



# Desenvolvimento inicial de plantas de milho cultivadas com diferentes combinações de nitrato e amônio

Gildeon Santos Brito<sup>1</sup>, Girlene Santos de Souza<sup>2</sup>, Alfredo Teles de Jesus Neto<sup>3</sup>,  
Cristian Martins de Souza<sup>4</sup>, Anacleto Ranulfo dos Santos<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, graduando em Agronomia, Bolsista PIBIC FAPESB. E-mail: gildeon.9772@outlook.com

<sup>2</sup> Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. Professora Associada 4. E-mail: girlene@ufrb.edu.br  
Autora para correspondência

<sup>3</sup> Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, graduando em Agronomia, Bolsista PIBIC CNPq. E-mail: alfredotelles008@outlook.com

<sup>4</sup> Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, graduando em Agronomia, bolsista PIBIC FAPESP. E-mail: cr-tiam@hotmail.com

<sup>5</sup> Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Professor Titular. E-mail: anacleto@ufrb.edu.br

Recebido em: 29/09/2022

Aceito em: 14/12/2022

## Resumo

O milho é uma das principais commodities do agronegócio brasileiro, devido a sua ampla utilização, seja para o consumo humano e animal, seja nas indústrias químicas e de biocombustíveis. Assim, este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a influência de diferentes proporções de nitrato e amônio no desenvolvimento inicial de plantas de milho. O experimento foi realizado em casa de vegetação, por semeadura direta, em que as sementes foram dispostas a 1 cm de profundidade em vasos plásticos com capacidade de 6 dm<sup>3</sup>, contendo mistura de areia previamente peneirada e lavada com vermiculita, na proporção 2:1. Foram utilizadas cinco proporções dos íons nitrato e amônio (NO<sub>3</sub>:NH<sub>4</sub><sup>+</sup>): T1=100:0, T2=75:25, T3=50:50, T4=25:75 e T5=0:100, por meio de soluções nutritivas. Percorridos 35 dias de cultivo, avaliaram-se: altura da planta, número de folhas, diâmetro do colmo, índices de clorofila *a* e *b*, total e relação *a/b*, comprimento de raiz, massa da matéria fresca das folhas, massa da matéria seca das folhas, do colmo, das raízes, massa da matéria seca total, e relação massa seca de raiz/massa seca de parte aérea, área foliar, área foliar específica, razão de área foliar e razão de massa foliar. O nitrato como única fonte de nitrogênio proporcionou menor incremento no índice de clorofila *a* de plantas de milho, sendo esta a clorofila mais importante na captação de luz no complexo antena. Não é recomendável cultivar plantas de milho apenas com nitrato ou amônio; porém, observou-se que doses elevadas de nitrato combinadas com baixas doses de amônio no meio de cultivo proporcionaram desempenho satisfatório para a maioria das variáveis.

**Palavras-chave:** Interação iônica. Crescimento. *Zea mays* L.

## Introdução

O milho (*Zea mays* L.) é considerado o segundo cereal de maior importância no mundo, ficando atrás do trigo e na frente do arroz (LISBOA et al., 1999). Devido à sua grande diversidade de aplicações, tanto na alimentação humana quanto na alimentação animal, a cultura do milho possui relevância social e econômica (ROMANO, 2005).

Pinheiro et al. (2021) acrescentaram que o milho está entre as principais culturas em todo o mundo. Sua cadeia produtiva é rica em vertentes, com grande capacidade de produção a partir dos

incontáveis investimentos em tecnologias para melhoramento genético e técnicas de cultivos. Dessa forma, é uma cultura que sempre terá mercado, visibilidade e rentabilidade, e que é alvo de muitos estudos científicos e investimentos para responder melhor à adubação, resistir a pragas e doenças, obter elevada produtividade, alta qualidade dos grãos e demais fatores associados à otimização da produção.

A grande exigência da cultura do milho em adubação nitrogenada é um dos fatores que mais influenciam o número de pesquisas relacionadas a este fertilizante. De acordo com Felisberto (2015), a adubação nitrogenada tem

uma importante função na cultura do milho, por ser o nitrogênio (N) o nutriente absorvido em maior quantidade por essa espécie. Deste modo, em muitos sistemas de produção, a disponibilidade de nitrogênio é quase sempre um fator limitante, influenciando o crescimento da planta mais do que qualquer outro nutriente (BREDEMEIER; MUNDSTOCK, 1999).

Este elemento é constituinte principal dos nucleotídeos, aminoácidos e proteínas, e por isso é essencial à vida (BRAUN et al., 2013). Além disso, Silva et al. (2010) também destacam que o nitrogênio é considerado um dos mais importantes fatores, após a deficiência de água, de limitação à produção de biomassa em ecossistemas naturais.

As formas predominantes de nitrogênio mineral disponíveis para as plantas são os íons amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) e nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ); por isso, é de extrema relevância se conhecer as proporções mais adequadas destas substâncias para cada cultura. As formas amoniacal e nítrica possuem diferentes efeitos no crescimento e no vigor do vegetal, e também na produção de biomassa e reprodução (LANE; BASSIRIRAD, 2002), ressaltando-se ainda que estes efeitos variam de espécie para espécie.

Lasa et al. (2001; 2002) afirmaram que o excesso de nitrato é tolerável pela maioria das plantas, principalmente por seus íons serem acumulados nos vacúolos e, dessa forma, não causarem sintomas de toxicidade às plantas, podendo até desempenhar funções osmóticas. Apesar de as plantas não serem tão afetadas pelo excesso de nitrato, seu acúmulo nos vegetais e o consequente consumo induz possíveis problemas em humanos e animais (SANTAMARIA, 2006).

Por outro lado, a maioria das plantas superiores desenvolve sintomas tóxicos graves quando cultivadas apenas com amônio (CAMPOS, 2013). Silva et al. (2010) afirmaram que a sua absorção radicular depende de única entrada,

sendo mediada por um transportador; porém, quando levado para o citoplasma da célula, ocasiona desequilíbrio eletrostático entre o meio intra e extracelular, e este processo faz com que a célula promova fluxo contrário de cargas positivas, a fim de alcançar a neutralidade.

Dada a sua importância, este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a influência de diferentes proporções de nitrato e amônio no desenvolvimento inicial de plantas de milho.

## Material e métodos

O experimento foi realizado entre março e abril de 2022, em casa de vegetação do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas (CCAAB) da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), na cidade de Cruz das Almas, localizada a 200 m de altitude acima do nível do mar, latitude de 12°40' S e longitude de 39°06' W de Greenwich, situada no Recôncavo Sul da Bahia. De acordo com a classificação de Köppen, possui clima Aw a Am, tropical quente e úmido, com pluviosidade média anual de 1224 mm, havendo maiores ocorrências de chuva no período de março a junho.

Foi utilizada a cultivar de milho AG-1051, adquirida no comércio local da cidade de Cruz das Almas (BA). As sementes foram dispostas a 1 cm de profundidade, diretamente em vasos plásticos com capacidade de 6 dm<sup>3</sup>, contendo a mistura de areia previamente peneirada (em peneira de 2 mm) e lavada (em água corrente, até que houvesse a retirada de todo resíduo de matéria orgânica) com vermiculita, na proporção 2:1, respectivamente, sendo distribuídas três sementes por vaso.

Após a emergência das plântulas, foi realizado o desbaste ao oitavo dia após a semeadura, deixando apenas a plântula mais vigorosa e padronizada em termos de altura e número de folhas.

O experimento foi executado com delineamento inteiramente casualizado e cinco repetições. Os tratamentos foram constituídos de cinco proporções dos íons nitrato e amônio ( $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ ), em que: T1=100:0, T2=75:25, T3=50:50, T4=25:75 e T5=0:100. Os respectivos tratamentos foram ajustados de acordo a solução padrão estabelecida por Hoagland e Arnon (1950), para que durante seu ciclo cada planta recebesse os macronutrientes na concentração em  $\text{mg L}^{-1}$ : N=210, P=31, K=234, Ca=200, Mg=48 e S=64 (Tabela 1). A aplicação dos tratamentos sucedeu oito dias após a semeadura e foi realizada duas vezes por semana, totalizando sete aplicações de 200 mL.

A irrigação foi realizada aplicando-se manualmente 200 mL de água em cada vaso na primeira semana, e, na medida em que a exigência por água foi aumentando, elevou-se a quantidade para 300 mL. A água utilizada para irrigação foi obtida pela Empresa Baiana de Águas e Saneamento S.A. (Embasa), a qual foi encaminhada amostra para análise de composição química em laboratório (Tabela 2).

Percorridos 35 dias após a semeadura, realizaram-se as seguintes avaliações: altura da planta (AL), número de folhas (NF), diâmetro do colmo (DC), índices de clorofila *a* (CLA), *b* (CLB), total (CLT) e relação *a/b*, comprimento de raiz (CR), massa fresca da folha (MF), massas da matéria seca das folhas (MSF), do colmo (MSC), das raízes (MSR), total (MST), e relação massa seca de raiz/massa seca de parte aérea (MSR/MSPA), área foliar (AF), área foliar específica (AFE), razão de área foliar (RAF) e razão de massa foliar (RMF).

A AL foi medida com fita métrica graduada em mm a partir do colo ao término da última folha; o DC medido aproximadamente a 3 cm do substrato, com o auxílio de paquímetro digital com precisão de 0,01 mm; o CR foi medido com régua graduada da base superior até o volume correspondente a aproximadamente 80% do sistema radicular efetivo; os índices de clorofila foram avaliados entre 8:00 e 10:00 horas da manhã, utilizando o medidor eletrônico Falker modelo CFL1030, com leituras realizadas em três folhas do terço médio de cada planta, e o número de folhas obtido por contagem manual direta.

**Tabela 1.** Quadro de soluções estoque com volume (mL) para formar 1L de solução nutritiva modificada, adequada aos respectivos tratamentos.

Solução estoque (1M)	Proporções de ( $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ )				
	0:100	25:75	50:50	75:25	100:0
	----- (mL L <sup>-1</sup> ) -----				
$\text{KH}_2\text{PO}_4$	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
$\text{NH}_4\text{Cl}$	15,0	11,25	7,50	3,75	-
KCl	5,0	1,25	5,0	3,75	-
$\text{CaCl}_2$	5,0	5,0	1,25	-	-
$\text{MgSO}_4$	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
$\text{KNO}_3$	-	3,75	-	1,25	5,0
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	-	-	3,75	5,0	5,0
Micronutrientes **	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Ferro – EDTA *	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

\*\*Solução de micronutrientes (g/l):  $\text{H}_3\text{BO}_3 = 2,86$ ;  $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O} = 1,81$ ;  $\text{ZnCl}_2 = 0,10$ ;  $\text{CuCl}_2 = 0,04$ ;  $\text{H}_2\text{MoO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} = 0,02$ . \*Solução de Ferro-EDTA: Foram dissolvidos 26,1g de EDTA dissódico em 286ml de NaOH 1N + 24,9g de  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  e aerado por uma noite.

**Tabela 2.** Características químicas da água utilizada para irrigação. Água de fornecimento via embasa.

Parâmetros	pH.	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>
		----- mmolc L <sup>-1</sup> -----			mg L <sup>-1</sup>
<b>Resultado</b>	4,5	5,5	2	1	3,9
<b>Método</b>	Embrapa Florestas, 2011.				

pH = potencial de hidrogênio iônico. Ca<sup>2+</sup> = concentração de cálcio. Mg<sup>2+</sup> = concentração de magnésio. Na<sup>+</sup> = concentração de sódio. K<sup>+</sup> = concentração de potássio.

No que se refere à determinação da fitomassa seca, particionaram-se os componentes em folhas, colmos e raízes, sendo o material acondicionado individualmente em sacos de papel, e posteriormente submetidos à secagem em estufa com circulação forçada de ar a 65° C ± 2° C, por período de 72 horas, até atingir massa constante. Os valores de fitomassa seca foram obtidos em balança analítica de precisão 0,001 g.

A determinação de AF por planta foi feita pela relação de MSF e massa da matéria seca de 10 discos foliares, os quais foram obtidos com o auxílio de um perfurador de área conhecida (12 mm), sempre evitando a nervura central. Já a AFE, RAF e RMF foram determinadas a partir dos valores de AF, MSF e MST, ambas expressas em gramas, utilizando-se fórmulas matemáticas descritas por Peixoto et al. (2011).

Os dados foram submetidos à análise de variância com auxílio do programa estatístico computacional "R" (R Development Core Team, 2018), e em função do nível de significância foi aplicado o teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparação de médias.

**Tabela 3.** Índices de clorofila a (CLA), b (CLB) e total (CLT) de plantas de milho cultivadas sob diferentes proporções de nitrato e amônio. Cruz das Almas, BA, 2022.

NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> :NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	CLA	CLB	CLT	CLA/CLB
0:100	37,7 b	16,21 a	53,91 a	2,34 b
25:75	38,91 ab	17,97 a	56,88 a	2,19 b
50:50	40,77 a	16,56 a	57,33 a	2,46 b
75:25	40,31 a	17,29 a	57,6 a	2,34 b
100:0	32,34 c	10,46 b	42,8 b	3,12 a
<b>CV (%)</b>	<b>3,34</b>	<b>9,79</b>	<b>4,77</b>	<b>7,87</b>

\*Letras iguais não diferem entre si nas colunas, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## Resultados e discussão

As diferentes proporções dos íons NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e NH<sub>4</sub><sup>+</sup> influenciaram significativamente (P<0,05) nos índices de clorofila, altura das plantas, massa da matéria fresca das folhas, massas da matéria seca das folhas, colmos, raízes, massa da matéria seca total da planta e relação massa da matéria seca das raízes/massa da matéria seca da parte aérea.

Observa-se na Tabela 3 que as plantas cultivadas exclusivamente com NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ou NH<sub>4</sub><sup>+</sup> tiveram o incremento em clorofila a afetado negativamente, sendo o excesso de nitrato ainda mais severo. Resultado semelhante foi obtido por Silva et al. (2010) em cultivo de plantas de girassol, os quais observaram que o nitrogênio em apenas uma dessas formas é desfavorável ao incremento nos índices de clorofila das folhas.

Em relação às clorofilas b e total, estas seguiram tendências semelhantes (Tabela 3), na qual o suprimento de N, exclusivamente na forma de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, prejudicou estas variáveis, enquanto os demais tratamentos não diferiram entre si. Um

fato importante é que as clorofilas desempenham finalidades diferentes no metabolismo das plantas. A clorofila *b*, por exemplo, absorve energia em comprimentos de ondas diferentes da clorofila *a* e a transfere para o centro de reação, e dessa forma otimiza a captura energética que efetivamente atua nas reações fotoquímicas (TAIZ et al., 2017). Entretanto, a absorção de N na forma nítrica requer processos de redução para posterior incorporação em compostos orgânicos, de forma que o nitrato é reduzido a nitrito pela nitrato redutase, e o nitrito a amônia pela nitrito redutase. Este processo consome grande quantidade de energia, carbono e prótons (BUCHANAN et al., 2000); essa rota metabólica complexa a ser seguida impossibilita a formação rápida de moléculas orgânicas, dentre elas, a clorofila.

Por meio da relação entre clorofilas *a/b*, percebe-se maior média para o tratamento apenas com  $\text{NO}_3^-$  (Tabela 3), sendo esta uma variável de grande importância devido ao fato de indicar perdas foto-oxidativas ocasionadas por irradiações de alta intensidade (HENDRY; PRICE, 1993), além de indicar o quantitativo a mais que existe de clorofila *a* em detrimento da clorofila *b*, das quais a clorofila *a* atua mais efetivamente na captura luminosa durante o processo fotossintético. Em contrapartida, ambas são responsáveis pela captação da luz no complexo antena, além de serem componentes primordiais

dos centros de reação nos fotossistemas (TAIZ et al., 2017) e, por essa razão, são moléculas muito importantes, uma vez que atuam diretamente na produção de fotoassimilados que irão propiciar o crescimento e desenvolvimento do vegetal.

Verifica-se que a proporção de 75% de  $\text{NO}_3^-$  promoveu acréscimo de aproximadamente 19,7% na altura das plantas de milho em comparação ao tratamento com ausência deste íon (Tabela 4). Esta combinação da elevada concentração de nitrato no substrato com baixa concentração de amônio favoreceu o incremento em altura das plantas pela diminuição da toxicidade do amônio. De acordo com Hachiya et al. (2012), a toxicidade do amônio nas plantas é muitas vezes acompanhada pela depleção de ácidos orgânicos e cátions inorgânicos e pelo acúmulo de amônio, os quais consideram todos esses fatores como possíveis causas de toxicidade de  $\text{NH}_4^+$ , sendo este um fator determinante para a supressão do crescimento das plantas.

Em relação à variável número de folhas, não foi observada influência dos tratamentos utilizados a ponto de se detectar diferença estatística (Tabela 4). Isso porque o amônio é uma fonte de rápida absorção e assimilação, enquanto os sítios preferenciais de redução do  $\text{NO}_3^-$  são as folhas, fazendo com que as plantas aproveitassem ambas as formas de nitrogênio.

**Tabela 4.** Altura (ALT), número de folhas (NF), massas da matéria fresca das folhas (MFF) e colmo (MFC), massas da matéria seca das folhas (MSF), colmo (MSC) e raiz (MSR) de plantas de milho cultivadas sob diferentes proporções de nitrato e amônio. Cruz das Almas, BA, 2022.

$\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$	ALT (cm)	NF (un)	MFF	MFC	MSF	MSC	MSR
	----- (g) -----						
<b>0:100</b>	78,42 b	8,4 a	17,69 c	24,74 a	3,18 b	2,26 b	3,35 b
<b>25:75</b>	79,92 b	8,6 a	20,29 bc	31,06 a	3,56 b	2,88 ab	3,21 b
<b>50:50</b>	87,06 ab	8,8 a	24,32 ab	27,99 a	4,32 ab	2,71 ab	3,63 ab
<b>75:25</b>	93,86 a	8,4 a	26,46 a	31,47 a	4,90 a	3,40 a	4,57 a
<b>100:0</b>	86,4 ab	8,4 a	21,45 abc	24,22 a	3,93 ab	2,43 b	3,78 ab
<b>CV (%)</b>	<b>8,3</b>	<b>9,68</b>	<b>12,59</b>	<b>16,88</b>	<b>15,15</b>	<b>16,88</b>	<b>16,26</b>

\*Letras iguais não diferem entre si nas colunas, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em um estudo avaliando proporções de  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{NH}_4^+$  na cultura do eucalipto, Guimarães et al. (2014) obtiveram resultados semelhantes para esta variável, que não se distinguiu estatisticamente dos tratamentos utilizados. Da mesma forma, observou-se, na variável massa da matéria fresca do colmo, que a diferença de concentrações dos íons não foi suficiente para promover diferenças estatísticas, o que revelou também o aproveitamento eficiente do nitrato e do amônio.

Analisando a massa da matéria fresca das folhas (Tabela 4), nota-se que as plantas se desenvolveram de forma diferenciada de acordo com os tratamentos. Plantas crescidas com a proporção de 75% de N nítrico tiveram incremento de aproximadamente 33,15% de massa fresca das folhas, em comparação às plantas crescidas apenas com amônio. Dessa forma, fica evidente que o suprimento com elevadas concentrações de amônio não foi favorável ao incremento desta variável, porque o excesso de amônio ocasiona redução nas concentrações teciduais de  $\text{Ca}_2^+$  e  $\text{Mg}_2^+$  (ROOSTA; SCHJOERRING, 2008), elementos químicos que participam diretamente do metabolismo do vegetal e influenciam no seu crescimento e desenvolvimento.

As massas de matéria seca das folhas e raízes das plantas de milho foram variáveis com resposta semelhante aos tratamentos utilizados (Tabela 4). O melhor desempenho foi observado com elevadas concentrações de  $\text{NO}_3^-$  no substrato; porém, quando o mesmo passou a ser fonte exclusiva de nitrogênio, esse desempenho foi comprometido, revelando que o nitrato pode ser prejudicial devido às características de necessidade de redução, pois a taxa de absorção do  $\text{NO}_3^-$  normalmente excede a capacidade de sua redução, fazendo com que esse íon se acumule e exerça funções tóxicas (SOLOMONSON; BARBER, 1990).

Verificou-se também que o excesso de amônio foi desfavorável. Isso ocorre porque a atividade

da redutase do nitrato (NRA) é conhecida por diminuir quando a concentração de  $\text{NO}_3^-$  no ambiente externo é baixa e a de  $\text{NH}_4^+$  é alta (HELALI et al., 2010). Além disso, de acordo com Hachiya et al. (2012), a toxicidade do amônio está relacionada a processos fisiológicos intimamente ligados à sinalização, absorção e redução do nitrato.

A variável massa da matéria seca do colmo foi responsiva às diferentes proporções dos íons utilizados (Tabela 4), revelando que o emprego de maior quantidade de nitrato é favorável; porém, ao se tornar a única fonte de N, as plantas não se desenvolvem tão bem. Isso acontece devido ao processo de redução do nitrato a nitrito e deste em amônio, pois este processo requer a transferência de aproximadamente oito elétrons e representa cerca de 25% do total de energia consumida pelas raízes e partes aéreas (TAIZ et al., 2017) – energia esta que a planta deixa de investir em outros processos de acúmulo de biomassa. É possível observar ainda que o suprimento apenas com  $\text{NH}_4^+$  ocasionou redução de aproximadamente 33,53% em comparação ao tratamento que promoveu melhor resultado, o que pode estar atrelado à competição no meio de cultivo, no qual o amônio, por possuir carga semelhante a íons como o  $\text{Ca}^{+2}$  e  $\text{K}^+$ , inviabiliza a absorção e assimilação dos mesmos (HOLZSCHUH et al., 2009).

O amônio em maiores proporções que o nitrato também proporcionou decréscimos na produção de massa da matéria seca total (Tabela 5), mesmo se considerada a fonte de N preferível em termos de custo de energia (HELALI et al., 2010). Nitidamente, observa-se que as médias entre os tratamentos que tenham sofrido com toxicidade do amônio não se distanciam dos demais, porque as células vegetais, para evitar a toxicidade do amônio, promovem sua rápida conversão em aminoácidos (TAIZ et al., 2017).

A relação MSR/MSPA diz respeito à média, em gramas, que a planta acumula em massa da

**Tabela 5.** Massa da matéria seca total (MST), relação massa da matéria seca das raízes/parte aérea (MSR/MSPA), razão de massa foliar (RMF), área foliar (AF), área foliar específica (AFE) e razão de área foliar (RAF) de plantas de milho cultivadas sob diferentes proporções de nitrato e amônio. Cruz das Almas, BA, 2022.

$\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$	MST (g)	MSR/MSPA ----- g/g -----	RMF	AF ( $\text{cm}^2$ )	AFE ----- $\text{cm}^2.\text{g}^{-1}$ -----	RAF
<b>0:100</b>	8,78 b	0,62 a	0,36 a	21,14 a	6,64 a	2,40 a
<b>25:75</b>	9,65 b	0,50 b	0,37 a	21,01 a	5,91 a	2,19 a
<b>50:50</b>	10,66 ab	0,52 ab	0,40 a	20,86 a	4,95 a	2,01 a
<b>75:25</b>	12,88 a	0,55 ab	0,38 a	29,41 a	6,02 a	2,29 a
<b>100:0</b>	10,14 b	0,59 ab	0,39 a	25,13 a	6,41 a	2,49 a
<b>CV (%)</b>	<b>13,25</b>	<b>11,02</b>	<b>7,86</b>	<b>23,98</b>	<b>19,35</b>	<b>22,33</b>

\*Letras iguais não diferem entre si nas colunas, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

raiz para cada grama acumulada de massa da parte aérea (SILVA et al., 2010). A maior média para esta variável foi observada em plantas cultivadas apenas com amônio, não havendo diferença estatística das que continham a partir de 50% de nitrato (Tabela 5). Isso pode ter ocorrido devido ao menor gasto energético requerido para a assimilação do amônio, pois, segundo Britto & Kronzucker (2002) e Kronzucker et al. (2001), o gasto energético resultante da alocação de fotoassimilados para o  $\text{NO}_3^-$  é de 12 ATP, enquanto que para o  $\text{NH}_4^+$  é de 2 ATP.

No que diz respeito à razão de massa foliar (Tabela 5), não houve diferença significativa para esta variável, sendo as médias consideradas semelhantes. Tratando dos parâmetros relacionados a área foliar, área foliar específica e razão de área foliar, a análise estatística não discriminou significância para as diferentes proporções dos íons utilizados, já que os íons de amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) e nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) foram as principais formas N mineral disponível às plantas, as quais conseguem assimilar ambos de forma eficiente.

## Conclusões

O cultivo de plantas de milho com o suprimento exclusivo de nitrato prejudica o incremento no índice de clorofila a de plantas de milho.

Parâmetros relacionados à área foliar não são influenciados por diferentes proporções de nitrato e amônio.

Doses elevadas de nitrato combinado a baixas doses de amônio proporcionam desempenhos satisfatórios ao desenvolvimento inicial das plantas de milho.

Não é recomendável cultivar plantas de milho apenas com nitrato ou amônio como fonte de nitrogênio.

## Referências

- BRAUN, H.; COELHO, F. S.; SILVA, M. C. C.; FONTES, P. C. R.; CECON, P. R.; BUSATO, C. Absorção, metabolismo e diagnóstico do estado de nitrogênio em plantas de batata. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 56, n. 3, p. 185-195, 2013.
- BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, v. 30, n. 2, p. 365-372, 1999.
- BRITTO, D. T.; KRONZUCKER, H. J.  $\text{NH}_4^+$  toxicity in higher plants: A critical review. **Journal of Plant Physiology**, v. 159, n.6, p. 567-584, 2002.

- BUCHANAN, B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. Biochemistry & molecular biology of plants. In: CRAWFORD, N. M.; KAHN, M. L.; LEUSTEK, T.; LONG, S. R. **Nitrogen and sulfur**. Maryland: American Society of Plant Biologists, 2000. p. 786- 849.
- CAMPOS, C. N. S. **Silício e excesso de amônio e de nitrato em plantas de cana-de-açúcar e de pepino**. 2013. 72 p. Dissertação (mestrado em Ciência do Solo). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Jaboticabal.
- EMBRAPA FLORESTAS (Colombo). **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água**. 2011. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/57612/1/Doc232ultima-versao.pdf>.
- FELISBERTO, G. **Adubação nitrogenada na cultura do milho em sucessão a plantas de cobertura no sudoeste goiano**. 2015. 64 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Produção Vegetal. Universidade Federal de Goiás, Jataí.
- GUIMARÃES, M. M. C.; CAIRO, P. A. R.; NEVES, O. S. C. Crescimento de *Eucalyptus urophylla* em Meio Hidropônico com Diferentes Proporções de Nitrato e Amônio. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 1, p. 52-61, 2014.
- HACHIYA, T.; WATANABE, C. K.; FUJIMOTO, M.; ISHIKAWA, T.; TAKAHARA, K.; KAWAI-YAMADA, M. Nitrate addition alleviates ammonium toxicity without lessening ammonium accumulation, organic acid depletion and inorganic cation depletion in *Arabidopsis thaliana* shoots. **Plant and Cell Physiology**, v. 53, n. 3, p. 577-591, 2012.
- HELALI, S. M.; NEBLI H.; KADDOUR, R.; MAHMOUDI, H.; LACHAËL, M.; OUERGHI, Z. Influence of nitrate-ammonium ratio on growth and nutrition of *Arabidopsis thaliana*. **Plant and Soil**, v. 336, n. 2, p. 65-74, 2010.
- HENDRY, G.A.F.; PRICE, A.H. Stress indicators: chlorophylls and carotenoids. In: HENDRY, G.A.F.; GRIME J.P. (Eds.) **Methods in comparative plant ecology**. London: Chapman & Hall, 1993. p. 148-152.
- HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.I. **The water-culture method for growing plants without soil**. California Agricultural Experimental Station, 1950. Circ. p. 347.
- HOLZSCHUH, M.J.; BOHNEN, H.; ANGHINONI, I.; MEURER, E.J.; CARMONA, F.C.; COSTA, S.E.V.G.A. Resposta do arroz irrigado ao suprimento de amônio e nitrato. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 5 p. 323-1331, 2009.
- KRONZUCKER, H. J.; BRITTO, D.T.; DAVENPORT, R. J.; TESTER, M. Ammonium toxicity and the real cost of transport. **Trends in Plant Science**, v. 6, n. 8, p. 335-337, 2001.
- LANE, D. R.; BASSIRIRAD, H. Differential responses of tallgrass prairie species to nitrogen loading and varying ratios of  $\text{NO}_3^-$  to  $\text{NH}_4^+$ . **Functional Plant Biology**, v.29, n.10, p.1227-1235, 2002.
- LASA, B.; FRECHILLA, S.; APARICIO-TEJO, P. M.; LAMSFUS, C. Role of glutamate dehydrogenase and phosphoenolpyruvate carboxylase activity in ammonium nutrition tolerance in roots. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 40, n. 11, p. 969– 976, 2002.
- LASA, B.; FRECHILLA, S.; LAMSFUS, C.; APARICIO-TEJO, P. M. The sensitivity to ammonium nutrition is related to nitrogen accumulation. **Scientia Horticulturae**, v. 91, n. 2, p.143-152, 2001.
- LISBOA, J. A. P.; SCOTEGAGNA, G.A.; GOMES, D.N. Milho. **Revista Genótipo**, v.2, n.2, p.32-35, 1999.

PEIXOTO, C.P.; CRUZ, T.V.; PEIXOTO, M.F.S.; Análise quantitativa do crescimento de plantas: conceitos e prática. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n.13, p. 51-76, 2011.

PINHEIRO, L. S.; GATTI, V. C. M.; OLIVEIRA, J. T.; SILVA, J. N.; SILVA, V. F. A.; SILVA, P. A. Características agro econômicas do milho: uma revisão. **Natural Resources**, v.11, n.2, p.13-21, 2021. <http://doi.org/10.6008/CBPC2237-9290.2021.002.0003>

R Core Team **R: A language and environment for statistical computing**. 2018. R Foundation for Statistical Computing. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 15 jun. 2022.

ROMANO, M. R. **Desempenho fisiológico da cultura de milho com plantas de arquitetura contrastante**: parâmetros para modelos de crescimento. 2005. 120 p. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

ROOSTA, H.R.; SCHJOERRING, J.K. Effects of nitrate and potassium on ammonium toxicity in cucumber plants. **Journal of Plant Nutrition**, v. 31, n. 7, p. 1270–1283, 2008.

SANTAMARIA, P. Nitrate in vegetables: toxicity, content, intake and EC regulation. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 86, n. 1, p. 10– 17, 2006.

SILVA, P. C. C.; COUTO, J. L.; SANTOS, A. R. Absorção dos íons amônio e nitrato e seus efeitos no desenvolvimento do girassol em solução nutritiva. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 10, n. 2, p. 97-104, 2010.

SOLOMONSON, L.P.; BARBER, M.J. Assimilatory nitrate reductase: functional properties and regulation. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.41, n.1, p.225-253, 1990.

TAIZ L.; ZEIGER E.; MOLLER I.M.; MURPHY A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6 ed. Porto Alegre: ArtMed, 2017. 888 p.