

FERTILIDADE DO SOLO, ADUBAÇÃO E NUTRIÇÃO DA CULTURA DA CEBOLA

Claudinei Kurtz

Francisco Olmar Gervini de Menezes Júnior

Fábio Satoshi Higashikawa



Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina

Florianópolis
2018

Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri)
Rodovia Admar Gonzaga, 1347, Itacorubi, Caixa Postal 502
88034-901 Florianópolis, SC, Brasil
Fone: (48) 3665-5000, fax: (48) 3665-5010
Site: www.epagri.sc.gov.br

Editado pelo Departamento Estadual de Marketing e Comunicação (DEMC)

Editoria técnica:

Paulo Sergio Tagliari

Revisão textual:

Laertes Rebelo

Coordenador:

Claudinei Kurtz

(Eng.-agr., Dr., Pesquisador Epagri/Estação Experimental de Ituporanga)

Primeira edição:

Março 2018

Tiragem:

700 exemplares

Impressão:

Triunfal Gráfica e Editora

É permitida a reprodução parcial deste trabalho desde que a fonte seja citada.

KURTZ, C.; MENEZES JÚNIOR, F.O.G.; HIGASHIKAWA, F.S. Fertilidade do solo, adubação e nutrição da cultura da cebola. Florianópolis: Epagri, 2018. p.104 (Epagri, Boletim Técnico, 184.)

Allium cepa; macronutrientes; micronutrientes; manejo da adubação.

ISSN 0100-7416

AUTORES

Claudinei Kurtz

Engenheiro-agrônomo, Dr.
Epagri/Estação Experimental de Ituporanga
Estrada Geral Lageado Águas Negras, 453
Bairro Lageado Águas Negras
88400-000 Ituporanga, SC
Fone: (47) 3533 8822
E-mail: kurtz@epagri.sc.gov.br

Francisco Olmar Gervini de Menezes Júnior

Engenheiro-agrônomo, Dr.
Epagri/Estação Experimental de Ituporanga
Estrada Geral Lageado Águas Negras, 453
Bairro Lageado Águas Negras
88400-000 Ituporanga, SC
Fone: (47) 3533 8824
E-mail: franciscomenezes@epagri.sc.gov.br

Fábio Satoshi Higashikawa

Engenheiro-agrônomo, Dr.
Epagri/Estação Experimental de Ituporanga
Estrada Geral Lageado Águas Negras, 453
Bairro Lageado Águas Negras
88400-000 Ituporanga, SC
Fone: (47) 3533 8843
E-mail: fabiohigashikawa@epagri.sc.gov.br

AGRADECIMENTOS

Ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), que proporcionou o apoio financeiro por meio do Convênio Epagri x Mapa nº 807.365/2014 – Produção Integrada (PI) Banana, Cebola e Tomate, viabilizando a publicação desta obra.

APRESENTAÇÃO

A cebola (*Allium cepa* L.) é uma espécie olerácea amplamente cultivada e consumida em todo o mundo. O Brasil está entre os dez maiores produtores mundiais da hortalíça, que é a terceira em importância econômica no País. Em 2016, foram cultivados 55,9 mil ha de cebola no Brasil, cuja produção foi de 1,58 milhão de toneladas, com rendimento médio de 28,2 t ha⁻¹ (IBGE, 2017). O estado de Santa Catarina é o principal produtor nacional de cebola e na última década foi responsável por mais de 30 % da produção. A cebolicultura é uma atividade predominantemente desenvolvida por pequenos e médios agricultores em regime de economia familiar, com grande importância socioeconômica, contribuindo significativamente para a geração de renda, emprego e fixação do homem no meio rural.

Neste cenário, os investimentos que vêm sendo aportados por Santa Catarina em ações de pesquisa e extensão rural, principalmente por meio da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural (Epagri), aliados aos convênios estabelecidos com importantes parceiros, a exemplo do Mapa, são fundamentais para gerar e difundir tecnologias para melhorar a competitividade da cebolicultura catarinense.

Diante da crescente demanda da cadeia produtiva da cebola por novas tecnologias a Epagri/Estação Experimental de Ituporanga apresenta aos técnicos e produtores uma publicação pioneira e específica na área de fertilidade, adubação e nutrição da cultura da cebola que reúne as principais tecnologias geradas para Santa Catarina.

O documento traz informações técnico/científicas com base na fertilidade do solo e no estado nutricional das plantas para a utilização racional de fertilizantes minerais e orgânicos em quantidade, forma e época de aplicação. Estes conhecimentos são fundamentais para a elevação e manutenção dos teores de nutrientes no solo de modo a otimizar os retornos econômicos da cultura da cebola com base nos resultados de pesquisa gerados principalmente pela Epagri nos últimos 10 anos.

A Diretoria Executiva

SUMÁRIO

1	Introdução.....	11
2	Amostragem de solo e tecido vegetal.....	12
2.1	Coleta de amostra de solo.....	13
2.2	Amostragem de tecido vegetal.....	14
3	Calagem.....	16
4	Princípios de manejo da adubação.....	18
5	Crescimento e acúmulo de massa seca pela cebola.....	19
6	Função, absorção, manejo dos nutrientes e recomendações de adubação	21
6.1	Absorção de nutrientes.....	21
6.2	Nitrogênio (N).....	24
6.2.1	Função.....	24
6.2.2	Absorção de N pela cebola.....	25
6.2.3	Resposta da cebola à adição de N.....	26
6.2.3.1	Sistema de transplante.....	28
6.2.3.2	Sistema de transplante fertirrigado.....	30
6.2.3.3	Sistema de semeadura direta.....	31
6.2.3.4	Perdas pós-colheita.....	33
6.2.4	Recomendação de nitrogênio para a cebola.....	35
6.2.5	Diagnose do estado de N em tempo real (diagnose foliar indireta)	37
6.2.5.1	Nitrato na seiva.....	39
6.2.5.2	Índice de clorofila (IC).....	42
6.2.5.2.1	Sistema de semeadura direta.....	44
6.2.5.2.2	Sistema de transplante fertirrigado.....	45
6.3	Fósforo (P).....	46
6.3.1	Função.....	46
6.3.2	Absorção de P pela cebola.....	47
6.3.3	Resposta da cebola à adição de P.....	48
6.3.4	Recomendação de fósforo para a cebola.....	52
6.3.5	Modo de aplicação de fósforo.....	53
6.4	Potássio (K).....	54
6.4.1	Função.....	54
6.4.2	Absorção de K pela cebola.....	55
6.4.3	Resposta da cebola à adição de K.....	56
6.4.4	Recomendação de potássio para a cebola.....	59
6.4.5	Modo de aplicação de potássio.....	60
6.5	Cálcio (Ca).....	60
6.5.1	Função.....	60

6.5.2	Absorção de Ca pela cebola.....	61
6.5.3	Resposta da cebola à adição de Ca.....	62
6.5.4	Recomendação de cálcio para a cebola.....	63
6.6	Magnésio (Mg).....	64
6.6.1	Função.....	64
6.6.2	Absorção de Mg pela cebola.....	64
6.6.3	Resposta e recomendação de magnésio para a cebola.....	65
6.7	Enxofre (S).....	66
6.7.1	Função.....	66
6.7.2	Absorção de S pela cebola.....	66
6.7.3	Resposta da cebola à adição de S.....	68
6.7.4	Recomendação de enxofre para a cebola.....	71
6.8	Manganês (Mn).....	72
6.8.1	Função.....	72
6.8.2	Absorção de Mn pela cebola.....	72
6.8.3	Resposta da cebola à adição de Mn.....	73
6.8.4	Recomendação de manganês para a cebola.....	74
6.9	Zinco (Zn).....	74
6.9.1	Função.....	74
6.9.2	Absorção de Zn pela cebola.....	75
6.9.3	Resposta da cebola à adição de Zn.....	76
6.9.4	Recomendação de zinco para a cebola.....	78
6.10	Boro (B).....	78
6.10.1	Função.....	78
6.10.2	Absorção de boro pela cebola.....	79
6.10.3	Resposta da cebola à adição de B.....	80
6.10.4	Recomendação de boro para a cebola.....	82
6.11	Cobre (Cu).....	83
6.11.1	Função.....	83
6.11.2	Absorção de Cu pela cebola.....	83
6.11.3	Resposta da cebola à adição de Cobre.....	84
6.11.4	Recomendação de cobre para a cebola.....	85
6.12	Molibdênio (Mo).....	85
7	Matéria orgânica do solo.....	86
8	Adubação orgânica.....	87
9	Adubação verde e rotação de culturas.....	89
10	Referências.....	91

1 Introdução

A cebola (*Allium cepa* L.) é a terceira hortaliça em importância econômica para o Brasil, sendo superada apenas pela batata e pelo tomate. Em 2016, foram cultivados 55,9 mil ha de cebola no Brasil, cuja produção foi de 1,58 milhão de toneladas, com rendimento médio de 28,2 t ha⁻¹ (IBGE, 2017). Em Santa Catarina são cultivados aproximadamente 20 mil hectares da hortaliça, concentrando mais de 30 % da produção brasileira. O Estado é o principal produtor nacional e apresentou um recorde de produção e produtividade médias em 2016, com cerca 600 mil toneladas e 30 t ha⁻¹, respectivamente (EPAGRI/CEPA, 2017). A cebolicultura é uma atividade predominantemente desenvolvida por pequenos e médios agricultores, desenvolvida tipicamente em regime de economia familiar, que possui extrema importância socioeconômica e contribui significativamente para a geração de renda, emprego e fixação do homem no meio rural (KURTZ, 2008).

O rendimento, a sanidade e a qualidade dos bulbos de cebola (*Allium cepa* L.) são influenciados diretamente pela disponibilidade de nutrientes no solo (SANTOS, 2007; MAY et al., 2008; VIDIGAL et al., 2010; KURTZ, 2015).

Além da influência direta sobre o desenvolvimento vegetativo e a produtividade da lavoura (PANDE & MUNDRA, 1971), a nutrição adequada e equilibrada tem uma importante ação sobre o controle fitossanitário. Mogor & Goto (2000) observaram menor severidade do míldio (*Peronospora destructor*) com manejo adequado da adubação nitrogenada e potássica.

A produtividade e a qualidade dos bulbos de cebola resultam da interação de vários fatores, destacando-se o potencial genético e o ambiente (manejo do solo, dos nutrientes, da água e fitotécnico).

A máxima produção e a qualidade ótima dos bulbos são alcançadas quando o *status* nutricional da planta é ideal. Essa condição é satisfeita pelo manejo apropriado do solo e o suprimento adequado de corretivos e fertilizantes.

O aspecto nutricional é particularmente importante para os bulbos, visto a influência que os elementos minerais exercem sobre sua qualidade. As plantas oleráceas, a exemplo da cebola, são altamente responsivas à adição de fertilizantes, especialmente nitrogenados e fosfatados. Em muitos casos, a adubação e o estado nutricional desta cultura afetam não apenas a produtividade, mas o tamanho, o peso, a cor e a conservação pós-colheita dos bulbos, bem como a resistência das plantas a pragas e doenças.

A agricultura baseada em altas produtividades pressupõe aplicações de fertilizantes de maneira racional, a fim de suprir a demanda nutricional das plantas, obter boa qualidade dos produtos e aumentar a rentabilidade. No entanto, são raras as publicações que abordem os aspectos técnico-científicos relacionados à fertilização adequada da cultura da cebola visando à qualidade dos produtos e à obtenção de altos rendimentos.

O principal objetivo deste documento é trazer informações com base na fertilidade do solo e do estado nutricional das plantas para utilização racional de fertilizantes em quantidade, forma e época de aplicação. Estes conhecimentos são indispensáveis para a elevação e a manutenção dos teores de nutrientes no solo e a otimização de retornos econômicos da cultura da cebola com base nos resultados de pesquisa gerados pela Epagri (EEItu) nos últimos 10 anos.

2 Amostragem de solo e tecido vegetal

Segundo a Comissão de Química e Fertilidade do Solo (CQFS - RS/SC, 2016) o sistema de recomendação de adubação e de calagem indicado para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina para a cultura da cebola é baseado na análise de solo e, para algumas situações, pode ser complementado com a análise de tecido vegetal.

O sistema é composto pelas seguintes etapas:



É importante salientar que em cada uma dessas etapas podem ocorrer erros que alteram as recomendações de fertilizantes e de corretivos. O erro no procedimento de coleta do solo para a análise (amostragem) é o mais prejudicial, pois ele não pode ser corrigido nas etapas seguintes. Uma amostragem não representativa (mal realizada) pode causar grandes distorções na avaliação da fertilidade do solo.

2.1 Coleta de amostra de solo

A amostragem de solo deve ser executada criteriosamente em relação à divisão da área em glebas homogêneas e em relação aos procedimentos de coleta, pois uma pequena quantidade de solo representará um volume muito maior de solo de áreas que pode chegar a alguns hectares. Na definição de glebas homogêneas deve-se levar em consideração a vegetação, a posição topográfica, as características perceptíveis do solo (declividade, drenagem, etc.), histórico da área, produtividade observada, uso de insumos, entre outros. Sugere-se que cada gleba não seja superior a 10 ha (CFSEMG, 1999; RAIJ, 2011). Deve-se evitar pontos próximos a edificações, formigueiros, cupinzeiros, estradas, áreas onde circulam animais, esterco, manchas de solo, depósitos de fertilizantes e corretivos (RAIJ et al., 1997). Recomenda-se coletar solo quando ele estiver friável, ponto em que o material (“solo”) é coletado e ao ser apertado com a mão se parte ou se esboroa com facilidade. Isso facilita a coleta e a homogeneização das amostras simples ou subamostras que irão compor a amostra composta (CFSEMG, 1999). Os pontos de coleta devem ser previamente limpos com a retirada da cobertura vegetal e de outros materiais sem o revolvimento do solo. A amostragem de solo é feita com a coleta de amostras simples ou subamostras que variam de 12 a 30 dentro da gleba homogênea no sistema convencional (CFSEMG, 1999; CQFS – RS/SC, 2016) e devem ter volumes iguais para formarem as amostras compostas enviadas aos laboratórios. O ideal é que as subamostras sejam homogeneizadas dentro de um balde para retirar aproximadamente ½ kg de solo para identificar e enviar ao laboratório.

Os amostradores de solo mais comuns para coletar solo são o trado de rosca, trado calador, trado holandês, trado caneca, pá-de-corte e o trado fatiador (CQFS – RS/SC, 2016). Independentemente do amostrador escolhido, deve-se verificar se ele não está enferrujado para evitar contaminações das amostras. Após o uso recomenda-se a lavagem com água para retirar todo o solo remanescente no amostrador e assim evitar o enferrujamento do equipamento. Os procedimentos de amostragem com esses equipamentos dependem se o sistema de cultivo é convencional ou de plantio direto. No sistema de plantio direto a variabilidade vertical e horizontal da fertilidade do solo é maior em relação ao convencional devido a presença da cobertura de solo, a permanência de linhas de adubação e a aplicação superficial de insumos (CQFS – RS/SC, 2016). Quando a amostragem é malfeita, inde-

pendente do sistema de cultivo adotado, não há como corrigir esse erro no laboratório mesmo que sejam utilizadas as metodologias e os equipamentos mais modernos. A amostragem inadequada resulta consequentemente em interpretações e recomendações equivocadas que podem acarretar grandes prejuízos econômicos ao produtor e danos ao ambiente (CFSEMG, 1999). Por essa razão, é de extrema importância que a pessoa responsável pela coleta das amostras seja devidamente treinada e que conheça muito bem o manuseio do amostrador escolhido. Adicionalmente é fundamental estabelecer e planejar adequadamente a amostragem de solo para que as amostras sejam representativas (EMBRAPA, 2009).

No sistema de plantio convencional a coleta da amostra deve ser realizada na camada de 0-20 cm. No caso de sistema plantio direto consolidado, recomenda-se a coleta de amostras nas camadas de 0-10 cm e de 10-20 cm para verificar possíveis diferenças de fertilidade entre camadas (CQFS – RS/SC, 2016). É recomendável que a amostragem de solo seja feita 6 meses antes do plantio, pois há de se considerar os seguintes fatores: possíveis atrasos na entrega dos resultados pelo laboratório, tempo mínimo de 3 meses antes do plantio para reação do calcário e planejamento do agricultor em relação a preço e prazo de entrega de fertilizantes e corretivos (FURTINI NETO et al., 2001). As amostras de solo devem ser manejadas com materiais limpos e livres da presença de possíveis contaminantes. A frequência de amostragem de solo depende de vários fatores como: o sistema de cultivo (convencional, cultivo mínimo ou plantio direto), se há rotação de cultura, a intensidade de aplicação de insumos, a irrigação, forma de aplicação de fertilizantes (em linha ou área total), a exportação de nutrientes pela cultura, entre outros. No entanto, como a cultura da cebola é anual e muito sensível a variações de fertilidade, recomenda-se amostrar anualmente para o adequado manejo e monitoramento da fertilidade do solo.

Caso não seja possível enviar as amostras imediatamente para um laboratório é recomendável fazer a secagem das amostras ao ar em local sombreado e ventilado (EMBRAPA, 2009; CQFS – RS/SC, 2016).

2.2 Amostragem de tecido vegetal

A análise química foliar consiste na determinação dos teores de elementos em tecidos vegetais (principalmente folhas) visando ao diagnóstico do estado nutricional da cultura. Auxilia ainda na interpretação dos efeitos

da adubação anteriormente efetuada e a estimar indiretamente o grau de fertilidade do solo (TRANI et al., 2014). Na cultura da cebola a análise foliar é indicada apenas para identificar alguns distúrbios nutricionais ou como medida complementar da adubação recomendada com base na análise de solo. Havendo suspeita de alguma deficiência nutricional, deve-se coletar separadamente o tecido de plantas com e sem sintomas. Os valores de referência dos teores de nutrientes no tecido foliar de cebola são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Extração, exportação e faixa adequada de nutrientes em tecido foliar de cebola.

	Nutriente									
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Cu	Zn	B
	-----kg t ⁻¹ -----						-----g t ⁻¹ -----			
Exportação*	2,7	0,9	2,3	1,3	0,3	0,5	20,4	0,9	2,3	5,9
Exportação**	1,6	0,6	1,2	0,5	0,2	0,3	7,7	0,6	1,7	4,2
	-----g kg ⁻¹ -----						-----mg kg ⁻¹ -----			
Faixa adequada***	25-40	2-4	20-50	7-30	2-4	5-8	60-300	6-20	10-50	10-50

*Quantidade de nutriente em toda a planta (exceto raízes) para cada tonelada produzida.

**Quantidade de nutriente nos bulbos para cada tonelada produzida.

OBS: Geralmente é retirada da lavoura na colheita a planta toda e não somente os bulbos, neste caso, tudo que a planta extrai é exportado.

***Teor de nutriente na folha mais jovem totalmente desenvolvida na metade do ciclo (início bulbificação). Coletar folhas de pelo menos 20 plantas para compor a amostra.

Fonte: Kurtz (2016)

Na cultura da cebola para a diagnose do estado nutricional deve ser coletada a folha mais jovem completamente expandida. Recomenda-se coletar uma folha por planta, totalizando entre 20 e 40 folhas por área homogênea amostrada. O período de coleta indicado é na metade do ciclo da cultura, ou seja, aproximadamente aos 60 dias após o transplante ou aos 110 dias após a semeadura, quando esta for realizada em campo definitivo. Normalmente esse período coincide com o início da bulbificação. Após a coleta, deve-se acondicionar as amostras em sacos de papel, identificando-as e enviando-as, imediatamente, para o laboratório de análise química de tecido vegetal.

Alguns cuidados na coleta, no manuseio e na armazenagem da amostra de tecido vegetal são:

- escolher folhas sem doenças e que não tenham sido danificadas por insetos ou por outro agente;
- limpar as folhas dos resíduos de pulverização e/ou poeira logo após a coleta, por meio de lavagem com água limpa;
- evitar o contato das folhas coletadas com inseticidas, fungicidas e fertilizantes;
- colocar a amostra em sacos novos de papel ou em embalagem fornecida pelos laboratórios de análise de tecido; se for solicitada a análise de boro, usar papel encerado, pois o papel comum contamina a amostra com boro;
- identificar a amostra e preencher o formulário, indicando os elementos a serem determinados;
- elaborar um mapa de coleta que permita, pela identificação da amostra, localizar a área em que foi feita a amostragem;
- enviar as amostras o mais breve possível ao laboratório; se o tempo previsto para a amostra chegar ao laboratório for superior a dois dias, é recomendado secar o material ao sol, mantendo a embalagem aberta.

3 Calagem

A recomendação de calcário para solos ácidos visa proporcionar um ambiente adequado ao crescimento do sistema radicular, diminuindo a atividade de elementos tóxicos para as plantas cultivadas, como o Al e o Mn, e favorecer a disponibilidade de alguns elementos essenciais à nutrição das plantas (CQFS – RS/SC, 2016). Além disso, nunca é demais lembrar que o calcário é fonte de cálcio e magnésio para as plantas.

A cultura da cebola apresenta alta sensibilidade à toxidez do Al. O pH do solo recomendado para essa hortaliça é 6,0. Para os estados de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul o método preferencial para indicar a necessidade de calcário é o índice SMP (CQFS – RS/SC, 2016).

Alternativamente ao índice SMP, a dose de calcário poder ser estimada usando o método de saturação por bases. Embora ainda não tenha sido calibrado o valor de saturação de bases das diferentes culturas para os solos do RS e SC, segundo a CQFS – RS/SC (2016), assume-se uma provável correspondência entre o valor do pH de referência das culturas com o valor V %, sendo: pH 5,5 (V = 65 %); pH 6,0 (V = 75 %) e pH 6,5 (V = 85 %).

Para solos com baixo poder tampão (arenosos e/ou pobres em matéria orgânica) o índice SMP pode subestimar a acidez potencial e indicar uma dose de calcário insuficiente para elevar o pH até o valor desejado ou ainda apresentar teores de Al prejudiciais ao desenvolvimento das plantas. Nesses casos, recomenda-se utilizar equações polinomiais que consideram o teor de matéria orgânica e de Al trocável para definir a dose de calcário, conforme equações indicadas pela CQFS – RS/SC (2016).

Para a correção da acidez do solo, existem diversos tipos de corretivos, sendo os calcários mais comercializados em função do menor custo. Os calcários podem ser classificados em função do teor de óxido de magnésio (MgO) como calcíticos, magnesianos ou dolomíticos. Aqueles que apresentem menos de 5 % de MgO são denominados calcíticos; de 5 a 12 % de MgO, magnesianos; e acima de 12 % de MgO, dolomíticos. Para a escolha do tipo de calcário a ser usado, deve-se levar em conta os teores de Ca e Mg, a relação de Ca/Mg ou a proporção desses cátions na CTC. Para os solos de SC, na maioria dos casos pode ser usado o calcário dolomítico para a correção da acidez. Embora não sejam comprovados prejuízos no rendimento e na qualidade da maioria das culturas quando a relação de Ca/Mg é igual ou maior a 1:1, a relação desses cátions considerada ideal situa-se entre 3:1 e 4:1. Para hortaliças, que de maneira geral são mais exigentes em Ca, quando a relação Ca/Mg estiver menor que 2:1 ou a saturação de Ca na CTC estiver menor que 50 %, pode ser indicado o uso de calcário calcítico.

A aplicação do calcário é recomendada com antecedência mínima de 60 a 90 dias antes do plantio para permitir a reação do corretivo no solo.

Para a incorporação do calcário, quando as doses forem maiores que 5 t ha⁻¹, recomenda-se incorporar o corretivo a uma profundidade de aproximadamente 20 cm em duas etapas: adicionar 50 % da dose e realizar uma aração e posteriormente adicionam-se os outros 50 %, precedido de gradagem para incorporação. Para a incorporação do calcário na profundidade de 20 cm não é indicado o uso de subsolagem em substituição à aração, pois com este equipamento a incorporação não é adequada.

4 Princípios de manejo da adubação

A adubação, como qualquer outro componente de um sistema de produção agrícola, não pode ser considerada e manejada de forma isolada (CERETTA et al., 2007). Vários fatores relacionados ao solo, à planta e ao clima atuam de modo conjunto no crescimento e no desenvolvimento de uma cultura. Como a adubação é somente uma parte do sistema de produção, ela deve ser manejada considerando todos os outros fatores relacionados para se buscar a melhor eficiência econômica, ambiental e social. Por essa razão, antes de planejar o manejo da adubação, a área de plantio deve estar previamente preparada, principalmente com o pH corrigido, pois a calagem aumenta a eficiência dos fertilizantes (POTAFOS, 1998). Outro fator muito importante no manejo da adubação é possibilitar o fornecimento suficiente de água para o crescimento e o desenvolvimento pleno das plantas. Pois a água é essencial para a absorção de nutrientes pelas plantas.

As práticas de adubação estão diretamente interligadas ao manejo de nutrientes e conseqüentemente ao manejo da nutrição das plantas. Essas práticas são combinações de fonte de nutriente (tipo de fertilizante), dose de fertilizante, época e local de aplicação, permanecendo associadas à dinâmica de nutrição de uma determinada cultura (IPNI, 2013). Basicamente a fonte é definida pelos seguintes aspectos (FURTINI NETO et al., 2001): existência de outro nutriente; solubilidade em água que deve ser alta no caso de fertirrigação; facilidade de estocagem, manipulação e aplicação; se acidifica ou não o solo, homogeneidade na distribuição; forma química do nutriente no fertilizante; presença de elementos danosos ao sistema solo-planta-homem; acessibilidade no mercado; custo. A fonte pode ser de origem mineral, orgânica, organomineral e na forma sólida ou líquida.

Através da análise de solo avalia-se a capacidade de o solo suprir nutrientes às plantas juntamente com a produtividade esperada, que depende do nível tecnológico do produtor rural. A partir dessas informações definem-se os nutrientes e as quantidades a serem aplicadas (FURTINI NETO et al., 2001).

Para definir as quantidades de fertilizantes que serão aplicadas, normalmente os técnicos e os agricultores recorrem aos manuais estaduais ou regionais de recomendação de adubação. Deve-se priorizar uma recomendação equilibrada onde todos os nutrientes estejam em quantidades suficientes para o crescimento e desenvolvimento pleno da cultura, pois o excesso de fertilizantes, além do aumento do custo de produção, pode

ocasionar distúrbios nutricionais e a contaminação do ambiente. O grau da dependência da planta pelos nutrientes fornecidos pela adubação vai depender dos teores de nutrientes no solo: se eles estão acima ou abaixo dos teores críticos (ou níveis críticos). A resposta de adubação pela cultura será maior ou menor se o teor de nutriente estiver abaixo ou acima do teor crítico respectivamente.

A época de aplicação envolve a sincronização dos nutrientes no solo com a absorção de nutrientes pela planta, o operacional de maquinários e a tomada de decisões do produtor. Geralmente, os nutrientes poucos móveis como o fósforo são aplicados no plantio e os de maior mobilidade, como o nitrogênio e o potássio, são aplicados parte no plantio e o restante em cobertura.

O local de aplicação do fertilizante é definido pela forma ou pelo modo de aplicação desse insumo. Para culturas anuais geralmente é na linha de plantio ou a lanço em área total. O local que os nutrientes vão estar para que a planta tenha acesso a eles depende dos seguintes fatores (FURTINI NETO et al., 2001; CERETA et al., 2007; IPNI, 2013): o nutriente e a quantidade a ser aplicado; tipo de fertilizante; dinâmica do nutriente no solo quanto a sua disponibilidade e mobilidade; o sistema de produção; equipamentos disponíveis; características do solo; histórico da fertilidade da área; local de crescimento das raízes. Em relação à adubação a lanço a restrição a essa prática é maior quando se aumenta a declividade da área e quanto menor for a cobertura do solo com resíduos culturais, pois nessas condições há maiores predisposições de perdas do fertilizante por influência das chuvas (CERETA et al., 2007).

5 Crescimento e acúmulo de massa seca pela cebola

O conhecimento dos padrões de acúmulo de massa seca de uma cultura permite entender melhor os fatores relacionados com a nutrição mineral e consequentemente com a adubação, visto que a absorção de nutrientes é influenciada pela taxa de crescimento da planta (MARSCHNER, 2012).

Trabalho realizado por Kurtz et al. (2016) demonstrou que o acúmulo de massa seca (MS) das plantas de cebola do cultivar Empasc 352 Bola Precoce foi muito lento até a metade do ciclo aos 60 dias após o transplante (DAT), acumulando 3,9 g planta⁻¹, o que representou 16 % da MS total acumulada (Figura 1A). Após esse período, quando iniciou a fase de bulbificação, o acúmulo de MS foi intensificado (61 - 119 DAT), acumulando 20,7 g

planta⁻¹, equivalente a 84 % da MS total acumulada. Acúmulo lento de MS no início do ciclo ocorre independente do cultivar utilizado e do local de cultivo, pois resultados similares também foram observados por Vidigal et al. (2010a) para o cv. Alfa Tropical no verão em sistema de transplante e semeadura direta no estado de Minas Gerais e por Pôrto et al. (2007) e May et al. (2008) para os híbridos Superex e Optima cultivados em sistema de semeadura direta em São Paulo. Da mesma forma, Vidigal et al. (2010a) também observaram um acúmulo rápido de MS no início da bulbificação, aos 88 dias após a semeadura para o cultivar Alfa Tropical, o que também foi verificado para outros cultivares e condições de cultivo (HAAG et al.,1970; WIEDENFELD, 1994; INIA, 2005).

Segundo Kurtz et al. (2016), ao final do ciclo as plantas acumularam 24,6 g planta⁻¹ no total de MS, sendo 9,29 g na parte aérea e 15,33 g no bulbo. A massa fresca média de bulbo foi de 149,4 g planta⁻¹ e o rendimento total de bulbos frescos foi de 37,34 t ha⁻¹. Para este rendimento, os autores observaram uma produção de 6.155 kg ha⁻¹ de MS na planta toda, distribuídos em 2.324 kg ha⁻¹ na parte aérea e 3.831 kg ha⁻¹ nos bulbos, ou seja, 38 % e 62 %, respectivamente. Resultados semelhantes foram obtidos por Pôrto et al. (2006), que ao avaliar o híbrido Optima em sistema de semeadura direta, obteve contribuições de 30 % e 70 %, para a parte aérea e bulbos, respectivamente. Para Vidigal et al. (2002), em sistema de transplante de mudas com o cultivar Alfa Tropical, as contribuições de parte aérea e bulbo foram de aproximadamente 36 % e 64 %, respectivamente, muito próximas às obtidas no estudo realizado em Santa Catarina.

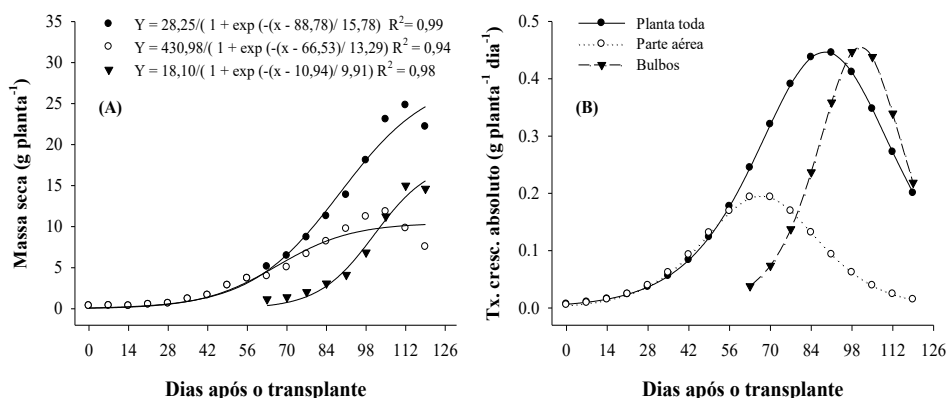


Figura 1. Acúmulo de massa seca (A) e taxa de crescimento absoluto (B) na planta toda (●), parte aérea (○) e bulbos (▼) de cebola da cv. Bola Precoce cultivada em sistema de transplante.

Fonte: Kurtz et al. (2016).

A taxa máxima de crescimento absoluto (acúmulo diário de MS) para a planta toda ocorreu aos 89 dias, quando atingiu 0,447 g planta⁻¹ dia⁻¹ de MS (111,75 kg ha⁻¹ dia⁻¹), desacelerando nos 30 dias que antecederam a colheita (Figura 1B) (KURTZ et al., 2016).

Neste mesmo estudo, o bulbo iniciou sua formação aos 60 DAT e a taxa de crescimento máxima ocorreu aos 101 DAT com acúmulo de 0,46 g planta⁻¹ dia⁻¹ (115 kg ha⁻¹ dia⁻¹ de MS). A partir dos 96 DAT até a colheita, a taxa de crescimento absoluto da planta inteira foi menor que o alocado no bulbo diariamente, indicando redistribuição de fotoassimilados, principalmente das folhas para os bulbos. Esse comportamento também foi observado por Pôrto et al. (2006, 2007) e Vidigal et al. (2010a). De acordo com Brewster (2008), por ocasião desenvolvimento dos bulbos, há redistribuição de fotoassimilados e outros compostos das folhas para os bulbos, resultando na redução da massa seca das folhas e aumento na massa seca dos bulbos.

Conforme o trabalho de Kurtz et al. (2016), da massa seca total acumulada, 4,6 % foi composta por minerais dos dez nutrientes avaliados (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, B e Cu). Na parte aérea (9,26 g) o acúmulo dos dez nutrientes foi de 5,4 % da MS, superior proporcionalmente ao acumulado nos bulbos (15,33 g), que foi de 4,1 % da MS.

6 Função, absorção, manejo dos nutrientes e recomendações de adubação

6.1 Absorção de nutrientes

As curvas de acúmulo de nutrientes para a planta de cebola possuem comportamento similar às curvas de acúmulo de massa seca. Segundo Kurtz et al. (2016), ocorre um acúmulo proporcionalmente menor de MS na primeira metade do ciclo (16 %) do que a absorção da maioria dos nutrientes, exceto para K, Mg e B (Tabela 2). De maneira geral, verificam-se grandes acúmulos e maiores taxas de acúmulo de nutrientes na segunda metade do ciclo da cultura, durante a fase de bulbificação. As taxas diárias de acúmulo de todos os nutrientes, exceto Fe, na parte aérea, aumentaram até início da bulbificação e decresceram após essa fase. Dessa forma, observa-se que a planta de cebola prioriza a alocação de fotoassimilados e nutrientes para o bulbo, assim que inicia a formação desse órgão (BREWSTER, 2008).

Tabela 2. Acúmulo de nutrientes na planta toda, no bulbo, por tonelada produzida, antes e após a bulbificação e período das taxas máximas de acúmulo de nutrientes pelo cultivar de cebola Bola Precoce para uma produtividade de 37,34 t ha⁻¹.

Nutriente	-----Acúmulo nutrientes-----						Tx. máxima --- acúmulo ---	
	Planta toda	Bulbo		tonelada bulbo	Antes bulbif. ²	Após- Bulbif. ³	Planta toda	Bulbo
Macron.	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	%	kg t ⁻¹	%	%	DAT ¹	
N	101,4	58,3	57,4	2,72	27,0	73,0	73	119
P*	34,9	23,9	68,5	0,93	17,3	82,7	86	96
K**	86,5	45,7	52,8	2,32	13,2	86,8	80	97
Ca	46,6	19,7	42,3	1,25	20,6	79,4	78	116
Mg	12,1	7,0	57,3	0,33	11,2	88,8	83	112
Micron.	g ha ⁻¹	g ha ⁻¹		g				
Fe	761,2	285,9	37,6	20,38	16,8	83,2	99	114
Mn	149,6	62,7	41,9	4,01	17,0	83,0	79	105
Zn	84,1	61,9	73,6	2,25	27,3	72,7	73	94
Cu	33,7	24,1	71,6	0,90	21,2	78,8	86	104
B	220,6	155,9	70,7	5,91	10,8	89,2	95	105

¹ DAT: Dias após o transplante; ² Período do plantio aos 60 DAT; ³ Período dos 61 até a colheita (119 DAT).

* 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅; ** 104 kg ha⁻¹ de K₂O

Fonte: Kurtz et al. (2016).

Ao se avaliar a proporção de acúmulo de matéria seca e de nutrientes durante as quatro fases do ciclo, com duração de aproximadamente 30 dias cada, verifica-se um acúmulo muito baixo nos primeiros 30 dias (fase de pegamento das mudas), acumulando em média 4 % do total de nutrientes e 2 % de MS (Figura 2). Nessa primeira fase há um maior acúmulo de N, Zn e Cu, equivalente a 6 % do total e menor acúmulo de Mg, apenas 1 % do total absorvido. Na segunda fase do ciclo (31 a 60 DAT), houve um acúmulo médio geral de 19 % e 14 % de nutrientes e MS do total, respectivamente. Os nutrientes mais acumulados nessa fase foram, também, o Zn e N com 27 e 26 %, respectivamente, enquanto os nutrientes menos acumulados foram

o Mg e o B. Na terceira fase do ciclo (61 - 90 DAT) observou-se um acúmulo intenso de nutrientes e de MS, com acúmulo médio geral de 46 % e de 44 % do total, respectivamente. O início da bulbificação nesta fase, por sua vez, caracterizou-se como a fase de maior crescimento e absorção de nutrientes com aproximando de 50 % do total acumulado de nutrientes e MS. Os nutrientes com maior acúmulo foram o K, Mg e Mn com 56, 54 e 52 % do total, respectivamente. Na última fase (91 - 119 DAT), quando ocorre o pleno enchimento de bulbos, também se observou um importante acúmulo de MS e nutrientes, totalizando em média, 31 e 40 %, respectivamente. Os nutrientes com destaque em acúmulo nessa fase foram o B e o Fe com 47 e 44 %, respectivamente.

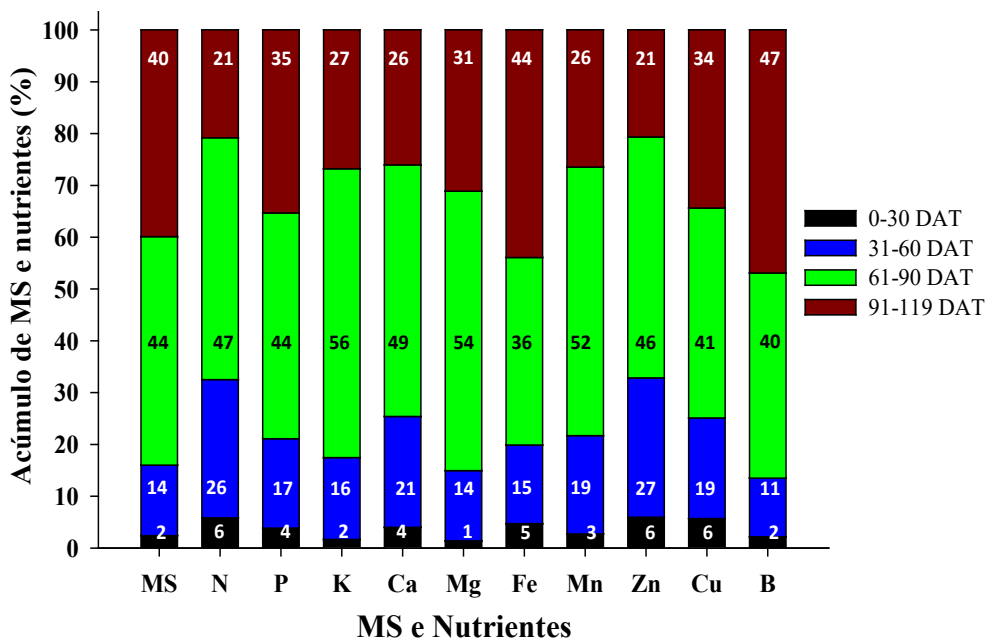


Figura 2. Acúmulo proporcional (%) de MS e nutrientes durante quatro fases do ciclo do cultivar de cebola Bola Precoce (0 a 30; 31 a 60; 61 a 90 e 91 a 119 DAT).

Fonte: Adaptado de kurtz et al. (2016).

6.2 Nitrogênio (N)

6.2.1 Função

O nitrogênio é componente estrutural de aminoácidos, proteínas, pigmentos como a clorofila, enzimas, coenzimas, RNA, DNA e algumas vitaminas (FAQUIN, 2005; MALAVOLTA, 2006). No metabolismo das plantas, os compostos que contêm N são em grande parte ativadores enzimáticos, além de participarem dos processos de absorção de íons, fotossíntese, respiração, sínteses bioquímicas e crescimento vegetativo (TRANI et al., 2014).

Na cebola, os principais sintomas de deficiência de N constituem-se na diminuição do ritmo de crescimento, as folhas mais velhas amarelecem e secam. A planta diminui a emissão de novas folhas e aquelas emitidas são finas e pequenas, bem como o tamanho dos bulbos é reduzido (Figura 3).



Figura 3. Plantas de cebola deficientes em N na parcela no primeiro plano. Ao lado e à frente plantas em parcelas com nutrição adequada de N

6.2.2 Absorção de N pela cebola

A absorção de nitrogênio pelas raízes das plantas de cebola pode ser feita de diferentes formas. Em geral, o nutriente é absorvido nas formas dos íons NH_4^+ e NO_3^- , sendo a última a forma predominantemente absorvida em condições naturais e aeróbicas. Nos estudos realizados por Kurtz et al. (2016) em Ituporanga, SC, o N foi o nutriente mais acumulado pelas plantas de cebola, estimado em $409 \text{ mg planta}^{-1}$, o que equivale a uma extração de $101,4 \text{ kg ha}^{-1}$ de N para um rendimento médio de $37,34 \text{ t ha}^{-1}$, equivalente a $2,72 \text{ kg}$ de N para cada tonelada produzida (Figura 4A; Tabela 1). No mesmo município e com o mesmo cultivar (Empasc 352 Bola Precoce), Menezes Júnior et al. (2014), em ensaios de sistemas de cultivo mínimo de cebola convencional e orgânico, observaram maior acúmulo de nitrogênio em relação aos demais nutrientes. May et al. (2008), ao estudar o híbrido Optima em semeadura direta no estado de São Paulo, também obteve o N como o nutriente mais acumulado com $106,36 \text{ mg planta}^{-1}$. Santos (2007) também verificou que o N foi o nutriente mais acumulado pelo cultivar de cebola Alfa São Francisco em sistema de transplante na região Nordeste, observando acúmulo de $103,4 \text{ kg ha}^{-1}$ de N. No entanto, alguns estudos demonstraram que o N foi o segundo nutriente mais absorvido, geralmente sendo superado pelo K (HAAG et al., 1970; PÔRTO et al., 2006, 2007 e VIDIGAL et al., 2010a). Essa falta de consenso quanto ao nutriente mais absorvido pela cebola, se o N ou o K, demonstra variação da absorção em função do cultivar, solo, clima ou sistema de cultivo.

Do total de N acumulado pela planta, 43 % foram depositados na parte aérea e 57 % nos bulbos (Tabela 2) (KURTZ et al., 2016). Os mesmos valores foram observados por Pôrto et al. (2006). Na primeira metade do ciclo, antes do início da bulbificação, as plantas acumularam menos de 1/3 (27 %) do N total. A grande demanda (73 %) ocorreu após esse período e a taxa máxima de absorção foi aos 73 DAT para a planta toda com $6,82 \text{ mg planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, o que equivale a $1,71 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ (Figura 4B). No bulbo, o N também foi o nutriente mais acumulado e teve maiores taxas de acúmulo e demanda crescente até no final do ciclo. A quantidade de N maior no bulbo do que na parte aérea no final do ciclo pode ser atribuída à redistribuição do N presente na parte aérea.

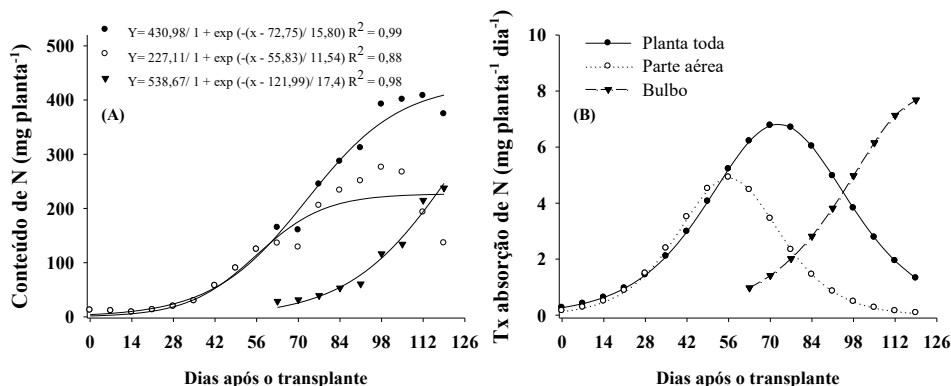


Figura 4. Acúmulo (A) e taxa de absorção diária (B) de nitrogênio pela cultura da cebola (cultivar Bola Precoce)

Fonte: Kurtz et al. (2016).

6.2.3 Resposta da cebola a adição de N

A cultura da cebola geralmente apresenta alta resposta à adição de N. O suprimento de N inferior às exigências da cebola reduz significativamente o rendimento. Entretanto, o excesso de N ou o suprimento na época inadequada em relação às exigências das plantas afeta a sanidade, a qualidade dos bulbos e aumenta as perdas de bulbos na colheita e pós-colheita (MAY, 2006; KURTZ et al., 2012, 2013; HIGASHIKAWA & MENEZES JÚNIOR, 2017).

No solo, a disponibilidade de N para as plantas é influenciada por várias reações e não é afetada por efeitos residuais diretos das adubações minerais anteriores. Dentre as reações que afetam a disponibilidade de N, destacam-se a mineralização de compostos orgânicos, a nitrificação, a desnitrificação, a imobilização e a lixiviação. Esta última é maior em anos de alta precipitação pluviométrica, especialmente em solos de textura arenosa, e consiste na principal razão do parcelamento dos fertilizantes nitrogenados (ERNANI, 2016).

A mineralização normalmente é o processo mais importante de suprimento de N para as plantas em solos não adubados, uma vez que o N orgânico representa mais de 95 % do N total do solo (OLIVEIRA, 1987). As formas inorgânicas de N apresentam maior dinâmica no solo comparativamente às formas orgânicas. Em solos agrícolas com boa aeração, normalmente há predomínio de NO_3^- . As concentrações de N-inorgânico podem variar de modo significativo num curto intervalo de tempo, principalmente

após precipitações elevadas, quando as perdas por lixiviação do NO_3^- acontecem com maior intensidade. O NH_4^+ por ser retido temporariamente nas cargas negativas da superfície dos colóides do solo (partículas com diâmetro entre um micrão e um nanômetro, compostos principalmente pelas argilas do solo e pela fração mais reativa da matéria orgânica, os ácidos húmicos e fúlvicos), é menos móvel do que o nitrato. Assim, a forma nítrica traz importantes implicações para o manejo da adubação e para o controle da poluição local (VIDIGAL, 2000).

O fator agravante na determinação da disponibilidade de N é a limitação das análises de solo. A análise de N no solo fornece poucos subsídios para uma tomada de decisão sobre a necessidade ou não da adubação nitrogenada, uma vez que os valores podem mudar em poucos dias em função principalmente das condições edafoclimáticas que influenciam a lixiviação e a mineralização. A diagnose foliar, que consiste na avaliação do estado nutricional das culturas por meio da análise de determinados órgãos das plantas em períodos definidos, é uma alternativa importante pelo fato desses órgãos responderem mais às variações no suprimento de nutrientes e proporcionarem maior correlação com a produção (VIDIGAL, 2000). Entretanto, esta metodologia normalmente é onerosa, demorada e somente realizada por pessoas qualificadas dificultando sua empregabilidade (FONTES, 2011).

A cultura da cebola normalmente responde à adição de fertilizantes nitrogenados (MAY et al., 2007; KURTZ, et al., 2012, 2013; RESENDE & COSTA, 2014; MENEZES JÚNIOR & KURTZ, 2016). A dose de N que proporciona a máxima produtividade depende do cultivar (MAY et al., 2007; RESENDE & COSTA, 2014) e de atributos de solo, principalmente dos teores de argila e de matéria orgânica (MAGALHÃES, 1988; VIDIGAL, 2000), além das condições de cultivo (BATAL et al., 1994), e normalmente se situa entre 100 e 200 kg ha^{-1} (MAY et al., 2007; KURTZ et al., 2012, 2013, RESENDE & COSTA, 2009). No entanto, é evidente que a magnitude de resposta e a quantidade de N a ser empregada na cultura da cebola dependem de fatores climáticos, da população de plantas, do teor de água no solo, do parcelamento da dose e, principalmente, do teor de matéria orgânica do solo e de sua taxa de decomposição (MAGALHÃES, 1988; MENEZES JÚNIOR & KURTZ, 2016).

6.2.3.1 Sistema de transplante

Para o sistema de transplante com manejo convencional do solo (aração + gradagem), Kurtz et al. (2012) demonstraram que as doses para o maior retorno econômico para a cebola foram de até 200 kg ha⁻¹ de N, em solo arenoso com baixo teor de matéria orgânica (MO) e de 116 a 142 kg ha⁻¹ de N, em solos com teores médios de argila e MO (Figura 5). Diversos trabalhos realizados em outros estados brasileiros também indicaram a necessidade de doses superiores a 100 kg ha⁻¹ de N para obtenção de altos rendimentos de bulbos de cebola (MAY et al., 2007; RESENDE & COSTA, 2009; FACTOR et al., 2009; VIDIGAL et al., 2010; RESENDE & COSTA, 2014).

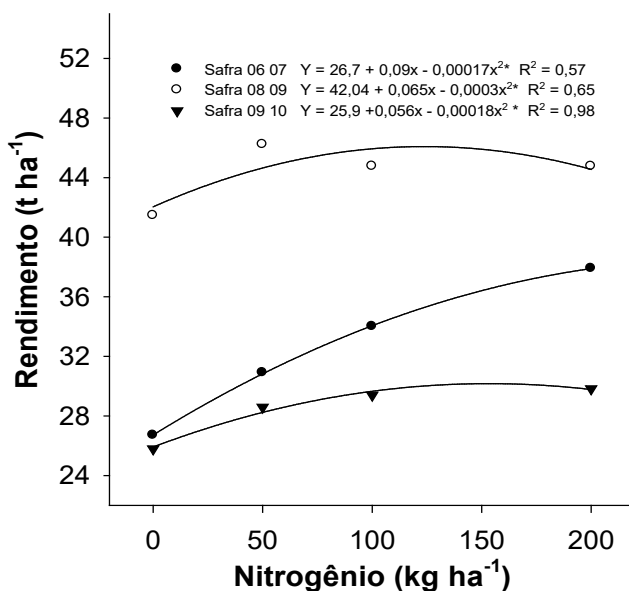


Figura 5. Rendimento de cebola em transplante em sistema de manejo convencional do solo em função da adição de doses crescentes de nitrogênio nas safras 2006/07, 2008/09 e 2009/10

Fonte: Kurtz et al. (2012).

No sistema de plantio direto de hortaliças (SPDH) com o transplante das mudas sem nenhum revolvimento do solo, o efeito da adição de N ao solo no rendimento de bulbos de cebola variou entre as safras avaliadas (Figura 6) e a resposta foi menor em relação ao sistema convencional de manejo do solo permitindo uma economia de nitrogênio neste sistema (KURTZ,

et al., 2013). Os resultados de pesquisa obtidos permitiram concluir que o rendimento de cebola aumentou com a aplicação N em duas das três safras avaliadas e as doses que proporcionaram o máximo retorno econômico foram de 131 e 102 kg ha⁻¹, respectivamente nas safras 2008/09 e 2010/11. Em relação ao parcelamento da adubação com N, verificou-se na safra 2008/09, quando houve maior intensidade de chuvas, que o parcelamento da adubação nitrogenada não afetou o rendimento, porém reduziu das perdas em pós-colheita, passando de 25 % quando a aplicação do N em cobertura foi realizada em apenas uma vez, para 15 % quando a aplicação foi parcelada em três vezes. O parcelamento também influenciou a arquitetura de plantas onde a adubação nitrogenada em cobertura parcelada em três vezes proporcionou plantas mais baixas em média de 5 cm e apresentou folhas mais eretas, comparado com a aplicação do N em cobertura em apenas uma vez.

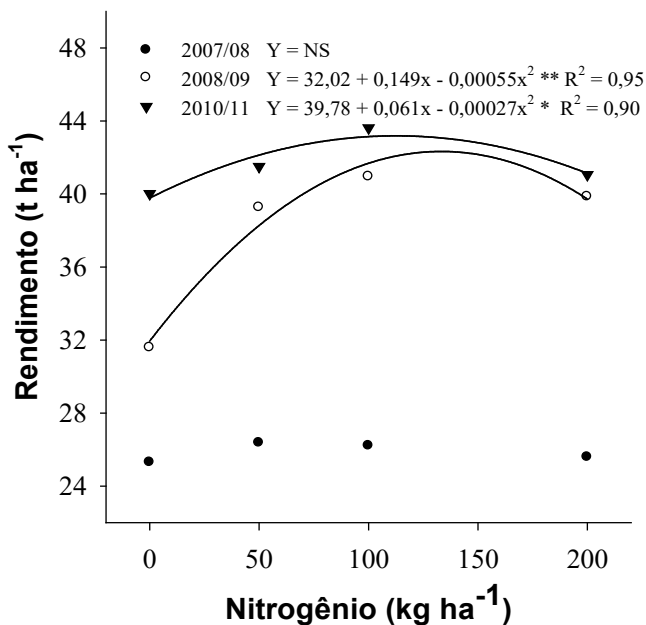


Figura 6. Rendimento de cebola em transplante em sistema plantio direto (na palha) em função da adição de doses crescentes de nitrogênio nas safras 2007/08, 2008/09 e 2010/11

Fonte: Kurtz et al. (2013).

6.2.3.2 Sistema de transplante fertirrigado

No sistema de manejo do solo em plantio direto fertirrigado (na palha) com transplante de mudas, Menezes Júnior & Kurtz (2016) estudaram no período de duas safras o efeito de doses crescente de nitrogênio (0 a 200 kg N ha⁻¹) em diferentes densidades populacionais (300 a 600 mil plantas ha⁻¹). Nesses ensaios utilizaram o cultivar Epagri 352 Bola Precoce, em Cambissolo Háplico, com teor de matéria orgânica médio de 32,5 g kg⁻¹. Os autores observaram produtividades comerciais totais máximas (bulbos com diâmetro transversal DT > de 0,35 mm) de 58,3 e 55,1 t ha⁻¹ com doses de 161,3 e 129,0 kg ha⁻¹ de N, para 2011 e 2013 respectivamente (Figura 7). Verificaram que o aumento de doses de N reduziu a formação de bulbos Cx2 (DT de 35 a 50mm), enquanto as maiores produtividades Cx3 (DT > 50 e < 70 mm), de 25,6 a 39,3 t ha⁻¹, foram obtidas com populações de 500 a 600 mil plantas ha⁻¹ e doses de 126,1 a 135,9 kg ha⁻¹ de N. Por sua vez, as maiores produtividades Cx3+ (DT > 70 mm), de 49,6 a 54,4 t ha⁻¹, foram alcançadas com doses de 126,3 e 156,7 kg ha⁻¹ de N.

Em relação a sistemas fertirrigados, Resende & Costa (2009) e Resende et al. (2009) observaram, em Latossolo Vermelho Amarelo Distroférrico para os cultivares Alfa Tropical e Franciscana IPA-10 em densidade populacional aproximada de 667 mil plantas ha⁻¹ e 90 kg ha⁻¹ de K₂O, aumentos lineares na produtividade comercial com o aumento das doses de 0 a 180 kg ha⁻¹ de N. Nessas condições, na dose máxima de N, foram atingidas para os cultivares Alfa Tropical e Franciscana IPA-10, produtividades comerciais de 36,23 e 58,68 t ha⁻¹, respectivamente. Por sua vez, Gatto (2013), estudando a eficiência de lâminas de irrigação por gotejamento, obteve para o cultivar híbrido Bella Vista, em densidade populacional de 500 mil plantas ha⁻¹, produtividade comercial máxima de 70,6 t ha⁻¹ com a dose de 180 kg ha⁻¹ de N. Nos estudos realizados por Menezes Júnior & Kurtz (2016), o sistema de fertirrigação foi utilizado basicamente para o fornecimento de nutrientes, o que não garante que a precipitação pluviométrica no período tenha sido suficiente à máxima expressão do potencial produtivo do cultivar Bola Precoce. Contudo, as produtividades máximas obtidas podem ser consideradas elevadas para as condições do Alto Vale do Itajaí e do Brasil, cujas médias nos últimos anos se situam ao redor de 26,5 t ha⁻¹ (EPAGRI/CEPA, 2017).

Portanto, as variações de produtividades comerciais máximas para densidades populacionais e doses de nitrogênio empregadas por outros au-

tores (RESENDE & COSTA, 2009; RESENDE et al., 2009; GATTO, 2013) estão associadas às condições edafoclimáticas locais, aos cultivares e ao manejo da água adotados.

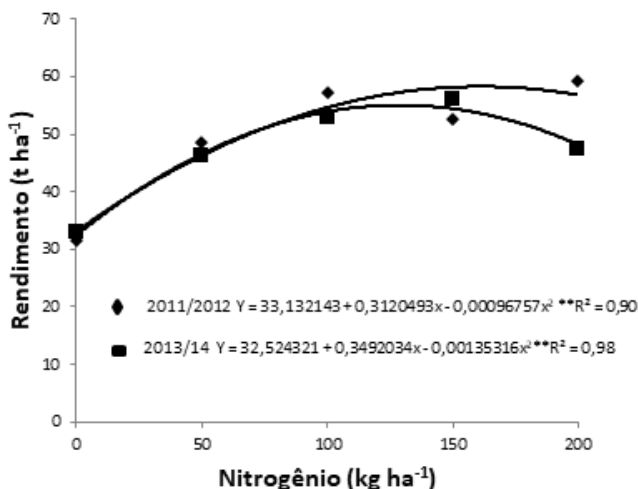


Figura 7. Rendimento de cebola em transplante em sistema plantio direto fertirrigado (na palha) em função da adição de doses crescentes de nitrogênio nas safras 20011/12 e 2013/14

Fonte: Menezes Júnior & Kurtz (2016).

6.2.3.3 Sistema de semeadura direta

No sistema de semeadura direta (semeadura em campo definitivo), as respostas à adição de N são maiores do que para o sistema de transplante. A necessidade de doses maiores de N no sistema de semeadura direta em relação ao sistema de transplante de mudas pode ser atribuída ao maior ciclo que ocorre a campo na semeadura direta, que é de aproximadamente 170 dias; ao passo que no sistema de transplante é de cerca de 120 dias. Além disso, no sistema de semeadura direta geralmente se utilizam populações de plantas maiores do que no sistema de transplante, aumentando assim a exigência por N (MAY et al., 2007).

Segundo Kurtz et al. 2015, o rendimento de bulbos aumentou de forma quadrática para os cultivares Bola Precoce e Crioula com o incremento das doses de N nas três safras avaliadas (Figura 8). Na safra 2012/13, o ren-

dimento médio das duas cultivares passou de 24,7 t ha⁻¹ no tratamento sem adição de N, para 29,0 t ha⁻¹ na dose de máxima eficiência técnica (MET), estimada com a adição de 157 kg ha⁻¹ de N, o que representou um incremento de 17,3 %. Nas safras seguintes de 2013/14 e 2014/15, o rendimento total teve aumento mais expressivo, passando de 23,6 e 19,0 t ha⁻¹ na testemunha sem N, para 43,5 e 35,0 t ha⁻¹ na dose de MET que se situou em 192 e 200 kg ha⁻¹, respectivamente, representando um incremento de 84 % no rendimento em ambas as safras pela adição do nutriente. As quantidades necessárias de N para o máximo rendimento neste estudo foram superiores às aquelas observadas por May et al. (2007) em trabalho realizado no estado de São Paulo, onde os rendimentos máximos de 72,0 t ha⁻¹ e 78,9 t ha⁻¹ foram obtidos com a adição de 125 e 120 kg ha⁻¹ para os híbridos Optima e Superex, respectivamente, em sistema de semeadura direta. Portanto, a necessidade de adição de N deve considerar, entre outros fatores, a localidade, as condições de cultivo e o cultivar.

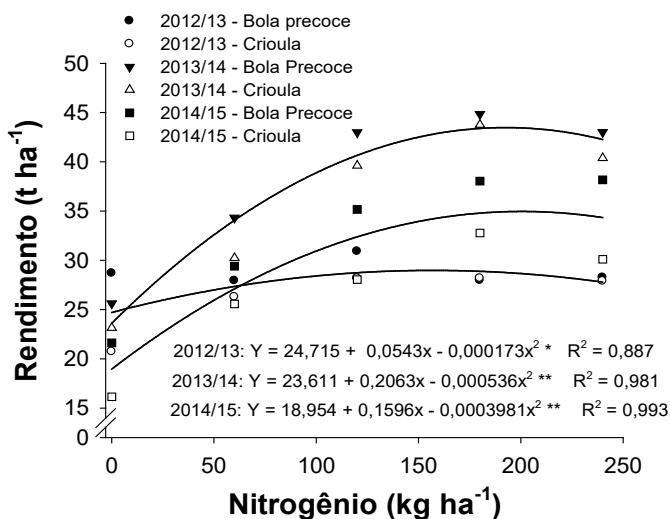


Figura 8. Rendimento de bulbos dos cultivares de cebola Bola Precoce e Crioula nas safras 2012/13, 2013/14 e 2014/15, em função da aplicação de doses crescentes de nitrogênio. *, **: significativo a 5 e 1 %, respectivamente

Fonte: Kurtz et al. (2015).

Considerando a eficiência de uso do N pela cebola nas três safras estudadas, verifica-se que na safra 2013/14 e 2014/15 a eficiência foi bem superior com um incremento de 103,1 e 79,8 kg de bulbos para cada quilo de N adicionado, respectivamente, em relação à safra anterior, quando houve um aumento de apenas 27,3 kg de bulbos para cada quilo de N adicionado. Comparando as diferenças entre as safras e considerando que o experimento foi conduzido na mesma área experimental e com o emprego do mesmo sistema tecnológico de cultivo, as diferenças de rendimento e eficiência de uso de N, ocorreram em função das condições climáticas.

Vidigal (2000) observou que o incremento no rendimento variou de 39,4 a 96,3 kg para cada quilo de N aplicado, dependendo da fonte de N, do sistema de parcelamento e do tipo de solo. Já Resende & Costa (2014) verificaram valores superiores de eficiência de uso do N com um índice de 113,0 kg de bulbos por quilo de N adicionado para o cv. Alfa São Francisco e 143,3 kg de bulbo por quilo de N adicionado para o cv. Alfa Tropical.

6.2.3.4 Perdas pós-colheita

As perdas de bulbos em pós-colheita tendem a aumentar com a adição de N, principalmente em anos mais chuvosos na fase final do ciclo. Kurtz et al. (2012) ao avaliarem as perdas em pós-colheita em função da adição de doses crescentes de N, observaram na safra 2008/09 que as perdas passaram de 19,5 %, na testemunha sem adição de N para um máximo de 34,5 % com a aplicação de 158 kg ha⁻¹ de N. No entanto, os autores não observaram influência do N nas perdas na safra seguinte (2009/10), quando elas atingiram, em média, 20,8 %. Nesta safra, não houve excesso de chuvas no final do ciclo e a adição de N até a dose de 200 kg ha⁻¹ no sistema de transplante não alterou negativamente a armazenagem dos bulbos. Segundo os autores, as diferenças entre as duas safras nas perdas de pós-colheita provavelmente se devem às condições climáticas associadas ao teor de N nas plantas, sobretudo ao excesso de chuvas no final do ciclo da safra 2008/09. Aumentos na perda pós-colheita com o incremento das doses de N também foram obtidos por Singh & Dhankhar (1991).

Por sua vez, Hussaini et al. (2000), ao estudar a influência de diferentes níveis de fertilização nitrogenada e regimes hídricos na produtividade e pós-colheita de bulbos de cebola, não observaram efeitos da adição do nutriente na conservação dos bulbos em doses de até 164 kg ha⁻¹ de N. Em

sistemas fertirrigados Menezes Júnior & Kurtz (2016) observaram que doses crescentes de 0 a 200 kg ha⁻¹ de N não influenciaram as perdas em pós-colheita. Nesse estudo, os autores verificaram perdas em pós-colheita de 17,8 % e 28,8 % nas safras de 2011/12 e 2013/14, respectivamente. No primeiro ano agrícola, quando foram alcançadas as maiores produtividades comerciais (58,3 t ha⁻¹) e menor perda em pós-colheita, a precipitação acumulada do transplante a colheita foi de 853,5 mm, enquanto na segunda safra, em que a produtividade comercial foi de 55,1 t ha⁻¹, a precipitação acumulada foi de apenas 746,6 mm. Da mesma forma, precipitações maiores foram registradas na safra de 2011/12 em outubro, mês anterior à colheita, e no período do mês que antecedeu a colheita, novembro (Figura 9). Isso indica que, além das condições meteorológicas ocorrentes na safra, a forma de aplicação e parcelamento de N influenciam as perdas em pós-colheita, uma vez que em sistemas fertirrigados o nutriente é fornecido semanalmente com base na curva de absorção do cultivar.

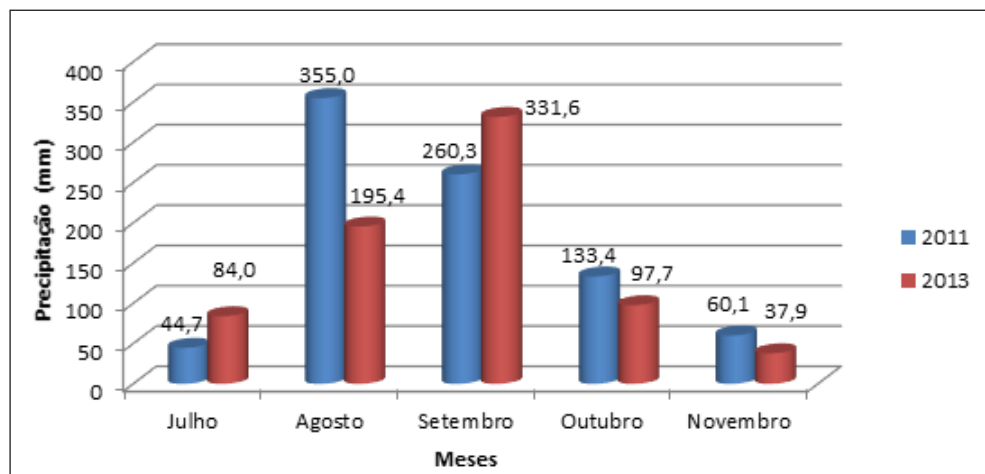


Figura 9. Precipitação mensal nas safras 20011/12 e 2013/14

Fonte: Menezes Júnior & Kurtz (2016).

Segundo Wordell Filho & Boff (2006), o excesso de chuvas, aliado a altas temperaturas, favorece a incidência de doenças bacterianas, que são as principais responsáveis pelo apodrecimento dos bulbos durante o armazenamento. Os autores sugerem o uso de doses mínimas necessárias de N como medida para evitar perdas pós-colheita por bacteriose em cebola. Por isso, em anos com previsão de alta pluviosidade no final do ciclo é prudente

adicionar doses menores de N quando se pretende armazenar a produção, pois os ganhos de produtividade obtidos com a adição de N podem ser inferiores às perdas proporcionadas pelo N durante o armazenamento. Higashikawa & Menezes Júnior (2017) verificaram que o cultivo de cebola em ano com alta pluviosidade as perdas pós-colheita são maiores com o incremento da dose de N, independentemente de a fonte de N ser mineral, orgânica ou organomineral.

6.2.4 Recomendação de nitrogênio para a cebola

Para a recomendação de nitrogênio são usados como referência os teores de matéria orgânica do solo, conforme indicado na Tabela 3.

Tabela 3. Recomendação de nitrogênio com base nos teores de matéria orgânica do solo (Kurtz, 2016).

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N ha ⁻¹
≤ 2,5	120
2,6 – 5,0	100
> 5,0	≤ 80

¹ Para a expectativa de rendimento maior do que 30 t ha⁻¹, acrescentar aos valores da tabela 4 kg de N ha⁻¹ por tonelada adicional de bulbos a serem produzidos.

Adicionar aproximadamente 15 % da dose no plantio e o restante da dose dividir em pelo menos três parcelas de 25, 35 e 25 % da dose em cobertura aos 35, 60 e 85 dias após o transplante (Figura 10).

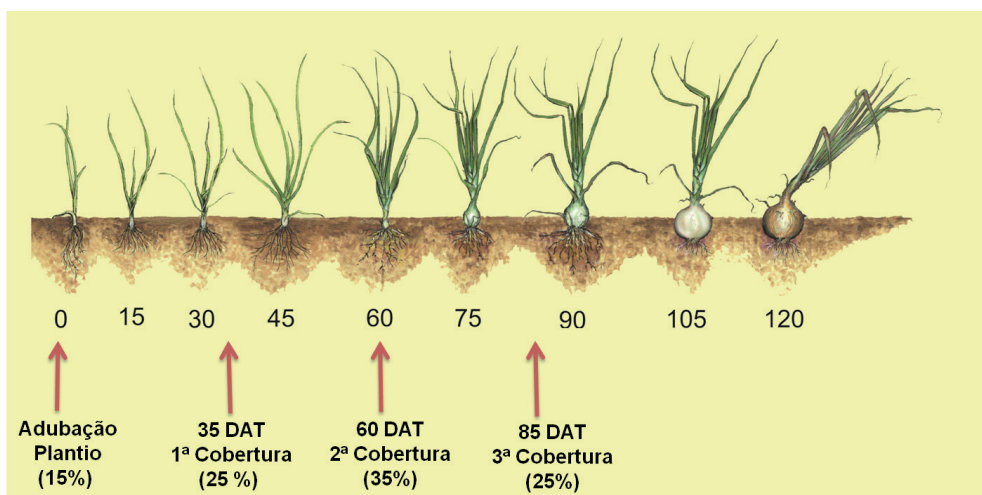


Figura 10. Estádios fenológicos (dias após o transplante - DAT) para a cultura da cebola (cultivares OP – cultivares de polinização aberta) em sistema de transplante e a indicação do momento adequado para realização da adubação de cobertura com nitrogênio.

Para o sistema de semeadura direta (semeadura em área definitiva) acrescentar 20 % para as doses indicadas na Tabela 3, aplicando-se 20 kg ha^{-1} ($\sim 10 \%$) na semeadura e o restante da dose dividir em pelo menos quatro aplicações em cobertura aos 45, 80, 110 e 135 dias após a semeadura (Figura 11).

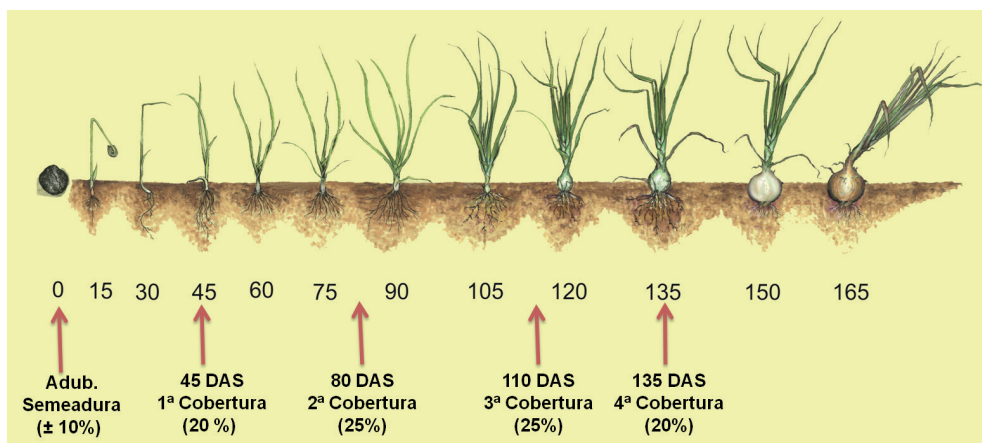


Figura 11. Estádios fenológicos (dias após a semeadura – DAS) para a cultura da cebola (cultivares OP – cultivares de polinização aberta) em sistema de semeadura direta em campo definitivo e a indicação do momento adequado para realização da adubação de cobertura com nitrogênio

No manejo do solo em sistema de plantio direto de hortaliças (na palha) já consolidado ou no caso de armazenamento da produção por período longo, sugere-se reduzir as doses em até 25 % em relação aos valores indicados na Tabela 3. Preferencialmente usar parte da adubação de fontes orgânicas.

Neste sistema de recomendação a adubação nitrogenada busca seguir a curva de absorção de N com parcelamento em maior número de vezes e doses, conforme a demanda da cultura em cada época. O parcelamento do N recomendado anteriormente para ambos os sistemas de cultivo indica um número mínimo de aplicações do N em cobertura, se houver possibilidade de parcelar estas adubações em maior número de vezes, pode ser vantajoso.

6.2.5 Diagnose do estado de N em tempo real (diagnose foliar indireta)

Para obter um sistema de recomendação de adubação mais eficiente, uma das alternativas recentes em avaliação é o uso de métodos de diagnóstico em tempo real usando a planta como indicador. Elaborados em consonância com a agricultura de precisão, esses métodos permitem uma avaliação rápida e em área maior do que realmente é possível com a determinação em laboratório (FONTES, 2011).

O método tradicional de avaliação do estado nutricional conhecido por diagnose foliar é um método oneroso, demorado e que necessita de pessoas qualificadas (VIDIGAL & MOREIRA, 2009; FONTES, 2011). Além disso, segundo Aldrich (1973), citado por Malavolta (2006), especialmente para cultivos anuais, a diagnose foliar é um método que dificilmente permite que técnicos intervenham a tempo de corrigir problemas nutricionais no mesmo ano agrícola. Em geral, por ser usualmente um diagnóstico *post mortem*, os dados só serão úteis para corrigir problemas futuros. As avaliações em tempo real envolvem a medição de nitrato na seiva (N-NO_3^-), clorofila, refletância, entre outros, que geralmente são medidos por meio de equipamentos portáteis ou acoplados a maquinário agrícola. Esses são os mais promissores, por permitirem o ajuste instantâneo na aplicação de N (OLFS et al., 2005).

Nos estudos realizados por Kurtz (2015) em Ituporanga, SC, para a cultura da cebola em sistema de semeadura direta verificou-se boa correlação entre os teores de nitrato na seiva com o índice de clorofila (IC), com o teor de N no tecido foliar e com o rendimento de bulbos indicando a viabilidade de uso dessas ferramentas de diagnose para o manejo do N em cebola (Tabela 4).

Tabela 4. Correlação linear de Pearson entre NO_3^- na seiva, índice de clorofila (IC), N no tecido foliar avaliado no período crítico (132 DAS - 2012/13 e 125 DAS – 2013/14) e rendimento (Bulbos t ha^{-1}) para as cultivares de cebola Bola Precoce (BP) e Crioula (C) implantada no sistema de semeadura direta nas safras de 2012/13 e 2013/14

Data	NO_3^-				IC				N foliar			
	Bulbos t ha^{-1}		IC		Bulbos t ha^{-1}		N foliar		Bulbos t ha^{-1}		N foliar	
	BP	C	BP	C	BP	C	BP	C	BP	C	BP	C
Safr 2012/13												
105 DAS	0,22	0,90	0,74	0,85	0,70*	0,83	0,56*	0,95*	0,75	0,99**		
132 DAS	0,26	0,83*	0,72**	0,58°	0,87**	0,97**	0,24	0,72*	0,67	0,54*	0,15	0,91**
153 DAS	0,15	0,94*	0,91**	0,95**	0,95**	0,97**	0,35	0,83°	0,79*	0,92**		
Safr 2013/14												
85 DAS	0,57°	0,67*	0,81*	0,72**	0,81**	0,78*	0,87**	0,95**	0,97**	0,99**		
105 DAS	0,84**	0,96**	0,48°	0,91**	0,96**	0,99**	0,84*	0,96**	0,64*	0,97**		
125 DAS	0,95**	0,89**	0,83**	0,91	0,97**	0,95**	0,82**	0,74	0,99**	0,82	0,94**	0,98**
145 DAS	0,76**	0,61*	0,93**	0,88**	0,92**	0,73**	0,89**	0,81**	0,92**	0,91**		
160 DAS	0,50	0,52°	0,60	0,61**	0,45	0,67*	0,99**	0,93**	0,95**	0,94**		

°, * e **: r significante ($p < 0.10$, $p < 0.05$ e $p < 0.01$, respectivamente).

Fonte: Kurtz (2015).

6.2.5.1 Nitrato na seiva

A utilização de medidores portáteis de íons específicos para nitrato é vantajosa em relação ao método de análise convencional devido à rapidez e aos baixos custos (FOLEGATTI et al., 2005). A concentração de nitrato na seiva é influenciada pelos fatores responsáveis pela disponibilidade do íon no solo e pelas condições edafoclimáticas e culturais a que a planta está submetida. Portanto, a concentração do nutriente na seiva indica a momentânea quantidade do nutriente em circulação na planta e o atual estado nutricional da planta sendo o nitrato e o potássio os íons mais comuns determinados na seiva do pecíolo (FONTES, 2011). Essa medição é realizada por microeletrodo portátil, um sensor que converte a atividade do íon na seiva em potencial elétrico o qual é medido por um voltímetro. O procedimento é simples e rápido de ser executado (Figura 12).

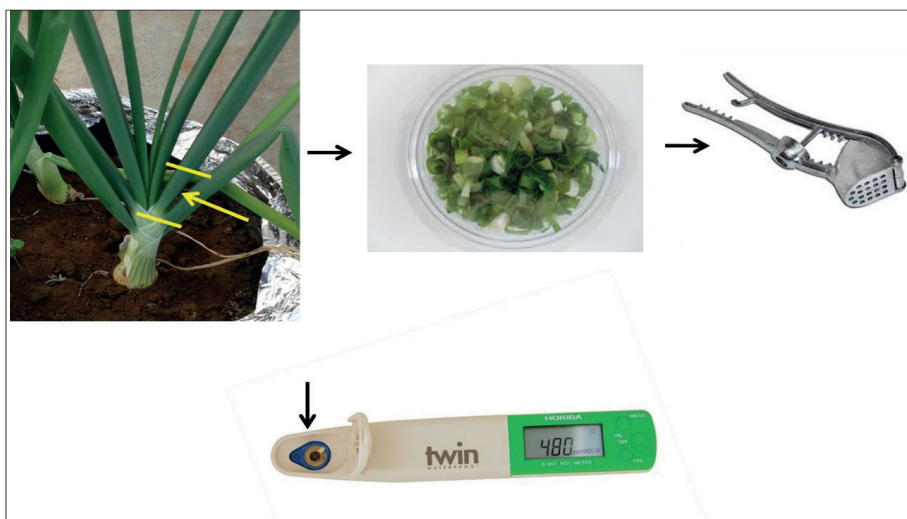


Figura 12. Representação de procedimentos para análise de nitrato na seiva: (A) Parte da folha analisada que corresponde aos 4 cm da base da folha mais jovem totalmente expandida; (B) Folha cortada transversalmente em pedaços de 3 - 4 mm; (C) Espregador de alho usado para extrair a seiva (extrato) foliar para análise; (D) Medidor portátil de NO_3^- marca Horiba, modelo B-743

A análise de nitrato na seiva tem apresentado estreita relação com a concentração de N na folha determinada pelo método tradicional de micro *Kjeldahl*, com a produção da planta (ALCANTAR et al., 2002; ROSOLEM &

MELLIS, 2010; FONTES, 2011; KURTZ, 2015) e com a quantidade de N aplicada durante o ciclo da cultura (ALVA, 2007; KURTZ, 2015). O teste de N-NO_3^- na seiva tem sido proposto como ferramenta auxiliar no manejo da fertilização nitrogenada em hortaliças. O medidor de N-NO_3^- , além de propiciar rapidez de análise, é utilizado no campo e determina com precisão a concentração de N-NO_3^- na seiva no momento da medição.

Assim, a deficiência de N pode ser detectada antes de ocorrer perda na cultura e pode assegurar que o suprimento de N está ótimo para o máximo crescimento e produtividade das plantas (VIDIGAL & MOREIRA, 2009). No entanto, o teor de N-NO_3^- na seiva pode ser usado como um critério no diagnóstico do estado de N na planta para um determinado momento do ciclo da cultura, pois o nitrato tende a diminuir ao longo do ciclo (ERREBHI et al., 1998).

Nos estudos realizados por Kurtz (2015) em Ituporanga, SC, para a cultura da cebola em sistema de semeadura direta, verificou-se que os teores de NO_3^- na seiva apresentaram incremento expressivo em função do acréscimo das doses de N e de maneira geral, não se observaram diferenças entre os cultivares Bola Precoce e Crioula para os valores de nitrato na seiva (Figura 13).

De maneira geral, também se observou que em todas as épocas houve grande amplitude (100 e 900 %) no incremento dos teores de NO_3^- com o aumento das doses de N, passando de 222 para 495 mg L^{-1} , de 353 para 1.920 mg L^{-1} , de 173 para 713 mg L^{-1} e de 82 para 763 mg L^{-1} (cv. Crioula), respectivamente, na sequência das quatro épocas avaliadas. Westerveld et al. (2004), ao avaliarem a relação entre teores de NO_3^- na seiva da folha de cebola e doses de N em solo do Canadá, observaram comportamento geralmente linear e os teores de NO_3^- na seiva variaram de 99 a 1.590 mg kg^{-1} , 86 a 490 mg kg^{-1} e de 61 a 480 mg kg^{-1} na safra 2000 e de 140 a 840 mg kg^{-1} , 430 a 960 mg kg^{-1} e de 220 a 600 mg kg^{-1} na safra 2001, dependendo das doses de N, respectivamente para os estágios de cinco folhas, bulbificação e maturação. De maneira geral, os resultados de pesquisa de diversos autores também demonstraram que os teores de NO_3^- na seiva decresceram com o aumento da idade das plantas.

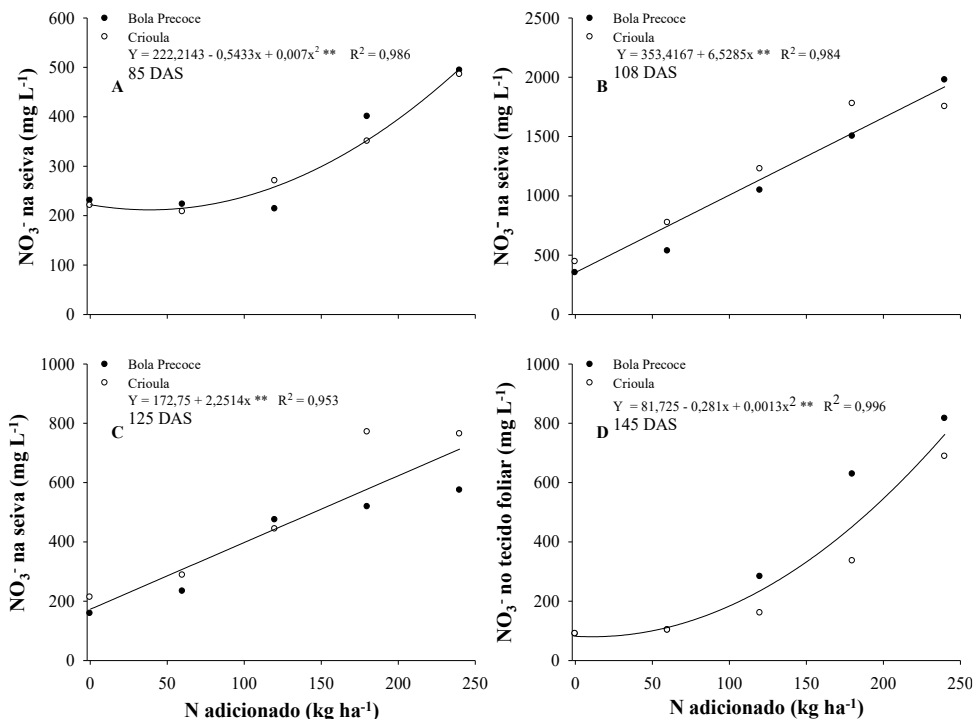


Figura 13. Nitrato na seiva de folhas de cebola dos cultivares Bola Precoce e Crioula em função da adição de doses crescentes de N em quatro épocas (85, 108, 125 e 145 DAS) na safra 2013/14

Fonte: Adaptado de Kurtz et al. (2015).

Para a recomendação de N, baseando-se nos resultados das duas safras estudadas, sugere-se a implantação de área de referência na lavoura com dose elevada de N para o diagnóstico do nível crítico em relação à área geral da lavoura (Figura 14). Em função das variações nos teores de NO_3^- na seiva ao longo da safra e entre safras, este procedimento atenuaria problemas relacionados a essas variações. Nesse caso, quando as leituras de NO_3^- na seiva da folha mais nova totalmente expandida das plantas da lavoura em análise forem iguais ou inferiores a 90 % do valor das leituras obtidas na área de referência (com alta dose de N), recomendar-se-ia a aplicação de N em cobertura.



Figura 14. Representação esquemática da área geral da lavoura (A) e da área de referência com alta disponibilidade de N (B)

Com base nas máximas respostas a N obtidas para cebola em sistema de semeadura direta (KURTZ et al., 2016) para doses de até 194 kg ha^{-1} nas safras 2012/13, 2013/14 e 2014/15 para um rendimento de 45 t ha^{-1} , a quantidade a ser aplicada nas épocas com diagnóstico de necessidade de N seria de 35 kg ha^{-1} em cada cobertura realizada. Desse modo, seriam aplicados 20 kg ha^{-1} na semeadura, 35 kg ha^{-1} aos 45 DAS quando as plantas estiverem com 2 a 3 folhas (neste momento ainda não seria possível avaliar o NO_3^- na seiva pelo reduzido tamanho das folhas) e as outras coberturas nesta mesma quantidade seriam realizadas em até quatro vezes, conforme o diagnóstico de cada época (85, 105, 125, e 145 DAS).

Se o diagnóstico indicar a necessidade de adubação de cobertura em todas as leituras (iguais ou inferiores a 90 % do valor na área de referência), teríamos ao final do ciclo um total de 195 kg ha^{-1} de N adicionados, o que seria a dose de MET nas safras 2013/14 e 2014/15 para um rendimento de aproximadamente 45 t ha^{-1} .

6.2.5.2 Índice de clorofila (IC)

A intensidade do verde das folhas também tem sido utilizada com sucesso em diversos estudos como critério indireto para avaliar o estado de nitrogênio na planta em tempo real, de maneira não destrutiva. Isso devido ao fato de diferentes doses de N proporcionarem diferentes concentrações de clorofila e de tons de verde na folha que determinam a intensidade da radiação absorvida e refletida pelo dossel (FONTES, 2011). Isso ocorre pelo fato de que 70 % do N contido nas folhas está nos cloroplastos, participando da síntese e da estrutura das moléculas de clorofila (MARENCO & LOPES, 2005). Por essa razão, o teor de clorofila na fase vegetativa tem sido relacionado com o estado nutricional de N de diversas culturas (ARGENTA et al.,

2001). Esse método destaca-se recentemente como alternativa para avaliar o estado de N da planta em tempo real pelo fato de haver correlação significativa entre a intensidade da cor verde com o teor de clorofila e com a concentração de N na folha (KURTZ, 2015). Índices de clorofila obtidos em folhas de diversas espécies apresentaram correlação positiva com a suficiência de N, permitindo que a concentração de clorofila seja considerada um índice apropriado para avaliar o estado de N das culturas (GIL et al., 2002; FONTES, 2011; PÔRTO et al., 2011; PÔRTO et al., 2014; KURTZ, 2015).

Tais testes são rápidos, podem ser feitos no campo, permitem o sensoriamento em tempo real do estado nutricional de nitrogênio na planta (FONTES & ARAÚJO, 2007) e podem tornar-se uma alternativa viável para o sistema de produção de cebola. Entretanto, trabalhos acerca do emprego do IC e nitrato na seiva para diagnóstico do estado de N na cultura da cebola em condições de campo são bastante escassos na literatura. Assim, o estabelecimento de um sistema de diagnose do estado do nitrogênio em tempo real para cebola poderá contribuir para otimizar a fertilização nitrogenada para os principais cultivares de cebola do Sul do Brasil.

O conteúdo de clorofila, estimado com o medidor portátil (Figura 15), tem demonstrado correlação positiva com a concentração de N na planta e também com o rendimento de diversas espécies (GIL et al., 2002; FONTES, 2011; PÔRTO et al., 2011; KURTZ, 2015). Desse modo, essa metodologia mostra-se promissora para uso como ferramenta auxiliar para caracterizar de forma indireta a necessidade de adubação nitrogenada. Em hortaliças, o IC tem sido utilizado com sucesso para diagnosticar o estado nitrogenado em alho (BACKES et al., 2008), batata (GIL et al., 2002) tomate (FERREIRA et al., 2006), pimentão (MADEIRA et al., 2011) e pepino (PÔRTO et al., 2014), dentre outras.



Figura 15. Clorofilômetro portátil utilizado nas avaliações na Estação Experimental de Ituporanga, Modelo CFL 1030 ClorofiLOG da marca Falker

6.2.5.2.1 Sistema de semeadura direta

Nos estudos realizados por Kurtz (2015) em Ituporanga, SC, para a cultura da cebola em sistema de semeadura direta, verificou-se nas duas safras (2012/13 e 2013/14) que os cultivares Bola Precoce e Crioula, em todas as quatro épocas avaliadas, um aumento no IC com o incremento das doses de N apresentando alta correlação destas variáveis (Figura 16).

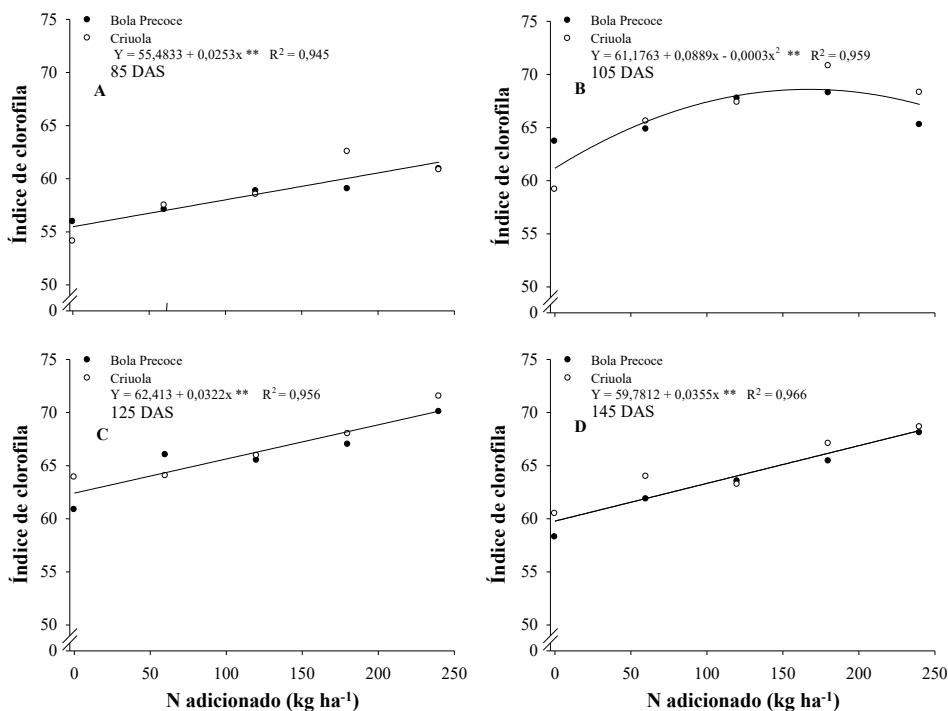


Figura 16. Índice de clorofila (IC) em folhas de cebola dos cultivares Bola Precoce e Crioula em função da adição de doses crescentes de N em quatro épocas na safra 2013/14

Fonte: Adaptado de Kurtz (2015).

Os valores correspondentes aos IC obtidos por Kurtz (2015) apresentam uma baixa amplitude e variabilidade entre anos e épocas de diagnose em comparação aos valores de NO_3^- na seiva, o que permite diagnosticar o estado de N sem a necessidade de área de referência com alta disponibilidade de N como foi indicado para a diagnose através do NO_3^- na seiva.

Para recomendação de N no sistema de semeadura direta com base no índice de clorofila, sugere-se adicionar N em cobertura quando os valores

das leituras do índice de clorofila forem inferiores a 72, usando as épocas diagnósticas conforme recomendação para o nitrato na seiva. Desse modo, seriam aplicados 20 kg ha⁻¹ na semeadura, 35 kg ha⁻¹ aos 45 DAS quando as plantas estiverem com 2 a 3 folhas (neste momento ainda não seria possível avaliar o IC pelo reduzido tamanho das folhas) e as outras coberturas nesta mesma quantidade seriam realizadas em até quatro vezes, conforme o diagnóstico de cada época (85, 105, 125, e 145 DAS), adicionando N sempre que os valores do IC estiverem inferiores a 72.

6.2.5.2.2 Sistema de transplante fertirrigado

No sistema de manejo do solo em plantio direto fertirrigado (na palha) com transplante de mudas Menezes Júnior et al. (2015), com auxílio de um clorofilômetro (Modelo CFL 1030 ClorofiLOG da marca Falker), definiram para o cultivar Bola Precoce parâmetros para indicar suficiência de nitrogênio e períodos de maior relação entre os dados fornecidos pelo equipamento e a produtividade para diferentes populações de plantas (Figura 17).

O estudo, realizado no período de quatro safras (2011/12 a 2014/15), revelou que a dose de 150 kg ha⁻¹ pode ser utilizada como um marco referencial de suficiência (MRS) às densidades populacionais de 300, 400, 500 e 600 mil plantas por hectare, para uma produtividade média de 47 t ha⁻¹, e que as leituras do índice de clorofila para a cultura da cebola devem ser realizadas de 60 a 113 dias após o transplante (DAT). Para o uso desse método, recomenda-se que em cada área homogênea sejam realizadas medições dos índices de clorofila em ziguezague na lavoura e em, no mínimo, 20 plantas de cebola na porção central da primeira folha totalmente expandida e de maior comprimento em dia ensolarado. Na Figura 17, leituras do índice de clorofila (IC) abaixo das curvas de resposta indicam, para o período considerado (dias após o transplante – DAT), insuficiência de nitrogênio e, por consequência, a necessidade de adubação nitrogenada.

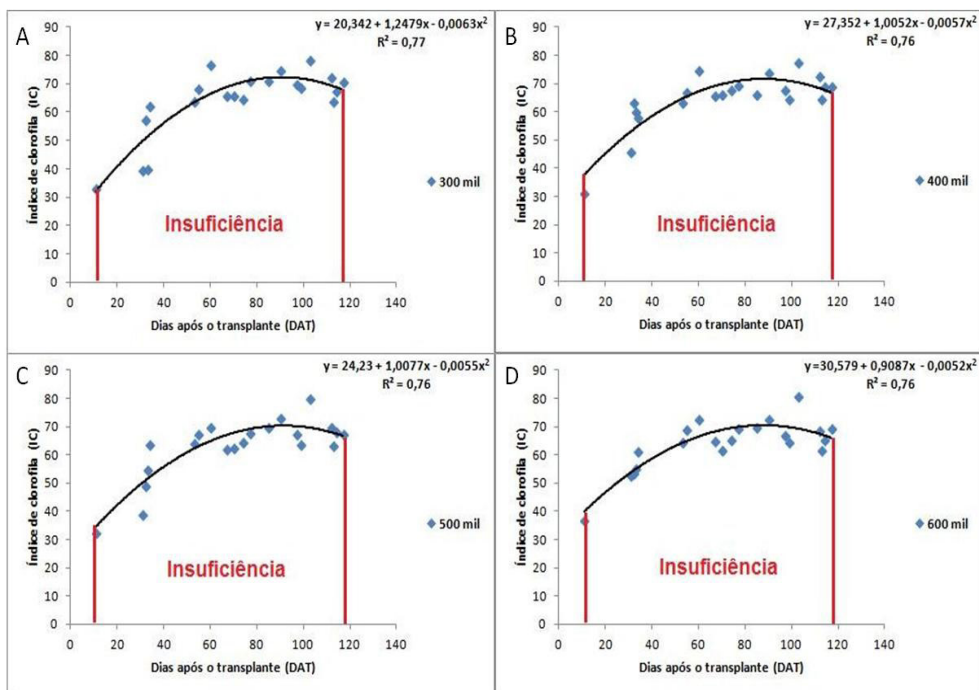


Figura 17. Relação entre o índice de clorofila (IC) e ciclo de cultivo (dias após o transplante) para as densidades populacionais de (A) 300 mil plantas ha^{-1} , (B) 400 mil plantas ha^{-1} , (C) 500 mil plantas ha^{-1} e (D) 600 mil plantas ha^{-1} relativas à produtividade de 47 t ha^{-1} (Marco Referencial de Suficiência = 150 kg de N ha^{-1}), para o estabelecimento de níveis de suficiência de nitrogênio

Fonte: Menezes Júnior et al. (2015).

6.3 Fósforo (P)

6.3.1 Função

O fósforo é parte essencial da estrutura de ésteres de carboidratos, fosfolípidos, coenzimas e ácidos nucleicos (ATP e ADP). Desempenha também um papel fundamental na respiração, seja no desdobramento inicial da glicose, seja no armazenamento, na transferência e utilização da energia gerada no processo (TRANI et al., 2014).

Quando a planta de cebola apresenta deficiência de P, suas folhas mais velhas mostram-se amareladas e secam facilmente (Figura 18). As folhas intermediárias e as mais novas apresentam coloração verde-escura. Quando a disponibilidade é limitada, o crescimento da planta é comprome-

tido afetando diretamente o rendimento do bulbo, além de retardar a maturação. A cultura da cebola é mais suscetível a deficiências desse nutriente do que a maioria das plantas cultivadas, por causa do seu sistema radicular superficial, pouco ramificado e com baixa densidade de pelos radiculares, respondendo muito bem à adição de fertilizantes (ABDISSA et al., 2011).

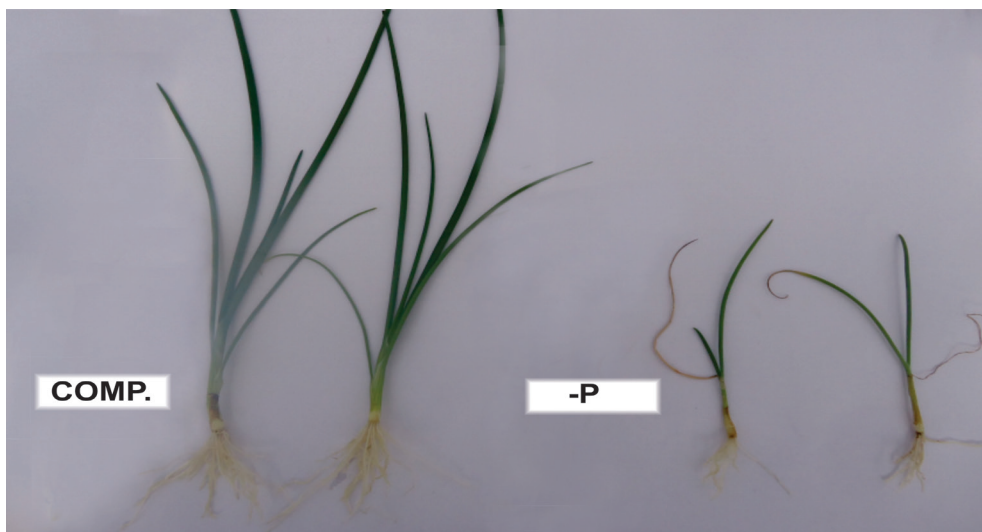


Figura 18. Plantas com solução nutritiva completa e ao lado plantas em solução nutritiva na ausência de P

6.3.2 Absorção de P pela cebola

O fósforo pode ser absorvido pelas raízes nas formas iônicas H_2PO_4^- e HPO_4^{2-} , mas nas faixas de pH que comumente ocorrem no solo, que vão de 4 a 8, predominantemente como H_2PO_4^- . Kurtz et al. (2016), ao avaliarem o acúmulo de P pela cebola, observaram que o P foi o quarto nutriente mais acumulado pela planta de cebola depois de N, K e Ca com acúmulo de $140,13 \text{ mg planta}^{-1}$, totalizando $34,9 \text{ kg ha}^{-1}$ ou $80,3 \text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5 (Figura 19). Dentre os macronutrientes, o P foi o que proporcionalmente teve maior acúmulo no bulbo com 69 % do total, enquanto a parte aérea contribuiu com 31 %. As taxas máximas de acúmulo, considerando a planta toda, ocorreram aos 86 DAT e verificou-se uma taxa de alocação de P para o bulbo elevada no período próximo aos 96 DAT, momento que ocorreu a taxa máxima de alocação do elemento (Figura 19B). Cerca de 83 % do total de P foi acumulado no

período de bulbificação (Tabela 2). Após o início da bulbificação ocorre o decréscimo rápido da taxa de alocação de P para a parte aérea, o que também foi observado por Pôrto et al. (2007). Segundo Araújo & Machado (2006), ocorre intenso processo de redistribuição de P dos tecidos vegetativos para órgãos reprodutivos. Para esses autores, nas culturas de grãos, a proporção entre a quantidade de nutrientes nos grãos e a quantidade de nutrientes na biomassa também é maior para o P do que para os demais macronutrientes, indicando uma redistribuição preferencial de P para os órgãos drenos.

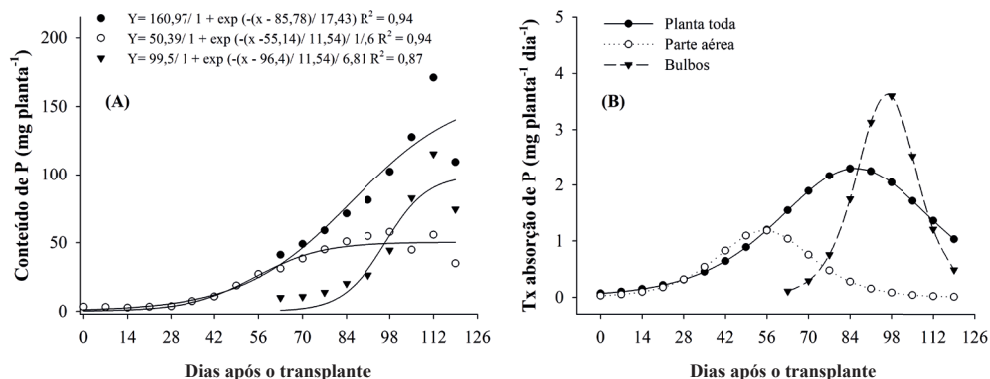


Figura 19. Acúmulo (A) e taxa de absorção diária (B) de fósforo pela cultura da cebola (cultivar Bola Precoce)

Fonte: Kurtz et al. (2016).

6.3.3 Resposta da cebola a adição de P

De maneira geral, a cultura da cebola apresenta uma resposta alta à adição de fósforo quando os teores do elemento são baixos no solo. Normalmente as doses aplicadas de P são semelhantes às de N e K, mas o conteúdo de P nas plantas e a extração são menores que estes nutrientes e semelhantes aos de S, Mg e Ca (BISSANI et al. 2008). Isso ocorre devido à alta fixação de P no solo e a formação de complexos pouco solúveis com Fe e Al em pH baixo e com cálcio em pH alto, além de sua ligação com a superfície de argilominerais, que diminuem, desse modo, a eficiência da adubação fosfatada. Dos nutrientes essenciais às plantas, o fósforo é aquele que mais frequentemente limita o desenvolvimento, pois existe em concentrações muito baixas na solução do solo (com valores normalmente menores do que 0,1 mg L⁻¹), em função de ser adsorvido muito fortemente pelos compostos sólidos minerais do solo (ERNANI, 2016).

A disponibilidade de P no solo sofre influência de vários fatores como a textura e a mineralogia, pH, dose do fertilizante fosfatado, tempo de contato com o solo e competição com outros elementos (ERNANI, 2016). De maneira geral, quanto maior o teor de argila, maior a adsorção do P e menor a sua disponibilidade para as plantas e, quanto maior o tempo que o P permanecer no solo, menor será a sua disponibilidade (WEINGÄRTNER, 2016).

Para Resende et al. (2014), o P tem papel de grande importância na produtividade da cebola: embora seja pequena a exigência da cultura na quantidade absorvida, ela apresenta resposta elevada à adubação fosfatada. Os autores citam, ainda, que entre 30 e 40 % da produtividade das culturas é limitada pela deficiência do P.

Por ser um nutriente de pouca mobilidade no solo e considerando que o sistema radicular da cebola é do tipo fasciculado, com raízes bastante superficiais, raramente ramificadas e sem pelos radiculares, exige-se quantidades P elevadas para compensar a baixa exploração do solo pelas raízes (LEE, 2010). Segundo Costa et al. (2008), a cebola apresenta um sistema radicular limitado se comparado com outras plantas. As raízes de cebola podem alcançar a profundidade de 60 cm e lateralmente até 65 cm. Porém isso ocorre em solos bem estruturados, com boa aeração e onde não existem impedimentos físicos, o que não condiz com a situação da maioria dos solos sob cultivo de hortaliças nas regiões de cultivo de Santa Catarina (WEINGÄRTNER, 2016).

O fósforo está diretamente relacionado ao tamanho dos bulbos e à obtenção de bulbos maiores. Além de aumentar o rendimento, também aumenta a lucratividade, pois bulbos com diâmetro inferior a 50 mm apresentam menor valor de mercado. Os bulbos de massa média, ao redor de 150 g (Cx3, DT > 50 e < 70 mm), são os preferidos comercialmente. Bulbos de tamanho muito grande devem ser evitados, pois, além de terem menor aceitação comercial, são mais suscetíveis ao apodrecimento (KURTZ et al., 2012; MENEZES JÚNIOR & KURTZ, 2016).

Em experimentos conduzidos em Ituporanga em um solo Cambissolo Húmico, verificou-se uma alta resposta da cebola para a adubação fosfatada (superfosfato triplo) em área com baixo teor de P (4 mg dm^{-3} - extrator Mehlich-1). Na média de três safras, as respostas foram lineares com aumento de 56 % na produtividade na maior dose avaliada de 400 kg ha^{-1} de P_2O_5 em relação à testemunha, sem adição de P (Figura 20).

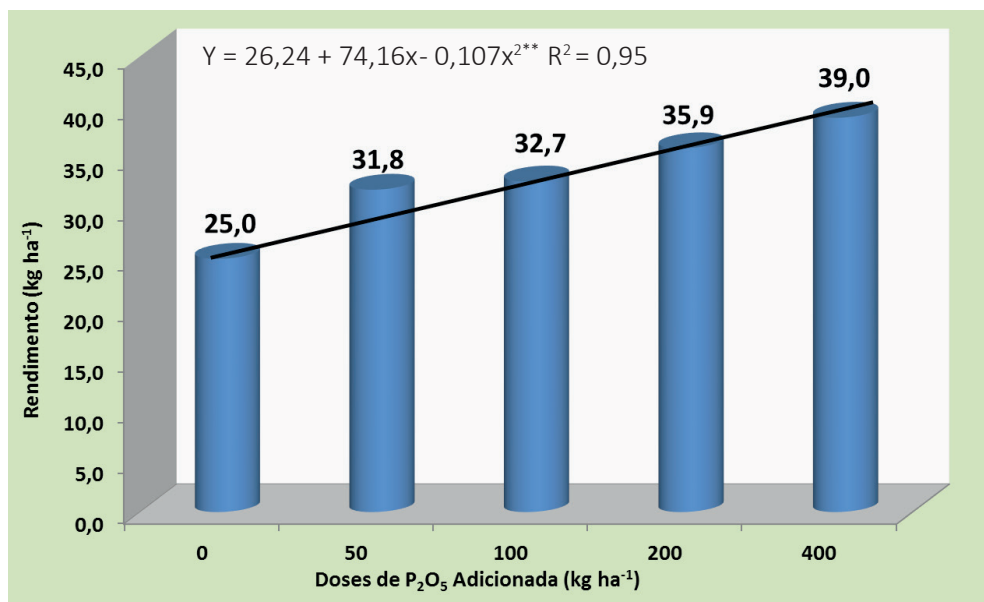


Figura 20. Rendimento de bulbos de cebola em função da adição de doses crescentes de fósforo em solo com baixo teor (4 mg dm⁻³ - extrator Mehlich-1). Média de 3 safras (2010/11, 2011/12 e 2012/13) – Ituporanga, SC

Fonte: Kurtz (2014 dados não publicados).

Em outro trabalho realizado por Weingärtner (2016), em Ituporanga, no mesmo tipo de solo com teor baixo de P (6,9 mg dm⁻³ - extrator Mehlich-1), observou-se também um aumento linear com acréscimo de 23 % no rendimento de bulbos na dose máxima estudada de 480 kg ha⁻¹ (Figura 21).

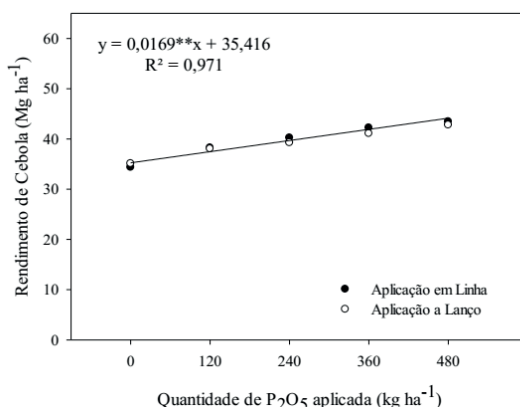


Figura 21. Rendimento de cebola em resposta a doses crescentes de P₂O₅ aplicadas na linha de plantio ou a lanço incorporado

Fonte: Weingärtner (2016).

Para teores altos de P no solo (20 e 32 mg dm⁻³ - extrator Mehlich-1) não houve resposta para a adição de P em experimentos conduzidos por duas safras em Ituporanga num solo Cambissolo Húmico (Figura 22). Desse modo, quando os teores de P no solo são altos ou muito altos, as doses de P indicadas pelas tabelas de recomendação são relativamente baixas em comparação aos solos pobres em P, mesmo para a obtenção de altos rendimentos, pois elas visam atender à extração pela cultura somada às possíveis perdas por fixação em argilominerais e outras reações no solo anteriormente mencionadas.

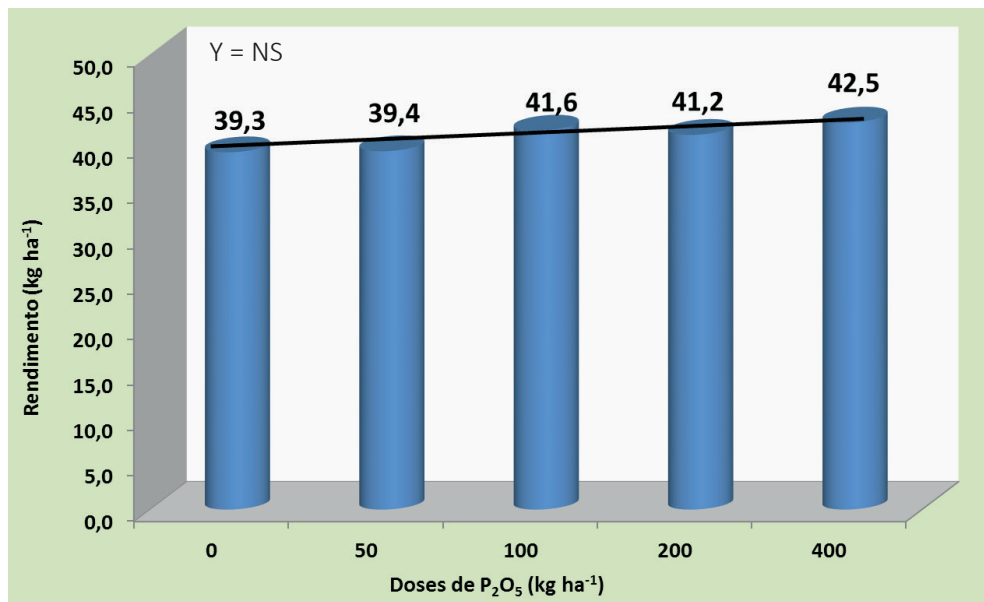


Figura 22. Rendimento de bulbos de cebola em função da adição de doses crescentes de fósforo e solo com teor alto de P (20 e 32 mg dm⁻³ - extrator Mehlich-1). Média de 2 safras (2009/10, 2011/12) – Ituporanga, SC

Fonte: Kurtz (2014 dados não publicados).

Para a cultura da cebola são utilizados em geral como fontes solúveis de P o superfosfato triplo, o superfosfato simples, adubos formulados e em menor intensidade o fosfato monoamônio (MAP) e o fosfato diamônio (DAP). Todas essas fontes, de forma geral, não diferem na resposta pelas plantas. No entanto, quando se analisa somente o P como nutriente na fórmula, deve-se optar pela fonte mais barata ou aquela que atenda também à necessidade de outros nutrientes como o nitrogênio no caso do MAP, do DAP e de adubos formulados, além do enxofre em que o superfosfato simples é uma fonte importante.

Além das fontes solúveis, podem ser usados os fosfatos parcialmente acidulados como o termofosfato e os fosfatos naturais reativos que podem se constituir como boas fontes deste nutriente com respostas semelhantes aos fosfatos solúveis.

6.3.4 Recomendação de fósforo para a cebola

Para a recomendação do fósforo para a cultura da cebola com base na análise de solo é necessário a interpretação do teor de P no solo conforme a Tabela 5 e indicação das doses segundo a Tabela 6.

Tabela 5. Interpretação do teor de fósforo no solo extraído pelo método Mehlich-1, conforme o teor de argila para a cultura da cebola (Grupo 2) (CQFS - RS/SC, 2016).

Classe de disponibilidade	Classe de teor de argila ^(1,2)			
	1	2	3	4
	mg de P dm ³			
Muito baixo	≤ 3,0	≤ 4,0	≤ 6,0	≤ 10,0
Baixo	3,1 – 6,0	4,1 – 8,0	6,1 – 12,0	10,0 – 20,0
Médio	6,1 – 9,0	8,1 – 12,0	12,1 – 18,0	20,1 – 30,0
Alto	9,1 – 12,0	12,1 – 24,0	18,1 – 36,0	30,1 – 60,0
Muito alto	> 12,0	> 24,0	> 36,0	> 60,0

⁽¹⁾ Teores de argila: classe 1 = > 60%; classe 2 = 60 a 41%; classe 3 = 40 a 21%; classe 4 = 20%.

⁽²⁾ Caso a análise tenha sido feita por Mehlich-3, transformar previamente os teores em “equivalentes Mehlich-1”, conforme equação $PM1 = PM3 / (2 - (0,02 \times \text{argila}))$.

Tabela 6. Recomendação de dose de P₂O₅ a ser adicionada para a cultura da cebola (CQFS- RS/SC, 2016).

Interpretação do teor de P no solo	Fósforo
	Kg de P ₂ O ₅ ha ⁻¹
Muito baixo	280
Baixo	200
Médio	160
Alto	120
Muito alto	≤80

Para a expectativa de rendimento maior do que 30 t ha^{-1} , acrescentar aos valores da tabela acima, 3 kg de P_2O_5 por tonelada adicional de bulbos a serem produzidos. Caso os teores de P no solo forem três vezes maiores do que o teor crítico (nível superior da interpretação de teor médio), não se recomenda adicionar fósforo.

6.3.5 Modo de aplicação de fósforo

Com relação ao modo de aplicação do fósforo, os fertilizantes são geralmente aplicados em locais próximos às plantas na linha ou a lanço em área total. O melhor modo de aplicação depende da cultura que está sendo adubada, das características físicas e químicas do solo e do fertilizante utilizado. Para os adubos fosfatados, devido a sua reação de adsorção no solo, em particular em solos argilosos, a maneira mais adequada para a aplicação deste nutriente em culturas anuais é concentrada na linha de semeadura, posicionando o adubo abaixo e ao lado da linha de distribuição das sementes (CERETTA et al., 2007). Para a cultura da cebola, segundo Weingärtner (2016), não há diferença significativa para rendimento de bulbos, entre as aplicações na linha de plantio ou a lanço incorporado (Figura 21).

Como regra geral, o modo de aplicação dos fertilizantes fosfatados depende dos níveis de fósforo na análise do solo. Quando os teores de fósforo se apresentarem em níveis:

- Muito baixo, baixo ou médio: As doses de fósforo incluem a correção mais a manutenção da cultura. Neste caso, a maior parte do fertilizante fosfatado pode ser aplicado a lanço e incorporado e parte aplicar na linha de plantio/semeadura em doses até a faixa de 100 a 120 kg ha^{-1} de P_2O_5 , de acordo com a necessidade indicada pela análise;
- Alto e muito alto: não há a necessidade de correção com fósforo e pode se fazer uso de toda adubação de manutenção no sulco de semeadura, a lanço incorporado ou em superfície antes da semeadura/plantio no sistema de plantio direto.

Quando os teores de fósforo se encontram em níveis altos no solo, tem-se maior flexibilidade com relação ao modo de aplicação dos fertilizantes fosfatados, pois mesmo realizando toda a adubação de manutenção a lanço em superfície, não há comprometimento do potencial produtivo. A

alternativa de adubação de manutenção com fósforo a longo sem incorporação em sua totalidade não pode ser expandida para solos com teores médios ou baixos de fósforo, pois nesta condição há perda de rendimento.

6.4 Potássio (K)

6.4.1 Função

O potássio atua nos processos osmóticos, na abertura e fechamento estomático, na permeabilidade das membranas, na síntese de proteínas, como ativador enzimático, no crescimento meristemático, na fotossíntese, no transporte e no armazenamento de carboidratos (MARSCHNER, 2012) e possui grande importância na qualidade dos produtos.

Sua deficiência se caracteriza pelo murchamento das folhas; as mais velhas apresentam coloração amarelada, progredindo para o secamento das pontas, reduzindo também o desenvolvimento dos bulbos (TRANI et al., 2014) (Figura 23).

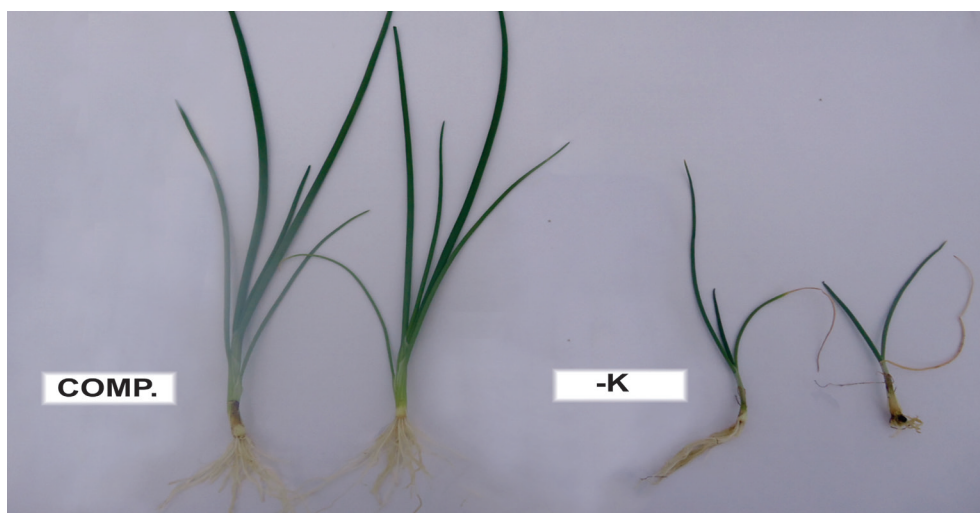


Figura 23. À esquerda plantas com solução nutritiva completa e ao lado plantas (direita) em solução nutritiva na ausência de K

6.4.2 Absorção de K pela cebola

O potássio é absorvido pelas raízes na forma iônica K^+ . Segundo trabalho realizado em Ituporanga com o cultivar Bola Precoce (KURTZ et al., 2016) o K foi o segundo nutriente em quantidade acumulada pela cebola, totalizando $345,9 \text{ mg planta}^{-1}$ ou $86,5 \text{ kg ha}^{-1}$ (104 kg ha^{-1} de K_2O), sendo superado apenas pelo N (Figura 24). Resultados estes semelhantes aos de May et al. (2008), Santos (2007) e Menezes Júnior et al. (2014).

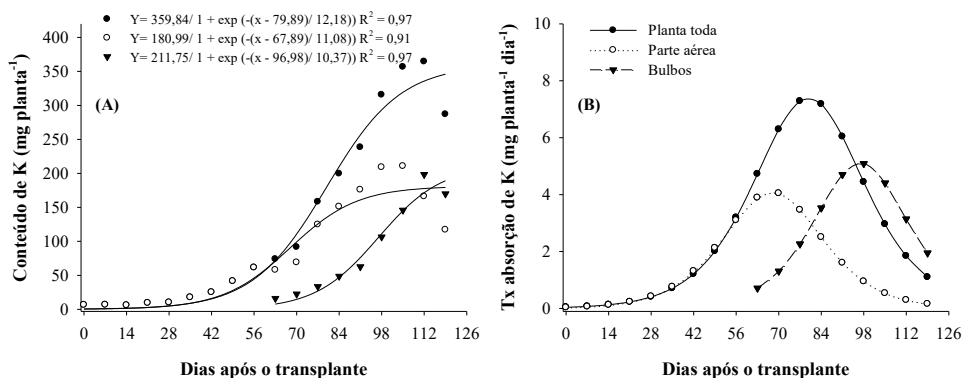


Figura 24. Acúmulo (A) e taxa de absorção diária (B) de potássio pela cultura da cebola (cultivar Bola Precoce)

Fonte: Kurtz et al. (2016).

Ao final do ciclo da cultura, 53 % ($182,7 \text{ mg planta}^{-1}$) do K foi acumulado nos bulbos (Tabela 2). O acúmulo de K pela planta, no período de bulbificação, foi de aproximadamente 87 % do total acumulado nesta fase. A taxa máxima de acúmulo pela planta foi aos 80 DAT com $7,38 \text{ mg planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, o equivalente a $1,84 \text{ kg dia}^{-1}$ de K (Figura 24B).

O potássio presente nas plantas desempenha um importante papel na regulação do potencial osmótico celular e, por consequência, na abertura e fechamento estomático (TAIZ & ZEIGER, 2009). Esse primeiro processo provavelmente explica a grande demanda de K na bulbificação, quando promove a redução do potencial osmótico favorecendo a entrada de água e de fotoassimilados, o que contribui para o enchimento dos bulbos.

Considerando a prática da adubação, onde se expressa a quantidade de K a ser aplicada em K_2O , é necessária uma disponibilidade de aproximadamente $2,21 \text{ kg}$ por dia de K_2O no pico de absorção deste nutriente. Esse

valor é semelhante ao do N, que demandou $1,71 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ no período de maior demanda (73 DAT). Esses dados são importantes orientadores para definição da época de aplicação desses nutrientes para a cebola, uma vez que apresentam mobilidade, principalmente em solos arenosos ou de baixa CTC (SANGOI et al., 2003; CANTARELLA, 2007; ERNANI et al., 2007) e, se aplicados muito antes dessa data, podem não atender à demanda da planta. Considerando o início da bulbificação aos 60 DAT, ou seja, 13 e 20 dias antes da maior taxa de acúmulo de N (73 DAT) e K (80 DAT), respectivamente, essa seria a fase (60 DAT) da cultura sugerida para aplicação de adubações de cobertura com esses nutrientes.

6.4.3 Resposta da cebola a adição de K

Apesar de a cebola extrair grandes quantidades de potássio, as respostas da cultura à adição desse nutriente são em geral limitadas, ao contrário do que ocorre com o nitrogênio (BREWSTER, 2008). Filgueira (2008) relata que em cebola são raros os resultados com efeito positivo no rendimento para esse nutriente. Araújo & Costa (1975) não observaram influência do potássio nas doses de 0 a 90 kg ha^{-1} de K_2O sobre a produtividade de cebola em solos de cerrado do Distrito Federal e da mesma forma, Pande & Mundra (1971), utilizando até $89,6 \text{ kg ha}^{-1}$ de K_2O . Laughlin (1990) também não registrou efeito do K sobre a qualidade de bulbos, apenas observou produtividade 50 % superior no tratamento com a aplicação de 50 kg ha^{-1} de nitrato de amônio, em solos com 250 mg dm^{-3} de K (variando teores no solo de 180 a 260 mg dm^{-3} de K).

May (2006), ao avaliar diferentes doses de N e K para híbridos de cebola no estado de São Paulo, verificou que a produtividade máxima poderia ser alcançada com a aplicação combinada de 125 kg ha^{-1} de N e 103 kg ha^{-1} de K_2O para o híbrido 'Óptima' para um rendimento de $72,02 \text{ t ha}^{-1}$. Já para o híbrido 'Superex' seria necessário a aplicação de 100 kg ha^{-1} de N e 62 kg ha^{-1} de K_2O para obter $72,83 \text{ t ha}^{-1}$ de bulbos. Marcolini et al. (2005), trabalhando com diferentes doses de N e K_2O na cultura da cebola em semeadura direta em São Paulo, obtiveram máxima produtividade de cebola, de aproximadamente $89,5 \text{ t ha}^{-1}$, nas doses de 180 kg e 160 kg de N e K_2O , respectivamente. Também no estado de São Paulo, Factor et al. (2011) obtiveram a maior produtividade total de bulbos (103 t ha^{-1}) com adubação de 189 kg ha^{-1} K_2O , respectivamente. Para Cecílio Filho et al. (2010) a maior produtividade

(89,5 t ha⁻¹) foi alcançada com 150 kg ha⁻¹ de N e 150 kg ha⁻¹ de K₂O. Segundo Resende & Costa (2009) o potássio também tem grande importância na conservação pós-colheita de bulbos de cebola.

Brewster (2008) relata que a maioria das recomendações de aplicação de K em cebola sugerem valores entre 50 a 250 kg ha⁻¹, apresentando resultados bastante variáveis em função da fertilidade do solo cultivado.

Em experimentos conduzidos em Ituporanga em um Cambissolo Húmico verificou-se uma resposta baixa da cebola para a adubação potássica, mesmo em solo com baixo teor de K (55 mg dm⁻³). Em três safras avaliadas, as respostas não foram significativas para o rendimento nas duas primeiras, havendo resposta significativa na terceira safra avaliada (2010/11 - $y = n.s.$; 2011/12 - $y = n.s.$; 2013/14 - $y = 24,92 + 28,90x - 0,054x^2$ $R^2 = 0,78$), com um incremento de 14 % no rendimento para doses a partir de 50 kg ha⁻¹ (Figura 25).

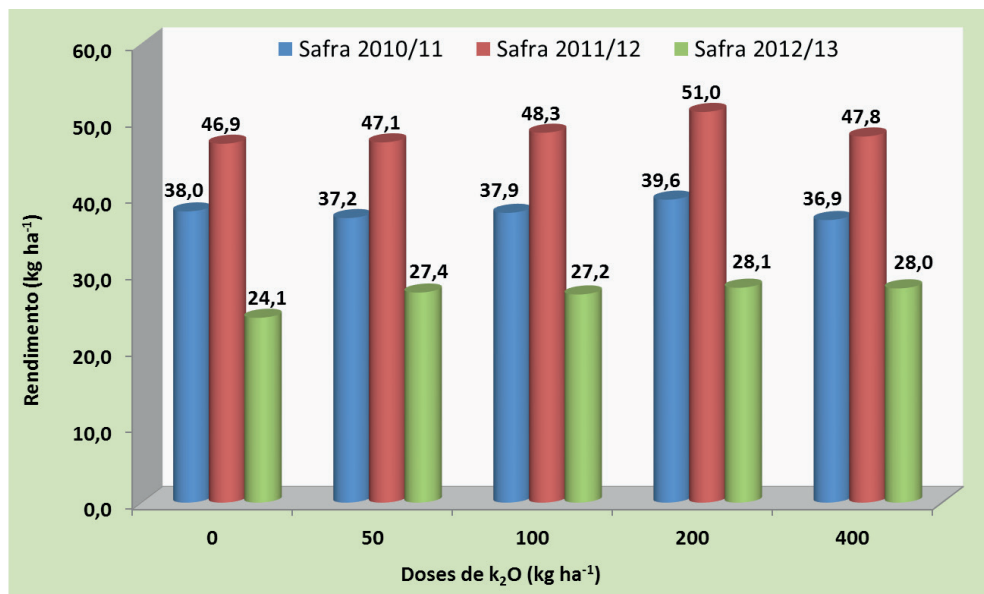


Figura 25. Rendimento de bulbos de cebola em função da adição de doses crescentes de potássio em solo com baixo teor de K (55 mg dm⁻³). Média de 3 safras (2010/11, 2011/12 e 2012/13) – Ituporanga, SC

Fonte: Kurtz (2014, dados não publicados).

No experimento conduzido em Ituporanga em Cambissolo Húmico (KURTZ, 2014, dados não publicados), a cebola não apresentou resposta para a adição de K (Figura 26) em função do teor alto de K no solo (170 mg dm^{-3}). Desse modo, quando os teores de K no solo são altos ou muito altos, as doses de K indicadas pelas tabelas de recomendação são relativamente baixas, pois visam atender a extração da cultura somada às possíveis perdas, mesmo para a obtenção de altas produtividades.

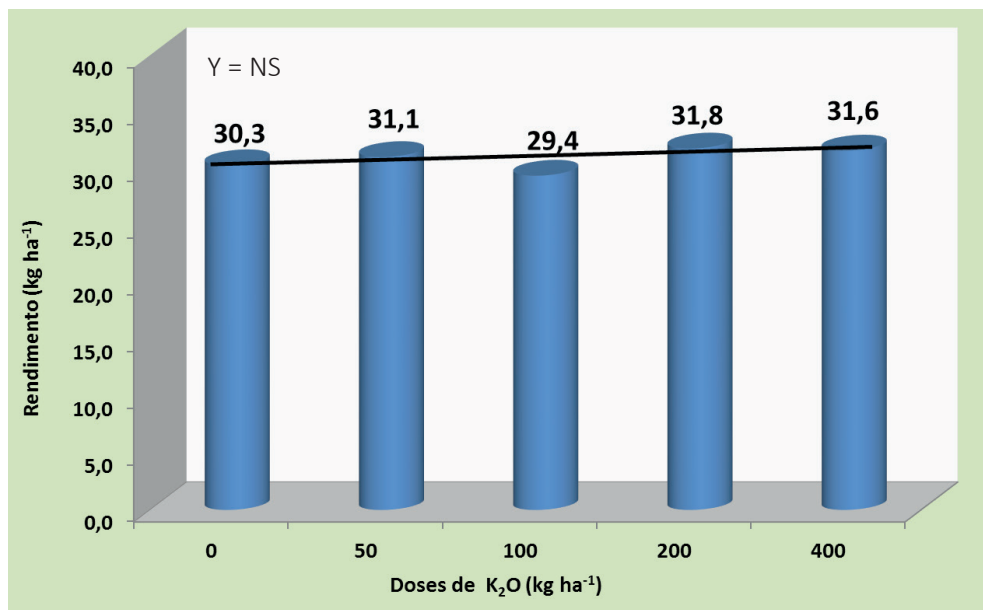


Figura 26. Rendimento de bulbos de cebola em função da adição de doses crescentes de potássio em solo com teor alto de K (170 mg dm^{-3}). Safra 2009/10 – Ituporanga, SC

Fonte: Kurtz (2014, dados não publicados)

6.4.4 Recomendação de potássio para cebola

Para a recomendação do potássio na cultura da cebola com base na análise de solo é necessária a interpretação do teor de K no solo conforme a Tabela 7 e a indicação das doses segundo a Tabela 8.

Tabela 7. Interpretação do teor de potássio no solo extraído pelo método Mehlich-1, conforme CTC do solo para a cultura da cebola (Grupo 2) (CQFS - RS/SC, 2016).

Classe de disponibilidade	Classe de teor de argila ^(1,2)			
	1	2	3	4
	mg de P dm ³			
Muito baixo	≤ 3,0	≤ 4,0	≤ 6,0	≤ 10,0
Baixo	3,1 – 6,0	4,1 – 8,0	6,1 – 12,0	10,0 – 20,0
Médio	6,1 – 9,0	8,1 – 12,0	12,1 – 18,0	20,1 – 30,0
Alto	9,1 – 12,0	12,1 – 24,0	18,1 – 36,0	30,1 – 60,0
Muito alto	> 12,0	> 24,0	> 36,0	> 60,0

⁽¹⁾ Caso a análise tenha sido feita por Mehlich-3, transformar previamente os teores em “equivalentes Mehlich-1”, conforme equação $KM1 = KM3 \times 0,83$.

Tabela 8. Recomendação de dose de K₂O a ser adicionado para a cultura da cebola (CQFS - RS/SC, 2016).

Interpretação do teor de K no solo	Potássio
	Kg de P ₂ O ₅ ha ⁻¹
Muito baixo	210
Baixo	150
Médio	120
Alto	90
Muito alto	≤ 60

Para a expectativa de rendimento maior do que 30 t ha⁻¹, acrescentar aos valores da tabela acima 3 kg de K₂O por tonelada adicional de bulbos a serem produzidos. Caso os teores de K no solo forem três vezes maiores do que o teor crítico (nível superior da interpretação de teor médio), não se recomenda adicionar potássio.

6.4.5 Modo de aplicação de potássio

O fertilizante potássico de manutenção pode ser aplicado antes da semeadura a lanço ou no sulco de semeadura/plantio desde que o fertilizante seja afastado a uma distância mínima de 5 cm das sementes ou mudas. Não é recomendável a adição de doses superiores a 60 kg ha⁻¹ de K₂O na linha de semeadura ou transplante. Para doses médias e altas, aplicar parte do K (50 %) a lanço no transplante/semeadura e o restante em cobertura juntamente com o N aos 60 e 85 dias após o transplante ou aos 110 e 140 dias após a semeadura direta em campo definitivo.

Quando a análise do solo indicar níveis baixos é recomendada a correção. Nesse caso a aplicação do fertilizante pode ser realizada a lanço e incorporada com grade juntamente com a adubação fosfatada. Quando a análise indicar teores altos de K, não há necessidade de correção e faz-se apenas adubação de manutenção conforme indicado anteriormente.

6.5 Cálcio (Ca)

6.5.1 Função

O cálcio é componente dos pectatos que são constituintes da parede celular. Participa da estrutura e funcionamento de membranas, absorção iônica e ativação enzimática. Por ser um elemento imóvel no floema, não ocorre sua redistribuição na planta (FAQUIN, 2005; MALAVOLTA, 2006).

Em plantas com deficiência de Ca, as folhas novas, de aspecto aparentemente normal, tombam repentinamente sem se fraturarem e após alguns dias secam do ápice até a base (Figura 27). Com o progredir da carência, o fenômeno se repete nas folhas intermediárias e nas mais velhas (MENDES et al., 2008).



Figura 27. À esquerda plantas com solução nutritiva completa e à direita plantas em solução nutritiva na ausência de Ca, apresentando deficiência com necrose das folhas mais novas

6.5.2 Absorção de Ca pela cebola

O cálcio pode ser absorvido pelas raízes como íon Ca^{2+} ou, em menor quantidade, na forma de cálcio quelatizado. Conforme trabalho realizado por Kurtz et al. (2016), o Ca foi o terceiro nutriente mais absorvido pela cebola, com uma quantidade acumulada de $186,5 \text{ mg planta}^{-1}$ ou $46,6 \text{ kg ha}^{-1}$ ao final do ciclo (Figura 28 A). Verificou-se que o Ca se comportou de modo diferente em relação aos demais macronutrientes por acumular 58 % do total na parte aérea e apenas 42 % no bulbo (Tabela 2). Resultados semelhantes foram verificados por Vidigal et al. (2010a), que observaram o acúmulo de 55 % e 45 % para parte aérea e bulbos, respectivamente. Esse comportamento é, portanto, resultado da redistribuição praticamente nula do nutriente na planta (HAWKE-SFORD et al., 2012).

Outro fator que pode ter contribuído para essa diferença nas quantidades de Ca na parte aérea e bulbo é a competição com o K (ANDRIOLO et

al., 2010). O maior fluxo de potássio para o bulbo pode restringir a presença de cálcio nesse órgão. Com relação à dinâmica de acúmulo, observou-se que a taxa máxima foi aos 78 DAT para a planta toda e aos 116 DAT para o bulbo (Figura 28 B). Assim, verifica-se maior demanda de Ca para o bulbo no fim do ciclo, demonstrada pela absorção de 79,4 % do Ca total no período de bulbificação.

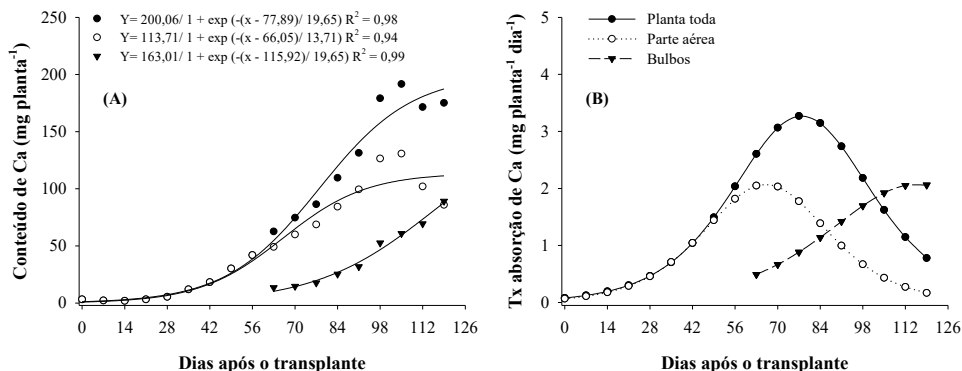


Figura 28. Acúmulo (A) e taxa de absorção diária (B) de Ca pela cultura da cebola (cultivar Bola Precoce)

Fonte: Kurtz et al. (2016).

6.5.3 Resposta da cebola a adição de Ca

Sintomas de deficiência de cálcio são raramente observados no campo, sendo evidentes apenas em certas famílias de plantas (espécies frutíferas, solanáceas, cucurbitáceas, etc.) devido às características de transporte desse nutriente. A principal função do Ca nas plantas é a manutenção da integridade da membrana plasmática (PAVAN, 1986), o que pode contribuir para uma melhor conservação dos bulbos de cebola. Segundo Lopes et al. (1991), o teor de Ca no solo necessário para o ótimo desenvolvimento de plantas depende da sua relação com os demais cátions. Sendo assim, uma das hipóteses levantadas é de que em solos com elevados teores de K, poderá haver resposta à aplicação de Ca, mesmo que os teores isolados de Ca no solo não sejam limitantes. No entanto, em experimento realizado por Kurtz et al. (2007) para avaliar a resposta da cultura da cebola a adição de cálcio via solo, verificou-se que as adições deste nutriente não apresentaram incremento no rendimento e no peso médio de bulbos nas duas safras avaliadas

(Tabela 9). Neste trabalho, no solo, foram adicionadas doses que variaram de 0 a 936 kg ha⁻¹ de Ca na forma de gesso agrícola (sulfato de cálcio); via foliar, foram feitas seis aplicações de cloreto de cálcio na concentração de 0,6 %, e nenhuma dessas formas de aplicação aumentou o rendimento de bulbos bem como a conservação pós-colheita. Uma das explicações para a ausência de resposta à adição de Ca pode ser atribuída ao alto teor do nutriente originalmente presente neste solo (6,7 cmol_c dm⁻³). Desta forma, a hipótese de que solos com elevados teores de K (240 mg dm⁻³ teor de K no solo avaliado), como o do presente estudo, apresentariam resposta à aplicação de Ca, não foi confirmada neste estudo.

Tabela 9. Rendimento médio de bulbos de cebola (cultivar Bola Precoce) em função da adição de cálcio via solo e foliar

Dose cálcio (kg ha ⁻¹)	Rendimento (t ha ⁻¹)	
	Safra 2006/07	Safra 2008/09
0	23,45 n.s.	35,98 n.s.
234	22,78	34,66
468	22,20	36,97
936	21,37	34,27
Foliar *	21,88	36,23

* Pulverização foliar totalizando 6 aplicações na concentração de 0,6 % na forma de cloreto de cálcio e via solo usando como fonte o sulfato de cálcio. n.s. = não significativo pelo teste de F a 5 % de probabilidade.

Fonte: Adaptado de Kurtz et al. (2007).

6.5.4 Recomendação de cálcio para cebola

De maneira geral os solos catarinenses corrigidos para elevar o pH do solo para valores iguais ou superiores ao pH 5,5 apresentam teores de Ca alto no solo e suficientes para altas produtividades e qualidade dos bulbos de cebola. Desse modo, se os demais cátions não estiverem desequilibrados no solo e os teores de Ca situarem-se acima de 4,0 cmol_c dm⁻³, não há necessidade de aplicações adicionais desse nutriente via solo ou foliar para a cultura da cebola.

6.6 Magnésio (Mg)

6.6.1 Função

O magnésio está presente na molécula de clorofila, sendo importante ativador de diversas enzimas, participando dos processos de fotossíntese, respiração, síntese de compostos orgânicos e absorção iônica (MENDES et al., 2008). Em situação de deficiência de Mg, a planta tem o crescimento reduzido (Figura 29), as folhas mais velhas tornam-se uniformemente amareladas ao longo do seu comprimento, podendo evoluir para a morte.

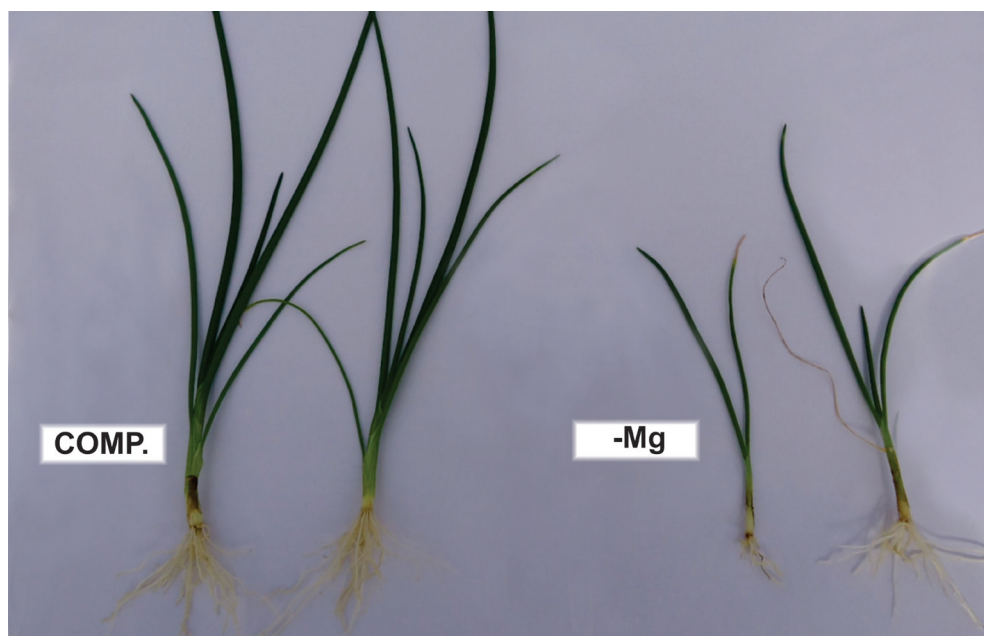


Figura 29. À esquerda plantas com solução nutritiva completa e à direita plantas em solução nutritiva na ausência de Mg

6.6.2 Absorção de Mg pela cebola

As plantas absorvem o magnésio na forma iônica Mg^{2+} . Altas concentrações de cálcio e, principalmente, de potássio no meio podem inibir competitivamente a absorção do magnésio causando às vezes sua deficiência. Conforme trabalho realizado por Kurtz et al. (2016), dentre os macronutrientes avaliados, o Mg foi o menos absorvido pela cebola com $46,6 \text{ mg planta}^{-1}$, totalizando $12,1 \text{ kg ha}^{-1}$ ao final do ciclo (Figura 30). A parte aérea acumulou

aproximadamente 43 % do Mg, ao passo que o bulbo acumulou cerca de 57 % do Mg total (Tabela 2). Vidigal et al. (2002) relataram valores semelhantes para o cultivar Alfa Tropical, que acumulou 47 % e 53 %, respectivamente, para parte aérea e bulbo. Entretanto, May et al. (2008) observaram valores diferentes, em que a planta acumulou 56 % e 44 % para o cultivar Optima e 67,2 % e 38,2 % para o cultivar Superex, respectivamente, para parte aérea e bulbo. O Mg apresentou a taxa máxima de acúmulo aos 83 DAT na planta toda e aos 112 DAT, maior demanda para o bulbo, a exemplo do que ocorreu para Ca (Figura 28). O Mg foi o macronutriente que apresentou a maior proporção de acúmulo no período de bulbificação, cerca de 89 % do total. Esta grande demanda de Mg na bulbificação ocorre devido ao acúmulo de açúcares no vacúolo de órgãos de reserva ser dependente do Mg e estimulado pelo K (ENGELS et al., 2012).

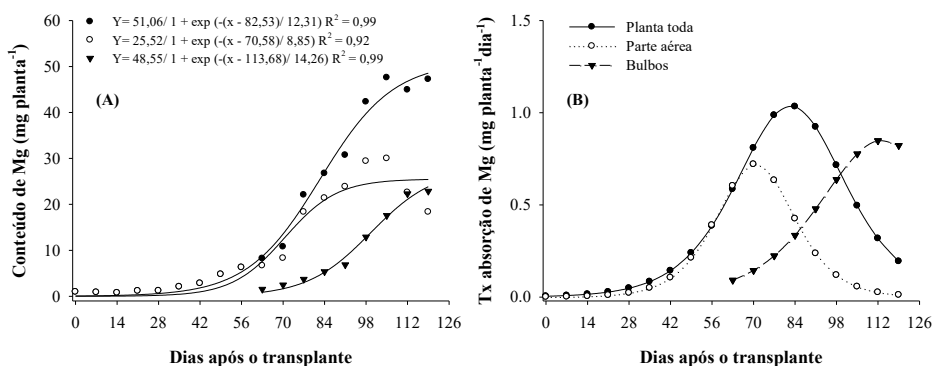


Figura 30. Acúmulo (A) e taxa de absorção diária (B) de Mg pela cultura da cebola (cultivar Bola Precoce)

Fonte: Kurtz et al. (2016).

6.6.3 Resposta e recomendação de magnésio para a cebola

São muito escassos os trabalhos de pesquisa avaliando a resposta de Mg para a cultura da cebola. Da mesma forma como para o Ca, de maneira geral os solos corrigidos, principalmente com o uso de calcário dolomítico para elevar o pH do solo para valores iguais ou superiores ao pH 5,5 apresentam teores de Mg altos no solo e suficientes para altas produtividades de cebola. Desse modo, se os demais cátions não estiverem desequilibrados no solo e os teores de Mg situarem-se acima de 1,0 cmol_c dm⁻³, não há necessidade de aplicações adicionais desse nutriente via solo ou foliar para a cultura da cebola.

6.7 Enxofre (S)

6.7.1 Função

O enxofre é constituinte importante de alguns aminoácidos, como a cistina, metionina, cisteína e triptofano, constituinte de todas as proteínas vegetais e precursor de compostos sulfurados voláteis responsáveis pelo aroma característico da cebola (TRANI et al., 2014). Este nutriente também tem funções em reações enzimáticas como na fotossíntese e na fixação biológica de nitrogênio pelas plantas leguminosas (MALAVOLTA, 2006). Os sintomas nas plantas se caracterizam pelo amarelecimento das folhas mais novas que se tornam finas e tortas, pela redução drástica no crescimento da parte aérea e radicular e pela bulbificação precoce, podendo levar a morte das plantas afetadas após alguns dias (Figura 31).



Figura 31. Na primeira foto à esquerda, vaso com plantas apresentando nutrição adequada de S; à direita, vaso com plantas apresentando deficiência de S, com clorose das folhas mais novas. Na segunda foto, visão de plantas em lavoura com deficiência de enxofre e progressão dos sintomas da esquerda para a direita.

6.7.2 Absorção de S pela cebola

O enxofre é absorvido pelas raízes das plantas predominantemente na forma altamente oxidada de sulfato, SO_4^{2-} . Segundo Pôrto et al. (2007), o enxofre acumulado pela planta, em sistema de semeadura direta com o híbrido Superex, foi de $73,47 \text{ mg planta}^{-1}$ no fim do ciclo, com maior demanda entre os 90 e 150 DAS (Figura 32). Houve maior demanda de S na parte aérea no período compreendido entre 70 e 110 DAS. No bulbo, esse período foi dos 110 aos 150 DAS, com incrementos de $0,325 \text{ mg planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ e $1,223 \text{ mg planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, respectivamente, durante esse período. Os autores também

observaram que o acúmulo de S foi maior no bulbo, cerca de 81 %, enquanto, na parte aérea, o acúmulo foi de aproximadamente 19 % do S total na colheita. Resultados similares foram obtidos por Nasreen et al. (2005), que verificaram maior acúmulo de enxofre no bulbo ao final do ciclo da cultura. Segundo os autores, do total de enxofre acumulado na planta inteira aos 90 DAT (145 DAS), 12 % encontravam-se nas folhas e 82 % nos bulbos. Para esses mesmos autores, o aumento do acúmulo de enxofre no bulbo, à medida que a planta atingiu a fase de maior desenvolvimento fotossintético, foi devido ao crescimento foliar adequado, o que permitiu uma ótima translocação e partição de fotossintatos das folhas para os bulbos, que resultaram em maior tamanho de bulbo e maior massa seca.

A cebola é uma planta exigente em S, e geralmente esse nutriente é o terceiro ou quarto em ordem decrescente de acúmulo. A quantidade de compostos à base de S é que determina a pungência da cebola, definida como a quantidade de compostos voláteis que conferem odor e sabor à espécie. Isso ocorre porque o S é constituinte dos aminoácidos cistina, cisteína e metionina, precursores de compostos sulfurados voláteis responsáveis pelo aroma característico da cebola (MALAVOLTA et al., 1997).

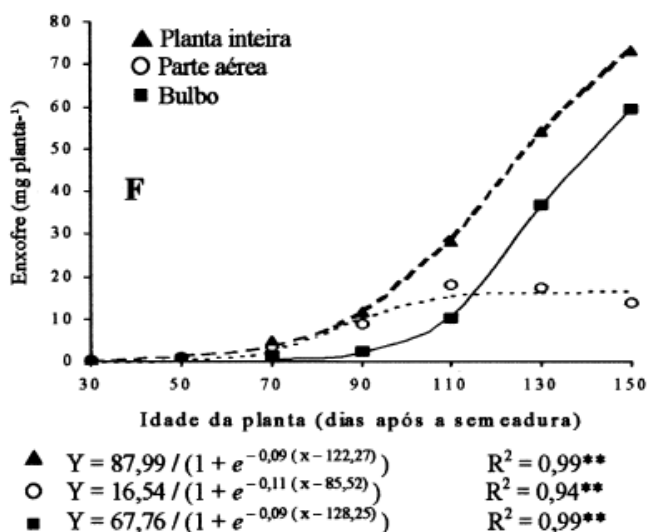


Figura 32. Acúmulo de S pela cultura da cebola (Híbrido Superex) cultivada em sistema de semeadura direta

Fonte: Pôrto et al. (2007).

6.7.3 Resposta da cebola a adição de S

A deficiência de enxofre normalmente ocorre em solos com baixo teor de matéria orgânica, arenosos, intensivamente cultivados, sem reposição do nutriente e com o cultivo de espécies exigentes, a exemplo de famílias de plantas como as leguminosas (soja, feijão), as brássicas (repolho, couve-flor) e as aliáceas (cebola, alho, etc.). As condições que afetam a mineralização da matéria orgânica, como baixas temperaturas e déficit hídrico, também podem reduzir a disponibilidade do elemento, pois mais de 90 % do enxofre do solo está ligado à matéria orgânica. Outro fator que também contribui para o aparecimento da deficiência é o aumento sucessivo de produtividade nos últimos anos das principais culturas, como a da cebola e de grãos, que promovem grande exportação do nutriente por ocasião das colheitas, o que torna inevitável a necessidade de reposição de enxofre. Além disso, solos com pH elevado e com altos teores de P também contribuem para reduzir a disponibilidade de S na solução do solo e consequente aparecimento de deficiências de S. Como mencionado, a absorção do enxofre pelas plantas ocorre na forma de sulfato (SO_4^{2-}), presente na solução do solo, podendo ser facilmente lixiviado para camadas mais profundas pela percolação da água proveniente da chuva ou irrigação.

Nas últimas safras, especialmente a partir de 2013 (KURTZ, 2013), diversas lavouras de cebola na região do Alto Vale do Itajaí, SC, apresentaram sintomas da carência de S. Em áreas de semeadura direta (semeadura em campo definitivo), o problema tem ocorrido com maior frequência, ocasionando redução da população pela morte das plantas, mas essa carência também é observada em áreas em sistema de transplante de mudas. Através de estudos realizados pela Epagri e UFPR (Universidade Federal do Paraná) em casa de vegetação com a supressão de nutrientes e em lavouras deficientes, foi possível chegar ao diagnóstico da deficiência do enxofre em 2013 (KURTZ, 2013), que até então era confundida com a ausência outros nutrientes, principalmente zinco (Figura 31). Nas lavouras afetadas com a deficiência de S, se a adubação corretiva com esse nutriente não for realizada de imediato, pode ocorrer redução drástica de produtividade, superior a 50 %, mesmo com adoção de um bom padrão tecnológico.

A inobservância da deficiência de S em lavouras no passado se deve provavelmente à reposição do enxofre através de formulações de adubos NPK (nitrogênio, fósforo e potássio), as quais normalmente continham o ele-

mento na sua composição, principalmente pelo uso do superfosfato simples para compor as fórmulas. No entanto, buscando reduzir custos de produção dos fertilizantes minerais formulados, as indústrias de fertilizantes atualmente comercializam a grande parte das formulações sem o S.

Pesquisas avaliando a resposta da cultura da cebola para S são muito escassas na literatura. Em trabalho realizado por Kurtz et al. (2014 – dados não publicados) em casa de vegetação com dois Cambissolos catarinenses e um Nitossolo do estado do Paraná, ambos com cultivo frequente de cebola, verificou-se aumento significativo do rendimento de bulbos com a adição de S na forma de sulfato de cálcio (gesso agrícola) nos dois Cambissolos para o cultivar Bola Precoce (Figura 33). O rendimento passou de 111 g vaso⁻¹ na testemunha sem S para 426 g vaso⁻¹ na dose 30 kg ha⁻¹ de S, promovendo um incremento de 384 %, para o solo Cambissolo Háplico (coletado em Atalanta, SC). Neste solo não houve aumento significativo de rendimento e outras variáveis com doses superiores a 30 kg ha⁻¹ de S. No solo Cambissolo Húmico (coletado em Ituporanga, SC) também houve resposta e o rendimento de bulbos aumentou de 53 g vaso⁻¹ na testemunha sem S para 363 g vaso⁻¹ na dose 60 kg ha⁻¹ de S, promovendo um incremento de 688 % e também não houve resposta para doses superiores. Já para o Nitossolo Bruno (coletado em Araucária, PR) não houve resposta com a adição de S para rendimento e outras variáveis avaliadas, produzindo em média 450 g vaso⁻¹.

Segundo o Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o RS e SC (CQFS – RS/SC, 2016) não se recomenda a adição de S quando os teores no solo forem superiores a 10 mg dm⁻³ para a cultura da cebola. Portanto, conforme os resultados obtidos nesse experimento, essa recomendação não está adequada para a cultura da cebola para os dois Cambissolos avaliados, os quais abrangem a grande maioria das áreas cultivadas com cebola em Santa Catarina, pois nesses solos houve resposta para a adição de S mesmo quando os teores foram de 16,6 mg dm⁻³ no Cambissolo Húmico e de 18,7 mg dm⁻³ no Cambissolo Háplico (Figura 33). Desse modo, é indicado a adição de S nestes dois solos sempre que os teores de S forem inferiores a 20 mg dm⁻³.

Já para o Nitossolo Bruno, mesmo com teores menores (13,6 mg dm⁻³) não houve resposta para a adição de S para a cultura da cebola, indicando que o nível crítico de 10 mg dm⁻³ estaria adequado, conforme recomendação da CQFS – RS/SC (2016). Isso provavelmente decorre da maior disponibilidade do S para a cultura devido ao maior teor de argila neste solo (54 %),

enquanto nos Cambissolos o teor de argila é inferior a 40 %. O pH do solo, os teores de matéria orgânica, a argila e os óxidos se relacionam com a disponibilidade de $S-SO_4^{2-}$, e as respostas à adubação sulfatada são mais prováveis em solos com baixos teores de matéria orgânica e argila e com pHs elevados (RHEINHEIMER et. al., 2007).

Souza (2013), trabalhando em um Latossolo no estado de São Paulo com o cultivar ‘Perfecta’, relatou que o aumento da dose de S proporcionou incremento de rendimento de bulbos, até a dose máxima de 45 kg ha^{-1} utilizando como fonte de S o enxofre-elementar. Outros resultados têm demonstrado a obtenção de produtividades máximas quando são fornecidas doses de S entre 48 e 60 kg ha^{-1} (HUG, 1997; PAULA et al., 2002; NASREEN, 2005).

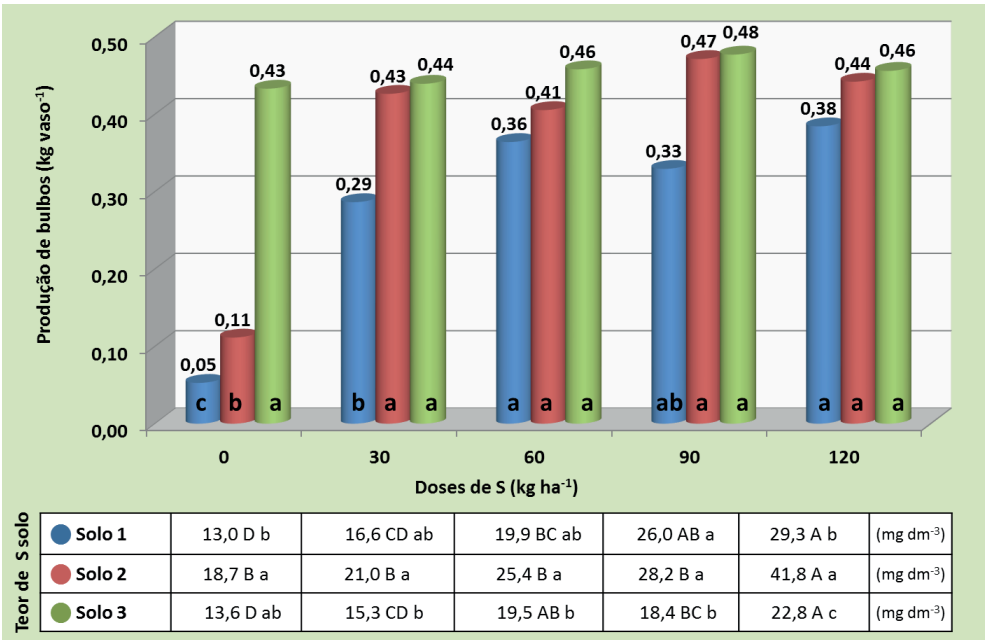


Figura 33. Rendimento de bulbos de cebola do cultivar Bola Precoce e teores de enxofre (S) no solo em função da adição de doses crescentes de S para três tipos de solos. Solo 1: Cambissolo Húmico (Ituporanga, SC); Solo 2: Cambissolo Háplico (Atalanta, SC); Solo 3 Nitossolo Bruno (Araucária, PR). Médias seguidas de letra diferente, minúscula na barra de mesma cor (produção de bulbos) ou na coluna (para teor no solo) e maiúscula na mesma linha, diferem entre si, considerando o teste de Tukey a 5 % de probabilidade

6.7.4 Recomendação de enxofre para cebola

Com base nos trabalhos de pesquisa realizados pela Epagri em parceria com a UFPR, recomenda-se a reposição desse elemento quando os teores no solo forem inferiores a 20 mg dm^{-3} para os solos Cambissolos e menores de 10 mg dm^{-3} para Nitossolos. Com base nessas pesquisas, recomenda-se nos Cambissolos a dose de 60 kg ha^{-1} de S quando os teores do nutriente no solo forem inferiores a 15 mg dm^{-3} e a adição de 30 kg ha^{-1} de S quando os teores estiverem na faixa 15 a 20 mg dm^{-3} . De modo geral, as doses recomendadas para as diversas regiões e culturas ficam em média entre 30 e 60 kg ha^{-1} , sendo a maior dose em solos arenosos ou pobres em matéria orgânica.

O produtor deve planejar a adubação com S em função da disponibilidade das fontes citadas e dos custos de aquisição dos produtos no mercado regional. Os custos da adubação com o S normalmente são menores em relação ao NPK, pois é menor a quantidade exigida pelas plantas e pelo fato de ser um nutriente acompanhante de outros nutrientes usados na adubação.

Para corrigir a deficiência de enxofre quando diagnosticada na fase de lavoura, recomenda-se fazer a reposição do nutriente via solo (a lanço) com fórmulas de adubos solúveis como o sulfato de amônio (22 % S e 20 % N), fórmula facilmente encontrada no mercado e que apresenta alta concentração do elemento. Também podem ser usadas outras fontes como o gesso agrícola (sulfato de cálcio) (~ 16 % S; ~ 20 % Ca), sulfato de potássio (15 % S e 50 % K_2O), sulfato de magnésio (11 % S; 10 % Mg), bem como outras formulações comerciais contendo o enxofre na forma de sulfato.

A reposição do nutriente também pode ser realizada por ocasião do plantio ou semeadura usando formulações de adubos mistas que contenham NPK + S ou formulações simples como superfosfato simples (13 % S e 18 % P_2O_5), enxofre elementar (95 - 100 % S), gesso agrícola, entre outras. O gesso agrícola normalmente tem custo baixo por ser um resíduo industrial da fabricação de adubos fosfatados. A adubação foliar com o enxofre, embora possa auxiliar na recuperação das plantas deficientes, não é eficaz na correção da carência por ser um nutriente exigido em quantidades relativamente altas. Resultados de pesquisas indicam que a exportação de S através da colheita da cebola fica ao redor de 30 kg ha^{-1} .

Ainda em relação às fontes de enxofre, é importante destacar que o enxofre elementar precisa ser transformado por microrganismos presentes no solo (*Thiobalillus* sp.) em sulfato (SO_4^{2-}) para ser absorvido pelas plantas. Esse processo promove reações de acidificação do solo e necessita de apro-

ximadamente 50 dias para máxima disponibilidade de sulfato na solução do solo (SOUSA, 2013). Portanto, essa fonte não é adequada quando há sintomas de deficiência em lavouras e necessita-se da disponibilidade imediata de S na forma de sulfato.

6.8 Manganês (Mn)

6.8.1 Função

O manganês participa de diversas reações bioquímicas atuando como ativador de enzimas envolvidas nos processos de respiração e na síntese de aminoácidos e lignina. Atua também nas reações de oxirredução e transporte de elétrons nas células vegetais (TRANI et al., 2014). As plantas de cebola deficientes em Mn mostram folhas externas com faixas estreitas (“riscos”) cloróticas e esbranquiçadas seguindo-se o aparecimento de necroses. O crescimento das plantas é severamente reduzido tanto na parte aérea (Figura 34) quanto nas raízes e bulbos.



Figura 34. Na primeira foto à esquerda plantas saudáveis e ao lado plantas (direita) com deficiência de Mn; na segunda foto, visão geral de lavoura com manchas apresentando deficiência de Mn

6.8.2 Absorção de Manganês pela cebola

O manganês é absorvido pelas plantas como íon Mn^{2+} . Segundo Kurtz et al. (2016) o manganês foi o terceiro micronutriente mais acumulado pela cebola com um total $600 \mu g \text{ planta}^{-1}$, equivalente a $150 g \text{ ha}^{-1}$, sendo supera-

do pelo Fe e B (Figura 35). Vidigal et al. (2010a), observaram que o Mn foi o segundo micronutriente mais absorvido pela cebola totalizando 190 g ha⁻¹. Observou-se maior acúmulo na parte aérea com 58 % do total e as maiores demandas de Mn ocorreram na segunda metade do ciclo, no período de bulbificação com o acúmulo de 83 % do total (Kurtz et al., 2016). Segundo Kurtz et al. (2016), a taxa máxima de acúmulo situou-se aos 79 DAT para parte aérea e aos 105 DAT para a alocação no bulbo (Figura 35 B). A taxa de alocação de Mn no bulbo no final do ciclo foi superior à taxa média da planta, indicando que além da redistribuição de parte dos nutrientes da parte aérea para os bulbos os nutrientes absorvidos nesta fase de desenvolvimento da planta foram depositados preferencialmente nos bulbos.

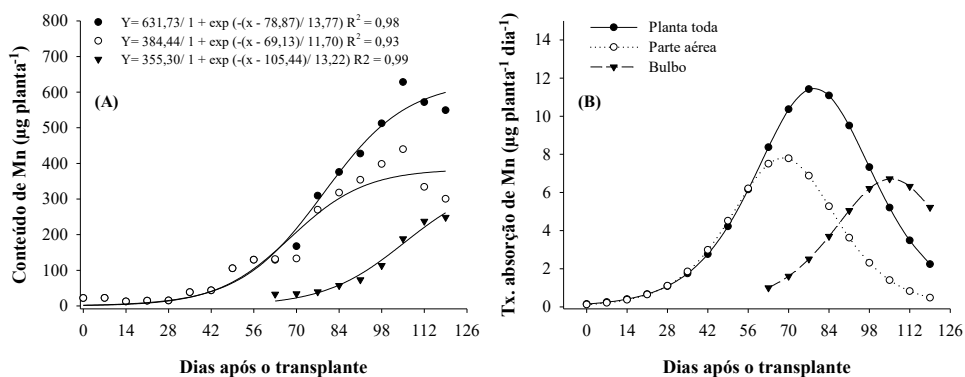


Figura 35. Acúmulo (A) e taxa de absorção diária (B) de Mn pela cultura da cebola (cultivar Bola Precoce)

Fonte: Kurtz et al. (2016).

6.8.3 Resposta da cebola a adição de Mn

Em Santa Catarina, nas áreas onde as plantas têm apresentado sintomas de deficiência de Mn, o pH do solo geralmente é superior a 6,0 ou a incorporação do calcário é inadequada, há predomínio de monocultivo e, em geral, os solos são intensivamente cultivados (EPAGRI, 2013). A deficiência de Mn também é comum nos solos Cambissolos Húmicos (chamados na região de “faxinais”). Esses solos, comuns na região do Alto Vale do Itajaí e no Planalto Catarinense, apresentam coloração escura devido aos teores altos de matéria orgânica. Nesses solos possivelmente há uma quelação dos íons de Mn pela fração orgânica do solo, tornando o elemento com baixa disponibilidade na solução do solo.

Segundo trabalhos realizados por Kurtz & Ernani (2010), em Ituporanga, SC, em Cambissolo Háplico, a aplicação de Mn não alterou a produtividade, o peso médio de bulbos e a perda no armazenamento em nenhuma das três safras avaliadas, independentemente do método de aplicação (ao solo ou via foliar). A ausência de resposta neste estudo para a aplicação de Mn provavelmente se deve ao valor de pH relativamente baixo das áreas experimentais (5,6 a 5,9) e pelo adequado manejo do solo adotado na área com adubação equilibrada, revolvimento mínimo do solo e rotação de culturas. No entanto, Bühner et al. (1996) obtiveram aumentos na produtividade de cebola com aplicação de sulfato de manganês tanto ao solo quanto por meio de pulverizações foliares, em Ituporanga, SC. Os melhores resultados ocorreram com pulverizações foliares nas concentrações de 1 e 0,5 % ou com 8 kg ha⁻¹ de sulfato de Mn adicionado ao solo. Resultados similares foram obtidos em outras áreas da região que apresentavam sintomas de deficiência de Mn (BOING et al., 1996).

6.8.4 Recomendação de manganês para cebola

Em áreas deficientes de manganês, recomenda-se realizar de 2 a 4 pulverizações foliares com sulfato de manganês na concentração de 0,5 a 1 % em intervalos de uma a duas semanas. A correção do Mn via solo também pode ser adotada com a adição de 5 a 20 kg ha⁻¹, preferencialmente na linha de plantio ou semeadura. No entanto, a adubação com Mn via solo normalmente apresenta baixa eficiência em função da imobilização do nutriente no solo.

6.9 Zinco (Zn)

6.9.1 Função

É constituinte de diversas enzimas que atuam nos processos de respiração, controle hormonal e síntese de proteínas. É necessário para a síntese e a conservação de auxinas, hormônios vegetais envolvidos no crescimento (MENDES et al., 2008). Quando as plantas de cebola são deficientes em Zn, há o aparecimento de clorose e as folhas mais novas ficam retorcidas e atrofiadas (Figura 36).

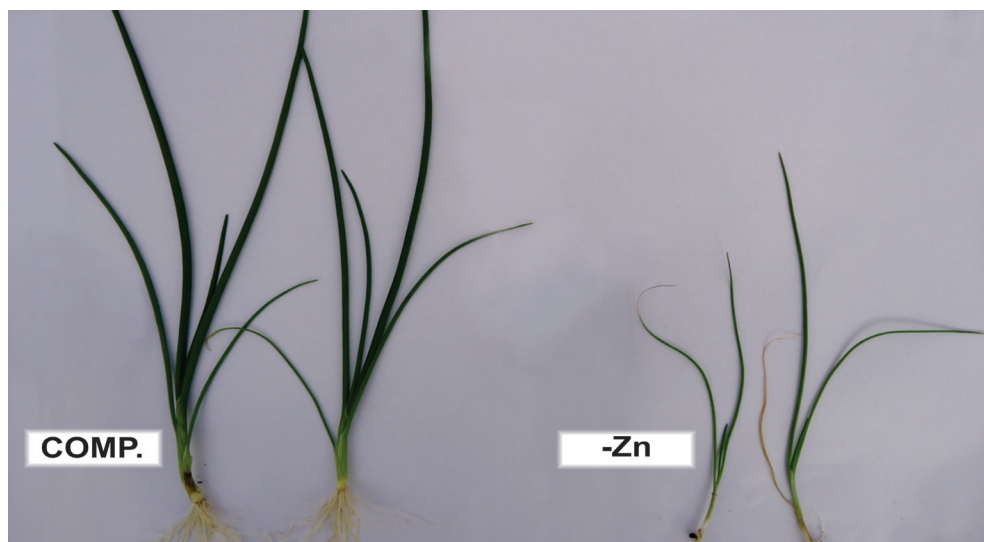


Figura 36. À esquerda plantas sadias (solução nutritiva completa) e ao lado plantas com deficiência de Zn (solução nutritiva sem Zn)

6.9.2 Absorção de Zn pela cebola

O zinco é absorvido pelas plantas como íon Zn^{2+} . Segundo Kurtz et al. (2016) o Zn foi o quarto micronutriente mais absorvido pelo cultivar de cebola Bola Precoce com acúmulo de $336 \mu\text{g planta}^{-1}$, equivalente a 84 g ha^{-1} (Figura 36). Enquanto Menezes Júnior et al. (2014), com o mesmo cultivar, observaram que o zinco foi o terceiro micronutriente acumulado pela cultura, com acúmulo de $141 \mu\text{g planta}^{-1}$, ou seja, o equivalente a $35,2 \text{ g ha}^{-1}$. Vidigal et al. (2010a) observaram uma absorção de 21 g ha^{-1} de Zn, porém para outro cultivar. Ainda segundo Kurtz et al. (2016), o Zn acumulou maior proporção nos bulbos com 74 % do total. As maiores demandas dos micronutrientes também ocorreram na segunda metade do ciclo, no período de bulbificação com o acúmulo de 73 %, do total. As taxas máximas de acúmulo situaram-se aos 73 DAT para parte aérea e aos 94 DAT para a alocação no bulbo (Figura 37).

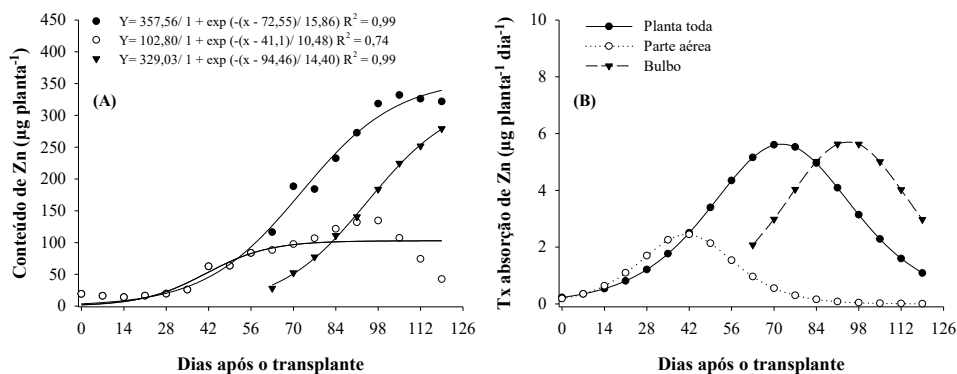


Figura 37. Acúmulo (A) e taxa de absorção diária (B) de Zn pela cultura da cebola (cultivar Bola Precoce)

Fonte: Kurtz et al. (2016).

6.9.3 Resposta da cebola a adição de Zn

Em trabalho de pesquisa realizado por Kurtz & Ernani (2010) em Ituporanga, SC, em solo Cambissolo Háplico, observou-se que a adição de Zn ao solo aumentou a produtividade de bulbos de cebola (Figura 38). Nas três safras avaliadas (2006/07, 2007/08 e 2008/09), houve um aumento médio no rendimento superior a 11 %. Para obtenção da máxima eficiência técnica estimada, foi necessário adicionar em média 3,5 kg ha⁻¹ de Zn. A aplicação de Zn nas folhas não alterou a produtividade de cebola em nenhuma das safras. A aplicação de seis pulverizações foliares com sulfato de zinco, na concentração de 0,5 %, proporcionou produtividade de bulbos semelhante à da testemunha, onde não foi aplicado Zn (Figura 37).

Vários outros autores também observaram que a adição de Zn aumenta a produtividade de cebola em diversas situações. Foi o que verificou Peña et al. (1999) na Venezuela, que obtiveram incremento de 28 % pela aplicação de 2,52 kg ha⁻¹ de Zn; com Gupta et al. (1985) na Índia, onde o incremento foi de 30 % pela adição de 5 kg ha⁻¹ de Zn; e com Asif et al. (1975) em solo arenoso da Nigéria. El-Tohamy et al. (2009) avaliaram o efeito da aplicação de micronutrientes na produtividade de cebola em um solo arenoso do Egito. Eles pulverizaram as folhas de cebola com Zn, na concentração de 0,3 g L⁻¹, e verificaram incrementos no rendimento de 60 e de 43 % nas safras 2006 e 2007, respectivamente. Em algumas circunstâncias, entretanto, não tem havido resposta da cultura da cebola à adição de Zn ao solo (CAMPBELL & GUSTA, 1965).

Segundo Kurtz & Ernani (2010) a adição de Zn ao solo aumenta linearmente o teor do nutriente no solo extraído com HCl 0,1 mol L⁻¹. Estes autores observaram que para cada kg ha⁻¹ de Zn adicionado, houve incremento no Zn do solo de 0,37 e 0,56 mg kg⁻¹, respectivamente nas safras 2006/07 e 2008/09. As tabelas oficiais de recomendação de adubação utilizadas nos estados do RS e de SC mencionam que, a partir de 0,5 mg kg⁻¹ de Zn no solo, é baixa ou nula a possibilidade de resposta à aplicação desse nutriente aumentar a produtividade das culturas (CQFS - RS/SC, 2016). Entretanto, mesmo em solo que apresentava teor entre 2,2 e 3,2 mg kg⁻¹ de Zn, a aplicação desse nutriente incrementou o rendimento de bulbos de cebola (KURTZ & ERNANI, 2010). Isso pode ser explicado pela alta exigência da cebola por Zn e, também, pelo seu pequeno sistema radicular, o que resulta na exploração de um menor volume de solo em relação a outras culturas, requerendo, portanto, maior concentração de Zn no solo.

Na safra 2010/11 foram conduzidos experimentos com Zn em três propriedades de produtores de cebola em Santa Catarina nos municípios de Vidal Ramos, Aurora e Atalanta. Das três áreas avaliadas, todas manejadas em sistema convencional de manejo do solo, duas apresentaram resposta significativa para rendimento pela adição de Zn via solo com incremento de 6 e 18 %, nas áreas dos municípios de Atalanta e Vidal Ramos, respectivamente.

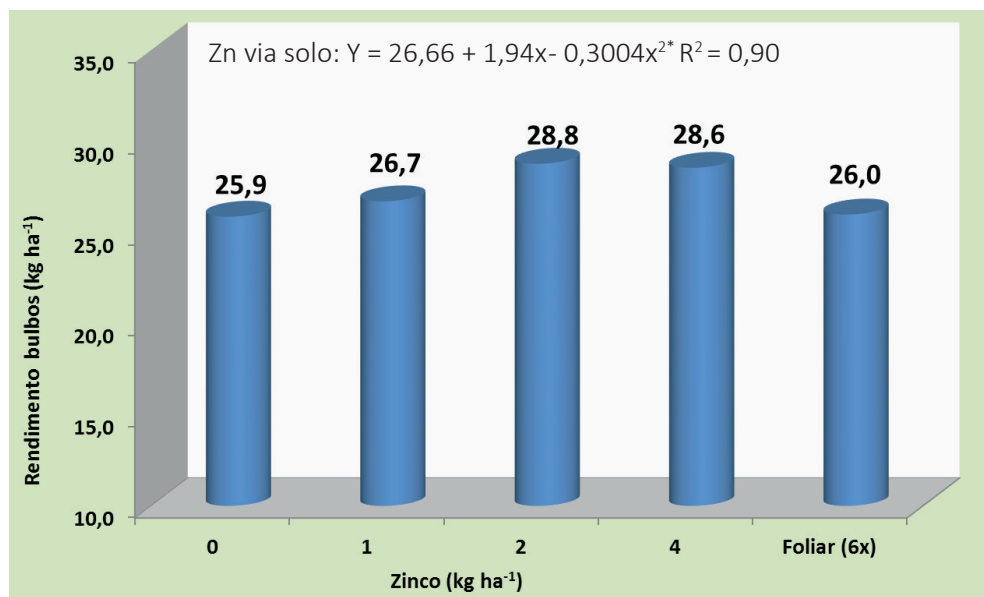


Figura 38. Rendimento de bulbos de cebola em função da adição de doses crescentes de Zn no solo e de 6 pulverizações foliares na concentração de 0,5 %. Média das Safras 2006/07 e 2008/09 – Ituporanga, SC. Fonte: Adaptado de Kurtz & Ernani (2010).

6.9.4 Recomendação de zinco para a cebola

Aplicar 3 a 4 kg ha⁻¹ via solo previamente ao plantio ou semeadura, podendo ser adicionado a lanço (ou via pulverização) com incorporação ou no sulco juntamente com a adubação contendo NPK. A adubação com Zn possui efeito residual de pelo menos dois anos. Outra alternativa para o fornecimento deste nutriente via solo é o uso de esterco e de outros fertilizantes orgânicos.

Para suprir eventuais deficiências de zinco durante o desenvolvimento das plantas pode-se aplicar via foliar o sulfato de zinco a 0,5 %, fazendo-se de duas a quatro aplicações em intervalos de uma a duas semanas. A aplicação de sulfato de zinco pode causar injúrias nas folhas quando o ambiente estiver seco e quente, neste caso fazer a aplicação ao final da tarde.

6.10 Boro (B)

6.10.1 Função

É ativador enzimático e atua nos processos de absorção iônica, transporte de carboidratos, síntese de lignina, celulose, ácidos nucleicos e proteínas. Tem importante função na translocação de açúcares e no metabolismo de carboidratos, no florescimento, no crescimento do tubo polínico, nos processos de frutificação, no metabolismo do N e na atividade de hormônios. Intervém na absorção e no metabolismo dos cátions, principalmente do Ca (TRANI et al., 2014).

Em plantas deficientes, as folhas mais novas tornam-se mosqueadas, enrugadas, retorcidas e podem apresentar anelamento de coloração clara. Surge fendilhamento nas folhas mais velhas, que ficam quebradiças. Há a paralisação do crescimento e morte das folhas a partir do ápice (Figura 39).

Bulbos tratados com B em pré-colheita apresentam incremento na coloração, aumento da resistência das cascas e menor perda de massa durante o armazenamento (FERREIRA & MINAMI, 2000).



Figura 39. À esquerda planta com sintomas de deficiência de B e ao lado (direita) lavoura com perda de *stand* pela ocorrência de deficiência de B logo após o transplante

6.10.2 Absorção de boro pela cebola

O boro é absorvido pelas plantas, em geral, na forma de ácido bórico não dissociado, H_3BO_3 . Segundo Kurtz et al. (2016) o B foi o segundo micronutriente mais absorvido pela cebola com acúmulo de $884 \mu g \text{ planta}^{-1}$, equivalente a $221 g \text{ ha}^{-1}$ (Figura 40A). Esse nutriente foi acumulado em maior proporção nos bulbos com 71 % do total nesse órgão. As maiores demandas também ocorreram na segunda metade do ciclo, no período de bulbificação com o acúmulo de 89 % do total de B. As taxas máximas de acúmulo situaram-se aos 95 DAT para parte aérea e aos 105 DAT para a alocação no bulbo, respectivamente (Figuras 39B).

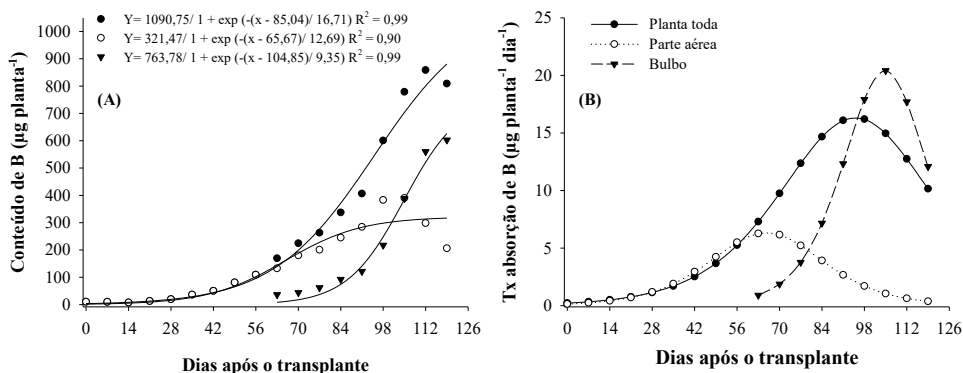


Figura 40. Acúmulo (A) e taxa de absorção diária (B) de B pela cultura da cebola (cultivar Bola Precoce)

Fonte: Kurtz et al. (2016).

6.10.3 Resposta da cebola a adição de B

Em trabalho de pesquisa realizado por Kurtz & Ernani (2010) em Ituporanga, SC em solo Cambissolo Háplico, a aplicação de B, independentemente da dose e da forma aplicada (via solo ou por meio de pulverizações foliares), não alterou a produtividade de bulbos de cebola (Tabela 10). Outros autores também não têm encontrado aumento de produtividade de cebola pela aplicação de B (RAO & DESHPANDE, 1971; PEÑA et al., 1999). Rao (1974), entretanto, verificou que a aplicação de $1,8 \text{ kg ha}^{-1}$ de B combinada com $13,4 \text{ kg ha}^{-1}$ de Cu aumentou em 43 % o rendimento dos bulbos na Índia. A ausência de resposta da cultura da cebola à aplicação de B no estudo realizado por Kurtz & Ernani (2010) pode ser explicada, em parte, pelos valores relativamente altos de matéria orgânica no solo (38 g kg^{-1}) e pelo manejo adequado do solo em sistema de cultivo mínimo e rotação de culturas. Outro fator que também pode ter contribuído para isso são os valores moderados de pH do solo (5,6 a 5,9), que favorecem a permanência de B na sua solução. Soprano & Silva (1996) avaliaram o efeito do pH de um solo catarinense na produtividade de cebola em casa de vegetação e verificaram que as melhores produções foram obtidas entre pH 5,0 e 6,5; acima de pH 7,0, a produção de matéria seca teve redução drástica e as plantas apresentaram sintomas de deficiência de B, provavelmente devido à formação de boratos de cálcio de baixa solubilidade.

Tabela 10. Produtividade de cebola em função da adição de doses crescentes de B ao solo ou de seis pulverizações foliares com ácido bórico a 0,25 % nas safras 2006/07, 2007/08 e 2008/09.

Tratamento	Safra 2006/07	Safra 2007/08	Safra 2008/09
	----- t ha ⁻¹ -----		
0	22,16 ns	19,32 ns	39,31 ns
1,1 ¹	22,78	17,44	38,56
2,2	22,70	18,57	38,35
4,4	22,43	19,64	37,42
Foliar	23,13	17,74	37,68
Média	22,64	18,54	38,26

⁽¹⁾ Aplicado na forma de bórax e incorporado na camada de 0-10cm de profundidade.

^{ns} Não significativo ($p \geq 5 \%$). A comparação do tratamento foliar em relação aos demais foi feita por análise de contrastes.

Fonte: Kurtz & Ernani (2010).

Por outro lado, em experimento realizado por Kurtz et al. (2001 – dados não publicados), em um Cambissolo Háplico (Atalanta, SC) com baixo teor de matéria orgânica (20 g kg^{-1}) com manejo em sistema convencional, verificou-se resposta significativa para rendimento de bulbos com a adição de B, tanto via solo como via foliar para a cultura da cebola (Figura 41). Nesse trabalho, o rendimento passou de $22,9 \text{ t ha}^{-1}$ na testemunha para um máximo de $32,9 \text{ t ha}^{-1}$, representando um incremento de 43,7 %, com a adição de $1,65 \text{ kg ha}^{-1}$ de B usando como fonte o bórax. Já na realização de três pulverizações foliares com bórax a 0,25 %, observou-se um incremento no rendimento de 23,1 %, demonstrando que a adubação via solo é mais eficiente.

Adicionalmente, na safra 2010/11 foram conduzidos experimentos com B em três propriedades de produtores de cebola de Santa Catarina nos municípios de Vidal Ramos, Aurora e Atalanta. Das três áreas avaliadas, todas manejadas em sistema convencional de manejo do solo, duas apresentaram resposta significativa para rendimento pela adição de B via solo com incremento de 8 e 23 %, nas áreas dos municípios de Atalanta e Vidal Ramos, respectivamente.

Com base nos resultados obtidos, pode-se afirmar que em solos com teores médios e altos de matéria orgânica (MO) e bem manejados com cultivo mínimo ou plantio direto e rotação de culturas e com adição de adubos orgânicos a possibilidade de resposta a adição de B é baixa. No entanto, em solos intensivamente revolvidos em sistema de preparo convencional, com MO baixa e quimicamente desequilibrados e na ausência de rotação de culturas, há grande possibilidade de resposta pela adição de B, principalmente via solo para a cultura da cebola.

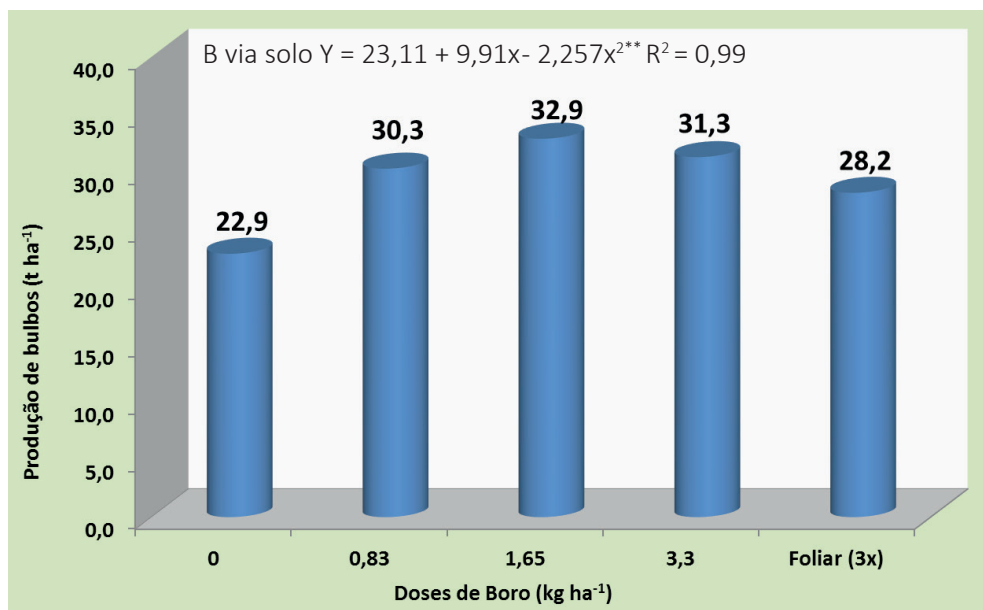


Figura 41. Rendimento de bulbos de cebola em função da adição de doses crescentes de B via solo e de 3 pulverizações foliares (bórax) em solo Cambissolo Háplico com baixo teor de matéria orgânica - Safras 2000/01 – Ituporanga, SC

Fonte: Kurtz et al. (2001 - dados não publicados).

6.10.4 Recomendação de boro para a cebola

Para solos com teor baixo de matéria orgânica e intensivamente cultivados em sistema convencional, adicionar 1,5-2,0 kg ha⁻¹ via solo previamente ao plantio ou semeadura. A adição do B pode ser realizada a lanço (ou via pulverização) com incorporação ou no sulco juntamente com a adubação contendo NPK. Por possuir efeito residual baixo pode ser necessário aplicar anualmente. Outra alternativa para o fornecimento desse nutriente via solo é o uso de esterco e outros fertilizantes orgânicos.

Para suprir eventuais deficiências de boro durante o desenvolvimento das plantas pode-se aplicar via foliar o ácido bórico ou bórax na concentração de 0,25 %, realizando-se de duas a quatro aplicações em intervalos de uma a duas semanas.

6.11 Cobre (Cu)

6.11.1 Função

O cobre é um micronutriente que, embora seja absorvido em pequenas quantidades, possui várias funções vitais para as plantas. Este nutriente é constituinte de diversas enzimas, como a oxidase do ascorbato, a citocromo-oxidase, a plastocianina, a fenol-oxidase e a superóxido dismutase. O cobre também atua em processos fisiológicos de grande importância para o metabolismo das plantas, como fotossíntese, respiração, mecanismo de resistência a doenças, efeito tônico, reprodução (formação e germinação do grão de pólen), regulação hormonal, fixação de N e no metabolismo de compostos secundários (TRANI et al., 2014)

O cobre, por meio das enzimas polifenol-oxidase e ascorbato-oxidase, é responsável também pela formação de compostos fenólicos precursores da lignina, responsáveis por tornar as paredes celulares mais resistentes. Além disso, tais compostos são precursores de outras substâncias, como a melanina e fitoalexinas, que apresentam grande importância na resistência às doenças e na melhoria da firmeza das folhas e dos bulbos de cebola, contribuindo para reduzir doenças e aumentar o período de armazenamento (FERREIRA E MINAMI, 2000; KIRKBY & RÖMHELD, 2007).

Na carência desse nutriente, os principais sintomas de deficiência são folhas de coloração amarelo-parda com necrose nas pontas. O bulbo torna-se amarelo e fino, faltando solidez e firmeza pela menor lignificação e redução no transporte de água e solutos (MENDES et al., 2008).

6.11.2 Absorção de Cu pela cebola

O cobre é absorvido pelas plantas, em geral, na forma iônica Cu^{2+} . Concentrações elevadas de fósforo, molibdênio e zinco diminuem a absorção de cobre, enquanto altas concentrações de cobre reduzem a absorção de ferro, molibdênio e zinco. Segundo Kurtz et al. (2016), o Cu foi o nutriente menos absorvido pela cebola com acúmulo de $136 \mu\text{g planta}^{-1}$, equivalente a 34 g ha^{-1} (Figura 42A). Esse nutriente foi acumulado em maior proporção nos bulbos com 72 % do total nesse órgão. As maiores demandas também ocorreram na segunda metade do ciclo, no período de bulbificação com o acúmulo 79 % do total de Cu. As taxas máximas de acúmulo situaram-se aos 86 DAT para parte aérea e aos 104 DAT para a alocação no bulbo, respectivamente (Figuras 42B).

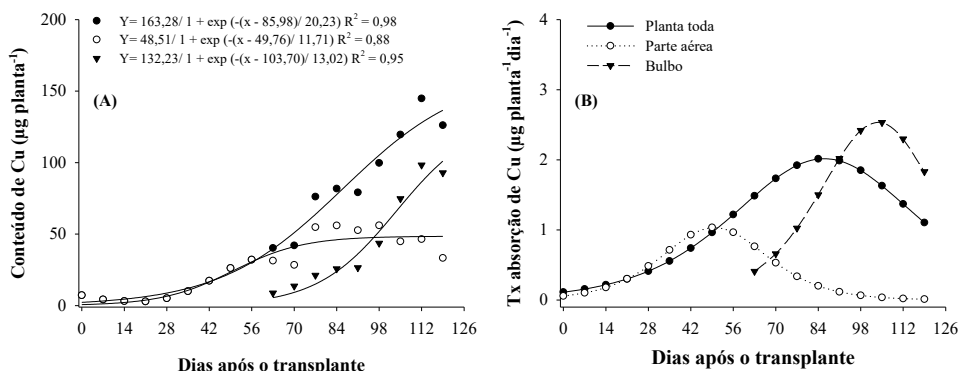


Figura 42. Acúmulo (A) e taxa de absorção diária (B) de Cu pela cultura da cebola (cultivar Bola Precoce)

Fonte: Kurtz et al. (2016).

6.11.3 Resposta da cebola à adição de cobre

Na cultura da cebola, a nutrição adequada com o cobre, principalmente no período de bulbificação, pode melhorar a qualidade dos bulbos colhidos. Trabalhos de pesquisa têm demonstrado que o tratamento das lavouras com esse micronutriente intensifica a coloração dos bulbos, aumenta a resistência da casca e reduz as perdas de peso durante o armazenamento (FERREIRA E MINAMI, 2000). Já na década de 30, nos Estados Unidos, foi evidenciada a importância das aplicações de sulfato de cobre na coloração e qualidade dos bulbos de cebola (KNOTT, 1933). Da mesma forma, técnicos que atuam com a cultura da cebola nas principais regiões produtoras do Brasil (SC, SP, RS, BA e PE) relatam que a aplicação de cobre tem sido realizada para aumentar a resistência a doenças e incrementar a coloração e a espessura da casca dos bulbos. Nos catáfilos de cebola um dos principais compostos fenólicos presentes são as quinonas, responsáveis pela intensificação da coloração na casca de cebola do tipo amarela e vermelha, sendo a quantidade deste composto aumentada pela nutrição adequada com o cobre (FERREIRA E MINAMI, 2000). No entanto, tem-se verificado uma redução do uso desse elemento, tanto com o objetivo de nutrição como de ação fungicida nas lavouras de cebola no sul do Brasil.

Ferreira & Minami (2000), em trabalho de pesquisa realizado no estado de São Paulo, verificaram que a aplicação em pré-colheita do cobre na forma de oxicloreto de cobre, nas últimas semanas do ciclo, aumentou sig-

nificativamente a resistência da casca, reduziu a perda de peso dos bulbos, incrementou a intensidade da cor e acentuou a coloração avermelhada dos bulbos.

A ocorrência de deficiência do cobre não é muito comum em solos manejados adequadamente. A disponibilidade do cobre no solo para as plantas pode ser baixa em condições de baixo teor do elemento no material de origem do solo, alto pH, alto teor de matéria orgânica, excesso de N, P, Zn, K e Ca.

A demanda de cobre pelas plantas de cebola é maior durante a fase de bulbificação. As taxas máximas de acúmulo de cobre para o cultivar Bola Precoce foi observada aos 84 dias após o transplante (DAT) para a planta toda e aos 104 DAT para o bulbo (KURTZ, 2015).

6.11.4 Recomendação de cobre para a cebola

O fornecimento de cobre às plantas pode ser realizado através de fertilizantes aplicados ao solo em pré-plantio pelo uso de fórmulas de NPK + Cu ou de produtos específicos como o sulfato de cobre (25 % Cu) e óxido de cobre (75 % de Cu). Outra alternativa para o fornecimento desse nutriente via solo é o uso de esterco, principalmente de suínos, que possui concentrações relativamente altas. Pode ser realizada também via foliar durante as fases de crescimento vegetativo e bulbificação das plantas de cebola. A aplicação via foliar pode ser realizada com o sulfato de cobre ou de outros produtos comerciais quelatizados. Nas aplicações foliares usando sais como o sulfato de cobre a concentração máxima na calda não deve ultrapassar de 0,3 %. Recomenda-se ainda a realização da aplicação no final da tarde para evitar fitotoxidez e ocorrência de necrose nas folhas de cebola. Também pode ser fornecido de uma forma indireta com o uso do oxicloreto de cobre e outros produtos cúpricos, com ação fungicida usados de forma preventiva no controle de alguns agentes patogênicos da cebola.

6.12 Molibdênio (Mo)

O molibdênio atua como catalizador de reações de oxirredução em mais de 60 enzimas presentes nas células vegetais. Este micronutriente tem um importante papel no metabolismo do nitrogênio nas plantas, onde participa, por exemplo, no processo de redução do NO_3^- para NO_2^- ativando a enzima redutase do nitrato. Em plantas adultas de cebola deficientes em Mo

ocorre a morte das extremidades (pontas) das folhas e abaixo delas aparecem partes flácidas ou murchas, enquanto a parte basal ainda permanece verde (TRANI et al., 2014).

O molibdênio é absorvido pelas plantas na forma MoO_4^{2-} quando o pH do meio é maior ou igual a 5 e como HMoO_4^- , em valores menores de pH.

O molibdênio é necessário em pequenas quantidades, cerca de 100 g de Mo por hectare para proporcionar boas produções de hortaliças em geral.

Embora não seja comprovado o surgimento de deficiência de Mo e/ou resposta à adição desse nutriente no Brasil, em algumas situações durante o desenvolvimento da cultura, principalmente após as adubações nitrogenadas, pode ser benéfica a aplicação de Mo. Para o fornecimento de Mo pode ser realizada aplicação via foliar usando como fonte o molibdato de sódio ou molibdato de amônio na concentração de 0,05 % (0,5 g por litro de água).

7 Matéria orgânica do solo

A matéria orgânica do solo (MOS) é a soma de todas as substâncias que contêm carbono orgânico (SCHNITZER, 1991). Nesse sentido, a MOS é composta por resíduos de animais e de plantas em fase de decomposição (POTAFOS, 1998) e, portanto, as raízes vivas não são consideradas como constituintes da MOS (PRIMAVESI, 2002).

Em solos agrícolas o teor de matéria orgânica pode variar de 1 a 5 % na camada superficial (SCHNITZER, 1991). Apesar da MOS representar uma pequena fração do solo ela é extremamente importante em sistemas de produção agrícola pela sua influência nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (SILVA et al., 2012). Assim, vários processos do solo são influenciados pela matéria orgânica (FURTINI NETO et al., 2001; POTAFOS, 1998; SILVA et al., 2012), tais como: mineralização e liberação lenta de nutrientes; quelação de micronutrientes e cátions tóxicos como o Al^{3+} ; aumento da capacidade de troca de cátions; estruturação do solo (agregação, aeração e infiltração de água); aumento da capacidade de retenção de água; aumento do poder tampão; fonte de energia e de nutrientes para as atividades microbiológicas (decomposição e mineralização) e desenvolvimento de plantas.

O teor de matéria orgânica no solo é determinado pelo equilíbrio entre as taxas de adição (deposição de carbono) e de perdas de carbono (BRADY & WEIL, 2013; FURTINI NETO et al., 2001; SILVA et al., 2012). Consequen-

temente, para interromper ou reverter as perdas de carbono, os sistemas de produção agrícola devem adotar práticas de manejo que visem à adição ou à diminuição das perdas de carbono do solo (BRADY & WEIL, 2013). Com o intuito de preservar a MOS, várias técnicas de manejo podem ser combinadas nos sistemas de produção, entre as quais se podem citar (BRADY & WEIL, 2013; POTAFOS, 1998): a conservação do solo e da água; a adubação verde; a adubação orgânica (resíduos e compostos orgânicos); a rotação e a consorciação de culturas; o aumento da produtividade das plantas; o retorno de resíduos de culturas ao solo e a preservação de coberturas mortas em superfície.

8 Adubação orgânica

A adubação orgânica é feita com resíduos orgânicos, na forma sólida *in natura* ou após sofrer processo de compostagem ou na forma líquida, permitindo a reciclagem de nutrientes e a redução do uso de fertilizantes minerais. Os resíduos orgânicos são originados das diversas atividades humanas e podem ser de origem animal, vegetal, urbana, agroindustrial ou industrial (SHARMA et al., 1997; SILVA, 2008). As misturas e os usos de camas em estercos, a espécie vegetal e o sistema de manejo da biomassa produzida e o grau de compostagem dos materiais utilizados são todos fatores ligados à origem ou aos processos de produção e exercem influência sobre a composição química e as doses de resíduos aplicadas nas lavouras (ABAD et al., 2002; ABREU-JÚNIOR et al., 2005; SILVA, 2008).

A disposição segura de resíduos orgânicos na agricultura requer sua adequada caracterização para que seja analisado seu potencial de uso agrícola (SILVA, 2008). No entanto, a caracterização é apenas uma etapa no uso de resíduos orgânicos, pois é necessário considerar a legislação vigente, o monitoramento contínuo da aplicação desses materiais e avaliar os efeitos dos resíduos aplicados no ambiente, na produção das culturas e no produto colhido (HIGASHIKAWA et al., 2010). Em relação aos resíduos orgânicos, além de seguir critérios técnicos, deve-se utilizar materiais disponíveis local ou regionalmente, pois o transporte pode ser uma limitação econômica (HIGASHIKAWA & KURTZ, 2016).

O desbalanço e a variabilidade de nutrientes em relação às exigências das plantas (WESTERMAN & BICUDO, 2005), bem como de outros atributos, sejam de ordem química ou física, podem ser limitantes para o uso agrícola

de resíduos orgânicos e de seus compostos para a adubação orgânica. Essas variações na composição devem ser consideradas para o manejo da adubação orgânica.

Em relação à adubação orgânica o maior desafio é conhecer o sincronismo entre a taxa de liberação de nutrientes dos resíduos orgânicos e a demanda da cebola considerando que para cada tipo de resíduo e para cada tipo de cultivar de cebola há especificidade. No caso dos esterco a mineralização é influenciada pela temperatura, pela umidade do solo, pelas propriedades do solo, pelas características do esterco e pela atividade microbiana (EGHBALL et al., 2002).

Na literatura há poucos estudos sobre a adubação orgânica em cultivo de cebola. Vidigal et al. (2010b) avaliaram o efeito de cinco doses de esterco sólido de suíno (0, 10, 20, 30 e 60 t ha⁻¹) na produtividade da cebola cv. CNPH 6400 em sistema orgânico de produção. Os autores verificaram que a dose de 43 t ha⁻¹ proporcionou a produtividade máxima de bulbos comerciais de 60 t ha⁻¹ e com estado nutricional satisfatório para o cultivar de cebola avaliada. Santos et al. (2012) avaliaram o efeito de diferentes coberturas mortas (bambu – *Bambusa* sp; gliricídia – *Gliricidia sepium*) e ausência de cobertura morta associadas a doses de torta de mamona (0, 100, 200 e 300 g m⁻²) aplicadas em cobertura na produção de cebola cv. Alfa Tropical cultivado em canteiros com adubação de base de 10 t ha⁻¹ de esterco bovino curtido. Os autores não encontraram efeitos das doses e nem interação entre as coberturas mortas com a adubação com torta de mamona. No entanto, a ausência de cobertura morta reduziu drasticamente a produção de cebola que foi de apenas 13 t ha⁻¹ em comparação às produções obtidas com as coberturas com palha de bambu (26 t ha⁻¹) e com palha de gliricídia (25 t ha⁻¹). Menezes Júnior et al. (2014) avaliaram a produtividade da cebola cv. Empasc 352 Bola Precoce cultivado no sistema convencional e orgânico com biofertilizantes à base de dejetos líquidos de bovino (concentrações de 3, 5 e 10 %). Os autores obtiveram uma produtividade de 31 t ha⁻¹ no cultivo em sistema convencional, enquanto a produtividade máxima alcançada pelos tratamentos orgânicos foi de 20 t ha⁻¹. Com base nos dados obtidos, os autores concluíram que a adubação orgânica, por meio de pulverizações de biofertilizantes, não atendeu as exigências nutricionais requeridas para o pleno desenvolvimento da cebola. Higashikawa & Menezes Júnior (2017) compararam as produtividades da cebola cv. Empasc 352 Bola Precoce em função da adubação orgânica com esterco de aves granulado ou com adubação mineral com nitrato de

amônio. As doses de esterco de aves foram calculadas para atender a mesma quantidade de nitrogênio fornecido pelo fertilizante mineral. Os autores parcelaram as adubações orgânicas com esterco de aves, da mesma forma como foi feito para o nitrato de amônio, para reduzir as perdas de nitrogênio. Após as aplicações em cobertura foram realizadas irrigações para acelerar a mineralização e a disponibilidade de nutrientes do esterco de aves para a cebola. Com esse manejo, as produtividades obtidas no estudo variaram de 26,5 a 31 t ha⁻¹ e não diferiram estatisticamente. Pelos resultados obtidos nesse estudo é possível inferir que, independente de a fonte ser orgânica ou mineral, a produtividade alcançada pode ser semelhante. No entanto, a vantagem da adubação orgânica, como observado pelos autores, é a melhoria da fertilidade do solo em função do efeito residual do resíduo orgânico no solo. Consequentemente, a adubação orgânica permite a reciclagem de nutrientes e a redução de fertilizantes minerais para os cultivos posteriores. Todavia, é necessário monitorar anualmente o solo se a adubação orgânica for frequente, para que se possam ajustar as doses de acordo com a disponibilidade de nutrientes do solo e a exigência da planta.

9 Adubação verde e rotação de culturas

A prática da adubação verde, quando não proporciona ganhos em curto espaço de tempo, promove outras vantagens relacionadas ao manejo do sistema de produção (GUERRA et al., 2014), como: deposição de matéria orgânica, proteção física do solo contra erosão, redução e controle das populações de plantas daninhas, fornecimento de abrigo contra pragas e inimigos naturais, além de auxiliar no controle de doenças do solo. Adicionalmente, o uso de adubo verde no sistema de produção permite o uso eficiente da umidade do solo, o que reduz consequentemente a necessidade de irrigação (CALEGARI et al., 2014). A adoção de rotação de culturas com utilização de adubação verde contribui para manter a matéria orgânica do solo, auxilia na conservação do solo e apresenta as seguintes vantagens (CFSEMG, 1999): melhora da fertilidade do solo; diversificação de culturas; melhora da aeração do solo, manutenção da umidade e da estabilidade da temperatura do solo; reciclagem de nutrientes das camadas subsuperficiais para as superficiais quando se utiliza espécies com raízes pivotantes e profundas. Além disso, o efeito da cobertura do solo pelas plantas reduz a erosão provocada pela chuva e pelo vento, diminui a velocidade de escoamento da água na

superfície, contribuindo para que as raízes dessas plantas promovam o aumento da taxa de infiltração e a retenção de água do solo (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2014), como também proporciona a descompactação dos solos (FILGUEIRA, 2008).

Resultados de pesquisa têm demonstrado efeito positivo do uso de plantas de cobertura do solo em sistemas de rotação de culturas para o cultivo de cebola no sistema de plantio direto, comparados ao cultivo em sucessão de culturas como de cebola/milho e ao manejo convencional do solo. De maneira geral, os resultados indicam que a adoção do sistema de plantio direto com rotação de plantas de cobertura e culturas comerciais, independentemente das espécies usadas, apresenta melhoria nas propriedades físicas e químicas do solo, menor infestação de plantas espontâneas e aumento na produtividade de bulbos de cebola (CAMARGO, 2011; SOUZA et al., 2013). Para o cultivo de primavera/verão as espécies avaliadas e indicadas para adubação verde ou cobertura do solo para o sistema de plantio direto para o cultivo de cebola são o milheto (*Pennisetum glaucum*), a mucuna (*Stizolobium* spp), o girassol (*Helianthus annus*), a crotalária (*Crotalaria* spp) e o feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*). Já para o cultivo de outono/inverno as espécies indicadas são aveia preta (*Avena strigosa*), centeio (*Secale cereale*), nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) e cevada (*Hordeum vulgare* L.). Também é indicado com vantagens em relação ao cultivo solteiro o uso de “coquetéis” das plantas citadas anteriormente, como milheto/mucuna/girassol, nabo forrageiro/centeio, nabo forrageiro/aveia. Para a implementação da adubação verde de inverno no cultivo de cebola, as plantas (solteiras ou consorciadas) e as quantidades de sementes comumente utilizadas são as seguintes: aveia preta (120 kg ha^{-1}); centeio (120 kg ha^{-1}); cevada (120 kg ha^{-1}); nabo-forrageiro (20 kg ha^{-1}); nabo forrageiro (10 kg ha^{-1}) + centeio (60 kg ha^{-1}); nabo forrageiro (10 kg ha^{-1}) + aveia preta (60 kg ha^{-1}); e nabo forrageiro (10 kg ha^{-1}) + cevada (60 kg ha^{-1}) (LOSS et al., 2015, 2017; OLIVEIRA et al., 2016; SANTOS et al., 2017; SOUZA et al., 2013). Em relação ao adubo verde de verão é utilizado o consórcio entre mucuna (40 kg ha^{-1}) e milheto (30 kg ha^{-1}) (MENEZES JÚNIOR et al., 2014). Recomenda-se fazer um teste de germinação antes do plantio das plantas de cobertura para garantir a densidade de plantio desejada.

Apesar dos vários benefícios proporcionados pela adubação verde, o grande desafio nos sistemas de produção de hortaliças é a adoção de forma habitual dessa prática por parte dos agricultores (GUERRA et al., 2014).

10 Referências

- ABAD, M.; NOGUERA, P.; BURÉS, S. Physico-chemical and chemical properties of some coconut coir dust for use as a peat substitute for containerized ornamental plants. **Bioresource Technology**, Essex, v. 82, n. 3, p.241-245, may 2002.
- ABDISSA, Y.; TEKALIGN, T.; PANT, L.M. Growth, bulb yield and quality of onion (*Allium cepa* L.) as influenced by nitrogen and phosphorus fertilization on vertisol I. growth attributes, biomass production and bulb yield. **African Journal Agricultural Research**, 14: 3253-58, 2011.
- ABREU-JÚNIOR, C.H.; BOARETTO, A.E.; MURAOKA, T.; KIEHL, J.C. Uso agrícola de resíduos orgânicos potencialmente poluentes: propriedades químicas do solo e produção vegetal. In: VIDAL-TORRADO, P.; ALLEONI, L.R.F.; COOPER, M.; SILVA, A.P.; CARDOSO, E.J. (Eds.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG: UFV, 2005. v.4, p.391-470.
- ALCÁNTAR, G.; SANDOVAL, M.; CASTELLANOS, J.; MÉNDEZ, F.; SÁNCHEZ, P. RODRÍGUEZ, M.N. Diagnostic methods to evaluate nutrient status of garlic, onion, and broccoli. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, 33:2585-2598, 2002.
- ALVA, A.K. Petiole and soil nitrogen concentrations during the growing season of two potato cultivars as influenced by different nitrogen management practices. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, 38:403-421, 2007.
- ANDRIOLO, J.L.; JÄNISCHI, D.I.; SCHMITTI, O.J.; PICIOI, M.D.; CARDOSO, F.L.; ERPENI, L. Doses de potássio e cálcio no crescimento da planta, na produção e na qualidade de frutas do morangueiro em cultivo sem solo. **Ciência Rural**, 40:267-272, 2010.
- ARAÚJO, A.P.; MACHADO, C.T.T. Fósforo. In: FERNANDES, M.S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: SBCS, 2006. p.253-280.
- ARAUJO, M.T.; COSTA, R.A. Efeito da adubação NPK e adubo de lixo industrializado sobre a produção de cebola (*Allium cepa* L.) em solos de cerrado. **Revista de Olericultura**, n.13, p.111-5, 1975.
- ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F.; BARTOLINI, C.G. Clorofila na folha como indicador do nível de nitrogênio em cereais. **Ciência Rural**, 31:715-722, 2001.

ASIF, M.I.; KHAN, A.A.; AJAKAIYE. Zinc nutrition of onions as influenced by phosphorus. **Journal Agricultural Science**, Nigéria, 87, p.277-279, 1976.

BACKES, C.; LIMA, C.P.; GODOY, L.J.G.; BÔAS, L.R.V.; IMAIZUMI, I. Coloração verde nas folhas da cultura do alho vernalizado em resposta à adubação nitrogenada. **Bragantia**, 67:491-498, 2008.

BATAL, K.M.; BONDARI, K.; GRANBERRY, D. M.; MULLINIX, B. G. Effects of source, rate, and frequency of N application on yield, marketable and rot incidence of sweet onion (*Allium cepa* L. cv. granex-33). **Journal Horticultural Science**, 69:1043-1051, 1994.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 2014, 9 ed., 355p.

BISSANI, C.A.; GIANELLO, C.; CAMARGO, F.A.O.; TEDESCO, M.J. **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. 2. Ed. Porto Alegre: Metropole, 2008. 344p.

BOING, J.; WERNER, H.; DEBARBA, J.F. Unidade de observação de adubação de manganês na cultura da cebola no município de Imbuia (SC). In: REUNIÃO DE PESQUISA DA CEBOLA NO MERCOSUL, Ituporanga, 1996. **Anais**. Ituporanga, Epagri, 1996. 56p.

BRADY, N.C.; WEIL, R.R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 686p.

BREWSTER, J.L. **Onions end other vegetable alliums**. 2 ed. Wellesbourne, UK. 2008. 455p.

BÜHRER, R.R.; WERNER, H.; DEBARBA, J.F. Unidade de observação de adubação de manganês na cultura da cebola. In: REUNIÃO DE PESQUISA DA CEBOLA NO MERCOSUL, Ituporanga, 1996. **Anais**. Ituporanga, Epagri, 1996. 55p.

CALEGARI, A. Perspectivas e estratégias para a sustentabilidade e o aumento da biodiversidade dos sistemas agrícolas com o uso de adubos verdes. In: LIMA FILHO, O. F. DE; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. (Eds.). **Adubação Verde e Plantas de Cobertura no Brasil: Fundamentos e Prática**. 1. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2014. v.1, p.19–36.

CAMARGO, E.S. **Manejo conservacionista do solo e rotação de culturas para Cebola**. Lages, 2011. 80p. (Dissertação de Mestrado)

CAMPBELL, I.D.; GUSTA, L.V. The response of carrots and onion to micronutrients on organic soil in Manitoba. **Canadian Journal Plant Science**, 47:419-423, 1965.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, R.L.F.E.; CANTARUTTI, R.B. & NEVES, J.C.L. **Fertilidade do Solo**. Viçosa, MG: SBCS, 2007. p.375-470.

CECÍLIO FILHO, A.B.; MARCOLINI, M.W; MAY, A. & BARBOSA, J.C. Produtividade e classificação de bulbos de cebola em função da fertilização nitrogenada e potássica, em semeadura direta. **Científica** 38:14-22, 2010.

CERETTA, C.A.; SILVA, L.S.; PAVINATO, A. Manejo da adubação. In: NOVAIS, R.F.D.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Eds.). **Fertilidade do Solo**. 1. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.851-872.

CFSEMG – COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5ª aproximação. Viçosa, 1999. 359p.

CQFS - RS/SC. **Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 11. ed. Santa Maria: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul, 2016. 376p.

EGHBALL, B.; WIENHOLD, B.J.; GILLEY, J.E.; EIGENBERG, R.A. Mineralization of manure nutrients. **Journal of Soil and Water Conservation**, v.57, n.6, p.470-473, nov. 2002.

EL-TOHAMY, W.A.; KHALID, A.K.; EL-ABAGY, H.M.; ABOU-HUSSEIN, S.D. Essential oil, growth and yield of onion (*Allium Cepa* L.) in response to foliar application of some micronutrients. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, 3:2001-2005, 2009.

EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627p.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA - EPAGRI. **Sistemas de produção para cebola: Santa Catarina** (4ª revisão). Florianópolis: Epagri. 2013. 106p. (Sistemas de Produção, 46).

ENGELS, C.; KIRKBY, E. & WHITE, P. Mineral nutrition, yield and source-sink relationships. In: MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. 3 ed. San Diego: Academic Press. p.85-133, 2012.

EPAGRI/CEPA – Centro de Socioeconomia e Planejamento Agrícola. **Cebola**. Florianópolis: 2017. Epagri, Boletim Agropecuário nº 50 – 15 de julho de 2017. p. 31-33. Disponível em: <http://cepa.epagri.sc.gov.br/>. Acesso em: 15 de julho de 2017.

ERNANI, P.R. **Química do solo e disponibilidade de nutrientes às plantas**. 2ª edição. Lages (SC), 2016. 256p.

ERNANI, P.R.; ALMEIDA, J.A.; SANTOS, F.C. Potássio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, R.L.F.E.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade do Solo**. Viçosa, MG: SBCS, 2007. p.551-594.

ERREBHI, M.; ROSEN, C.J.; GUPTA, S.C.; BIRONG, D.E. Potato yield response and nitrate leaching as influenced by nitrogen management. **Agronomy Journal**, 90: 10-15, 1998.

FACTOR T.L.; LIMA J.R.S.; PURQUERIO L.F.V.; SILVEIRA, J.M.C.; CALORI, A.H.; GUIMARÃES, R.S.; SANTELLO, M.; RONCHI, R.S.M. 2011. Produtividade da cebola em plantio direto em função de doses e parcelamento da adubação potássica. **Horticultura Brasileira** 29: S3966-S3974 Horticultura Brasileira, v.29, n. 2 (Suplemento - CD ROM), julho 2011.

FACTOR, T.L.; LIMA, J.R.S.; PURQUERIO, L.F.V.; TIVELLI, S.W.; TRANI, P.E.; BREDA JR., J.M.; ROCHA, M.A.V. Manejo da adubação nitrogenada na produção de cebola em plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA 49. **Horticultura Brasileira**. 27: Suplemento CD-ROM. 2009.

FAQUIN, V. **Nutrição Mineral de Plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. 183p.

FERREIRA, M.M.M.; FERREIRA, G.B.; FONTES, P.C.R. & DANTAS, J.P. Índice SPAD e teor de clorofila no limbo foliar do tomateiro em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica, em duas épocas de cultivo. **Revista Ceres**, 53: 83-92, 2006.

FERREIRA, M.M.M.; FONTES, P.C.R. Índices de nitrogênio nas folhas de tomateiro em função do nitrogênio e da adubação orgânica. **Revista Agroambiente**, 5: 106-112, 2011.

FERREIRA, M.D.; MINAMI, K. Qualidade de bulbos de cebola em consequência de tratamentos em pré-colheita. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, 57:693-701,out/dez., 2000.

FILGUEIRA, F.A.R. 2008. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3ª edição. Viçosa: UFV, 402p.

FOLEGATTI, M.V.; BLANCO, F.F. BOARETTO, R.M. & BOARETTO, A.E. Calibration of cardy-ion meters to measure nutrient concentrations in soil solution and in plant sap. **Scientia Agricola**, 62: 8-11. 2005.

FONTES, P. C. R.; ARAÚJO, C. **Adubação nitrogenada de hortaliças: princípios e práticas com o tomateiro**. Viçosa: UFV, 2007. 148p.

FONTES, P.C.R. **Nutrição mineral de plantas: avaliação e diagnose**. Viçosa (MG), 2011. 296p.

FURTINI NETO, A.E.; VALE, F.R.; RESENDE, A.V.; GUILHERME, L.R.G.; GUEDES, G. A. A. **Fertilidade do solo**. Lavras, UFLA/FAEPE, 2001. 252p.

GATTO, R.F. 2013. **Produtividade da cultura da cebola sob doses de nitrogênio e lâminas de irrigação por gotejamento**. Lavras: UFLA. 82p (Dissertação mestrado).

GIL, P.T.; FONTES, P.C.R.; CECON, P.R.; FERREIRA, F.A. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio e para o prognóstico da produtividade de batata. **Horticultura Brasileira**, 20: 611-615, 2002.

GUERRA, J.G.M.; ESPINDOLA, J.A.A.; ARAÚJO, E.S.; LEAL, M.A.A.; ABBOUD, A. C.S.; ALMEIDA, D.L.; DE-POLLI, H.; NEVES, M.C.P.; RIBEIRO, R.L.D. Adubação verde no cultivo de hortaliças. In: FILHO, O.F.L.; AMBROSANO, E.J.; ROSSI, F.; CARLOS, J.A.D. (Eds.). **Adubação Verde e Plantas de Cobertura no Brasil: Fundamentos e Prática**. 1. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2014. v.2, p.241–267.

GUPTA, V.K.; RAJ, H.; GUPTA, S.P. A note on effect of zinc aplication on the yield and zinc concentration of onion (*Allium cepa* L.). **Haryana Journal of Horticultural Sciences**, 12: p.141-142, 1985.

HAAG, H.P.; HOMA, P.; KIMOTO, T. Nutrição mineral de hortaliças. VIII. Absorção de nutrientes pela cultura da cebola. **Anais... ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA “LUIZ DE QUEIROZ”**, Piracicaba. p.143-153, 1970.

HAWKESFORD, M.; HORST, W.; KICHEY, T.; LAMBERS, H.; SCHJOERRING, J.; MØLLER, I.S.; WHITE, P. Functions of Macronutrients. In MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. 3 ed. San Diego: Academic Press. p.171-178, 2012.

HIGASHIKAWA, F.S.; KURTZ, C. Manejo do solo, correção e adubação. In: MENEZES JÚNIOR, F.O.G.; MARCUZZO, L.L. (Eds.). **Manual de prática agrícolas: guia para a sustentabilidade das lavouras de cebola do estado de Santa Catarina**. 1. ed. Florianópolis: Departamento Estadual de Marketing e Comunicação Epagri, 2016. p.49–60.

HIGASHIKAWA, F.S.; MENEZES JÚNIOR, F.O.G. Adubação mineral, orgânica e organomineral: efeitos na nutrição, produtividade, pós-colheita da cebola e na fertilidade do solo. **Scientia Agraria**, Curitiba, PR, v.18, n.2, p.1-10, 7 jul. 2017.

HIGASHIKAWA, F.S.; SILVA, C.A.; BETTIOL, W. Chemical and physical properties of organic residues. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.34, n.5, p.1743-1752, set./out. 2010.

HUG, S.J. In Situ Fourier Transform Infrared Measurements of Sulfate Adsorption on Hematite in Aqueous Solutions. **Journal of Colloid and Interface Science**, v.188, p.415- 422, 1997.

HUSSAINI, M.A.; AMANS, E.B.; RAMALAN, A.A. Yield, bulb size distribution and storability of onion (*Allium cepa* L.) under different levels of N fertilization and irrigation regime. **Tropical Agriculture** 77:145-149, 2000.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sistema IBGE de recuperação automática – SIDRA**. Disponível em:<<http://www.sidra.ibge.gov.br>> Acesso em: 22 de agosto, 2017.

INIA – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria del Uruguay. **Tecnología para la producción de cebolla**. Montevideo: Unidad de Agronegocios y Difusión Del INIA. 2005. 247p. (Boletín de Divulgación 88).

IPNI – International Plant Nutrition Institute. **4C Nutrição de Plantas: um manual para melhorar o manejo da nutrição de plantas, versão métrica**. Piracicaba: IPNI, 2013, 134p.

RAO, J. M. Effect of copper and boron on the mineral composition of onion (*Allium cepa* L.). **Andhra Agricultural Journal**,17:170-172, 1974.

KIRKBY, E.A.; RÖMHERD, V. Micronutrientes na fisiologia de plantas: funções, absorção e mobilidade. Piracicaba, SP: IPNI – **Informações Agronômicas**, n.118 – jun. 2007. 24p. (En-carte Técnico)

IPNI – International Plant Nutrition Institute. **4C Nutrição de Plantas: um manual para melhorar o manejo da nutrição de plantas, versão métrica**. Piracicaba: IPNI, 2013, 134p

KNOTT, J.E. **The effect of certain mineral elements on the color and thickness of onion scales**. Ithaca: Cornell Agricultural Experiment Station, 1933. 14p. (Bulletin 552)

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., Epagri identifica novo problema nutricional da cultura da cebola. **Jornal A Comarca** – Ituporanga (SC), 10 a 16 de outubro, p.11. 2013.

KURTZ, C.; ERNANI, P.R. Produtividade de cebola influenciada pela aplicação de micronutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** 34: 133-142, 2010.

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** 36:865-876, 2012.

KURTZ, C.; ERNANI, P.R.; NEVES, L.S.; PETRY, E. Produtividade de Cebola Influenciada pela Adição de Zinco, Boro, Manganês e Cálcio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31, 2007, Gramado (RS). **Conquistas e desafios da ciência do solo brasileira**. Porto Alegre (RS): Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul, 2007. v.31. p.01-05.

KURTZ, C.; ERNANI, P.R.; PAULETTI, V.; MENEZES JUNIOR, F.O.G.; VIEIRA NETO, J. Produtividade e conservação de cebola afetadas pela adubação nitrogenada no sistema de plantio direto. **Horticultura Brasileira** 31: 559-567, 2013.

KURTZ, C.; PAULETTI, V.; FAYAD, J.A.; VIEIRA NETO, J. Crescimento e absorção de nutrientes pela cultivar de cebola Bola Precoce. **Horticultura Brasileira** 34: 279-288, 2016.

KURTZ, C. Recomendação de calagem e adubação. In: MENEZES JÚNIOR, F.O.G.; MARCUZZO, L.L. (Eds.). **Manual de prática agrícolas: guia para a sustentabilidade das lavouras de cebola do estado de Santa Catarina**. 1. ed. Florianópolis: Departamento Estadual de Marketing e Comunicação (DEMC) / Epagri, 2016. p.63–65.

KURTZ, C. **Rendimento de cebola influenciado pela adição de micronutrientes e de nitrogênio**. UDESC – CAV, Lages, SC. 2008. 59 p. (Dissertação de mestrado).

LAUGHLIN, J.C. Nutritional effect on onion (*Allium cepa* L.) yield and quality. **Horticultural Abstracts**, 60: 592, 1990 (Abstract 5123).

LEE, J. Effect of application methods of organic fertilizer on growth, soil chemical properties and microbial densities in organic bulb onion production. **Scientia**, 124: 299- 305. 2010.

LOPES, A.S.; CASTELLIANE, P.D., SOUZA, A.F., MEQUITA FILHO, M.V. Culturas Olerícolas. In: **Micronutrientes na Agricultura**, Piracicaba, 1991, p.549-573.

LOSS, A.; JUNIOR, E.D.S.; SCHMITZ, D.; VEIGA, M.; KURTZ, C.; COMIN, J.J. Atributos físicos do solo sob sistemas de plantio direto e preparo convencional em cultivo de cebola. **Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas**, v.11, n.1, p. 105–113, 13 jun. 2017.

LOSS, A.; BASSO, A.; OLIVEIRA, B.S.; KOUCHER, L.P.; OLIVEIRA, R.A.; KURTZ, C.; LOVATO, P.E.; CURMI, P.; BRUNETTO, G.; COMIN, J.J. Carbono orgânico total e agregação do solo em sistema de plantio direto agroecológico e convencional de cebola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.39, n.4, p.1212–1224, ago. 2015.

MADEIRA, A.C.; FERREIRA, A.; VARENNES, A. & VIEIRA, M.I. SPAD meter versus tristimulus colorimeter to estimate chlorophyll content and leaf color in sweet pepper. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, 34: 2461-2470, 2003.

MAGALHÃES, J.R. Nutrição mineral da cebola. in: CHURATA-MASCA, M.G.C. & CANALEZ, J.I., eds. Seminário Nacional da Cebola, 3., Piedade, 1988. **Anais...** Jaboticabal (SP), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1988. p.93-118

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres Ltda., 2006. 638p.

MALAVOLTA, E; VITTI G.C.; OLIVEIRA S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

MARCOLINI, M.W.; CECÍLIO FILHO, A.B.; MAY, A.; PORTO, D.R.Q.; DIAS, R.S.C. Produtividade da cebola, em semeadura direta, e qualidade de bulbos em função da fertilização nitrogenada e potássica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 45. **Anais...** Brasília: ABH. Horticultura Brasileira 25. 2005. Disponível em: http://www.abhorticultura.com.br/biblioteca-ca/arquivos/Download/Biblioteca/45_0427.pdf

MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. **Fisiologia Vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. 2. ed. Viçosa: UFV. 2005. 439p.

MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. 3 ed. San Diego: Academic Press. 2012. 643p.

MAY, A. **Desempenho de híbridos de cebola em função da população de plantas e fertilização nitrogenada e potássica**. Jaboticabal (SP), Universidade Estadual Paulista, 2006. 142p. (Tese de Doutorado).

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**, 25: 53-59, 2007.

MAY, A; CECÍLIO FILHO, A.B.; PORTO, D.R.Q.; VARGAS, P.F.; BARBOSA, J.C. Acúmulo de macronutrientes por duas cultivares de cebola produzidas em sistema de semeadura direta. **Horticultura Brasileira**, 25:53-59, 2008.

MENDES, A.M.S.; FARIA, C.M.B.; SILVA, D.J.; RESENDE, G.M.; OLIVEIRA NETO, M.B.; SILVA, M.S.L. **Nutrição mineral e adubação da cultura da cebola no Submédio do Vale do São Francisco**. Circular Técnica - EMBRAPA, Petrolina, n.86, 2008.

MENEZES JÚNIOR, F.O.G.; GONCALVES, P.A.S.; VIEIRA NETO, J. Produtividade da cebola em cultivo mínimo no sistema convencional e orgânico com biofertilizantes. **Horticultura Brasileira**, v.32, p.475-481, 2014.

MENEZES JÚNIOR, F.O.G.; KURTZ, C. Produtividade da cebola fertirrigada sob diferentes doses de nitrogênio e densidades populacionais. **Horticultura Brasileira**, v.34, p.571-579, 2016.

MENEZES JÚNIOR, F.O.G.; VIEIRA NETO, J; GONÇALVES, P.A.S.; KURTZ, C. 2015. Índices de clorofila da cebola fertirrigada sob diferentes doses de nitrogênio como parâmetro de suficiência. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. 35., 2015. **Anais on-line**. Natal: NRN da SBCS, 2015. Disponível em: <<http://www.eventossilos.org.br/cbcs2015/>>. Acesso em: 3 maio 2016.

MOGOR, A.F.; GOTO, R. Severidade de míldio em função da nutrição de fósforo e potássio na cultura da cebola. **Horticultura Brasileira**, 18: 830-831, 2000.

NASREEN S.; HAQ, S.M.I.; HOSSAIN, M.A. Sulphur effects on growth responses and yield of onion. **Asian Journal of Plant Sciences** 2: 897-902, 2005.

OLFS, H.W.; BLANKENAU, K.; BRENTUP, F.; JASPER, J.; LINK, A. & LAMMEL, J. Soil-and plant-based nitrogen-fertilizer recommendations in arable farming. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, 168:414-431, 2005.

OLIVEIRA, R. A. de; BRUNETTO, G.; LOSS, A.; GATIBONI, L. C.; KURTZ, C.; MÜLLER JÚNIOR, V.; LOVATO, P. E.; OLIVEIRA, B. S.; SOUZA, M.; COMIN, J. J. Cover Crops Effects on Soil Chemical Properties and Onion Yield. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.40, p.1–17, 2016.

OLIVEIRA, S.A. **Avaliação da mineralização e disponibilidade de nitrogênio para o trigo (*Triticum aestivum* L.) em solos do Distrito Federal**. 1987. 128p.Tese (Doutorado em Fito-tecnia). Escola Superior de Agricultura Luís de Queiroz, Piracicaba (SP), 1987.

PANDE, R.C.; MUNDRA, R.S. Note on response of onion (*Allium cepa* L.) to varying levels of N, P and K. **Indian Journal of Agricultural Science**, Mansoura University, 41: 107-108, 1971.

PAULA, M.B.; PÁDUA, J.G.; FONTES, P.C.R.; BERTONI, J.C. Produtividade, qualidade de bulbos de cebola e teores de nutrientes na planta e no solo influenciados por fontes de potássio e doses de gesso. Ceres: **The FAO Review on Agriculture and Development**, Viçosa, v.43, n.283, p.231-244, 2002.

PAVAN, M.A. **O Cálcio Como Nutriente para as Culturas**. In: **Anais do Seminário. Fósforo, Cálcio, Magnésio e Micronutrientes – Situação Atual e Perspectivas na Agricultura**, MANAH S.A. São Paulo, 1986. p.82-96.

PEÑA. C.; AÑES, B.; DÁVILA, M. Respuesta de la cebolla (*Allium cepa* L.) a la aplicación de azufre, magnesio, cinc, y boro en un suelo alcalino. **Revista Florestal Mérida** (Venezuela) 43:p.173-182, 1999.

PÔRTO, D.R.Q.; CECÍLIO FILHO, A.B.; MAY, A. & BARBOSA, J.C. Acúmulo de macronutrientes pela cultivar de cebola "Optima" estabelecida por semeadura direta. **Horticultura Brasileira** 24:470-475, 2006.

PÔRTO, D.R.Q.; CECÍLIO FILHO, A.B.; MAY, A. & VARGAS, P.F. Acúmulo de macronutrientes pela cultivar de cebola "Superex" estabelecida por semeadura direta. **Ciência Rural** 37: 949-955, 2007.

PÔRTO, M.L.A.; PUIATTI, M.; FONTES, P.C.R.; CECON, P.R.; ALVES, J.C. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio na cultura do pepino japonês em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, 32: 292-296, 2014.

PÔRTO, M.L.; PUIATTI, M.; FONTES, P.C.R.; CECON, P.R.; ALVES, J.C.; ARRUDA, J.A. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio na cultura da abobrinha. **Horticultura Brasileira**, 29: 311-315, 2011.

POTAFOS. **Manual internacional de fertilidade do solo**. 2. ed. Piracicaba, 1998. 177p.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel, 2002. 549p.

RAIJ, B. **Fertilidade do solo e adubação**. Campinas: Ceres. 1991. 343p.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba, INPI – International Plant Nutrition Institute, 2011. 420p.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2 ed. rev. atual. Campinas, IAC, 1997. 285p. (Boletim Técnico, 100).

RAO, V.J.M.; DESHPANDE, R. Effect of micronutrients (copper and boron) on the growth and yield of onion (*Allium cepa* L.). **Indian Journal of Agricultural Research**, 5:257-260. 1971.

RESENDE, G.M.; COSTA, N.D. Dose econômica de nitrogênio na produtividade e armazenamento de cultivares de cebola. **Horticultura Brasileira** 32:357-362, 2014.

RESENDE, G.M.; COSTA, N.D. Produtividade e armazenamento de cebola (*Allium cepa* L.) submetida a doses de nitrogênio e potássio via fertirrigação em cultivo de verão. **Ciência e Agrotecnologia**, 33:1314-1320, 2009.

RESENDE, G.M.; COSTA, N.D.; PINTO, J.M. Rendimento e conservação pós- colheita de bulbos de cebola com doses de nitrogênio e potássio. **Horticultura Brasileira**, 27: 139-143, 2009.

RESENDE, G. M.; COSTA, N. D.; YURI, J. E. Dose adequada. **Revista Cultivar HF**, p. 14 – 17. Abri/Maio 2014.

RHEINHEIMER, D.S.; RASCHE, J.W.A.; OSÓRIO FILHO, B.D.; SILVA, L.S. Resposta à aplicação e recuperação de enxofre em cultivos de casa de vegetação em solos com diferentes teores de argila e matéria orgânica. **Ciência Rural**, v.37, p.363-371, 2007.

ROSOLEM, C.A.; MELLIS, V. van. Monitoring nitrogen nutrition in cotton. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 34:1601-1607, 2010.

SANGOI, L.; ERNANI, P.R.; LECH, V.A.; RAMPAZZO, C. Lixiviação de nitrogênio afetada pela forma de aplicação de ureia e manejo dos restos culturais de aveia em dois solos com texturas contrastantes. **Ciência Rural** 33:65-70, 2003.

SANTOS, E.E.F. **Acúmulo de nutrientes e relação Ca: Mg no cultivo da Cebola, no Submédio São Francisco**. Botucatu: UNESP – FCA. 2007. 120p. (Tese Doutorado).

SANTOS, L.H.; CANTON, L.; VENTURA, B.S.; FERREIRA, G.W.; KURTZ, C.; BRUNETTO, G.; COMIN, J.J.; LOVATO, P.E.; LOSS, A. Chemical Properties in Macroaggregates of a Humic Dystrudept Cultivated with Onion under No-Till and Conventional Tillage Systems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.41, p.1–13, 2017.

SANTOS, S.S.; ESPÍNDOLA, J.A.A.; GUERRA, J.G.M.; LEAL, M.A.A.; RIBEIRO, R.L. Produção de cebola orgânica em função do uso de cobertura morta e torta de mamona. **Horticultura Brasileira**, v.30, n.3, p.549–552, set. 2012.

SCHNITZER, M. Soil organic matter - the next 75 years. **Soil Science**, v.1, n.151, p.41–58, 1991.

SHARMA, V.K.; CANDITELLI, M.; FORTUNA, F.; CORNACCHIA, G. Processing of urban and agroindustrial residues by aerobic composting: review. **Energy Conversion and Management**, Oxford, v.38, n.5, p.453-478, mar. 1997.

SILVA, C.A. Uso de resíduos orgânicos na agricultura. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANNELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2. ed. Porto Alegre: Metropole, 2008. p.597-624.

SILVA, L.S.; CAMARGO, F.A.O.; CERETTA, C.A. Composição da fase sólida orgânica do solo. In: MEURER, E. J. (Ed.) **Fundamentos de Química do Solo**. 5. ed. Porto Alegre: Evangraf, 2012. p.61–86.

SINGH, J.; DHANKHAR, B.S. Effect of nitrogen, potash and zinc on storage loss of onion bulbs (*Allium cepa* L.). **Vegetal Science**., 18:16-23, 1991.

SOPRANO, E.; SILVA JUNIOR, A.A. efeito de níveis de pH do solo sobre o crescimento da cebola em casa de vegetação. In: REPECEM – Reunião de Pesquisa da Cebola no Mercosul. 1996, Ituporanga. **Resumos**. Ituporanga: Epagri, 1996. p.59.

SOUZA, L.F.G. **Produtividade e qualidade da cebola em função de doses de enxofre**. 2013. 34p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo), Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, SP, 2013. Disponível em: Acesso em: 19 dez. 2016.

SOUZA, M.; COMIN, J.J.; LEGUIZAMÓN, E.S.; KURTZ, C.; BRUNETTO, G.; MÜLLER JÚNIOR, V.; VENTURA, B.; CAMARGO, A.P. Matéria seca de plantas de cobertura, produção de cebola e atributos químicos do solo em sistema plantio direto agroecológico. **Ciência Rural**, v.43, n.1, p.21–27, jan. 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. 2009. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre, Artmed, 2009. 819p.

TRANI, P.E.; BREDÁ JUNIOR, J.P.; FACTOR, L.F. **Calagem e adubação da cebola (*Allium cepa* L.)**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas – IAC. 2014. 35p. (Boletim Técnico)

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

VIDIGAL, S.M.; MOREIRA, M.A. **Diagnóstico de nitrogênio por medidores portáteis para uso na cultura da cebola**. Belo Horizonte: Epamig. 5p. (Circular Técnica, 52). 2009.

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

VIDIGAL, S.M.; PEREIRA, P.R.G.; PACHECO, D.D. Nutrição mineral e adubação de cebola. In: **Informe Agropecuário** 23: 36-50, 2002.

VIDIGAL, S.M.; SEDIYAMA, M.A.N.; PEDROSA, M.W.; SANTOS, M.R. Produtividade de cebola em cultivo orgânico utilizando composto à base de dejetos de suínos. **Horticultura Brasileira**, v.28, n.2, p.168–173, jun. 2010.

WEINGÄRTNER, S. **Doses e modo de aplicação de fósforo na produtividade de cebola**. Lages: UDESC/CAV. 2016. 50p. (Dissertação de Mestrado)

WESTERMAN, P.W.; BICUDO, J.R. Management considerations for organic waste use in agriculture. **Bioresource Technology**, Essex, v.96, n.2, p.215-221, jan. 2005.

WESTERVELD, S.M.; MCKEOWN, A.W.; MACDONALD, M.R.; SCOTT-DUPREE, C.D. Assessment of chlorophyll and nitrate meters as field tissue nitrogen tests for cabbage, onions and carrots. **HortTechnology**, 14:179-188, 2004.

WIEDENFELD R. Nitrogen rate and timing effects on onion growth and nutrient uptake in a subtropical climate. **Subtropical Plant Science** 46: 32-37, 1994.

WORDELL FILHO, J.A.; BOFF, P. Doenças de origem parasitária. In: WORDELL FILHO, J.A.; ROWE, E.; GONÇALVES, P.A. de S.; DEBARBA, J.F.; BOFF, P.; THOMAZELLI, L.F. **Manejo fitossanitário na cultura da cebola**. Florianópolis: Epagri. p.19-162, 2006.

Projeto gráfico, impressão e acabamento:



Assis - SP
Fone: (18) 3322-5775
Fone/Fax: (18) 3324-3614
vendas@graficatriunfal.com.br
www.graficatriunfal.com.br