

## ÍNDICE DE CLOROFILA E DESENVOLVIMENTO DO MILHO SOB ALUMÍNIO E NITROGÊNIO

Lilian Cristina de Oliveira<sup>1</sup>, Stéfany Meneguetti<sup>1</sup>, Rayane Monique Sete da Cruz<sup>2</sup> e Odair Alberton<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Discente do curso em Engenharia Agrônômica da Universidade Paranaense – UNIPAR, Umuarama – PR. E-mail: lilian\_cristinaa@hotmail.com.

<sup>1</sup>Discente do curso em Química Industrial da Universidade Paranaense – UNIPAR, Umuarama – PR.

<sup>3</sup>Docente do Programa de Pós-graduação em Biotecnologia Aplicada à Agricultura; Universidade Paranaense – UNIPAR, Umuarama – PR. E-mail: odair@unipar.br.

*RESUMO: O nitrogênio (N) é o nutriente que mais é exigido e que mais interfere na produtividade do milho (Zea mays L.), sendo esta produtividade afetada pela disponibilidade de alumínio (Al) no solo. Os objetivos deste estudo foram determinar: a massa seca parte aérea (MSPA); a massa seca raízes (MSR); a massa seca total (MST); a concentração de N na parte aérea (NPA); o índice de clorofila; a altura das plantas e o diâmetro do caule, em resposta a adição de 0 e 100 kg de N ha<sup>-1</sup> e a adição de 0, 50 e 100 mg kg<sup>-1</sup> de solo de Al. Duas plantas foram crescidas em vasos plásticos com 3 kg de solo por 60 dias em delineamento experimental inteiramente casualizado com 3 repetições por tratamento em um fatorial de 2x3 (Com e sem N e 3 níveis de Al no solo), em casa de vegetação. A MSPA diferiu significativamente entre os tratamentos, variando de 0,15 g vaso<sup>-1</sup> no tratamento sem N e com 100 mg kg<sup>-1</sup> de solo de Al, para 5,74 g vaso<sup>-1</sup> com 100 kg de N ha<sup>-1</sup> sem Al. A MSR, a MST, o NPA, o índice de clorofila, a altura da planta e o diâmetro do caule diminuíram significativamente nos tratamentos sem a adição de N e com a presença de Al no solo. Conclui-se que a MSPA, a MSR, a MST, o NPA, o índice de clorofila, a altura da planta e o diâmetro do caule são afetados negativamente na presença do Al e inversamente afetados com a adição de N demonstrando a importância da adubação nitrogenada e redução do Al no solo para se atingir elevada produtividade na cultura do milho.*

*PALAVRAS-CHAVE: Zea mays L., produção agrícola, alumínio, adubação nitrogenada.*

## CHLOROPHYLL INDEX AND DEVELOPMENT OF MAIZE UNDER ALUMINUM AND NITROGEN

*ABSTRACT: Nitrogen (N) is the nutrient most required by maize (Zea mays L.) and can yield; however, the N uptake may be affected by aluminum (Al) presence in the soil. The objectives of this study were to determine: shoot dry mass (SDM); root dry mass (RDM); total dry mass (TDM); shoot nitrogen concentration (SNC); chlorophyll index; plant height and stem diameter in response to the addition of 0, and 100 kg of N ha<sup>-1</sup> and 0, 50 and 100 mg of Al kg<sup>-1</sup> in the soil. Two plants were grown in plastic pots with 3 kg of soil; in experiment completely randomized design (factorial 2x3, with and without N and 3 Al levels added to the soil) with three replications in greenhouse during 60 days. SDM varied significantly among the treatments, ranged from 0.15 g pot<sup>-1</sup> in treatment without N and with 100 mg of Al kg<sup>-1</sup>, to*

*5.74 g pot<sup>-1</sup> with 100 kg de N ha<sup>-1</sup> without Al applied. The addition of Al to the soil and without N addition decreased significantly RDM, TDM, SNC, chlorophyll index, plant height and stem diameter. In conclusion SDM, RDM, TDM, SNC, chlorophyll index, plant height and stem diameter are negatively affected in the presence of Al in the soil, but are inversely affected by N addition in the soil showing the importance of N fertilizer and reduction of Al in the soil to reach high maize productivity.*

**KEY WORDS:** *Zea mays L., agricultural production, aluminum, nitrogen fertilization*

## INTRODUÇÃO

A cultura do milho (*Zea mays* L.) está entre as de maior potencial produtivo de grãos, entretanto a produtividade média da cultura no Brasil está abaixo, quando comparado com outros países produtores, como os Estados Unidos (EUA). O milho ocupou no Brasil, entre 2013 e 2014, uma área em torno de 16 milhões de ha, responsável por uma produção de cerca de 79 milhões de toneladas de grãos, apresentando uma produtividade média de 5000 kg ha<sup>-1</sup> (Conab, 2014).

Para a obtenção de altas produtividades economicamente viáveis, a nutrição mineral adequada é um dos fatores essenciais para tal garantia, em consequência de práticas adequadas de manejo do solo e adubação (Caires et al., 2015).

Os nutrientes mais exigidos pelo o milho são o nitrogênio (N) e o potássio (K), vindo em seguida o fósforo (P), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) (Sousa et al., 2010). Deficiência de nutrientes, principalmente do N, proporcionará redução na produtividade do milho, uma vez que este está diretamente ligado no metabolismo das plantas de milho. Assim, se torna de grande importância o aumento da sua disponibilidade e uso eficiente do nutriente para as plantas no sistema de produção agrícola (Oliveira et al., 2009; Onasanya et al., 2009; Walsh et al., 2012; Aguiar et al., 2014; (Caires et al., 2015).

Para que os rendimentos obtidos de uma lavoura de milho possam ser considerados satisfatórios, é de extrema importância a aplicação de fertilizantes nitrogenados, uma vez, que os solos brasileiros não conseguem atender a demanda deste elemento nos diversos estádios de desenvolvimento da planta (Pöttker e Wiethölter, 2004; Caires et al., 2015). A quantidade utilizada de N no Brasil é cerca de 60 kg ha<sup>-1</sup>, enquanto na China é de 130 kg ha<sup>-1</sup> e nos Estados Unidos é de 150 kg ha<sup>-1</sup> (Meira, 2006).

O N presente no solo pode sofrer reações na ordem química e biológica, as quais são regidas pelas condições edafoclimáticas, além de perdas através dos processos de lixiviação, volatilização, desnitrificação e erosão, caso seu manejo se dê de forma inadequada (Valentini et al., 2005; Rambo et al., 2008; Vargas et al., 2012; Caires et al., 2015).

Deve se ter cautela para recomendar a dose de N a ser utilizada, haja vista que se subestimada, ocorrerá à redução da produtividade e, quando superestimada, diminuem a rentabilidade do produtor pelo gasto desnecessário com fertilizantes, além de afetar o meio ambiente, em consequência das perdas de N em decorrência do excesso disponível (Onasanya et al., 2009; Okumura et al., 2011; Vargas et al., 2012).

Do ponto de vista econômico e ambiental, torna-se imprescindível o conhecimento e manejo adequado dos fatores que influenciam a produtividade da cultura, tais como: doses; fontes e épocas de aplicação do adubo nitrogenado (Aguiar et al., 2014; Caires et al., 2015).

Em solos tropicais e subtropicais úmidos com altas precipitações pluviais, a acidez do solo e a toxicidade por alumínio (Al) são fatores determinantes para reduzida produtividade das culturas como as de milho (Escosteguy et al., 2013; Caires et al., 2015; Mihailovic et al., 2015). A toxidez provocada pelo Al é um dos principais fatores limitantes do crescimento das plantas, principalmente em solos com pH abaixo de 5,5. Como o maior efeito do Al está na redução do sistema radicular, sua influência sobre a absorção de nutrientes nas condições naturais poderá manifestar-se principalmente para aqueles íons cujo suprimento a raiz é na maior parte representado pelo processo de difusão, como é o caso do P e do K, por consequência, diminuindo a produção de grãos (Costa et al., 2000; Coelho e Vestana, 2010; Conceição et al., 2010; Caires et al., 2015; Mihailovic et al., 2015).

Os objetivos deste estudo foram estudar diferentes doses de Alumínio (Al) e Nitrogênio (N) no desenvolvimento da planta de milho em resposta a adição de 0 e 100 kg de N ha<sup>-1</sup> e a adição de 0, 50 e 100 mg kg<sup>-1</sup> de Al no solo.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Foi utilizado solo coletado na camada de 0 a 20 cm de profundidade na Fazenda experimental da Universidade Paranaense, Umuarama, Paraná, sendo de formação arenito Caiuá, classificado com Latossolo Vermelho distrófico – LVd19. Após a coleta, o solo foi peneirado em malha 4 mm.

As análises química e granulométrica do solo foram feitas pelo laboratório Solo Fértil estabelecido na cidade de Umuarama – PR. Foi utilizado método do densímetro, seguindo os padrões preconizados pela comissão estadual de laboratórios de análises agronômicas (CELA/PR). As características químicas determinadas foram: pH em  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Al}^{3+}$  extraídos em KCl 1N e P e  $\text{K}^+$  extraídos em Mehlich-1. Todas as análises realizadas seguiram os padrões preconizados pela CELA/PR. As características físicas e químicas determinadas antes da instalação do experimento (Tabela 1).

**Tabela 1** – Análise química do solo experimental para pH em  $\text{CaCl}_2$  (pH), fósforo (P), matéria orgânica (MO), nitrogênio total (N), alumínio ( $\text{Al}^{3+}$ ), acidez potencial ( $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$ ), cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), potássio ( $\text{K}^+$ ), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC), saturação por bases (V) e granulométrica em %\*.

pH	P	MO	N	$\text{Al}^{3+}$	$\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{K}^+$	CTC	V	Areia	Silte	Argila
	mg dm <sup>-3</sup>	---g dm <sup>-3</sup> ---				Cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>					-----%		
4,54	11,48	12,38	0,62	0,16	3,32	1,26	0,46	0,18	4,47	36,39	36,4	33,6	30,0

\*Análises realizadas a partir de uma amostra composta do solo.

A unidade experimental foi em vaso de polietileno com capacidade para 3 kg de solo peneirado em malha 4 mm.

Foram testados dois níveis de N no solo, sem adição de N (0N) e adição equivalente a 100 kg ha<sup>-1</sup> de N (1N) e três níveis de Al no solo adicionado no momento da semeadura do milho, nas doses de 0, 50 e 100 mg kg<sup>-1</sup>. Para 50 mg kg<sup>-1</sup>, um vaso com 3 kg de solo foi adicionado 0,95 g de  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ . Para 100 mg kg<sup>-1</sup>, um vaso com 3 kg de solo foi adicionado 1,90 g de  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  antes da semeadura do milho.

Foram utilizadas sementes de milho da variedade AL Bandeirantes CATI – (Sementes Facholi) com tolerância mediana ao Al, sendo semeadas 4 sementes vaso<sup>-1</sup>. As sementes foram recobertas com uma camada de solo de 1 a 2 cm de espessura e molhada com água destilada, sendo abrigado da luz direta até iniciar a germinação. Após a germinação, foram mantidas duas plantas vaso<sup>-1</sup>, após os vasos foram levados para a casa de vegetação. Duas semanas após a germinação, as plantas receberam os tratamentos com N. Os tratamentos foram irrigados com solução nutritiva completa com 0 e 100 kg ha<sup>-1</sup> na forma de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  e sem N conforme Hoagland e Arnon (1950), os outros nutrientes utilizados vaso<sup>-1</sup> foram conforme Aguiar et al. (2014).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 3 repetições por tratamento em um fatorial de 2x3 (Com e sem N e 3 níveis de Al no solo), num total de 18 unidades experimentais.

O experimento foi conduzido na casa de vegetação no Campus III da Universidade Paranaense, localizado no município de Umuarama, por um período de dois meses. Foi realizada a determinação indireta dos valores de clorofila através do uso de clorofilômetro. Para isto, foram avaliados os teores de clorofila total de 5 folhas completamente desenvolvidas por vaso<sup>-1</sup> medindo-se no meio das folhas com o equipamento ClorofiLOG® modelo CFL 1030, operado conforme as instruções do fabricante (Falker, 2008).

Após medir o índice de clorofila, as plantas foram separadas em parte aérea e sistema radicular, e determinada a altura da planta e diâmetro do caule. A altura foi determinada com o uso de fita métrica a partir do colo e o diâmetro do caule (mm) à 3 cm do colo da planta com o auxílio de um paquímetro digital.

As plantas foram secas em estufa (65 °C), até atingirem massa constante, obtendo a massa seca da parte aérea (MSPA), a massa seca das raízes (MSR) e massa seca total (MST) através da pesagem com balança digital.

Após a determinação da MSPA, esta foi moída para determinar o N da parte aérea (NPA) através da digestão sulfúrica, acompanhado da destilação pelo método de Kjeldahl conforme Silva (2009).

Os resultados foram submetidos a análise de variância (ANOVA). As médias foram comparadas por meio do teste de Duncan ( $p \leq 0,05$ ), utilizando o programa estatístico SPSS versão 16.0 para Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi observada deficiência de N através diagnose visual, sem a adição de N (Figura 1), sendo comprovado pelos dados obtidos na Tabela 2.

A altura das plantas foi significativamente aumentada com a adição de N no solo, e diminuída conforme aumentava a dose de Al no solo, observando a diferença entre as doses de 0, 50 e 100 mg kg<sup>-1</sup> de solo de Al (Tabela 2). A mesma tendência quanto ao aumento da altura das plantas de milho com a adição de N ao solo foram observados por outros autores, como Onasanya et al. (2009), Sharifi e Taghizadeh (2009), Lima et al. (2011) e Aguiar et al.,

(2014), no qual encontram diferença somente quando não foi adicionado N ao solo, já a adição de 40 a 160 kg ha<sup>-1</sup> de N não afetou significativamente a altura das plantas.

O diâmetro do caule foi afetado significativamente pelos tratamentos, obtendo um aumento ao adicionar N e decréscimo com a adição de Al ao solo (Tabela 2).



Sem adição de N e Al no solo. Com 0, 50 e 100 mg kg<sup>-1</sup> de Al. Com 0 de Al e 100 kg ha<sup>-1</sup> de N.

**Figura 1** – Características visuais das plantas de milho no final do experimento. Solo proveniente de Umuarama sem a adição de N e Al, com a adição de 50 e 100 mg ha<sup>-1</sup> de Al e solo com 0 de Al e 100 kg ha<sup>-1</sup> de N.

A produção da MSPA aumentou significativamente com a adição de N ao solo (Tabela 2). Araújo et al. (2004), encontraram diferenças na MSPA com a adição de N em um Latossolo Vermelho distroférico em São Paulo com doses de 0 a 240 kg de N ha<sup>-1</sup> aplicados em cobertura, porém, o aumento da MSPA só foi significativo com a adição superior a 180 kg ha<sup>-1</sup>. No estudo realizado por Rambo et al. (2008) também foi encontrado aumento na MSPA com a adição de N em Argissolo Vermelho distrófico típico no Rio Grande do Sul com doses de 0 a 300 kg ha<sup>-1</sup> adicionados 20% na semeadura e o restante em cobertura, sendo o aumento da MSPA foi significativa a partir da adição de 50 kg de N ha<sup>-1</sup>. Carvalho et al. (2013) avaliaram 25 genótipos de milho sem e com a adição de 0 e 150 kg de N ha<sup>-1</sup> e também observaram aumento significativo na MSPA.

A adição de N teve efeito significativo no aumento na massa seca das plantas de milho, no índice de clorofila, na altura e diâmetro do caule (Tabela 2). Segundo Uhart e Andrade (1995) o N determina o desenvolvimento das plantas de milho, com aumento significativo na área foliar e na produção de massa de matéria seca, resultando em maior produção de grãos. Oliveira et al. (2009) também observaram aumento significativos na altura, diâmetro do caule e produção de massa seca nas com a adição de 120 kg de N ha<sup>-1</sup> em um estudo conduzido em casa de vegetação na Paraíba, e concluíram que há necessidade de aplicação de N para se obter produtividade satisfatória da cultura do milho.



As exigências de N pelo milho variam consideravelmente com os diferentes estágios de desenvolvimento da planta, sendo mínimas nos estádios iniciais, aumentando com a elevação da taxa de crescimento e alcançando um pico durante o florescimento até o início de formação dos grãos. Sabendo disso, Okumura et al. (2011) revisou os teores de N na folha, e verificou que no período de pleno florescimento é a fase recomendada para diagnosticar o estado nutricional da planta, obtendo valores de 28 a 35 mg g<sup>-1</sup> de N nas folhas, como sendo adequado para a cultura.

**Tabela 2** – Valores de *p* da análise de variância (ANOVA)\* referente a média da massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca das raízes (MSR), massa seca total (MST), teor de nitrogênio da parte aérea (NPA), índice de clorofila, altura das plantas e diâmetro do caule.

Tratamentos	MSPA (g vaso <sup>-1</sup> )	MSR (g vaso <sup>-1</sup> )	MST (g vaso <sup>-1</sup> )	NPA (mg g <sup>-1</sup> )	Índice de Clorofila	Altura (cm)	Diâmetro do caule (mm)
N aplicado (kg ha <sup>-1</sup> )							
0 N = 0	1,27±0,29 b	1,26±0,31 a	2,53±0,58 b	22,69±1,58 a	19,45±1,00 b	53,28±6,16 b	4,44±0,31 b
1 N = 100	3,63±0,62 a	2,21±0,50 a	5,84±1,10 a	26,63±2,12 a	33,66±2,02 a	73,94±4,87 a	7,39±0,50 a
Valor de <i>p</i>	<b>0,003</b>	0,128	<b>0,017</b>	0,156	<b>&lt;0,001</b>	<b>0,013</b>	<b>&lt;0,001</b>
Al aplicado (mg kg <sup>-1</sup> )							
0 Al	3,81±0,86 a	3,15±0,48 a	6,96±1,28 a	31,36±1,50 a	31,50±3,36 a	79,50±4,69 a	7,17±0,69 a
50 Al	2,73±0,43 a	1,53±0,11 b	4,26±0,53 b	23,75±0,77 b	28,67±2,00 a	77,08±1,50 a	6,67±0,39 a
100 Al	0,80±0,31 b	0,52±0,17 c	1,32±0,48 c	18,87±0,61 c	19,49±1,76 b	34,25±5,48 b	3,92±0,45 b
Valor de <i>p</i>	<b>0,008</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>0,004</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>
Nitrogênio X Alumínio							
0 N x 0 Al	1,89±0,13 c	2,28±0,17 b	4,17±0,27 c	28,21±1,07 b	20,45±0,32 c	65,00±2,49 c	5,02±0,36 c
0 N x 50 Al	1,78±0,18 c	1,32±0,07 cd	3,10±0,24 d	22,20±0,61 d	22,85±0,54 c	75,83±1,99 b	5,50±0,22 c
0 N x 100 Al	0,15±0,03 d	0,18±0,04 e	0,33±0,05 e	17,67±0,58 f	15,05±1,85 d	19,00±3,62 e	2,83±0,16 d
1 N x 0 Al	5,74±0,06 a	4,02±0,59 a	9,76±0,55 a	34,51±0,44 a	42,55±0,84 a	94,00±2,54 a	9,33±0,33 a
1 N x 50 Al	3,69±0,08 b	1,73±0,11 bc	5,42±0,14 b	25,30±0,47 c	34,48±1,96 b	78,33±2,32 b	7,83±0,31 b
1 N x 100 Al	1,45±0,22 c	0,87±0,16 de	2,32±0,39 d	20,07±0,30 e	23,93±1,49 c	49,50±5,09 d	5,00±0,63 c
Valor de <i>p</i>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>

\*Médias (± erro padrão, n = 3). Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan (*p* ≤ 0,05).

A adição de N ao solo aumentou o NPA, de 22,69 mg g<sup>-1</sup> sem a adição de N (sendo deficiente em N, segundo Okumura et al. (2011), para 26,63 mg g<sup>-1</sup> com a adição de 100 kg de N ha<sup>-1</sup>. Resultados similares foram encontrados por Rambo et al. (2008) e Aguiar et al.

(2014), no qual observaram valores de 30 a 34 mg g<sup>-1</sup> de NPA com a adição de 100 kg de N ha<sup>-1</sup>.

A adição de Al no solo reduziu significativamente todos os parâmetros analisados. Resultados similares foram observados por Techio et al. (2012), no qual a adição de Al em solução nutritiva reduziu de forma linear o comprimento da raiz seminal e amassa seca do sistema radicular e da parte aérea.

Quando adicionado 100 mg kg<sup>-1</sup> de Al no solo, observamos que diminuiu significativamente a MSPA, a MSR, MST, NPA, índice de clorofila, altura da planta e diâmetro do caule (Tabela 2). Mazzocato (2002), e Giongo e Bohnen (2011) também observaram a redução no desenvolvimento principalmente o radicular, de plantas de milho com a adição de Al no solo.

A interação de N *versus* Al no solo, na MSPA observou maior rendimento quando teve adição de N, e ausência de Al no solo, com diferença de 1,89 e 5,74 com adição de 100 kg ha<sup>-1</sup> e 0 de Al, respectivamente. O menor rendimento quando da MSPA foi quando teve a adição de 100 mg de Al kg<sup>-1</sup> de solo e não teve adição de nitrogênio. Em todos os parâmetros analisados na Tabela 2, a adição de N ao solo diminuiu o efeito tóxico do Al ao solo.

## CONCLUSÕES

Conclui-se que a altura das plantas, produção de massa da parte aérea, massa seca total, N da parte aérea, índice de clorofila e diâmetro do caule, foram afetados negativamente pelo Al e inversamente afetados com a adição de N ao solo.

A adição de N no solo diminuiu o efeito tóxico do Al em todos os parâmetros.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Paranaense – UNIPAR pelo apoio à pesquisa. Lilian Cristina de Oliveira e Rayane Monique Sete da Cruz agradecem a bolsa PIBIC/UNIPAR. Stéfany Meneguetti agradece a bolsa PEBIC/CNPq/UNIPAR. Odair Alberton agradece a bolsa produtividade em pesquisa do CNPq.

## REFERÊNCIAS



AGUIAR, D.; URCOVICHE, R.C.; OLIVEIRA, N.J.G.; ALBERTON, O. Doses de nitrogênio e efeitos no milho cultivado em dois tipos de solos. **Journal of Agronomic Science**, Umuarama, v.3, p. 221-231, 2014.

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.

CARVALHO, E. V.; CANCELLIER, L. L.; AFFÉRI, F. S.; DOTTO, M. A.; PELUZIO, J. M.; CRUZ, O. S. Crescimento de milho em níveis contrastantes de nitrogênio e sua correlação com produtividade de grãos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 8, n. 3, p. 351-357, 2013.

COELHO, C.H.M.; VESTENA, S. Avaliação de índices de milho á tolerância ao alumínio. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, v.17, p. 44–55, 2010.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Levantamentos de safra**. Brasília, Ago. 2014. Central de informações agropecuárias. <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14\\_08\\_07\\_08\\_59\\_54\\_boletim\\_graos\\_agosto\\_2014.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_08_07_08_59_54_boletim_graos_agosto_2014.pdf)>. 9 dez. 2014.

CONCEIÇÃO, L.D.H.C.S.; DOERR, L.M.W.; BARBOSA NETO, J.F. Seleção para tolerância ao alumínio em milho com base em parâmetros genéticos e análise multivariada. **Bragantia**, Campinas, v. 69, p. 807–814, 2010.

COSTA, C.N.; CASTILHOS, R.M.V.; VAHL, L.C.; KORAND, E.E.; PASSIANOTO, C.C. Efeito do alumínio na morfologia de raízes e na cinética de absorção de potássio em milho. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 6, p. 251–253, 2000.

ESCOSTEGUY, P.A.V.; HANEL, J.; ROEHRIG, R. Acidez e calagem em culturas de grãos em plantio direto. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 135, 2013.

FALKER Automação Agrícola Ltda. **Manual do medidor eletrônico de teor clorofila** (ClorofiLOG / CFL 1030). Porto Alegre, Falker Automação Agrícola. 2008.

GIONGO, V.; BOHNEN, H. Relação entre alumínio e silício em genótipos de milho resistente e sensível a toxidez de alumínio. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, p. 348–356, 2011.

HOAGLAND, D.R., ARNON, D.I. The water culture method for growing plants without soil. **California Agricultural Experimental**. 1950.

LIMA, F.F.; NUNES, L.A.P.L.; FIGUEIREDO, M.V.B.; DE ARAÚJO, F.F.; LIMA, L.M.; DE ARAÚJO, A.S.F. *Bacillus subtilis* e adubação nitrogenada na produtividade do milho. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 6, n. 4, p. 657–661, 2011.

MAZZOCATO, A.C.; ROCHA, P.S.G.; SERENO, M.J.C.M.; BOHNEN, H.; GRONGO, V. BARBOSA NETO, J.F. Tolerância ao alumínio em plântulas de milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, p. 19–24, 2002.

MEIRA, Flávia de Andrade. **Fontes e modos de aplicação do nitrogênio na cultura do milho**. 2006. 52 f. Tese (Doutorado em agronomia) – Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2006.

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.

OKUMURA, R.S.; MARIANO, D.C.; ZACCHEO, P.V.C. Uso de fertilizante nitrogenado na cultura do milho: uma revisão. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v. 4, p. 226–244, 2011.

OLIVEIRA, F.A.; CALVACANTE, L.F.; SILVA, I.F.; PEREIRA, W.E.; OLIVEIRA, J.C.; FILHO, J.F.C. Crescimento do milho adubado com nitrogênio e fósforo em um Latossolo Amarelo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 4, p. 238–244, 2009.

ONASANYA, R.O.; AIYELARI, O.P.; ONASANYA, A.; OIKEH, S.; NWILENE, F.E.; OYELAKIN, O.O. Growth and yield response of maize (*Zea mays* L.) to different rates of nitrogen and phosphorus fertilizers in Southern Nigeria. **World Journal of Agricultural Sciences**, v. 5, p. 400–407, 2009.

PÖTTKER, D.; WIETHÖLTER, S. Épocas e métodos de aplicação de nitrogênio em milho cultivado no sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, p.1015-1020, 2004.

RAMBO, L.; SILVA, P.R.F.; STRIEDER, M.L.; DELATORRE, C.A.; BAYER, C.; ARGENTA, G. Adequação de doses de nitrogênio em milho com base em indicadores de solo e de planta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, p. 401-409, 2008.

SHARIFI, R. S.; TAGHIZADEH, R. Response of maize (*Zea mays* L.) cultivars to different levels of nitrogen fertilizer. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, Helsinki, v. 7, n. 3-4, p. 518-521, 2009.

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

SOUSA, G.G.; LACERDA, C.F.; CALVACANTE, L.F.; GUIMARÃES, F.V.A.; BEZERRA, M.E.J.; SILVA, G. L. Nutrição mineral e extração de nutrientes de planta de milho irrigada com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, p. 1143-1151, 2010.

VALENTINI, L.; COELHO, F.C.; FERREIRA, M.S. Teor de nitrogênio foliar e produtividade de três cultivares de milho (*Zea mays* L.) submetidos às adubações nitrogenada e molíbdica. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 52, p. 567-577, 2005.

VARGAS, V.P.; SANGOI, L.; ERNANI, P.R.; SIEGA, E.; CAMIEL, G.; FERREIRA, M.A. Os atributos nas folhas são mais eficientes que o N mineral no solo para avaliar a disponibilidade desse nutriente para o milho. **Bragantia**, Campinas, v. 71, p. 245-255, 2012.

WALSH, O.; RAUN, W.; KLATT, A.; SOLIE, J. Effect of delayed nitrogen fertilization on maize (*Zea mays* L.) grain yields and nitrogen use efficiency. **Journal of Plant Nutrition**, Londres, v. 35, p. 538–555, 2012.