Agricultura do Estados Unidos), estima uma produção em torno de 20 milhões abaixo do consumo, que será de aproximadamente 1 bilhão, evidenciando a crescente demanda mundial por esse grão (Conab, 2017).

O Brasil apresenta climas tropicais e subtropicais úmidos com altas precipitações, onde a acidez do solo e a toxicidade por alumínio (Al) são fatores determinantes para reduzida produtividade de diferentes culturas, incluindo a de milho (Caires et al., 2015). A toxidez provocada pelo Al é um fator limitante no crescimento das plantas, sobretudo em solos com pH abaixo de 5,5. O efeito do Al está principalmente na redução do sistema radicular, influenciando na absorção de nutrientes em condições naturais, como é o caso do P e do K, que são indispensáveis para o desenvolvimento e produtividade dos grãos (Mihailovic et al., 2015).

A aplicação de reguladores de crescimento nos primeiros estágios de desenvolvimento da planta estimula o crescimento radicular, proporcionando recuperação mais rápida após período de estresse hídrico, maior resistência a insetos, pragas, doenças e nematoides, estabelecimento mais rápido e uniforme das plantas aumentando a absorção de nutrientes e, por consequência, a produção. Segundo Castro; Vieira (2001), bioestimulantes ou estimulantes vegetais são misturas de reguladores vegetais ou destes com outros compostos de diferentes naturezas bioquímicas (aminoácidos, micronutrientes e vitaminas).

Existem diferentes reguladores vegetais que foram descobertos e estudados ao longo dos anos, e percebeu-se que cada um pode obter diferentes respostas nas diversas partes da planta, e que essas respostas também são influenciadas pela espécie, fase de desenvolvimento, interações entre hormônios e condições ambientais. Os principais grupos hormonais são as auxinas, giberelinas, citocininas, etileno e ácido abscísico (Taiz; Zeiger, 2004; Vieira et al., 2010).

As auxinas ativam enzimas que agem sobre constituintes das ligações entre as microfibrilas de celulose da parede celular, causando a ruptura e o aumento da plasticidade, facilitando a entrada de água nas células e aumentando suas dimensões. Já as giberelinas promovem a síntese de enzimas como α -amilase, que promove a diminuição do potencial osmótico celular por meio da formação de glicose a partir do amido; proteases que resultam na

síntese de triptofano e formação de AIA que aumenta a plasticidade da parede celular, além de hidrolases e lipases (Castro; Vieira, 2001).

Segundo Taiz; Zeiger (2004), As citocininas são substâncias derivadas da purina adenina as quais promovem a divisão celular, a mobilização de nutrientes, a formação e a atividade dos meristemas apicais, o desenvolvimento floral, a germinação de sementes, a quebra de dormência de sementes e gemas, alongamento celular, desenvolvimento de frutos, hidrólise de reservas de amido, retardo da senescência e dominância apical. Em geral, a aplicação de citocinina exógena, inibe o alongamento da raiz principal das plantas. Entretanto, a mesma concentração que inibe o crescimento da raiz principal, pode estimular a formação de raízes laterais o que contribui para melhorar a absorção de nutrientes.

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito do Stimulate[®] para o crescimento de milho sob diferentes concentrações de alumínio no solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Universidade Paranaense – UNIPAR, Umuarama, PR, Latitude: 23° 45' 59" S e Longitude: 53° 19' 30" W. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com cinco repetições por tratamento, em um fatorial 3x2 (0; 0,95 e 1,9 mg kg⁻¹ de Sulfato de alumínio (Al₂(SO₄)₃) com e sem Stimulate[®] no solo) (Tabela 1).

Tabela 1. Tratamentos experimentais

Tratamento 1	Sem Al e com Stimulate [®]
Tratamento 2	Sem Al e sem Stimulate [®]
Tratamento 3	0,95 mg kg ⁻¹ de Al e com Stimulate [®]
Tratamento 4	0,95 mg kg ⁻¹ de Al e sem Stimulate [®]
Tratamento 5	1,90 mg kg ⁻¹ de Al e com Stimulate [®]
Tratamento 6	1,90 mg kg ⁻¹ de Al e sem Stimulate [®]

Stimulate[®] (0,5 mL na diluição 1:10 da concentração original), doses de Al obtidas através de solução Al₂(SO₄)₃.

O Stimulate[®] é um produto comercial que contém três hormônios vegetais em sua composição, 0,009% de cinetina, 0,005% de ácido giberélico (GA₃) e 0,005% de ácido indolil butírico (AIB).

As sementes de milho (Cultivar AL-Bandeirantes) foram semeadas em vasos de plástico (3 L) contendo solo do tipo Arenito Caiuá. As doses de Al foram colocadas na forma de solução nos tratamentos com a presença do Al e o Stimulate[®] foi adicionado nas sementes conforme fabricante (Stoller).

Todos os vasos foram irrigados a cada dois dias com solução nutritiva completa (Hoagland; Arnon, 1950).

Após 40 dias, as plantas de milho foram coletadas para a determinação das variáveis: massa seca das raízes (MSR), da parte aérea (MSPA), massa seca total (MST), comprimento da parte aérea, diâmetro do caule, índice de clorofila e teor de nitrogênio da parte aérea (NPA).

A análise do índice de clorofila foi realizada medindo-se em 3 folhas completamente desenvolvida por vaso, sempre as do meio da planta, para a medição foi utilizado um clorofilômetro marca clorofiLOG[®] modelo CFL 1030, conforme o fabricante (Falker, 2008).

O comprimento da parte aérea foi determinado com o uso de fita métrica. O diâmetro do caule foi obtido com o auxílio de paquímetro digital. As plantas foram secas em estufa (65 °C), até atingirem massa constante, pesadas em balança digital a MSPA e a MSR.

O NPA foi determinado pelo método de digestão sulfúrica a 450 °C e destilação pelo método de Kjeldahl conforme Silva (2009).

Os resultados foram testados quanto à equidade das variâncias com o teste de Levene, e quanto à normalidade os dados discrepantes foram identificados por gráficos em caixa (box-plot), utilizando o programa estatístico SPSS 22.0 para o Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). A análise de variância (ANOVA) foi feita da interação entre as doses de Al e Stimulate[®]. Foi empregado o teste de Duncan a 5% de probabilidade para testar as diferenças estatísticas entre as médias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O aumento da concentração de alumínio no solo promoveu a redução da MSR (Tabela 2). Para as plantas crescidas em 1,90 mg kg⁻¹ no solo e ausência de Stimulate[®], a MSR foi de 3,19 g planta⁻¹. Já para o controle sem adição de Al e com adição de Stimulate[®] a MSR foi de 5,79 g planta⁻¹. Para MSPA não houve diferença em relação à presença de Al, porém a adição de Stimulate[®] influenciou este parâmetro (Tabela 2).

Tabela 2. Massa seca das raízes (MSR – g planta⁻¹), massa seca da parte aérea (MSPA – g planta⁻¹), e massa seca total (MST – g planta⁻¹) do milho com e sem Stimulate[®] sob diferentes níveis de alumínio.

Tratamentos	MSR	MSPA	MST
Sem Al e com Stimulate [®]	3,73±0,35 ^{bc}	4,12±0,88 ^a	7,86±1,02 ^{ab}
Sem Al e sem Stimulate [®]	5,79±0,98 ^a	3,81±0,37 ^{ab}	7,00±0,34 ^b
0,95 mg kg ⁻¹ de Al e com Stimulate [®]	2,77±0,39 ^c	4,15±0,69 ^a	6,92±0,58 ^b
0,95 mg kg ⁻¹ de Al e sem Stimulate [®]	3,53±0,91 ^{bc}	3,25±0,29 ^b	6,78±1,14 ^b
1,90 mg kg ⁻¹ de Al e com Stimulate [®]	4,59±1,21 ^b	4,17±0,50 ^a	8,76±1,68 ^a
1,90 mg kg ⁻¹ de Al e sem Stimulate [®]	3,19±0,49 ^c	3,91±0,36 ^{ab}	7,11±0,73 ^b

Média ± desvio padrão (n=8). Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$).

Da mesma forma a adição de Stimulate[®] reduziu a MSR. Para o solo sem adição de Stimulate[®] e sem adição de Al, a MSR foi de 5,79. Já a adição de Stimulate[®] reduziu ($p < 0,025$) a MSR para 3,73 g planta⁻¹.

O efeito do Stimulate[®] na MSR foi ainda afetado pela adição de Al do solo. O solo com 0,95 mg kg⁻¹ de Al a MSR foi de 3,53 g planta⁻¹. Já a adição de Stimulate[®] reduziu 2,77 a MSR. De forma oposta, na presença do Al no solo a adição de Stimulate[®] aumentou a MSR de 3,91 para 4,17.

Ferreira et al. (2007), aplicou Stimulate[®] em sementes de milho e não observou diferença na produção da MSPA, em relação ao tratamento controle. Já, o presente estudo identificou que independente da dose de Al, o Stimulate[®] favoreceu a MSPA ($p < 0,025$).

A MSPA (Tabela 2) na ausência de Al e Stimulate[®] foi de 3,81 g planta⁻¹ aumentando para 4,12 g planta⁻¹ na mesma condição de Al, porém na adição do Stimulate[®]. Em dose mediana de 0,95 mg kg⁻¹ de Al e na ausência de Stimulate[®] obteve se 3,25 aumentando para 4,15 nas mesmas condições de Al quando é realizada a adição de Stimulate[®]. O mesmo pode ser observado na dose de 1,90 mg kg⁻¹ de Al quando a ausência 3,91 sendo elevado para 4,17 na presença de Stimulate[®].

Segundo Cato (2006), utilizando Stimulate[®] no tratamento de sementes de trigo, observou incrementos na altura, perfilhamento, MSPA e número de espigas por planta, onde concentrações maiores de Stimulate[®] aumentaram o crescimento radicular e velocidade de crescimento da planta.

A MST na ausência de Stimulate® e Al foi 7,00 g planta⁻¹, aumentando para 7,86 g planta⁻¹ somente na presença do fitormônio (Tabela 2). A MST na dose de 0,95 mg kg⁻¹ de Al e na ausência de Stimulate® foi de 6,78 passando para 6,92 na mesma concentração de Al, entretanto com a adição do Stimulate®. Para a dose de 1,90 mg kg⁻¹ a MST na ausência do Stimulate® foi de 7,11 g planta⁻¹, tendo um aumento significativo para 8,76 g planta⁻¹ quando a adição do Stimulate®.

O uso de Stimulate® foi verificado em outro estudo também na cultura de milho, no sulco de plantio e no tratamento de sementes em diferentes concentrações, e pode-se observar que houve maior velocidade de emergência, maior produção de grãos e número de fileiras de grãos por espiga. Um ganho de 68% na produtividade da dose de 350 mL ha⁻¹ (Milleo, 2000).

O NPA da planta não apresentou diferença entre si, assim como a clorofila. Em relação à altura da planta, a presença de Al na concentração de 0,95 mg kg⁻¹ com o Stimulate® foi de 69,28 cm, já a ausência de Al e de Stimulate® foi 56,65cm. Os demais parâmetros analisados não diferiram significativamente entre si (Tabela 3).

Tabela 3. Nitrogênio da parte aérea (NPA) (mg kg⁻¹), altura da planta (cm planta⁻¹), diâmetro do caule (cm planta⁻¹) e índice de clorofila do milho com e sem Stimulate® sob diferentes níveis de alumínio.

Tratamentos	NPA	Altura	Diam. caule	Clorofila
Sem Al e com Stimulate®	3,45±0,59 ^a	66,90±16,46 ^{ab}	9,28±1,57 ^a	29,15±2,61 ^a
Sem Al e sem Stimulate®	2,74±0,61 ^a	56,65±7,49 ^b	8,04±0,57 ^b	28,46±2,47 ^a
0,95 mg kg ⁻¹ de Al e com Stimulate®	3,26±0,47 ^a	69,28±2,11 ^a	6,60±0,80 ^c	29,57±2,47 ^a
0,95 mg kg ⁻¹ de Al e sem Stimulate®	3,72±0,58 ^a	63,96±4,78 ^{ab}	5,85±0,25 ^c	28,50±2,15 ^a
1,90 mg kg ⁻¹ de Al e com Stimulate®	3,34±0,18 ^a	67,74±1,11 ^{ab}	6,83±0,66 ^c	27,08±0,24 ^a
1,90 mg kg ⁻¹ de Al e sem Stimulate®	3,12±1,35 ^a	67,82±5,18 ^{ab}	6,80±0,60 ^c	27,58±1,16 ^a

Média ± desvio padrão (n=8). Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan (p ≤ 0,05).

O Stimulate® pode promover o desenvolvimento da raiz, uma vez que aumenta a absorção de água e nutrientes favorecendo o equilíbrio hormonal das plantas (Rodrigues et al., 2015).

O Al na sua forma Al³⁺ produz um importante problema de fitotoxicidade por metais em solos ácidos, que são característicos da região Noroeste (Lima et al., 2007; Mendonça et al., 1999). Parte do Al absorvido pelas raízes penetra nas células do tecido meristemático e interfere na divisão celular, reduzindo intensamente o alongamento da raiz (Kochian et al., 2004),

interfere na fosforilação dos açúcares (Clarkson, 1965), na fotossíntese (Lemos Filho, 1982) e na absorção de água e de nutrientes (Lance; Pearson, 1969), o que afeta diretamente o desenvolvimento da planta, e consequente produtividade.

A utilização de Stimulate[®] aumentou a MST na maior dose de alumínio, e a MSPA em todos os tratamentos, independente da dose de Al, demonstrando que pode ser eficiente na diminuição dos problemas causados por solos contaminados com Al. Todavia, há necessidade de realizar mais estudos para efetivamente garantir a vantagem do produto.

CONCLUSÃO

A adição de Stimulate[®] aumenta a massa seca da parte aérea independente da concentração de Al no solo. A massa seca total diminuiu na presença de Al, mas, com a adição do Stimulate[®] reduz o estresse causado pelo Al aumentando a produção da massa da planta.

REFERÊNCIAS

- BASHAN Y, Inoculants of plant growth-promoting bacteria for use in agriculture. **Biotechnology Advances**, v. 16, p. 729–770, 2004.
- CAIRES, E.F.; HALISKI, A.; BINI, A.R.; SCHARR, D.A. Surface liming and nitrogen fertilization for crop grain production under no-till management in Brazil. **European Journal of Agronomy**, v. 66, p. 41–53, 2015.
- CASTRO, P. R. C.; VIEIRA, E. L. Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical. Guaíba: **Agropecuária**, 2001. 132 p.
- CASTRO, P.R.C., PACHECO, A.C., MEDINA, C.L. Efeitos de Stimulate e de micro-citros no desenvolvimento vegetativo e na produtividade da laranjeira 'pêra' (*Citrus sinensis* L. osbeck). **Scientia Agrícola**, v. 55, n. 2, p. 338-341. 1998.
- CATO, S.C. Ação de bioestimulante nas culturas do amendoizeiro, sorgo e trigo e interações hormonais entre auxinas, citocininas e giberelinas / Stela Consorte Cato. – Piracicaba, 2006. 73 pg. Tese (Doutorado) – **Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**.
- CLARKSON, D.T. The effect of aluminum and some other trivalent metal cations on cell division in the root apices of *Allium cepa*. **Annals of Botany**, London, v. 29, n. 114, p. 309-315, 1965.
- CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. Acomp. safra bras. grãos, v. 4 Safra 2016/17 - **Nono levantamento**, Brasília, p. 1-161, junho 2017.
- FALKER AUTOMAÇÃO AGRÍCOLA LTDA. **Manual do medidor eletrônico de clorofila ClorofiLOG CFL 1030**, Porto Alegre, v. 4, 2008.

FERREIRA, L.A.; OLIVEIRA, J.A.; PINHO, É.V.R.V.; QUEIROZ, D.L. Bioestimulante e fertilizante associados ao tratamento de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 2, p. 80-89, 2007.

HOAGLAND, D.R.; ARNON, D. I. The water culture method for growing plants without soil. **California Agricultural Experiment Station**, vol. 347, 32 p, 1950.

KOCHIAN, L.V.; HOEKENGA, O.A.; PIÑEROS, M.A. How do crop plants tolerate acid soils? Mechanisms of aluminum tolerance and phosphorous efficiency. **Annual Review of Plant Physiology and Molecular Biology**, Palo Alto, v. 55, p. 459-493, 2004.

LANCE, J.C.; PEARSON, R.W. Effect of low concentrations of aluminum on growth and water nutrient uptake by cotton roots. **Soil Science Society of America. Proceedings**, v. 33, p. 95-98, 1969.

LEMOES FILHOS, J.P.D. **Efeito do alumínio sobre os teores de alguns elementos minerais, sobre a fotossíntese e sobre a atividade de certas oxidases em sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench)**. Vicosia: UFV, 1982. 46 p. Tese Mestrado.

LIMA, R.L.S.; SEVERINO, L.S.; FERREIRA, G.B.; SILVA, M.I.L.; ALBUQUERQUE, R.C.; BELTRÃO, N.E.M. Crescimento da mamoneira em solo com alto teor de alumínio na presença e ausência de matéria orgânica. **Revista brasileira de óleos e fibras**, Campina Grande, v. 11, n. 1, p. 15-21, jan./abr. 2007.

MENDONÇA, R.M.N.; COELHO, A.F.S.; MARTINEZ, H.E.P.; FONTES, P.C.R.; PEREIRA, P.R.G. Resposta de mudas de maracujá amarelo (*Passiflora edulis* Sims. F. flavicarpa deg.) cultivadas em solução nutritiva em diferentes níveis de alumínio. **Revista Ceres**, n. 46, v. 266, p. 357-370, 1999.

MIHAILOVIC, N.; VUCINIC, Z.; SUKALOVIC, V.H.T. Ammonium enables aluminum induced stimulation of nitrogen assimilation in roots of Al-tolerant maize genotypes. **Journal of Plant Nutrition**, Londres, v. 38, p. 371–383, 2015.

MILLÉO, M.V.R.; VENANCIO, W.S.; MONFERDINI, M.A.; Avaliação da eficiência econômica do produto Stimulate aplicado no tratamento de sementes e no sulco de plantio sobre a cultura de milho (*Zea Mays* L.). **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.7 (supl.), 145 p, 2000.

OUTLOOK FIESP, 2026: projeções para o agronegócio brasileiro / **Federação das Indústrias do Estado de São Paulo**. — São Paulo: FIESP, 2016, disponível em <<http://hotsite.fiesp.com.br/outlookbrasil/2026/files/assets/basic-html/page-4.html>> acesso em 21 de setembro de 2016.

RODRIGUES, L.A.; BATISTA, M.S.; ALVAREZ, R.C.F.; LIMA, S.F.; ALVES, C.Z. Avaliação fisiológica de sementes de arroz submetidas a doses de bioestimulante. **Nucleus**, v. 12, n.1, p. 207-214, 2015.

RODRIGUES, T.J.D.; LEITE, I.C. Fisiologia vegetal hormônios das plantas. Jaboticabal: **Funep**, 78p. 2015.

SILVA, C. F. Manual de análises químicas de Solos, plantas e fertilizantes. 2 ed. Brasília DF: **Embrapa**. p. 243-627, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Auxina: o hormônio de crescimento. **Fisiologia Vegetal**. 3ª ed. Artmed, Porto Alegre, Brasil, p. 449-484, 2004.

VIEIRA, E. L.; SOUZA, G. S.; SANTOS, A. R.; SILVA, J.S. **Manual de fisiologia vegetal**. São Luis: Edufma, 2010. 230 p.