

Índice SPAD, teores de nitrato na seiva de folhas e produtividade de cebola em dois tipos de solo

SPAD index, nitrate contents in leaf sap and yield of onion on two soil types

DOI:10.34117/bjdv7n8-393

Recebimento dos originais: 07/07/2021

Aceitação para publicação: 16/08/2021

Sanzio Mollica Vidigal

Doutor em Fitotecnia pela Universidade Federal de Viçosa (UFV)
Pesquisador - Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
Vila Gianetti, 46/47, Campus da UFV, Viçosa, Minas Gerais, Brasil, 36570-075
E-mail: sanziovm@epamig.br

Marialva Alvarenga Moreira

Doutora em Fitotecnia pela Universidade Federal de Viçosa (UFV)
Pesquisadora - Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
Rodovia MG 424, km 64, Sete Lagoas, Minas Gerais, Brasil, 35701-970
E-mail: marialva.moreira@epamig.br

RESUMO

Avaliou-se o efeito de cinco doses de N (0; 80; 160; 240 e 320 kg ha⁻¹) sobre os índices SPAD e nitrato na seiva e a produção de bulbos de cebola híbrida Superex. Dois experimentos foram conduzidos a campo no delineamento de blocos casualizados com quatro repetições, no período de maio a outubro, sendo um em Argissolo Vermelho Amarelo, textura argilosa, na Zona da Mata, e outro em Neossolo Quartzarênico, textura arenosa, na região Norte de Minas Gerais. O N foi aplicado em cobertura, parcelado em três épocas aos 65, 79 e 107 dias após a semeadura (DAS), na forma de uréia. A colheita foi realizada aos 147 DAS. A adubação com N em cobertura influenciou a produtividade de bulbos comercializáveis e a classe 4 representou a maior proporção de bulbos comercializáveis, nos dois tipos de solo. No Argissolo, a produção máxima (56,98 t ha⁻¹) foi estimada com 203 kg ha⁻¹ de N e no Neossolo (62,09 kg ha⁻¹) foi estimada com 213 kg de N ha⁻¹. A massa da matéria seca de bulbo representou 79,34 % e 82,69 % da massa seca da planta no Argissolo e no Neossolo, respectivamente. Os níveis críticos para o índice SPAD situaram-se entre 65,92 e 69,68 e para o teor de nitrato na seiva das folhas situaram-se entre 1.008 e 2.130 mg L⁻¹. O estado nutricional de nitrogênio da cebola pode ser estimado pelo uso do índice SPAD. O nível crítico para o índice SPAD e o teor de nitrato na seiva variou com o tipo de solo. O acúmulo de massa da matéria seca da planta de cebola foi influenciado pelo tipo de solo e condições climáticas da região de cultivo. Maior produtividade de cebola pode ser obtida com aplicação de doses de N superiores a recomendada atualmente.

Palavras-chave: Allium cepa L., uréia, nutrição de plantas, matéria seca.

ABSTRACT

The effect of five N doses (0; 80; 160; 240 and 320 kg ha⁻¹) on SPAD and sap nitrate indices and bulb yield of Superex hybrid onion was evaluated. Two field experiments were conducted in a randomized block design with four repetitions, from May to October, one in a clayey Red-Yellow Argisol soil, in Zona da Mata, and the other in a sandy Quartzarenic Neosol soil, in the northern region of Minas Gerais. The N was applied at sidedressing, in three times, at 65, 79 and 107 days after sowing (DAS), in the form of urea. The harvest was performed at 147 DAS. N fertilization in sidedressing influenced the productivity of marketable bulbs and class 4 represented the highest proportion of marketable bulbs, in both soil types. In Red-Yellow Argissol, the maximum yield (56.98 t ha⁻¹) was estimated with 203 kg ha⁻¹ of N and in Quartzarenic Neossol (62.09 kg ha⁻¹) was estimated with 213 kg of N ha⁻¹. The bulb dry matter mass represented 79.34 % and 82.69 % of the plant dry matter mass on Red-Yellow Argissol and Quartzarenic Neossol, respectively. Critical levels for SPAD index were between 65.92 and 69.68 and for nitrate content in leaf sap were between 1,008 and 2,130 mg L⁻¹. The N nutritional status of onion can be estimated by using the SPAD index. The critical level for SPAD index and nitrate content in sap varied with soil type. The dry matter mass accumulation of the onion plant was influenced by the soil type and climatic conditions of the growing region. Higher yield of onion can be obtained with application of higher than currently recommended N doses.

Key-words: *Allium cepa* L., urea, plant nutrition, dry matter.

1 INTRODUÇÃO

O manejo adequado da adubação na cultura da cebola pode ser obtido pela sincronização da demanda da planta com o suprimento de N durante o ciclo da cultura. Dentre os nutrientes limitantes, o N e o K são os nutrientes mais absorvidos pela cultura da cebola e em grandes quantidades, o N foi superado pelo K (PORTO *et al.*, 2007; VIDIGAL *et al.*, 2010) e foi o mais absorvido (MAY *et al.*, 2008; KURTZ *et al.*, 2020), essa diferença é atribuída ao cultivar/híbrido, época de cultivo, tipo de solo, clima e sistema de cultivo.

No campo, a fertilização com N aumenta a produção de cebola, entretanto a produção máxima de bulbos comercializáveis é variável com a cultivar/híbrido, época de cultivo, época de aplicação de N e tipo de solo (CECÍLIO FILHO *et al.*, 2010; KURTZ *et al.*, 2012; VILLAS BOAS *et al.*, 2014; MENEZES JÚNIOR; KURTZ, 2016). Portanto, o manejo adequado do nitrogênio no programa de adubação é necessário, com vista no aumento do potencial produtivo da cultura.

A avaliação do estado de N usualmente é associada à resposta da planta à fertilização via solo. Todavia, essa pode ser feita por meios diretos e indiretos, com uso de índices apropriadamente calibrados (GODOY *et al.*, 2010; FONTES, 2011). O critério para monitorar os teores de N e de N-NO₃ da planta mais comumente empregado é a

análise química da matéria seca da folha em laboratório, análise de custo elevado, demorada e realizada por pessoas qualificadas.

Atualmente, em consonância com a agricultura de precisão, índices ou testes para avaliar o estado de N precisam ser rápidos, práticos e eficazes (FONTES, 2011). Assim, estudos têm sido publicados, utilizando-se a análise da intensidade da cor verde da planta e o teor de nitrato na seiva das folhas como índices para avaliar o estado de N. A cor verde da folha, representada pelo teor de clorofila, que pode ser medida por medidor portátil SPAD-502, de forma instantânea e de maneira não destrutiva. Isso se baseia no fato de que doses de N proporcionam diferentes intensidades de verde e de que o estado de N estar correlacionado diretamente com o teor de clorofila ou o verde da folha (GODOY *et al.*, 2010; FONTES, 2011). Várias pesquisas têm demonstrado que o teor de clorofila medido com o SPAD-502 se correlaciona com a concentração de N na planta e, também, com a produtividade de diversas espécies (GODOY *et al.*, 2010; MOREIRA; VIDIGAL, 2011; VIDIGAL *et al.*, 2018).

O teor de nitrato na seiva, que pode ser medido por medidor portátil de NO_3^- da marca Horiba, é influenciado pela disponibilidade do íon no solo clima e sistema de cultivo. E, o seu teor indica, no momento das avaliações, a quantidade de N- NO_3 em circulação na planta e o atual estado nutricional (GODOY *et al.*, 2010; FONTES, 2011). O teor de nitrato na seiva, também, se correlaciona com a concentração de N na planta e, também, com a produtividade de diversas espécies (GODOY *et al.*, 2010; ROSOLEM; MELLIS, 2010; FONTES, 2011,; KURTZ, 2015).

Tais testes são rápidos, podem ser feitos no campo e permitem o sensoriamento, em tempo real, do estado nutricional de nitrogênio da planta (FONTES, 2011) e podem-se tornar uma alternativa viável para o sistema de produção de cebola. Assim, objetivou-se com esse trabalho avaliar o estado nutricional de nitrogênio de cebola utilizando o índice SPAD, o teor de N- NO_3 na seiva e a produtividade de cebola em função da adubação nitrogenada em dois tipos de solo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Dois experimentos foram conduzidos no período de maio a outubro com a cebola híbrida Superex. O primeiro foi realizado na horta de pesquisa do Campo Experimental Vale do Piranga, pertencente à EPAMIG, no Município de Oratórios-MG, Zona da Mata de Minas Gerais (20,43°S; 42,80°W; 430 m), em Argissolo Vermelho Amarelo câmbico fase terraço, textura argilosa, o qual apresentou, na camada de 0 a 20 cm de profundidade,

as seguintes características: pH (água) 4,5; Ca, Mg, Al, e H+Al respectivamente 1,00; 0,30; 0,50 e 3,96, em $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$; P e K, 21,80 e 43,00 mg dm^{-3} e matéria orgânica de 11,0 g kg^{-1} . Neste experimento, a área experimental recebeu calagem com antecedência de dois meses, sendo aplicadas 4,0 t ha^{-1} de calcário dolomítico.

O segundo experimento foi realizado no Campo Experimental da EPAMIG em Mocambinho, no Município de Jaíba-MG, Norte de Minas Gerais (15,08°S; 44,02°W; 452 m), em Neossolo Quartzarênico, textura arenosa, que apresentou, na camada de 0 a 20 cm de profundidade, as seguintes características: pH (água) 5,8; Ca, Mg, Al, e H+Al respectivamente 2,10; 0,25; 0,00 e 0,90, em $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$; P e K, 70,65 e 44,00 mg dm^{-3} e matéria orgânica de 5,90 g kg^{-1} .

Os tratamentos foram distribuídos no delineamento experimental em blocos casualizados com quatro repetições, sendo cinco doses de N (0; 80; 160; 240 e 320 kg ha^{-1}), parceladas em três aplicações de cobertura aos 65, 79 e 107 dias após a semeadura (DAS), na forma de uréia dissolvida em água e distribuída em toda área da parcela. A semeadura foi realizada em bandeja de isopor com 200 células nos dias 09 e 21 de maio no primeiro e no segundo experimento, respectivamente, e o transplântio 51 dias após, no espaçamento de 0,07 m x 0,25 m. A parcela experimental foi constituída de quatro linhas com 40 plantas cada e a parcela útil constou de 60 plantas, obtidas nas duas linhas centrais.

A adubação de plantio foi realizada cinco dias antes do transplântio das mudas, em todo o canteiro, com 1.500 kg ha^{-1} de superfosfato simples, 100 kg ha^{-1} de cloreto de potássio, 70 kg ha^{-1} de sulfato de magnésio, 20 kg ha^{-1} de bórax e 20 kg ha^{-1} de sulfato de zinco. Aplicou-se também 200 kg ha^{-1} de cloreto de potássio, em duas parcelas, juntamente com a 1ª e 2ª aplicações do adubo nitrogenado em cobertura.

Na Tabela 1 estão os dados de temperatura do ar (máxima, mínima e média) nas duas áreas experimentais. A irrigação foi feita por microaspersão, aplicando-se uma lâmina diária de 4,5 mm a cada dois dias, exceto os dias com precipitação, sendo que apenas na área do Argissolo houve a precipitação total igual a 101,9 mm, no período de condução do experimento. E, os demais tratamentos culturais foram realizados, quando necessários, de acordo com Vidigal *et al.* (2019).

Tabela 1 – Temperaturas máxima, mínima e média, a precipitação e a insolação observadas nas duas áreas experimentais no período de condução dos experimentos.

Mês	Neossolo			Argissolo		
	Temperatura (°C)					
	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima	Média
Maio	32,40	17,07	24,74	22,61	12,00	17,31
Junho	30,82	15,07	22,94	20,00	11,00	15,50
Julho	31,22	14,83	23,02	20,90	12,15	16,53
Agosto	31,22	14,12	22,67	22,48	8,37	15,43
Setembro	33,10	16,21	24,66	24,30	11,94	18,12
Outubro	35,52	18,91	27,21	24,90	14,57	19,74
Média	32,38	16,03	24,21	22,53	11,67	17,10

Aos 114 DAS determinou-se a intensidade da cor verde (índice SPAD) no terço médio das folhas jovem totalmente desenvolvida (FJTD). Essa determinação ocorreu entre 9:00 h e 10:30 h, usando o medidor portátil de clorofila SPAD-502 (Soil Plant Analysis Development-502). Em seguida, essas foram coletadas, acondicionadas em sacos plásticos e levadas para o laboratório, seccionadas, uma parte da base da folha, 4 cm acima da bainha e maceradas em almofariz. Em seguida, a seiva foi coletada com o auxílio de uma micropipeta, onde se determinou o teor de nitrato pelo medidor portátil de NO_3^- marca Horiba.

A colheita foi realizada aos 147 DAS, quando mais de 60% das plantas encontravam-se estaladas, permanecendo cinco dias no campo para a cura. Em seguida, procedeu-se a classificação dos bulbos sem defeitos em cinco classes comerciais, de acordo com o maior diâmetro transversal, onde 1 = diâmetro transversal menor que 35 mm; 2 = 35 a 50 mm; 3 = 50 a 70 mm; 4 = 70 a 90 mm e 5 = diâmetro transversal maior que 90 mm (BRASIL, 1995). Foi considerada produção comercial, o somatório das massas dos bulbos das classes 2, 3, 4 e 5. A produção não comercial correspondeu ao somatório das massas dos bulbos da classe 1 (diâmetro < 35 mm) e dos bulbos desqualificados devido à ocorrência de podridões, má-formação, rachaduras e danos causados pelo ataque de pragas.

Na colheita foram retiradas amostras de cinco plantas de cada parcela, que foram separadas em folhas, bulbos e raízes. Essas foram acondicionadas em sacos de papel e posteriormente colocadas em estufa de circulação forçada de ar a 70 °C até massa constante quando foi determinada a massa da matéria seca.

Foi calculada a Eficiência Agronômica do N (EAGN); para tal, utilizou-se a diferença entre a produtividade máxima de bulbos comercializáveis (PMBC), em

quilogramas e a produtividade máxima de bulbos comercializáveis com a dose zero (PMBC zero), dividida pela dose de N necessária para obter a PMBC, ou seja: $EAGN = (PMBC - PMBC\ zero) / (Dose\ para\ PMBC)$, conforme Fontes (2011). E, o nível crítico (NC) de cada característica foi estimado com a dose de N associada à produtividade comercial máxima dos bulbos, introduzida no modelo previamente estabelecido (FONTES 2011).

Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão, utilizando-se o software estatístico Genes (CRUZ, 2013). Os modelos de regressão testados foram: linear, quadrático e raiz-quadrática, sempre com as doses de N como a variável independente. Escolheu-se o modelo com base no significado biológico, na significância dos coeficientes de regressão, pelo teste t, e no maior coeficiente de determinação. Foram estimados o coeficiente de correlação linear entre cada variável em estudo e a produção comercial de bulbos, além de correlação com o teor de nitrato na seiva e índice SPAD.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve resposta quadrática para produtividade de bulbos comercializáveis, sendo a máxima de 56,98 t ha⁻¹ estimada com 203 kg ha⁻¹ de N no Argissolo e 62,09 t ha⁻¹ e estimada com 213 kg de N ha⁻¹ no Neossolo (Figura 1A). As produtividades foram superiores à média registrada para Minas Gerais igual a 55,56 t ha⁻¹ e a média nacional que é de 29,01 t ha⁻¹ (IBGE, 2017).

Na avaliação do estado nutricional de nitrogênio, a intensidade da cor verde (Índice SPAD), avaliada na folha jovem totalmente desenvolvida (FJTD) aumentou com o incremento de doses de N nos dois solos com pequena variação entre os valores. O valor máximo foi de 70,65 com 264 kg ha⁻¹ no Argissolo, enquanto o maior valor de 71,61 foi estimado com 320 kg ha⁻¹ de N no Neossolo. Os valores críticos do Índice SPAD, aos 114 DAS, foi de 69,68 e 65,92, estimados com as doses de 203 e 213 kg ha⁻¹ de N no Argissolo e Neossolo, respectivamente (Figura 2A). Aumento no Índice SPAD significa aumento na intensidade da cor verde da planta que mede de forma indireta o teor de clorofila e indica o estado de N da planta (FONTES, 2011). Baptestini (2013) observou o aumento do índice SPAD com o incremento das doses de N em cebola ‘Aquarius’ e o valor máximo de 60,78 foi estimado com 278 kg ha⁻¹ de N, em solo argiloso.

Figura 1 – Produtividade de bulbos de cebola ‘Superex’, comercial (A), classe 4 (B), classe 3 (C) classe 2 (D) em função de doses de nitrogênio em Argissolo Vermelho Amarelo (Arg) e Neossolo Quartzarênico (Neo).

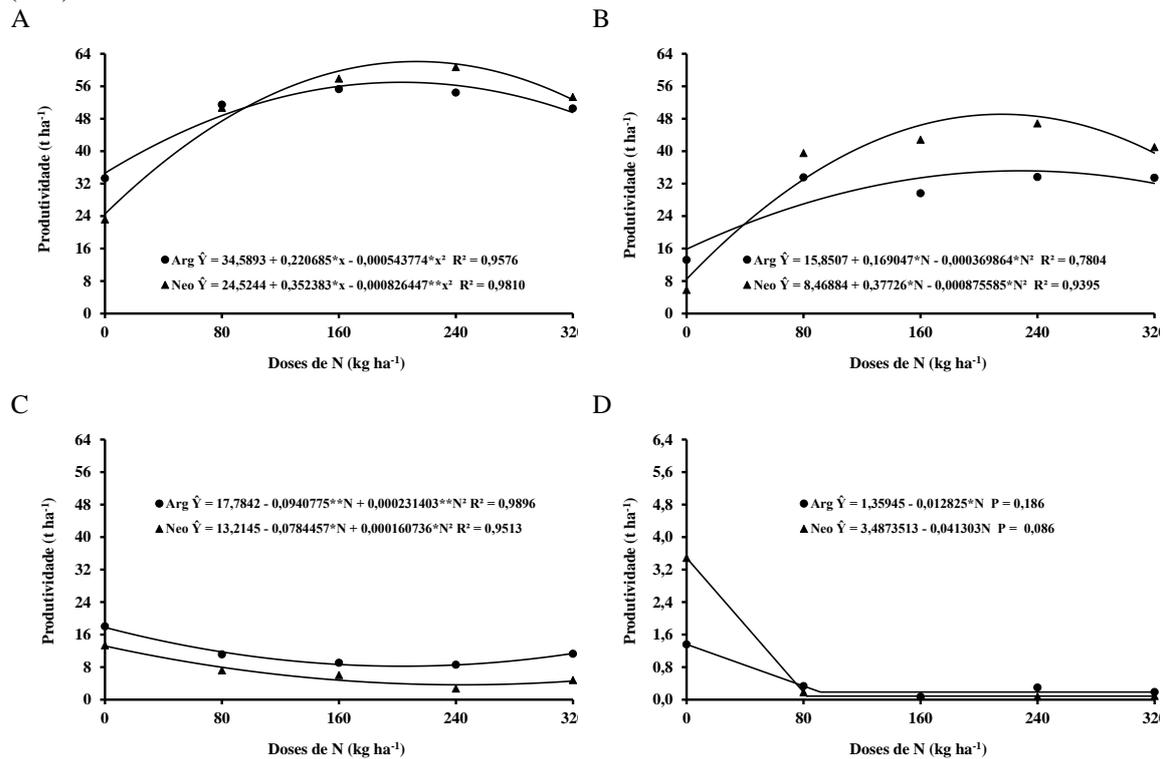
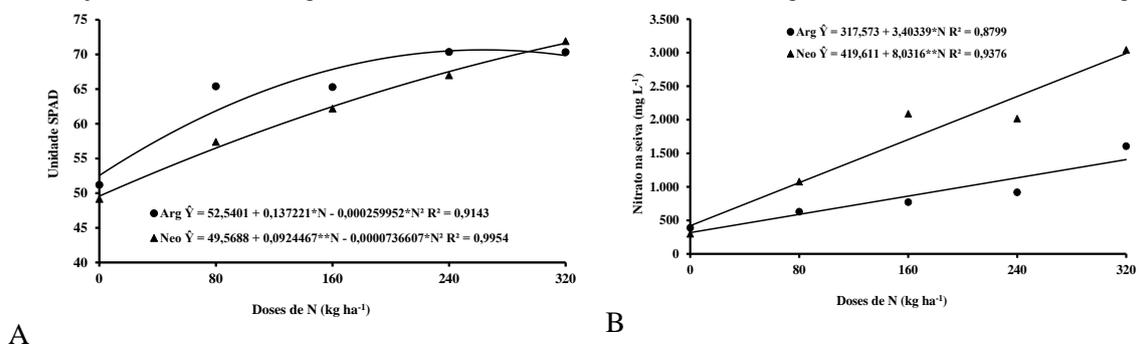


Figura 2 – Índice SPAD (A) e teor de N-NO₃⁻ na seiva (B) de folhas de cebola ‘Superex’ aos 114 DAS, em função de doses de nitrogênio em Neossolo Quartzarênico (Neo) e Argissolo Vermelho Amarelo (Arg).



O teor de nitrato na seiva da FJTD aumentou de forma linear com o incremento das doses de N nos dois solos com valores superiores no Neossolo, aos 114 DAS, resultado semelhante ao obtido por Westerveld et al. (2004). Com as doses de 203 kg ha⁻¹ (Arg) e 213 kg ha⁻¹ (Neo), que proporcionou a máxima produtividade de bulbos comercializáveis (Figura 1A), os valores críticos de N-NO₃⁻ na seiva da folha, aos 114 dias, foi de 1.008 e 2.130 mg L⁻¹, respectivamente (Figura 2B). Kurtz (2015) também observou aumento do teor de nitrato na seiva de plantas de cebola ‘Bola Precoce’ e ‘Crioula’ com o incremento de doses de N aos 85, 108 125 e 145 DAS, os valores de 353

e 1.920 mg L^{-1} foram estimados com 0 e 250 kg ha^{-1} de N aos 108 DAS, independente da variedade. O teor de nitrato na seiva também é um critério que pode ser utilizado no diagnóstico do estado de N da planta em determinado momento do ciclo da cultura, desde que seja padronizada a época da amostragem, pois o mesmo tende a diminuir ao longo do ciclo da cultura (ERREBHI *et al.*, 1998). O teste de N-NO₃ na seiva tem sido proposto como método auxiliar no manejo do fertilizante nitrogenado em hortaliças (WESTERVELD *et al.*, 2004). O medidor de N-NO₃, além de propiciar rapidez de análise, é utilizado no campo para determinar com precisão a concentração de nitrato na seiva, no momento da medição. Com o uso desse método a deficiência de N pode ser detectada antes de ocorrer perda na produtividade da cultura ou pode-se assegurar que o suprimento de N está adequado para o máximo crescimento da planta. Essas medidas podem ser usadas como índice indireto para o diagnóstico do estado nutricional em nitrogênio (GODOY *et al.*, 2010; FONTES, 2011) e poderá ser um método indicador, com rapidez e certa precisão, no acerto na dose utilizada de N podendo ser utilizada por técnicos, no campo, desde que apropriadamente calibrada.

Houve correlação significativa entre a leitura SPAD no Argissolo ($r = 0,74$, $p < 0,05$) e no Neossolo ($r = 0,97$, $p < 0,01$), e o teor de nitrato na seiva da folha FJTD, aos 114 DAS. Vários estudos demonstraram que o teor de clorofila medido instantânea e não destrutivamente com SPAD-502 (Índice SPAD), se correlaciona com a concentração de N na planta, e com o rendimento de várias espécies (GODOY *et al.*, 2010; MOREIRA; VIDIGAL, 2011; VIDIGAL *et al.*, 2018).

A leitura SPAD pode variar com a época do ano, cultivar, data de determinação e ambiente, dentre outros fatores (WESTERVELD *et al.*, 2004). O aumento do Índice SPAD devido à adubação nitrogenada mostra a relação entre o N e a intensidade de cor verde da planta, com maior síntese de clorofila e o aumento da atividade fotossintética, há aumento da produção (TAIZ; ZEIGER, 2017). Além disso, o clorofilômetro SPAD tem a capacidade de detectar o aparecimento da deficiência de N antes que seja visível ao olho humano e cedo o suficiente para corrigir essa deficiência, sem redução na produtividade (SAMBORSKI *et al.*, 2009), desde que não haja interrupção indesejada do ciclo e outros fatores não se tornem limitantes.

Houve correlação linear positiva entre o Índice SPAD, o teor de nitrato na seiva na FJTD e a produtividade comercial de bulbos. O Índice SPAD apresentou coeficiente de correlação com a produção de bulbos no Neossolo ($r = 0,81$, $p < 0,05$) e no Argissolo ($r = 0,91$, $p < 0,05$) e o teor de nitrato na seiva apresentou no Neossolo ($r = 0,76$, $p < 0,05$) e

no Argissolo ($r = 0,70$, $p < 0,05$). Neste caso, devido aos valores maiores de correlação, o índice SPAD, que é determinado por leitura imediata e de forma não destrutiva, provou ser um melhor indicador do estado nutricional do N nas plantas, sendo o teor de nitrato na seiva das folhas um indicador ligeiramente menos sensível. Estes resultados são semelhantes aos obtidos por Coelho *et al.* (2010), que observaram que o conteúdo de N foliar na batata apresenta uma correlação menor com a produtividade da cultura do que o índice SPAD. Westerveld *et al.* (2004) demonstraram que o índice SPAD pode ser utilizado no manejo da adubação nitrogenada de cebola.

A resposta ao N foi semelhante nos dois solos, apresentando uma diferença de apenas 10 kg ha^{-1} de N na dose de N para estimar a máxima produtividade, entretanto no Argissolo observou-se o incremento de 65% na produtividade de bulbos comercializáveis em relação ao tratamento sem N, enquanto no Neossolo o incremento foi de 153% (Figura 1A). No entanto, observa-se que a produtividade no Argissolo foi maior até 96 kg ha^{-1} de N em relação ao Neossolo e na testemunha (sem N) a produtividade de bulbos comercializáveis foi 41,04% maior no Argissolo. Este fato pode ser atribuído à diferença no teor de matéria orgânica (MO) de cada solo, $11,0 \text{ g kg}^{-1}$ no Argissolo e $5,9 \text{ g kg}^{-1}$ no Neossolo, uma vez que a MO é a principal fonte de N do solo. Além de que, os solos arenosos e de baixos teores de carbono possuem pequenos potenciais de mineralização de nitrogênio e enxofre, sendo afetados de forma não significativa pela calagem e os solos argilosos e com teores mais altos de carbono tem potenciais de mineralização mais elevados, com efeitos significativos da calagem (KLIEMANN; MALAVOLTA, 2007). Estudos relatam que a resposta da cebola à adição de N diminui com o aumento do teor de MO do solo (KURTZ *et al.*, 2012). Esses autores observaram que para solo arenoso com baixo teor de MO seria necessário 249 kg ha^{-1} de N, enquanto para solo com teores médios de argila e de MO seria 116 e 142 kg ha^{-1} de N para obter maior retorno econômico para a cebola.

Respostas positivas ao nitrogênio têm sido observadas em pesquisas realizadas em regiões produtoras de cebola no Brasil, com diferentes variedades/híbridos, no entanto existe variação entre as doses de N estimadas para a máxima produtividade. Esta variação pode ser atribuída aos diferentes tipos de solo, época de cultivo, população de plantas entre outros. Em solo arenoso, a dose de 265 kg ha^{-1} de N proporcionou a produtividade máxima de bulbos comercializáveis ($33,12 \text{ t ha}^{-1}$) com a variedade Alfa Tropical, em cultivo de verão no Norte de Minas Gerais (VIDIGAL, 2000) e Kurtz *et al.* (2012)

observaram a produtividade máxima de 38,00 t ha⁻¹ com 200 kg ha⁻¹ de N, em Santa Catarina.

Já em solo argiloso, May *et al.* (2007) obtiveram 64,80 t ha⁻¹ com 125 kg ha⁻¹ de N para o híbrido Optima, em São Paulo; Resende; Costa (2014a) obtiveram, 65,7 t ha⁻¹ com 173 kg ha⁻¹ de N para a variedade IPA-11 e Resende; Costa (2014b), obtiveram 69,2 e 65,0 t ha⁻¹ com 161 e 215 kg ha⁻¹ de N, respectivamente, para as variedades Alfa Tropical e Alfa São Francisco, em Pernambuco; para o mesmo híbrido utilizado neste trabalho (Superex), May *et al.* (2007) observaram 71,0 t ha⁻¹ com 120 kg ha⁻¹ de N e Cecílio Filho *et al.* (2010) obtiveram 89,5 t ha⁻¹ com 150 kg ha⁻¹ de N associado a 150 kg ha⁻¹ de K₂O; Villas Boas *et al.* (2014) observaram 80,00 t ha⁻¹ com 180 kg ha⁻¹ de N para Bella Vista em São Paulo; Menezes Júnior; Kurtz (2016) obtiveram 58,3 e 55,1 t ha⁻¹ com 161 e 129 kg ha⁻¹ de N, respectivamente, em Santa Catarina e Baptestini *et al.* (2018) obtiveram 45,6 t ha⁻¹ com 230 kg ha⁻¹ de N para o híbrido Aquarius na região da Zona da Mata de Minas Gerais.

A produção de bulbos comercializáveis apresentou bulbos das classes 2, 3, 4 e 5. Dentre as classes que compõe a produção de bulbos comercializáveis, as de números 3 e 4 alcançam maiores preços de mercado. A classe 4 representou a maior proporção da produção de bulbos comercializáveis e teve a máxima produção igual a 35,17 t ha⁻¹, estimada com 229 kg ha⁻¹ de N e 49,11 t ha⁻¹, estimada com 215 kg ha⁻¹ de N, no Argissolo e Neossolo, respectivamente (Figura 1B). Já a produção de bulbos classe 3 apresentou resposta contrária, havendo a redução da produção com o aumento das doses de N, sendo a produção mínima igual a 8,22 t ha⁻¹, estimada com 203 kg ha⁻¹ de N no Argissolo e 3,64 t ha⁻¹, estimada com 244 kg ha⁻¹ de N no Neossolo (Figura 1C). A classe 2 apresentou resposta linear plateau, a produção reduziu com o aumento das doses, sendo constante, igual 0,186 t ha⁻¹, a partir de 92 kg ha⁻¹ de N e 0,086 t ha⁻¹, a partir de 82 kg ha⁻¹ de N, no Argissolo e Neossolo, respectivamente (Figura 1D). Aumento da produtividade de bulbos de classes com maior diâmetro com o incremento de doses de N e a redução na produtividade de bulbos de menor diâmetro tem sido observado (CECÍLIO FILHO *et al.*, 2010; KURTZ *et al.*, 2012; RESENDE; COSTA, 2014a e 2014b; RODRIGUES *et al.*, 2015; MENEZES JÚNIOR; KURTZ, 2016; GONÇALVES *et al.*, 2019).

A eficiência de utilização do N na produção comercial, medida pelo EAGN, foi de 176,35 kg de bulbo kg⁻¹ de N (Neossolo) e 110,30 kg de bulbo kg⁻¹ de N (Argissolo). A EAGN foi calculada com dados obtidos por Resende; Costa (2014b) foi estimado 114,58 e 145,45 kg de bulbo kg⁻¹ de N para as variedades Alfa Tropical e Alfa São

Francisco, respectivamente em Latossolo Vermelho Amarelo com baixa MO e com os dados obtidos por Villas Boas *et al.* (2014) foi estimado 187,71 kg de bulbo kg^{-1} de N para 'Bella Vista' em Latossolo Vermelho com baixa MO. De acordo com os resultados, a eficiência de utilização do N na produtividade comercial de cebola, em cultivos de inverno neste trabalho, foi muito superior àquela observada por Vidigal (2000), que obteve EAGN entre 68,19 e 81,34 kg de bulbo kg^{-1} de N, em mesmo Neossolo, com a cv. Alfa Tropical, em condições de verão, quando houve interferência das chuvas no manejo do N. Isto demonstra a influência da época de cultivo, da cultivar ou híbrido e do tipo de solo na eficiência de utilização do N sobre a produção comercial de cebola.

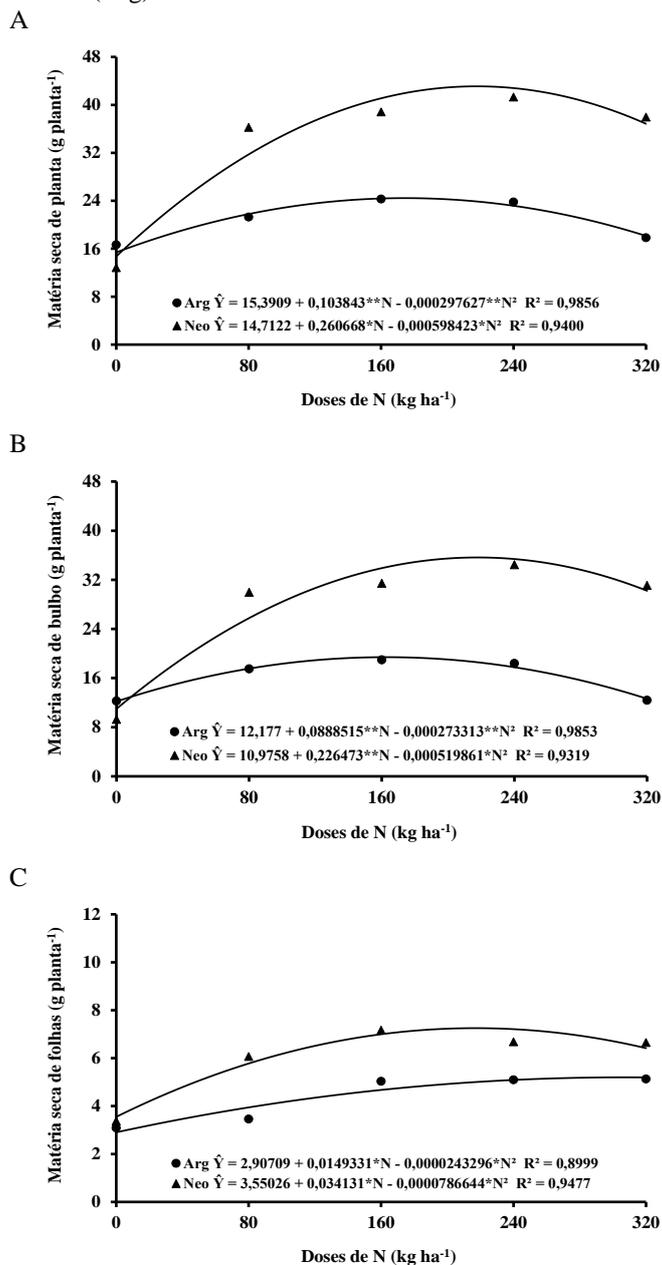
No Argissolo, a produção de massa da matéria seca da planta inteira, de bulbos e das folhas, foi influenciada pelo aumento das doses de N aplicadas e os valores máximos foram iguais a 24,45; 19,40 e 5,20 g/planta, respectivamente, estimados com 174, 163 e 307 kg ha^{-1} de N (Figura 3). A massa da matéria seca do bulbo representou 79,34 % da massa de matéria seca da planta. Na dose de máxima produtividade de bulbos comercializáveis (203 kg ha^{-1} de N), as produções de massa da matéria seca de planta, de bulbo e de folhas foram iguais a 24,21; 18,95 e 4,94 g/planta, respectivamente.

No Neossolo, a produção de massa da matéria seca da planta inteira, de bulbo e de folhas, foi influenciada pelo aumento das doses de N aplicadas e os valores máximos iguais a 43,10; 35,64 e 7,25 g/planta, respectivamente, estimadas com 218 kg ha^{-1} de N (Figura 3). A massa da matéria seca do bulbo representou 82,69 % da massa seca da planta. Na dose de máxima produtividade de bulbos comercializáveis (213 kg de N ha^{-1}), as produções de massa da matéria seca de planta, de bulbo e de folhas foram iguais a 43,08; 35,63 e 7,25 g/planta, respectivamente.

A diferença de produção de matéria seca das plantas de cebola com o aumento na disponibilidade de N, nos dois solos (Figura 3), pode ser atribuído às condições climáticas de cada região onde foi realizado o experimento. Na região Norte de Minas Gerais / Neossolo, as temperaturas do ar foram superiores àquelas observadas na região da Zona da Mata / Argissolo (Tabela 1), além disso, na região Norte há pouca formação de nuvens e não houve precipitação, enquanto na Zona da Mata há maior formação de nuvens e houve precipitação no período de condução dos experimentos. Portanto, supõe-se que a temperatura mais elevada aliada a condição de maior radiação luminosa promoveu aumento do metabolismo vegetal das plantas cultivadas no Neossolo. A quantidade de luz absorvida pela cebola é dependente da radiação luminosa no campo, da percentagem de energia que é absorvida pelas folhas e da fase de crescimento que antecede a

bulbificação. E, quanto maior a interceptação de luz maior será o rendimento de bulbos por área (DELAZARI *et al.*, 2019). Logo, o N aplicado promoveu maior acúmulo de matéria seca, conseqüentemente, maior foi o dossel e maior a interceptação de luz no Neossolo, o que resultou em plantas menores e menor rendimento no Argissolo (Figura 1 e 3).

Figura 3 – Produção de massa da matéria seca da planta (A), de bulbos (B) e de folhas (C) de cebola ‘Superex’, no final do ciclo, em função de doses de nitrogênio em Neossolo Quartzarênico (Neo) e Argissolo Vermelho Amarelo (Arg).



As quantidades de N necessárias para estimar os valores máximos das diversas variáveis demonstram que o potencial produtivo da cebola responde a doses de N acima do

recomendado para Minas Gerais que é de 200 kg ha⁻¹ de N (VIDIGAL *et al.*, 2019) e São Paulo que é de 80 a 160 kg ha⁻¹ de N (TRANI *et al.*, 2018) e dentro da faixa de 120 a 265 kg ha⁻¹ de N encontrados por diversos autores para alcançar a máxima produtividade de cebola. No entanto, essas diferenças de respostas à adubação nitrogenada podem ser atribuídas às condições de clima, tipo de solo, variedades/híbridos, época de cultivo entre outras. Isto, confirma que no manejo da adubação com nitrogênio, nutriente mais absorvido pela cebola (MAY *et al.*, 2008; KURTZ *et al.*, 2020), deve ser considerado o material genético, a época de cultivo e tipo de solo.

4 CONCLUSÕES

O estado nutricional de nitrogênio da cebola pode ser estimado pelo uso do índice SPAD.

O nível crítico para o índice SPAD e o teor de nitrato na seiva variou com o tipo de solo.

O acúmulo de massa da matéria seca da planta de cebola foi influenciado pelo tipo de solo e condições climáticas da região de cultivo.

Maior produtividade de cebola pode ser obtida com aplicação de doses de N superiores a recomendada atualmente.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo auxílio financeiro ao projeto.

REFERÊNCIAS

BAPTESTINI, J. C. M. Produção de cebola submetida a diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio com adubação molibídica. Viçosa: UFV. 89p. 2013. (Tese doutorado).

BAPTESTINI, J. C. M.; OLIVEIRA, R. A.; VIDIGAL, S. M.; PUIATTI, M.; CECON, P. R. Produtividade de cebola em função de lâminas de água e doses de nitrogênio. *Horticultura Brasileira*, v.36, n.1, p.73-76, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620180112>

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Portaria Ministerial n.º 529, de 18 de agosto de 1995.

CECÍLIO FILHO, A. B.; MARCOLINI, M. W.; MAY, A.; BARBOSA, J. C. Yield and bulbs classification of onion as regards of nitrogen and potassium fertilization at direct seeding. *Científica*, v.38, n.1/2, p.14-22, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.15361/1984-5529.2010v38n1%2F2p14+-+22>

COELHO, F. S.; FONTES, P. C. R.; PUIATTI, M.; NEVES, J. C. L.; SILVA, M. C. D. C. Dose de nitrogênio associada à produtividade de batata e índices do estado de nitrogênio na folha. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.34, n.4, p.1175-1183, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832010000400017>

CRUZ, C. D. Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v.35, n.3, p.271-276, 2013. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v35i3.21251>

DELAZARI, F. T.; SILVA, D. J. H; FONTES, P. C. R.; FINGER, F. L. Capítulo 26 - Cultura da Cebola. In: FONTES, P.C.R; NICK, C. (Org.). *A Produção de Hortaliças - Olericultura*. 2ed.Viçosa: DFT, 2019, v. 1, p. 499-513.

ERREBHI, M.; ROSEN, C. J.; GUPTA, S. C.; BIRONG, D. E. Potato yield response and nitrate leaching as influenced by nitrogen management. *Agronomy journal*, v.90, n.1, p.10-15, 1998. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj1998.00021962009000010003x>
FONTES, P. C. R. *Nutrição mineral de plantas: avaliação e diagnose*. Viçosa: Arka Editora. 296p. 2011

GODOY, L. J. G.; SOUZA, T. R.; VILLAS BÔAS, R. C. Perspectivas de uso de métodos diagnósticos alternativos: análise da seiva e medida indireta da clorofila. In: PRADO, R. M.; CECÍLIO FILHO, A. B.; CORREIA, M. A. R.; PUGA, A. P. (ed). *Nutrição de plantas: diagnose foliar em hortaliças*. FCAV/CAPES/FAPESP/FUNDUNESP. p.135-184. 2010.

GONÇALVES, F. D. C.; GRANGEIRO, L. C.; SOUSA, V. D. F.; SANTOS, J. P. D.; SOUZA, F. I. D.; SILVA, L. R. Yield and quality of densely cultivated onion cultivars as function of nitrogen fertilization. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.23, n.11, p.847-851, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v23n11p847-851>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. 2017. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 10 de novembro de 2020.

KLIEMANN, H. J.; MALAVOLTA, E. Disponibilidade de enxofre em solos brasileiros: avaliação dos potenciais de mineralização de nitrogênio e enxofre por incubação aberta. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.23, n.1, p.129-144, 2007.

KURTZ, C.; ERNANI, P. R.; COIMBRA, J. L. M.; PETRY, E. Rendimento e conservação de cebola alterados pela dose e parcelamento de nitrogênio em cobertura. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.36, n.3, p.865-876, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832012000300017>

KURTZ, C. Acúmulo de nutrientes e métodos de diagnose nutricional de nitrogênio para a cultura da cebola. Universidade Federal do Paraná - UFPR, Curitiba, PR. 2015. 96p. (Tese de Doutorado).

KURTZ, C.; FAYAD, J. A.; VIEIRA NETO, J. Dinâmica de crescimento e absorção de nutrientes pelo cultivar de cebola Epagri 363 Superprecoce. *Brazilian Journal of Development*, v.6, n.10, p. 74696-74714, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n10-046>

MAY, A.; CECÍLIO FILHO, A. B.; PORTO, D. R. Q.; VARGAS, P. F.; BARBOSA, C. B. Produtividade de híbridos de cebola em função da população de plantas e da fertilização nitrogenada e potássica. *Horticultura Brasileira*, v.25, n.1, p.53-59, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362007000100011>

MAY, A.; CECÍLIO FILHO, A. B.; PORTO, D. R. D. Q.; VARGAS, P. F.; BARBOSA, J. C. Acúmulo de macronutrientes por duas cultivares de cebola produzidas em sistema de semeadura direta. *Bragantia*, v.67, n.2, 507-512, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052008000200027>

MENEZES JÚNIOR, F. O. G.; KURTZ, C. Produtividade da cebola fertirrigada sob diferentes doses de nitrogênio e densidades populacionais. *Horticultura Brasileira*, v. 34, n. 4, p. 571-579, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620160418>

MOREIRA, M. A.; VIDIGAL, S. M. Evolução das características da planta associadas à nutrição nitrogenada de repolho. *Revista Ceres*, v.58, n.2, p.243-248, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2011000200017>

PORTO, D. R. Q.; CECILIO FILHO, A. B.; MAY, A.; VARGAS, P. F. Acúmulo de macronutrientes pela cultivar de cebola “Superex” estabelecida por semeadura direta. *Ciência Rural* v.37, n.4, p.949-955, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782007000400005>

RESENDE, G. M.; COSTA, N. D. Effects of levels of potassium and nitrogen on yields and post-harvest conservation of onions in winter. *Revista Ceres*, v.61, n.4, p.572-577, 2014a. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0034-737X201461040018>

RESENDE, G. M.; COSTA, N. D. Dose econômica de nitrogênio na produtividade e armazenamento de cultivares de cebola. *Horticultura Brasileira* v.32, n.3, p.357-362, 2014b. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362014000300019>

RODRIGUES, G. S. O.; GRANGEIRO, L. C.; NEGREIROS, M. Z.; SILVA, A. C., NOVO JÚNIOR, J. Qualidade de cebola em função de doses de nitrogênio e épocas de plantio. *Revista Caatinga*, v.28, n.3, p.239-247, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252015v28n327rc>

ROSOLEM, C. A.; MELLIS, V. V. Monitoring nitrogen nutrition in cotton. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.34, n.5, p.1601-1607, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000500013>

SAMBORSKI S. M.; TREMBLAY N.; FALLON E. Strategies to make use of plant sensors-based diagnostic information for nitrogen recommendations. *Agronomy Journal*, v.101, n.4, p.800-816, 2009. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj2008.0162Rx>
TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.

TRANI, P. E; BREDÁ JÚNIOR, J. M.; FACTOR, T. L.; LIMA JÚNIOR, S.; PURQUERIO, L. F. V. Cebola. In: TRANI, P. E; RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; FIGUEIREDO, G. J. B. TRANI, P. E; *Hortaliças: recomendações de calagem e adubação para o Estado de São Paulo*. Campinas: CATI, 2018. p.41-43.

VIDIGAL, S. M. 2000. Adubação nitrogenada de cebola irrigada cultivada no verão - Projeto Jaíba, Norte de Minas Gerais. Viçosa: UFV. 136p. (Tese doutorado).

VIDIGAL S. M.; MOREIRA, M. A.; PEREIRA, P. R. G. Crescimento e absorção de nutrientes pela planta cebola cultivada no verão por semeadura direta e por transplântio de mudas. *Bioscience Journal* , v.26, n.1, p.59-70. 2010.

VIDIGAL, S. M.; LOPES, I. P. C.; PUIATTI, M.; RIBEIRO, M. R. F.; SEDIYAMA, M. A. N. SPAD index in the diagnosis of nitrogen status in cauliflower as a function of nitrogen fertilization. *Científica*, v.46, n.3, p.307-314, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.15361/1984-5529.2018v46n3p307-314>

VIDIGAL, S. M.; COSTA, E. L; CIOCIOLA JÚNIOR, A. I. Cebola (*Allium cepa* L.). In: PAULA JUNIOR, T.J.; VENZON, M. (coords.) *101 Culturas: Manual de Tecnologias 2ª Edição*. 2ed. Belo Horizonte: EPAMIG, 2019, p. 271-280.

VILLAS BOAS, R.C.; CARVALHO, J.G.; PEREIRA, G.M.; SOUZA, R.J.; GAMA, G.B.N.; GARCIA, H. H.; ARAUJO, R. S. A. Rendimento da cultura da cebola submetida a níveis de água e nitrogênio por gotejamento. *Semina: Ciências Agrárias*, v.35, n.2, p.633-646, 2014. DOI: [10.5433/1679-0359.2014v35n2p633](https://doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n2p633)

WESTERVELD, S. M.; MCKEOWN, A. W.; MCDONALD, M. R.; SCOTT-DUPREE, C. D. Assessment of chlorophyll and nitrate meters as field tissue nitrogen tests for cabbage, onions, and carrots. *HortTechnology*, v.14, n.2, p.179-188, 2004. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.14.2.0179>