

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS

CLAUDINEI KURTZ

**RENDIMENTO DE CEBOLA INFLUENCIADO PELA ADIÇÃO DE
MICRONUTRIENTES E DE NITROGÊNIO**

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Santa Catarina, como um dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Manejo do Solo.

Orientador: Ph.D. PAULO ROBERTO ERNANI

LAGES – SC
FEVEREIRO - 2008

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária
Renata Weingärtner Rosa – CRB 228/14ª Região
(Biblioteca Setorial do CAV/UDESC)

Kurtz, Claudinei.

Rendimento de cebola influenciado pela adição de
micronutrientes e de nitrogênio. /Claudinei Kurtz. - Lages,
2008.

59 p.

Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciências
Agroveterinárias / UDESC.

1. Cebola - Rendimento. 2. Micronutrientes. 3. Nitrogênio na
agricultura. I. Título.

CDD – 635.25

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS
MESTRADO EM MANEJO DO SOLO

**RENDIMENTO DE CEBOLA INFLUENCIADO PELA ADIÇÃO DE
MICRONUTRIENTES E DE NITROGÊNIO**

CLAUDINEI KURTZ
Engenheiro agrônomo

Aprovado em: 27/02/2008
Pela Banca Examinadora:

Ph.D. Paulo Roberto Ernani
Orientador – CAV/UEDESC – Lages, SC

Dr. Osmar Klauberg Filho
Coordenador Técnico do Curso de Mestrado
em Manejo do Solo e Coordenador do
Programa de Pós-Graduação em Ciências
Agrárias – CAV/UEDESC – Lages, SC

Ph.D. Clesio Gianello
Membro – UFRGS
Porto Alegre, RS

Dr. Adil Knackfuss Vaz
Diretor Geral do Centro de Ciências
Agroveterinárias - CAV/UEDESC - Lages, SC

Dr. Paulo Cezar Cassol
Membro – CAV/UEDESC – Lages, SC

Dr. Luciano Colpo Gatiboni
Membro – CAV/UEDESC – Lages, SC

À minha filha Ana Cristina Kurtz (in memoriam), que partiu recentemente, que apesar de apenas um ano e meio de vida me trouxe muitas alegrias, sorrisos, afeto e lições, e me tornou mais próximo de Deus. Leva um pedaço de mim, mas deixa um imenso e intenso amor e infinita saudade. À minha esposa Eliani pelo apoio e incentivo recebido, que compreendeu minhas ausências e omissões. Aos meus pais Dionísio e Emília pelo apoio e oportunidades concedidas.

AGRADECIMENTOS

À Deus pela vida, familiares e amigos, pela proteção, paz, saúde, oportunidades e por guiar e iluminar para vencer os desafios da vida.

À Epagri – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, pela oportunidade concedida para realização deste curso, possibilitando tornar um sonho em realidade.

À Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) através do Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV), pela oportunidade de realização dos cursos de graduação e pós-graduação gratuitamente, instituição na qual recebi conhecimentos fundamentais para minha formação profissional.

Ao professor Paulo Roberto Ernani, pela orientação prestada com dedicação e segurança, pelos conhecimentos compartilhados, pela atenção e principalmente pela amizade.

Aos demais professores do Departamento de Solos e Recursos Naturais do Curso de Mestrado do Centro de Ciências Agroveterinárias - CAV, pela oportunidade de convívio, ensino e experiência concedida.

Aos Engenheiros Agrônomos Daniel Rogério Schmitt e Edison Xavier de Almeida e ao Técnico Agrícola Marcelo Pitz, da Gerência Regional e Estação experimental da Epagri de Ituporanga, SC pelo apoio concedido na condução dos experimentos de campo.

Ao bolsista de iniciação científica Eder Petry pelo auxílio na realização dos trabalhos de campo e laboratório.

Aos colegas de mestrado pela amizade e convívio.

A minha esposa Eliani, pelo apoio, carinho, amor e compreensão.

RESUMO

O rendimento, a sanidade e a qualidade dos bulbos de cebola (*Allium cepa* L) são influenciados pela nutrição das plantas. A aplicação excessiva de fertilizantes, o uso de corretivos de acidez sem parâmetros técnicos adequados e o monocultivo são práticas comuns em Santa Catarina causando desequilíbrios nutricionais e o aparecimento de sintomas de deficiência, principalmente de micronutrientes e, ocasionalmente, de Ca. O presente trabalho objetivou avaliar o efeito da adição de B, Zn, Mn e N no rendimento de bulbos de cebola, na resistência ao armazenamento e nos teores de nutrientes no solo e nas folhas. Foram conduzidos quatro experimentos independentes, um para cada nutriente, na safra 2006/2007, em Ituporanga, SC. No experimento de Zn, as doses variaram de 0 a 4 kg ha⁻¹ de Zn aplicadas no solo, além de 6 pulverizações foliares com sulfato de zinco 0,5%. No experimento de B, as doses variaram de 0 a 4,4 kg ha⁻¹ de B aplicadas no solo, além de 6 pulverizações foliares com ácido bórico 0,25%. No experimento de Mn, as doses variaram de 0 a 15,6 kg ha⁻¹ de Mn aplicadas no solo, além de 6 pulverizações foliares com sulfato de manganês 1,0%. Para N, os tratamentos consistiram de uma combinação fatorial (4x3) envolvendo quatro doses (0, 50, 100 e 200 kg N ha⁻¹) e três parcelamentos (25% de cada dose no plantio e o restante em uma, duas ou três aplicações), realizados, respectivamente, aos 45, aos 45 e aos 75, e aos 30, 60 e 90 dias após o transplante. A adição de Zn ao solo aumentou o rendimento de bulbos e os teores do elemento no solo, porém o mesmo não ocorreu com as pulverizações foliares. O rendimento máximo foi obtido com a dose estimada de 2,7 kg ha⁻¹ de Zn, a qual aumentou o rendimento de 19,5 t ha⁻¹, na testemunha, para 22,4 t ha⁻¹, representando um incremento de 14,5%. As adições de Mn e de B, independente da forma de aplicação, não afetaram o rendimento e os teores destes elementos no solo e nas folhas de cebola. O rendimento de bulbos aumentou de forma quadrática com o aumento das doses de N aplicadas, com incrementos até a maior dose aplicada, impedindo estimar da dose de máxima eficiência técnica. O rendimento passou de 26,7 t ha⁻¹ onde não foi aplicado N, para 38,0 t ha⁻¹ onde foram adicionados 200 kg N ha⁻¹, representando um incremento de 42%. O parcelamento da dose de N não afetou o rendimento, o peso médio de bulbos e os teores foliares de N nas folhas. Em solos arenosos, portanto, é necessário aplicar grandes quantidades de N ao solo para obter altos rendimentos de cebola.

Palavras-chave: Micronutrientes. Nitrogênio. Rendimento de cebola.

ABSTRACT

The yield increment of onion crop (*Allium cepa* L) as well as the improvement of the sanity and quality of the bulbs are influenced by the nutrition of the plants. Excessive fertilizer application, liming without appropriate technical parameters and the monoculture are common practical in the State of Santa Catarina. This has been causing nutritional unbalances and appearing of symptoms of deficiencies, mainly of micronutrients and, occasionally, of Ca. The present work aimed to evaluate the effect of the addition of B, Zn, Mn and N on yield of onion bulbs, in the storage capacity and in the concentration of nutrients in the soil and leaves. Four independent experiments were carried out, one for each nutrient, in the growing season of 2006/2007, in Ituporanga, SC. In the experiment of Zn, the rates varied from 0 to 4.0 kg ha⁻¹ of applied Zn in the soil, besides 6 foliar sprayings with zinc sulfate 0.5%. In the experiment of B, the rates varied from 0 to 4.4 kg ha⁻¹ of applied B in the soil, besides 6 foliar sprayings with boric acid 0.25%. In the experiment of Mn, the rates varied from 0 to 15.6 kg ha⁻¹ of applied Mn in the soil, besides 6 foliar sprayings with manganese sulfate 1.0%. For the N trial, the treatments consisted of a factorial combination (4x3) involving four rates (0, 50, 100 and 200 kg N ha⁻¹) and three forms of splitting (25% of each rate in the planting time and the remaining in one, two or three applications), done, respectively, 45 days after the transplant (DAT), 45 and 75 DAT, and 30, 60 and 90 DAT. The addition of Zn to the soil increased the yield of bulbs and the concentration of the nutrient in the soil, however the same did not happen with the foliar application. The maximum yield was obtained with the application of 2.7 kg ha⁻¹ of Zn, which increased the yield from 19.5 t ha⁻¹, in the control, to 22.4 t ha⁻¹, representing an increment of 14.5%. The additions of Mn and of B, independent of the application form, did not affect the onion yield and the concentration of these nutrients in the soil and leaves. The yield of bulbs increased linearly with the increase of the rate of applied N, what impeded the determination of the required amount for maximum yield. The yield increased from 26.7 t ha⁻¹, where N was not applied, to 38.0 t ha⁻¹ where 200 kg N ha⁻¹ were added, representing an increment of 42%. The forms of splitting the N rate had no affected the yield, the weight of bulbs and the concentration of N in the leaves. In sandy soils, therefore, it is necessary to apply great amounts of N to the soil to obtain high onion yields.

Key-words: Micronutrients. Nitrogen. Onion yield

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Peso médio de bulbos, perda no armazenamento e teores de Zn nas folhas de cebola em função da adição de Zn em doses crescentes ao solo ou por seis pulverizações foliares com sulfato de zinco a 0,5%.....	26
Tabela 2 - Rendimento, peso médio de bulbos, perda no armazenamento, teores de B no solo e nas folhas de cebola em função da adição de B em doses crescentes ao solo ou por seis pulverizações foliares com ácido bórico a 0,25%.....	27
Tabela 3 - Rendimento, peso médio de bulbos, perda no armazenamento, teores de Mn no solo e nas folhas de cebola em função da adição de Mn em doses crescentes ao solo ou por seis pulverizações foliares com sulfato de manganês a 1,0%.....	30
Tabela 4 - Rendimento, peso médio de bulbos, teores de Ca, Mg, N e K no tecido foliar em função do parcelamento de doses de nitrogênio na cultura da cebola.....	44
Tabela 5 - Precipitação pluviométrica medida no município de Ituporanga, SC, durante o período de condução dos experimentos na safra 2006/2007.....	45

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Rendimento de bulbos de cebola e concentração de Zn no solo em função da adição de doses crescentes de Zn ao solo.....	24
Figura 2 - Concentração de Zn no solo em função da adição de doses crescentes de Zn ao solo.....	31
Figura 3 - Concentração de Mn no solo extraído com solução de HCl 0,1M (a) ou de KCl 1,0M (b) em função da adição de doses crescentes de Mn ao solo.....	31
Figura 4 - Rendimento (a) e peso médio de bulbos (b) em função da adição de nitrogênio em doses crescentes na cultura da cebola.....	41
Figura 5 - Nitrogênio (a) e cálcio (b) no tecido foliar em função da adição de doses crescentes de nitrogênio na cultura da cebola.....	47
Figura 6 - Magnésio (a) e potássio (b) no tecido foliar em função da adição de nitrogênio em doses crescentes na cultura da cebola.....	48

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	12
1 CAPÍTULO I - RENDIMENTO DE CEBOLA INFLUENCIADO PELA ADIÇÃO DE MICRONUTRIENTES AO SOLO OU VIA FOLIAR	14
1.1 RESUMO.....	14
1.2 CHAPTER I - ONION YIELD INFLUENCED BY ADDITION OF MICRONUTRIENTS TO THE SOIL OR AS FOLIAR SPRAYS.....	14
1.2.1 Summary.....	14
1.3 INTRODUÇÃO.....	15
1.4 MATERIAL E MÉTODOS.....	20
1.4.1 Experimentos de campo.....	20
1.4.2 Experimento de laboratório.....	23
1.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
1.5.1 Experimento de zinco.....	23
1.5.2 Experimento de boro.....	26
1.5.3 Experimento de manganês.....	28
1.5.4 Experimento de laboratório com zinco e manganês.....	30
1.6 CONCLUSÕES.....	32
2. CAPITULO II - INFLUÊNCIA DA DOSE E DO PARCELAMENTO DE NITROGÊNIO NO RENDIMENTO DE CEBOLA	33
2.1 RESUMO.....	33
2.2. CHAPTER II – INFLUENCE OF RATES AND SPLITTING OF NITROGEN ON ONION YIELD.....	34
2.2.1 Summary.....	34

2.3 INTRODUÇÃO.....	34
2.4 MATERIAL E MÉTODOS.....	38
2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
2.5.1 Efeito do nitrogênio no rendimento.....	40
2.5.2 Peso de bulbos.....	43
2.5.3 Efeito do parcelamento do nitrogênio.....	44
2.5.4 Concentração dos nutrientes na planta.....	46
2.6 CONCLUSÕES.....	49
3. CONCLUSÕES GERAIS.....	50
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51

INTRODUÇÃO GERAL

A cebola (*Allium cepa* L) é a terceira cultura olerícola em importância econômica para o Brasil, sendo superada apenas pela batata e pelo tomate. O cultivo dessa hortaliça representa uma atividade socioeconômica de grande relevância para os Estados de São Paulo, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Bahia, nos quais se concentram aproximadamente 80% da produção nacional.

No Brasil, a cebolicultura envolve cerca de 60.000 famílias. Em Santa Catarina, mais de 18.000 famílias de agricultores têm esta cultura como principal atividade em suas propriedades, destacando o Estado como o principal produtor nacional com 35% da produção na safra 2006/2007. A importância social e econômica da cebola pode ser avaliada pela geração de emprego e renda e pela fixação do agricultor e de sua família no meio rural. No Estado de Santa Catarina, a cebola destaca-se como a principal hortaliça cultivada, tanto em termos de área plantada como em volume de produção, onde, na última safra (2006/2007), o valor bruto da produção foi superior a 120 milhões de reais.

O incremento no rendimento desta cultura assim como a melhoria na sanidade e na qualidade dos bulbos são influenciados pela nutrição das plantas. A adição excessiva de fertilizantes, principalmente contendo N, P e K, o uso de corretivos de acidez sem critérios técnicos adequados e o monocultivo são práticas comuns na região cebolicultora do Alto Vale do Itajaí (SC). Estas práticas vêm contribuindo para elevar os custos de produção e os desequilíbrios nutricionais, com aparecimento de sintomas de deficiência principalmente de Mn, Zn e de B. Dentre os macronutrientes, o N destaca-se por ser absorvido em grandes quantidades pela cultura da cebola e pelas dificuldades que apresenta no manejo, por ser um elemento afetado por inúmeras reações e por não deixar efeitos residuais diretos das adubações. Apesar disso, os resultados de pesquisas relacionados à fertilidade do solo e à nutrição de plantas são muito escassos tanto na região como no restante do país. Diante deste contexto, os técnicos e produtores têm muitas dificuldades em decidir sobre o manejo adequado da fertilização da cultura cebola, principalmente, porque há uma grande pressão dos setores comerciais ligados à indústria de fertilizantes que incentivam a aplicação indiscriminada dos mesmos.

Considerando a ausência de trabalhos com micronutrientes e a complexidade do ciclo do N no solo, é interessante que sejam conduzidos experimentos de campo nos solos mais representativos das regiões produtoras, com o objetivo de melhorar a recomendação destes fertilizantes. Com isso, seriam evitados excessos, que causam prejuízos pelo aumento no custo produtivo, pelo desequilíbrio nutricional e pelo risco ao meio ambiente, assim como deficiências, que também causam prejuízos pela menor produtividade.

O presente trabalho objetivou avaliar o efeito da adição de boro, zinco, manganês e nitrogênio no rendimento de bulbos de cebola, na capacidade de armazenamento e nos teores de nutrientes no solo e no tecido foliar.

1 CAPÍTULO I - RENDIMENTO DE CEBOLA INFLUENCIADO PELA ADIÇÃO DE MICRONUTRIENTES AO SOLO OU VIA FOLIAR

1.1 RESUMO

A aplicação excessiva de fertilizantes, o uso de corretivos de acidez sem parâmetros técnicos adequados e o monocultivo são práticas comuns na região cebolicultura do Alto Vale do Itajaí (SC) que têm causado desequilíbrios nutricionais e o aparecimento de sintomas visuais de deficiências, principalmente de micronutrientes. O presente trabalho objetivou avaliar o efeito da adição de B, Zn e Mn no rendimento e no armazenamento de bulbos, assim como os teores dos nutrientes no solo e nas folhas de cebola. Foram conduzidos três experimentos independentes, a campo, sendo um para cada nutriente, na safra 2006/2007, no município de Ituporanga, SC. Em cada experimento, os tratamentos consistiram de aplicações ao solo e de pulverizações foliares. As doses dos nutrientes aplicadas ao solo variaram de 0 a 4 kg ha⁻¹ para Zn, de 0 a 4,4 kg ha⁻¹ para B e de 0 a 15,6 kg ha⁻¹ para Mn. As pulverizações foliares, em número de seis, foram realizadas a cada 14 dias, nas concentrações respectivamente de 0,5% de sulfato de zinco, 0,25% de ácido bórico e de 1,0% de sulfato de manganês. A adição de Zn ao solo aumentou o rendimento de bulbos e os teores do elemento no solo, diferentemente das pulverizações foliares que não influenciaram esses atributos. A dose para a máxima produtividade foi estimada em de 2,7 kg ha⁻¹ de Zn, a qual aumentou o rendimento de 19,5 t ha⁻¹ na testemunha para 22,4 t ha⁻¹, representando um incremento de 14,5%. As adições de Mn e de B, independente do modo de aplicação, não afetaram o rendimento e os teores desses elementos tanto no solo como nas folhas de cebola.

Palavras-chaves: Zinco. Boro. Manganês. Cebola. Adubação foliar.

1.2 CHAPTER I - ONION YIELD INFLUENCED BY ADDITION OF MICRONUTRIENTS TO THE SOIL OR AS FOLIAR SPRAYS

1.2.1 Summary

The excessive use of fertilizers and liming, in addition to the monoculture, are common practices used in the onion production region of Santa Catarina State, Brazil, which

has caused nutritional imbalances that result on the appearing of visual symptoms of micronutrient deficiency. This study aimed at to measure the effect of addition of B, Zn and Mn fertilizers on yield and conservation of onion bulbs as well as on the chemical composition of the soil and onions leaves. Three individual trial, one for each nutrient, were carried out in the field, in the growing season of 2006/2007, in the region of Ituporanga. In each trial, treatments consisted of increasing rates of each nutrient added to the soil before planting and also of a single rate sprayed to the plants in six occasions. Rates added to the soil varied from 0 to 4 kg ha⁻¹ for Zn, from 0 to 4.4 kg ha⁻¹ for B, and from 0 to 15.6 kg ha⁻¹ for Mn. The spray solutions were made up from zinc sulfate, boric acid and manganese sulfate at concentrations of 0.5, 0.25 and 1.0% respectively. Addition of zinc to the soil increased onion yield and concentration of Zn in the soil, differently from zinc sprays that had no effect in these attributes. Maximum onion yield (22.4 t ha⁻¹) was obtained by addition of 2.7 kg Zn ha⁻¹, representing an increment of 14.5% relatively to the treatment without no Zn. Addition of Mn or B had no effect on onion yield as well as on the chemical composition of soil or leaves, regardless of application form.

Index words: Zinc. Boron. Manganese. Onion. Foliar nutrition.

1.3 INTRODUÇÃO

A cultura da cebola (*Allium cepa* L.) é a terceira das hortaliças em importância econômica para o Brasil na atualidade. Em Santa Catarina, a cebola é cultivada em quase todos os municípios, concentrando-se, no entanto, nas micro-regiões de Ituporanga, Rio do Sul e Tabuleiro, que representam mais de 85% da produção estadual, onde seu cultivo envolve aproximadamente 18.000 famílias (EPAGRI, 2000). Santa Catarina é o maior produtor nacional de cebola, sendo que na safra 2006/2007 a produção atingiu 437 mil toneladas, numa área plantada de 20.800 ha, o que representa uma produtividade média de 20,6 t ha⁻¹ (BOING, 2007).

O incremento no rendimento desta cultura assim como a melhoria na sanidade e na qualidade dos bulbos é influenciado pela nutrição das plantas. A adição excessiva de fertilizantes, principalmente contendo N, P e K, o uso de corretivos de acidez sem critérios técnicos adequados e o monocultivo são práticas comuns na região cebolicultora do Alto Vale do Itajaí, em Santa Catarina. Estas práticas têm frequentemente causado desequilíbrios

nutricionais que resultam no aparecimento de sintomas visuais de deficiências nas plantas, principalmente relacionados com Mn, B e Zn (EPAGRI, 2000).

Os técnicos e produtores têm muitas dificuldades em decidir quando realmente há necessidade de aplicar micronutrientes ao solo ou por meio de pulverizações foliares para a cultura da cebola, principalmente porque há uma grande pressão dos setores comerciais ligados à indústria de fertilizantes que incentivam à aplicação indiscriminada dos mesmos. Essa tomada de decisão será facilitada quando houver resultados de pesquisas científicas regionais para cada situação específica. Além disso, como alguns destes elementos são metais pesados, o uso indiscriminado dos mesmos pode contaminar as águas subterrâneas, com conseqüências negativas para a saúde e para o meio-ambiente.

Fageria *et al.* (2002) mencionam que a deficiência de micronutrientes às culturas tem aumentado nos últimos anos, principalmente devido: (1) ao aumento da demanda de micronutrientes por práticas intensivas de manejo e de adaptação de cultivares altamente produtivas; (2) ao aumento na produtividade de cultivos em solos marginais com baixos níveis de nutrientes essenciais; (3) ao uso de fertilizantes mais concentrados que assim têm menor contaminação com micronutrientes; (4) à diminuição do uso de esterco animal; (5) ao uso de solos com baixa reserva nativa de micronutrientes; (6) a fatores naturais e antropogênicos que limitam a adequada disponibilidade para as plantas e criam desequilíbrios entre os nutrientes. Além disso, muitos produtores de cebola têm concentrado o calcário na camada superficial do solo de aproximadamente 0 a 10 cm, quando o mesmo deveria ser incorporado até aproximadamente 20 cm de profundidade. A elevação demasiada do pH na camada mais superficial do solo pode afetar a disponibilidade de vários micronutrientes, principalmente para a cebola que tem sistema radicular superficial.

No solo, a maior parte da fração lábil dos micronutrientes se encontra adsorvida às superfícies externas dos componentes orgânicos e inorgânicos e apenas uma pequena parte se encontra na solução. As plantas, no entanto, somente os absorvem a partir da solução, principalmente na forma iônica. À medida que esses íons são absorvidos, há um decréscimo da concentração da solução que tende a ser reposta pelas diversas formas sólidas com as quais ela está em equilíbrio.

A disponibilidade de micronutrientes às plantas é afetada por vários fatores, incluindo o pH do solo, material de origem, teor de matéria orgânica, textura, mineralogia, interação entre alguns elementos químicos, intensidade de uso do solo e espécie vegetal, entre outros.

A quantidade total de micronutrientes no solo varia em função do material de origem e dos processos de formação do solo. De maneira geral, os solos originários de basalto têm mais

Fe, Mn, Cu e Zn, e menores quantidades de B do que os solos originários de rochas graníticas e sedimentares (BATAGLIA, 1988).

O pH do solo tem grande influência na disponibilidade de micronutrientes sendo, provavelmente, o fator de maior relevância. A elevação do pH diminui a disponibilidade de Fe, Cu, Zn, Mn e de B, e aumenta a disponibilidade de Mo (ERNANI, 2006; BATAGLIA, 1988; CAMARGO et al., 1982) devido ao incremento na adsorção específica e, para alguns nutrientes, nas reações de precipitação (KREBS et al., 1998). O aumento de uma unidade de pH pode diminuir em até 100 vezes a atividade de Mn (BATAGLIA, 1988), Zn (TRIERWEILLER & LINDSAY, 1969) e de Cu (TISDALE, 1985) na solução do solo. Por isso, a elevação do pH normalmente aumenta os níveis críticos de Zn (GALRÃO, 1995). De forma geral, apesar da disponibilidade de Fe, Cu, Zn, Mn e de B diminuir com a calagem, a deficiência desses nutrientes geralmente ocorre quando o pH se eleva acima de 6,5 (BATAGLIA, 1988).

A matéria orgânica do solo também influencia a disponibilidade dos micronutrientes (STEVENSON, 1991). A matéria orgânica é constituída por inúmeros compostos, incluindo ácidos húmicos e fúlvicos, huminas, ácidos orgânicos, polifenóis, aminoácidos, peptídeos, proteínas e polissacarídeos. Estes compostos formam complexos estáveis com vários metais de interesse agrícola, podendo diminuir a solubilidade dos mesmos (STEVENSON & ARDAKANI, 1972). A utilização de adubações orgânicas, no entanto, normalmente adiciona estes nutrientes ao solo, podendo aumentar a disponibilidade dos mesmos às plantas.

A textura e a composição mineralógica também afetam a disponibilidade dos micronutrientes às plantas. A adsorção específica dos micronutrientes é dependente das características químicas e mineralógicas como o teor e o tipo de argila e as quantidades de óxidos e hidróxidos de Fe, Al e de Mn (CAMARGO, 1988). Nesta ligação, os íons perdem as águas de hidratação e formam complexos de esfera interna com a superfície dos óxidos, com aluminossilicatos não cristalinos e mesmo com arestas quebradas de argilominerais. Este tipo de adsorção sempre envolve ligações covalentes além de serem altamente dependente do pH, seletiva e pouco afetada pela concentração iônica da solução envolvente e pelo tipo de carga elétrica superficial (CAMARGO et al., 2001).

A interação entre elementos químicos é outro fator preponderante na disponibilidade de determinados micronutrientes. As interações mais conhecidas envolvem o excesso de P afetando negativamente a absorção de Zn (BATAGLIA, 1988, TISDALE et al., 1985, ERNANI, 2006) e o excesso de Mn afetando negativamente a absorção de Fe (BATAGLIA, 1988). Em circunstâncias específicas, entretanto, podem ocorrer outros antagonismos. Os

mais comuns envolvem o excesso de Ca ou de K inibindo a absorção de B, o excesso de Al, de N ou de Zn diminuindo a de Cu, o excesso de Mn, de P ou de Zn diminuindo a de Fe, o excesso de sulfato prejudicando a de Mo, e o excesso de Cu, de Fe ou de Mn inibindo a de Zn.

A intensidade de uso do solo e o sistema de utilização de culturas também podem afetar a disponibilidade dos micronutrientes no solo. Áreas intensamente cultivadas, principalmente sob monocultura, tendem a apresentar mais problemas de deficiência de micronutrientes do que solos cultivados há menos tempo ou daqueles em que é utilizado um programa de rotação de culturas.

As diferentes espécies vegetais ou mesmo cultivares da mesma espécie, possuem exigências de micronutrientes variáveis, e as maiores respostas geralmente ocorrem para Zn e para B (RAIJ, 2001). Segundo Bataglia (1988), a variação de pH na rizosfera pode afetar a solubilização de nutrientes. A necessidade de manter a neutralidade elétrica das células faz com que a raiz excrete um íon H^+ para cada carga catiônica absorvida e uma OH^- ou um HCO_3^- para cada carga aniônica absorvida, e isso pode alterar o pH da rizosfera dependendo da quantidade relativa de cátions e ânions absorvidos. Neste caso, o N é o nutriente com maior influência, pois é o nutriente absorvido em maior proporção pela maioria das plantas e pode ser absorvido na forma de NO_3^- ou de NH_4^+ .

O estado de oxidação do solo e a composição mineralógica também podem afetar a disponibilidade dos micronutrientes. A diminuição do teor de O_2 , que pode ocorrer pelo excesso de umidade ou da compactação, aumenta a disponibilidade de Fe e especialmente de Mn, pois passam a predominar as formas iônicas reduzidas (Fe^{2+} e Mn^{2+}) que são mais solúveis e são preferencialmente absorvidas pelas plantas (BATAGLIA, 1988).

A resposta das culturas à adição de micronutrientes depende da disponibilidade de cada um deles no solo, das características genéticas das espécies e das condições de cultivo. Segundo Lopes e Abreu (2000), das 23 principais espécies cultivadas do Brasil, 14 necessitariam de Zn, 13 necessitariam de B, três necessitariam de Cu, duas de Mn e de Mo, e somente uma de Fe. A cebola é considerada exigente em Zn e em Mn sendo que nesta cultura, existem poucos trabalhos avaliando a resposta à adição de micronutrientes. Vários autores citam, entretanto, que ela apresenta alta susceptibilidade para deficiência de Zn, Mn, Cu (TISDALE et al., 1985; MORTVERDT, 1991) e de Mo e baixa para B (MORTVERDT, 1991). Em solos do estado de São Paulo, a inclusão de B, de Zn e de Mo na adubação promoveu aumento de até 90% na produtividade da cebola (TANAKA et al., 1970).

As culturas olerícolas são normalmente exigentes em boro, tendo sido observada resposta positiva à adição deste nutriente em alho, alface, batata, beterraba, brócolis, cenoura e tomateiro (FERREIRA E CRUZ, 1991). Além de ser o micronutriente que normalmente mais limita o incremento da produtividade das hortaliças no Brasil, o B é o mais pesquisado (MESQUITA et al. 2001). Rao & Deshpande (1971) observaram que a adição de B não afetou o crescimento e o rendimento da cebola, porém encontraram interação positiva dele com o Cu. Os maiores rendimentos foram obtidos com a combinação de 13,4 kg ha⁻¹ de Cu e de 1,8 kg ha⁻¹ de B. Jayamohanrao (1974) verificou que estas mesmas doses de Cu e de B melhoraram a composição mineral dos bulbos, principalmente os teores de Ca, de P e de Fe. Ribeiro (1978) demonstrou a influência do B na qualidade e no armazenamento dos bulbos, em que os oriundos de plantas deficientes foram os que perderam mais peso, os que mais apodreceram e que tiveram maior alteração no sabor. Os bulbos deficientes em B apresentaram ainda as escamas externas duras e enrugadas e as mais internas necrosadas (CALBO et al., 1986). Estes últimos autores verificaram que os bulbos deficientes em B apresentaram 70% de apodrecimento após 54 dias de armazenamento e perderam peso mais rapidamente que os bulbos normais. Entretanto, Peña et al. (1999) verificaram que a aplicação de 5,25 kg ha⁻¹ de B não afetou o rendimento e o peso fresco e seco dos bulbos.

Em algumas situações, a adição de Zn tem aumentado o rendimento da cultura da cebola. A aplicação de 5 kg ha⁻¹ de Zn aumentou em 30% o rendimento de bulbos em relação à testemunha (GUPTA et al., 1985). Com a adição de 6 kg ha⁻¹ de Zn (LAL & MAURYA, 1983) ou de 2,52 kg Zn ha⁻¹ (PEÑA et al., 1999) verificou-se aumento no peso de bulbos de cebola. Asif et al. (1975) verificaram que a adição de Zn ao solo aumentou o rendimento de matéria seca da parte aérea e de bulbos, porém observaram que o aumento de doses de P acentuou os sintomas de deficiências de Zn e diminuiu os teores de Zn na parte aérea e nos bulbos de cebola.

O Mn normalmente apresenta menos problemas de deficiência para as culturas no Brasil, mesmo em solos de cerrado. A deficiência de Mn normalmente é associada a valores elevados de pH, decorrentes da calagem excessiva. Os problemas de toxidez por Mn são mais comuns que os de deficiência nos solos brasileiros. Além disso, as deficiências de Mn e de Cu são pouco observadas em hortaliças e frutíferas devido à aplicação de fungicidas que possuem esses micronutrientes (MARINHO, 1988). Muitas lavouras de cebola na região do Alto vale do Itajaí têm apresentado deficiência de Mn, cujo sintoma é popularmente denominado de “chifre-de-bode”, amarelão ou mancha amarela. Os sintomas de deficiência ocorrem em manchas nas lavouras e quando aparecem normalmente diminuem a produtividade (EPAGRI,

2000). As plantas afetadas apresentam crescimento reduzido, folhas cloróticas e alongadas, às vezes com listas amareladas e formam bulbos atrofiados (EPAGRI, 2000). Nylund (1952) aplicou vários micronutrientes (Mn, Cu, Fe, Zn e B) a um solo com pH 6,9 e somente obteve incremento no rendimento de bulbos de cebola pela adição de Mn. Posteriormente, verificou que os melhores rendimentos ocorreram com a aplicação de 35,5 kg ha⁻¹ de Mn via solo ou com a aplicação de 7,10 kg ha⁻¹ de Mn em 3 pulverizações foliares.

A maioria dos cebolicultores de Santa Catarina, em especial da micro-região de Ituporanga, está adubando a cultura sem parâmetros técnicos, sendo comum o uso excessivo de fertilizantes, principalmente de fórmulas contendo N, P e K. Essa prática tem contribuído para elevar os custos de produção e os desequilíbrios nutricionais. Além disso, eles têm aplicado Mn, B e Zn, principalmente por meio de pulverizações foliares. Apesar disso, não existem trabalhos de pesquisa na região avaliando o efeito destas técnicas no rendimento, na qualidade e na conservação dos bulbos de cebola.

O presente trabalho objetivou avaliar o efeito da adição de B, de Zn e de Mn ao solo ou por pulverizações foliares, no rendimento de bulbos de cebola num solo que vem sendo cultivado intensivamente com esta espécie.

1.4 MATERIAL E MÉTODOS

1.4.1 Experimentos de campo

O presente trabalho foi constituído por três experimentos em que foi testada, individualmente, a resposta da cultura da cebola (*Allium cepa* L.) à adição de Zn, B e Mn. Eles foram conduzidos no campo, na safra 2006/2007, na Estação Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), situada a 475 m de altitude, 27° 22' S de latitude e 49° 35' W de longitude, no município de Ituporanga, na região do Alto Vale do Itajaí, SC. Nas áreas experimentais, o solo é classificado como Cambissolo distrófico (Embrapa, 1999). Nessas áreas o cultivo de cebola vem sendo realizado a vários anos em sucessão de culturas. Por ocasião da implantação dos experimentos, o solo apresentou pH-H₂O = 5,9, matéria orgânica = 38 g kg⁻¹, P-Mehlich = 12 mg kg⁻¹, K = 0,61 cmol_c kg⁻¹, Ca = 6,7 cmol_c kg⁻¹, Mg = 3,5 cmol_c kg⁻¹, Zn = 2,2 mg kg⁻¹, Mn = 48,5 mg kg⁻¹, B = 0,8 mg kg⁻¹, CTC_{pH-7} = 14 cmol_c kg⁻¹, além de 480, 360 e 160 g kg⁻¹ de argila, silte e areia, respectivamente.

Cada um dos três experimentos foram utilizados cinco tratamentos e seguiu a mesma sistemática, com quatro doses do nutriente aplicadas ao solo, incluindo a testemunha, e uma dose aplicada via foliar, porém pulverizada por seis vezes. No experimento de Zn, as doses aplicadas ao solo foram de 0; 1; 2 e 4 kg ha⁻¹ de Zn, e as pulverizações foliares foram efetuadas na concentração de 0,5% do produto comercial, ambos na forma de sulfato de zinco. No experimento de B, as doses aplicadas ao solo foram de 0; 1,1; 2,2 e 4,4 kg ha⁻¹ de B, na forma de bórax e as pulverizações foram realizadas com ácido bórico na concentração de 0,25% do produto comercial. No experimento de Mn, as doses aplicadas ao solo foram de 0; 3,9; 7,8 e 15,6 kg ha⁻¹ de Mn e as pulverizações foram realizadas na concentração de 1,0% do sal, ambos na forma de sulfato de manganês.

As doses de B, Zn e Mn foram aplicadas ao solo na forma líquida, pela dissolução prévia dos respectivos fertilizantes sólidos em 6,0 litros de água, com o objetivo de facilitar a uniformidade da aplicação em toda a área superficial de cada parcela. Posteriormente, os fertilizantes foram incorporados até 10 cm de profundidade pela passagem de uma enxada rotativa e, no mesmo dia, efetuou-se o transplante das mudas. As pulverizações foliares foram realizadas com um volume de solução equivalente a 400 L ha⁻¹, por meio do uso de um pulverizador manual iniciando 15 dias após o transplante das mudas e estenderam-se até a fase de pleno enchimento dos bulbos, com intervalos de 14 dias. As mudas de cebola (cultivar bola precoce) foram semeadas em canteiros, no dia 10 de maio de 2006. O transplante foi realizado manualmente, no espaçamento de 0,10 m x 0,40 m, quando as mudas atingiram aproximadamente 6 mm de diâmetro, em 03 de agosto.

A adubação com N, P e K foi realizada imediatamente após a aplicação dos tratamentos, antes do transplante das mudas, seguida da incorporação ao solo na profundidade de 10 cm. Foi adicionado o equivalente a 40, 160 e 60 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O respectivamente, por meio da utilização da formulação comercial 09-33-12. Aos 45 dias após o transplante das mudas, foram adicionados mais 60 kg ha⁻¹ de N sobre a superfície do solo na forma de sulfato de amônio.

O controle de plantas invasoras, de pragas e de doenças foi efetuado por meio de pulverizações químicas com produtos registrados no Ministério da Agricultura para a cultura da cebola. Para o controle de plantas espontâneas foram efetuadas três aplicações de herbicidas: em 10/09, foram usados 270 mL ha⁻¹ de ioxynil; em 05/10 foram usados 50 mL ha⁻¹ de fenoxaprop-p-ethyl + 50 mL ha⁻¹ de Clethodim; e em 18/10 foram usados 540 mL ha⁻¹ de ioxynil. Para o controle de pragas, em especial do tripses (*thrips tabaci* Lind), foram realizadas quatro aplicações de inseticida: em 30/09 e em 10/10 foram usados 5 mL ha⁻¹ de

lambdacyhalothrin; em 17/10 foram usados 3 mL ha⁻¹ de deltamethrin; e em 24/10 foram usados 70 g ha⁻¹ de imidacloprid. Para o controle de míldio (*Peronospora destructor*) e de alternaria (*Alternaria solani*) foram realizadas quatro pulverizações de fungicidas: em 12/09 e em 12/10 foram usados 60 g ha⁻¹ de metalaxyl + 600 g ha⁻¹ de clorotalonil; em 17/10 foram usados 750 mL ha⁻¹ de clorotalonil; e em 25/10 foram usados 450 mL ha⁻¹ de pochloraz.

A colheita dos bulbos foi realizada no dia 16 de novembro, quando aproximadamente 70% das plantas apresentaram tombamento da parte aérea (estalamento), totalizando 114 dias de cultivo. Após o arranquio, os bulbos foram dispostos em suas respectivas parcelas onde permaneceram por um período de 15 dias para a conclusão da pré-cura. Após este período, no dia 01 de dezembro, os bulbos foram contados, pesados e acondicionados em sacos de ráfia telados, próprios para a comercialização de cebola. A seguir, os bulbos foram armazenados em galpão apropriado para a cebola, aonde permaneceram até o dia 23 de abril, totalizando 145 dias. Nesta ocasião, as ramas foram cortadas, os bulbos foram contados, pesados e classificados, separando os deteriorados dos sadios. A classificação em relação ao diâmetro foi realizada conforme a portaria 529 do Ministério da Agricultura em que apresenta quatro classes: classe 2 (diâmetro entre 35 e 50mm), classe 3 (diâmetro entre 50 e 70mm), classe 4 (diâmetro entre 35 e 50mm) e classe 5 (diâmetro maior que 90mm) (Epagri, 2000).

Além dos atributos relacionados com o rendimento, foi também determinado a concentração de nutrientes no solo e no tecido foliar. No tecido vegetal das plantas de cada experimento foi quantificado o nutriente que estava sendo avaliado (Zn, B ou Mn). Para isso, foi coletada a folha mais alta da planta por ocasião do início da bulbificação (CQFS-RS/SC, 2004), que ocorreu no dia 18 de outubro. Posteriormente, as folhas foram secadas em estufa a 60°C e moídas até atingirem partículas menores do que 1 mm, sendo digeridas pelo método de combustão seca (EMBRAPA, 2002). Neste método, foram utilizadas 500mg da amostra de tecido, acondicionadas em cadinhos de porcelana e aquecidas durante três horas em mufla elétrica regulada a uma temperatura de 500°C. No dia seguinte, as amostras foram retiradas da mufla e em cada uma delas adicionaram-se 20 mL de HCl 1,0 mol L⁻¹, e procedeu-se as respectivas determinações.

Nas amostras de solo foram determinados os valores de pH, matéria orgânica, P, K, Ca, Mg em todas as parcelas de todos os experimentos, e de Zn, B e Mn nas parcelas de seus respectivos experimentos. Foram coletadas seis sub-amostras de solo de cada parcela para compor cada amostra, após a colheita dos bulbos. Todas as determinações analíticas foram realizadas de acordo com as metodologias descritas por Tedesco et al. (1995).

Em todos os experimentos utilizou-se o delineamento experimental de blocos casualizados e quatro repetições. As unidades experimentais tinham 12 m² (3 x 4 m) e para as avaliações, utilizou-se uma área útil de 6,40 m². Para avaliar o efeito das doses de nutrientes aplicadas ao solo foi utilizada a análise de regressão e para o efeito da pulverização foliar em relação aos demais tratamentos, usou-se a técnica de contrastes.

1.4.2 Experimentos de laboratório

Com o objetivo de avaliar o efeito da adição de Mn e de Zn no incremento dos valores extraídos desses nutrientes no solo, foram conduzidos dois experimentos complementares em laboratório, utilizando o mesmo solo dos estudos de campo. Para cada nutriente, adicionou-se 12 doses crescentes a amostras de 1,0 kg de solo (base seca). As doses corresponderam a 0;1,0; 2,5; 5,0; 10; 20; 40; 80; 160; 320 e 640 mg kg⁻¹ de cada nutriente (Zn ou Mn) aplicadas via líquida, a partir de soluções preparadas com sulfato de zinco ou com sulfato de manganês, ambos reagentes pró-análise. Após a homogeneização com o solo, adicionou-se água destilada às unidades experimentais com o objetivo de elevar o teor de umidade para aproximadamente 80% do teor de água retida à capacidade de campo, seguido do acondicionamento em sacos plásticos. Após 30 dias de incubação, as amostras foram secas e determinaram-se os teores de Zn e de Mn de acordo com Tedesco et al. (1995).

Utilizou-se o delineamento experimental de blocos inteiramente casualizados, com três repetições. Os dados experimentais obtidos foram submetidos à análise estatística de regressão.

1.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

1.5.1 Experimento de zinco

A adição de Zn ao solo aumentou o rendimento de bulbos de cebola (ver Figura 1a). O rendimento médio passou de 19,4 t ha⁻¹, sem a aplicação de Zn, para 22,4 t ha⁻¹ no tratamento que recebeu 2,0 kg ha⁻¹ de Zn na forma de sulfato de zinco, correspondendo a um incremento de 14,5%. A máxima eficiência técnica foi estimada para a dose de 2,7 kg ha⁻¹ de Zn adicionado ao solo. O rendimento médio obtido neste experimento foi de 21,1 t ha⁻¹ e situou-se muito próxima da média estadual ocorrida na safra 2006/07 que foi de 20,7 t ha⁻¹ (BOEING, 2007).

Vários autores têm observado que a adição de Zn tem frequentemente aumentado o rendimento de cebola nas mais diversas situações o que, em parte, se assemelha aos resultados obtidos em nosso trabalho. Peña et al. (1999) obtiveram incremento no rendimento de cebola em 27,6% com a adição de 2,52 kg ha⁻¹ de Zn na forma de sulfato de zinco, em solo da Venezuela. Gupta et al. (1985) adicionaram a dose de 5 kg ha⁻¹ de Zn em solo da Índia e conseguiram incremento de 30% no rendimento de cebola. Asif et al. (1975) estudaram a interação do Zn com o P em solo ferruginoso tropical da Nigéria de textura arenosa e verificaram aumento de rendimento de bulbos pela aplicação de Zn em todos os níveis de P aplicado ao solo. Os mesmos autores também observaram que a aplicação de 10 kg Zn ha⁻¹ foi essencial para prevenir sintomas de deficiência, resultando em maior acumulação de Zn na parte aérea e nos bulbos, em um solo que tinha 0,5 mg kg⁻¹ de Zn. Na região de Ituporanga, nos canteiros destinados à produção de mudas observam-se, esporadicamente, plântulas com folhas retorcidas, rígidas e, às vezes, com listras amarelas, características de deficiência de Zn. Esses sintomas são atribuídos à interação negativa do P com o Zn devido à excessiva adubação fosfatada que normalmente é aplicada aos canteiros, os quais desaparecem após pulverizações foliares com Zn (WERNER et al., 1996). Alguns autores, no entanto, não encontraram resposta da cultura da cebola à adição de Zn ao solo (NYLUND, 1952; CAMPRELL & GUSTA, 1965).

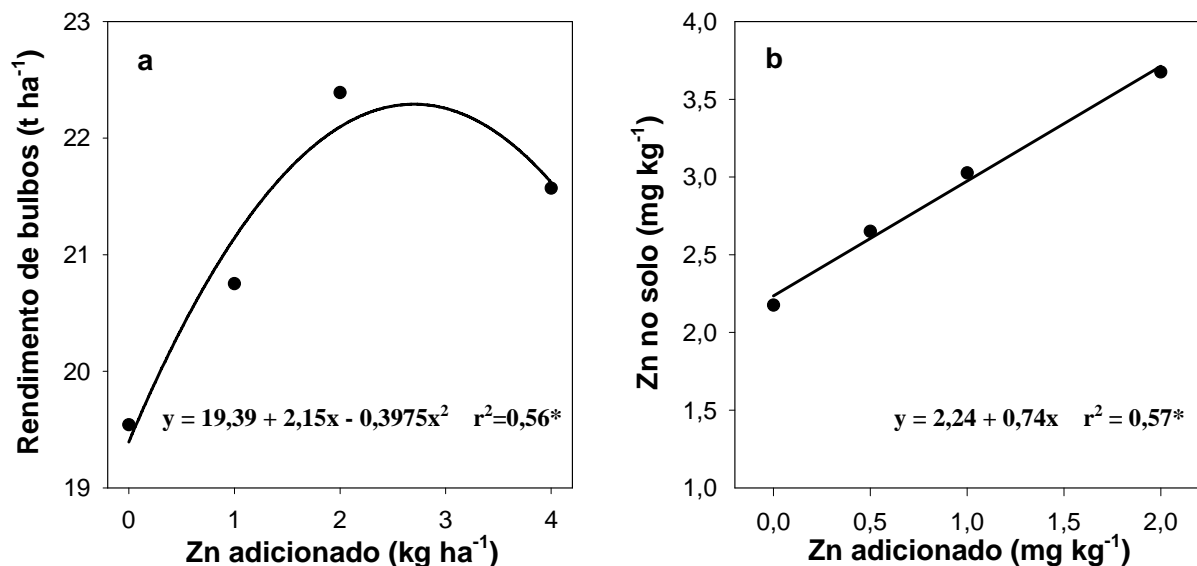


Figura 1. Rendimento de bulbos de cebola e concentração de Zn no solo em função da adição de doses crescentes de Zn ao solo. r^2 = obtido incluindo todas as repetições de cada tratamento. * Significativo $P \geq 5\%$.

A adição de Zn ao solo aumentou linearmente a disponibilidade do nutriente no solo (ver Figura 1b). Na testemunha, que não recebeu Zn, a quantidade extraída do solo com solução de HCl 0,01 mol L⁻¹ foi de 2,2 mg kg⁻¹, passando para 3,7 mg kg⁻¹ no tratamento que recebeu a maior dose de Zn (4 kg ha⁻¹). Cada 1,0 mg kg⁻¹ de Zn adicionado promoveu um incremento de 0,74 mg kg⁻¹ de Zn (ver Figura 1b), evidenciando que apenas ¼ do Zn aplicado não foi recuperado no processo analítico. 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, a possibilidade de incremento no rendimento das culturas pela adição desse nutriente é baixa ou nula (CQFS RS/SC, 2004). No presente trabalho, entretanto, o solo apresentava 2,2 mg kg⁻¹ de Zn e mesmo assim a aplicação deste nutriente incrementou o rendimento de cebola. A ocorrência dessa resposta pode ter sido devido ao período de estiagem que ocorreu na fase de bulbificação da cultura. Segundo Vidigal et al. (2002), o Zn é o micronutriente que mais se acumula nos bulbos de cebola, perfazendo aproximadamente 70% do total absorvido pela cultura, e isso também pode justificar a alta exigência da cultura. Além dessa exigência, a cebola tem um sistema radicular relativamente pequeno, o que resulta na exploração de um menor volume de solo em relação a outras culturas, requerendo, portanto, maior concentração de Zn no solo.

O tratamento com seis pulverizações foliares com sulfato de Zn na concentração de 0,5% com intervalo de 14 dias não afetou o rendimento de bulbos de cebola (20,0 t ha⁻¹) nem a concentração de Zn no solo (2,8 mg kg⁻¹), não tendo diferido dos demais tratamentos pela análise de contrastes.

A adição de Zn, independente do modo de aplicação (via foliar ou ao solo) não afetou o peso médio de bulbos (ver Tabela 1). O peso médio situou-se em 85,3g, sendo que 65% dos bulbos se enquadraram na classe 3 (diâmetro entre 50 e 70mm), e 35% na classe 2 (diâmetro entre 35 e 50mm). Resultados semelhantes aos de nosso experimento foram obtidos por Peña et al. (1999), que obtiveram aumento do rendimento de bulbos pela adição de Zn, mas também não tiveram aumento no peso médio dos mesmos. Entretanto, Lal e Maurya (1983) observaram que o maior peso seco e fresco dos bulbos foi obtido com a aplicação de 6 kg ha⁻¹ de Zn em um experimento conduzido por dois anos. Asif et al. (1975) também verificaram resposta positiva da aplicação de Zn no peso seco tanto da parte aérea quanto dos bulbos.

A adição de Zn via solo ou via pulverização foliar não afetou o nível de perda de cebola após 145 dias de armazenamento no galpão (ver Tabela 1). A perda média encontrada foi de 26,5%. Nas avaliações feitas nos bulbos armazenados verificou-se alta variabilidade em todos os tratamentos e repetições, que contribuíram para um alto coeficiente de variação

(CV). Estas perdas no armazenamento são comuns e foram ocasionadas principalmente pela deterioração dos bulbos devido à ocorrência de bacterioses e desidratação. Vários estudos têm demonstrado que a nutrição da cultura pode afetar as perdas no armazenamento, mas elas são mais evidentes para N e B.

Tabela 1 - Peso médio de bulbos, perda no armazenamento e teor de Zn nas folhas de cebola em função da adição de Zn em doses crescentes ao solo ou por seis pulverizações foliares com sulfato de zinco a 0,5%.

Tratamento*	Peso de Bulbo	Perda no Armazém	Zn nas Folhas
kg ha ⁻¹	g	%	mg kg ⁻¹
0,0	84,4 ns	22,3 ns	14,1 ns
1,0	85,0	27,2	14,1
2,0	91,8	28,7	13,6
4,0	87,9	28,1	15,1
Foliar	77,5	26,0	14,4
Média	85,3	26,5	14,3

* Aplicado na forma de sulfato de zinco e incorporado na camada de 0-10cm de profundidade. ns = Não significativo ($P \geq 5\%$): para as doses via solo, usou-se análises de regressão; para comparação do tratamento foliar em relação aos demais, usou-se análise de contrastes.

A adição de Zn também não afetou a concentração de Zn nas folhas de cebola, independente do modo de aplicação (ver Tabela 1). O teor médio de Zn nas folhas situou-se em 14,3 mg kg⁻¹. Segundo as recomendações de adubação utilizadas para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (CQFS – RS/SC, 2004), os valores adequados para a cultura da cebola situam-se entre 30 e 100 mg kg⁻¹. Por outro lado, Vidigal et al. (2002) mencionam que os valores adequados de Zn nas folhas de cebola situam-se entre 10 e 55 mg kg⁻¹. Diferentemente dos resultados de nosso estudo, Asif et al. (1976) encontraram aumentos significativos no teor de Zn tanto na parte aérea como nos bulbos quando foram adicionados 10 kg ha⁻¹ de Zn na forma de sulfato.

1.5.2 Experimento de boro

A adição de B, independente da forma de aplicação (ao solo ou via foliar), não afetou o rendimento nem tampouco o peso médio de bulbos de cebola (ver Tabela 2). Foram aplicadas doses ao solo que variaram de 0 a 4,4 kg ha⁻¹ de B; e no tratamento via foliar foram

feitas 6 pulverizações na concentração de 0,25% de ácido bórico. O rendimento médio de bulbos foi de 22,6 t ha⁻¹, situando-se acima da média estadual obtida na safra 2006/07 que foi de 20,7 t ha⁻¹ (BOEING, 2007).

Tabela 2 - Rendimento, peso médio de bulbos, perda no armazenamento, teor de B no solo e nas folhas de cebola em função da adição de B em doses crescentes ao solo ou por seis pulverizações foliares com ácido bórico a 0,25%.

Tratamento*	Rendimento	Peso de Bulbo	Perda no Armazém	B no Solo	B na Folha
kg ha ⁻¹	t ha ⁻¹	g	%	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹
0	22,16 ns	90,0 ns	18,6 ns	0,8 ns	23,3 ns
1,1	22,78	92,5	18,3	0,7	29,0
2,2	22,70	89,3	16,5	0,7	24,3
4,4	22,43	92,1	19,0	0,6	28,8
Foliar	23,13	92,1	20,6	0,7	26,0
Média	22,64	91,2	18,6	0,7	21,6

* Aplicado na forma de bórax e incorporado na camada de 0-10cm de profundidade.

ns = Não significativo ($P \geq 5\%$): para as doses via solo, usou-se análises de regressão; para comparação do tratamento foliar em relação aos demais, usou-se análise de contrastes.

Vários autores não têm encontrado resposta da cebola à adição de B, como exemplo de Peña et al. (1999), na Venezuela, de Rao e Deshpande (1971), na Índia, e de Nylund (1952) em Minnesota (EUA). Entretanto, Jayamohanrao (1970) verificou que a aplicação de 1,8 kg ha⁻¹ de B combinado com 13,4 kg ha⁻¹ de Cu aumentou em 43% o rendimento dos bulbos na Índia. A ausência de resposta da cultura da cebola a B em nosso estudo pode ser explicada, em parte, pelos valores relativamente altos de matéria orgânica existentes no solo (38 g kg⁻¹). Outro fator que também pode ter contribuído para esta ausência de resposta refere-se ao baixo valor de pH do solo (5,6), que favorece o aumento na disponibilidade B na solução. Soprano e Silva (1996), em experimento realizado em casa de vegetação com solo da região de Ituporanga, SC, em diferentes níveis de pH, verificaram que as melhores produções de cebola foram obtidas na faixa de pH entre 5,0 e 6,5. Os autores também observaram que em valores de pH maior do que 7,0 a produção de matéria seca teve redução drástica e as plantas apresentaram sintomas de deficiência de B.

O peso médio de bulbos, que foi de 91,2g, assim como a perda no armazenamento não foram afetados pela adição de B (ver Tabela 2). Após a armazenagem, 72,4% da produção enquadraram-se na classe 3 e 22,6% na classe 2. A perda média de bulbos após 145 dias no

armazém foi de 18,6%. Em nosso estudo não foi encontrado nenhuma evidência de melhoria na qualidade dos bulbos pela adição de B, contrariando diversos autores que trabalharam com este elemento na cultura da cebola. Ribeiro (1978) demonstrou a influência do B na qualidade e no armazenamento, em que os bulbos provenientes das plantas de cebola deficientes em B tiveram maiores perdas de peso, maior apodrecimento e apresentaram alteração no sabor. Jayamohanrao (1974), em estudo realizado na Índia, encontrou que o Cu e o B melhoraram a composição mineral dos bulbos, sobretudo os teores de Ca, de P e de Fe, com conseqüente melhoria na qualidade dos mesmos. Calbo et al. (1986) relatam que bulbos deficientes em B apresentaram as escamas externas duras e enrugadas, enquanto que as mais internas apresentaram-se necrosadas. O mesmo autor verificou que 70% dos bulbos deficientes apodreceram após 54 dias de armazenamento, além de terem perdido peso mais rapidamente do que os bulbos normais. Ferreira e Minami (2000) verificaram que a aplicação de B via foliar durante a bulbificação também melhorou a qualidade dos bulbos.

A adição de B também não afetou os teores de B no solo ou nas folhas, independente da forma de aplicação. O teor médio de B encontrado no solo foi de $0,7 \text{ mg kg}^{-1}$, valor considerado alto pelos padrões das instituições de pesquisa dos estados do RS e de SC (CQFS – RS/SC, 2004). O teor médio de B encontrado nas folhas foi de $26,3 \text{ mg kg}^{-1}$, considerado como adequado por Mesquita Filho et al. (2001) para a cultura da cebola, cuja faixa ideal é de 25 a 75 mg kg^{-1} , porém abaixo do normal considerado pelos órgãos de pesquisa do sul do Brasil, que apontam valores entre 30 e 50 mg kg^{-1} (CQFS – RS/SC, 2004).

1.5.3 Experimento de manganês

A adição de manganês não afetou o rendimento, o peso médio de bulbos e a perda no armazenamento (ver Tabela 3), independentemente do método de aplicação (ao solo ou via foliar). Nesse experimento foram aplicadas doses ao solo que variaram de 0 a $15,6 \text{ kg ha}^{-1}$ de Mn; via foliar foram feitas 6 pulverizações na concentração de 1,0% de sulfato de manganês, e nenhuma das formas de aplicação afetaram a produtividade da cultura. O rendimento e o peso médio alcançado foram de $21,34 \text{ t ha}^{-1}$ e 84,9 g, respectivamente. Na classificação dos bulbos, 66% enquadraram-se na classe 3 e 34% na classe 2. As perdas computadas após 145 dias de armazenamento foram de 19,7%.

A resposta da cebola à adição de Mn, conforme apresentam vários autores, são muito variáveis. Werner (1996) adicionou doses entre 1 e 4 kg ha^{-1} de Mn misturado a uma formulação contendo NPK (800 kg ha^{-1} da fórmula 05-20-10), em linha, e concentrações entre

0 e 2,5% de sulfato de Mn na solução aquosa para pulverização foliar, num trabalho realizado na região de Ituporanga, cujas plantas apresentavam sintomas de deficiência de Mn, e mesmo assim nenhum tratamento aumentou o rendimento ou o peso médio dos bulbos. Segundo o autor, a ausência de resposta à adição de Mn pode ter sido devida à diminuição do pH do solo nas proximidades das regiões fertilizadas, que assim aumentaria o teor de Mn disponível. Campbell e Gusta (1966) aplicaram Mn, Zn e Cu a um solo orgânico cultivado com cebola, no Canadá, e verificaram aumento de rendimento e na coloração da casca somente para Cu. No entanto, Nylund (1952) avaliou o efeito da adição de B, Cu, Fe e Zn ao solo, e de Mn via solo e foliar, num solo com pH 6,9, nos EUA, e verificou que somente o Mn aumentou o rendimento de cebola. A fonte utilizada foi o sulfato de Mn e a dose que proporcionou o maior rendimento foi de 37,5 kg Mn ha⁻¹ via solo ou de 7,5 kg ha⁻¹ de Mn via foliar divididos em três pulverizações. Bühner et al. (1996) obtiveram aumentos no rendimento de cebola pela aplicação de sulfato de Mn tanto ao solo quanto por meio de pulverizações foliares, em Ituporanga, SC. Os melhores resultados ocorreram com a pulverização foliar por doze vezes nas concentrações de 1% ou 0,5% ou com 8 kg ha⁻¹ de sulfato de Mn via solo, no plantio. Resultados similares foram obtidos em outras áreas da região que apresentavam sintomas de deficiência de Mn (CEMBRANEL et al., 1996; BOEING et al. 1996). Na região cebolicultora de Ituporanga, algumas áreas têm apresentado sintomas de deficiência de Mn. Nestas áreas, o pH do solo é maior do que 6,0, devido a calagem excessiva ou pela incorporação inadequada do calcário, predomina o monocultivo e, em geral, o teor de matéria orgânica é baixo e os solos são intensivamente cultivados e degradados (WERNER et al., 1996). Ao avaliar essas áreas com deficiência de Mn, verificou-se que o pH era maior do que nas áreas onde não havia sintomas de deficiência desse nutriente (PANDOLFO et al., 1996). Portanto, no presente estudo, é provável que a ausência de resposta à adição de Mn se deva ao valor de pH (5,6) relativamente baixo e ao teor de matéria orgânica relativamente alto, que favoreceram a disponibilidade de Mn para as plantas de cebola.

A adição de Mn via solo ou por meio de pulverização foliar também não influenciou a concentração de Mn no solo e nas folhas de cebola (ver Tabela 3). O teor desse nutriente no solo extraído com KCl 1,0 mol L⁻¹ era originalmente de 49 mg kg⁻¹, valor bem mais alto do que o nível considerado como suficiente para os solos da região (CQFS-RS/SC, 2004). Mesmo na maior dose aplicada (15,6 kg ha⁻¹ de Mn), não houve aumento no teor desse elemento no solo. A alta disponibilidade original desse elemento no solo provavelmente é favorecida pelo valor de pH (5,6) relativamente baixo. Os teores foliares médios encontrados foram de 67,3 mg kg⁻¹, e são considerados adequados segundo Mesquita Filho (2001) e

Vidigal et al. (2002) que mencionam a faixa adequada de Mn nas folhas de cebola como sendo de 50 a 250 mg kg⁻¹ e de 50 a 300 mg kg⁻¹, respectivamente.

Tabela 3 - Rendimento, peso médio de bulbos, perda no armazenamento, teor de Mn no solo e nas folhas de cebola em função da adição de Mn em doses crescentes ao solo ou por seis pulverizações foliares com sulfato de manganês a 1,0 %.

Tratamento*	Rendimento de Bulbos	Peso de Bulbos	Perda no Armazém	Mn no Solo	Mn na Folha
kg ha ⁻¹	t ha ⁻¹	g	%	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹
0	21,30 ns	84,4 n.s.	21,6 ns	48,5 ns	63,3 ns
3,9	20,67	82,0	18,9	53,0	63,2
7,8	20,94	81,1	23,2	46,8	64,2
15,6	21,96	87,1	18,1	40,8	74,8
Foliar	21,84	89,7	16,5	53,0	71,2
Média	21,34	84,9	19,7	48,4	67,3

* Aplicado na forma de sulfato de manganês e incorporado na camada de 0-10cm de profundidade.

ns = Não significativo (P ≥ 5%): para as doses via solo, usou-se análises de regressão; para comparação do tratamento foliar em relação aos demais, usou-se análise de contrastes.

1.5.4 Experimento de laboratório com zinco e manganês

A adição de doses crescentes de Zn ao solo aumentou linearmente a concentração desse elemento no solo após 30 dias de incubação (ver Figura 2). A equação de regressão mostra que para cada mg kg⁻¹ aplicado obteve-se um aumento de 0,79 mg kg⁻¹ no solo, demonstrando que aproximadamente 80% do Zn aplicado foi recuperado pela solução extratora de HCl 0,1 mol L⁻¹. Estes resultados são semelhantes aos encontrados no experimento de campo, em que cada mg kg⁻¹ de Zn aplicado proporcionou um incremento no solo de 0,74 mg kg⁻¹, medido após 5,5 meses. Verifica-se, portanto, que a adição de pequenas doses de Zn já são detectadas nas análises de solo.

A adição de doses crescentes de Mn ao solo aumentou linearmente a concentração de Mn, principalmente quando foi utilizado o extrator ácido (HCl 0,1M) (ver Figura 3a). Na extração com HCl 0,1M (ver Figura 3a), cada mg kg⁻¹ de Mn adicionado proporcionou um aumento de 0,35mg kg⁻¹ na concentração do elemento no solo, enquanto que nas amostras extraídas com a solução salina (KCl 1,0M - Figura 3b) o incremento foi de apenas 0,06 mg kg⁻¹ para cada mg adicionado ao solo. Os dados também evidenciam que na extração com KCl, os valores encontrados no tratamento em que não foi aplicado Mn (testemunha) estão próximos dos níveis críticos segundo os órgãos de pesquisa dos estados do RS e de SC (CQFS

– RS/SC, 2004), enquanto que pela extração com HCl estes valores são aproximadamente 10 vezes maiores. Para todos os tratamentos, independente do extrator utilizado, doses de até 80 mg kg⁻¹ influenciaram muito pouco a concentração de Mn no solo, havendo aumentos expressivos para as doses maiores (160, 320, 640 mg kg⁻¹). Fica evidente, portanto, que a aplicação de doses pequenas de Mn, como as doses utilizadas no experimento de campo de nosso estudo, que atingiram até 15 mg kg⁻¹, não são detectadas pelas análises de solo.

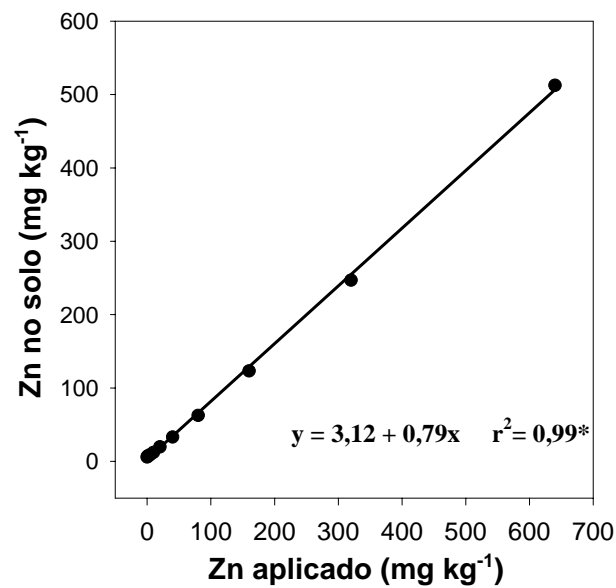


Figura 2 - Concentração de Zn no solo em função da adição de Zn em doses crescentes ao solo. r^2 = obtido incluindo todas as repetições de cada tratamento. *Significativo $P \geq 5\%$.

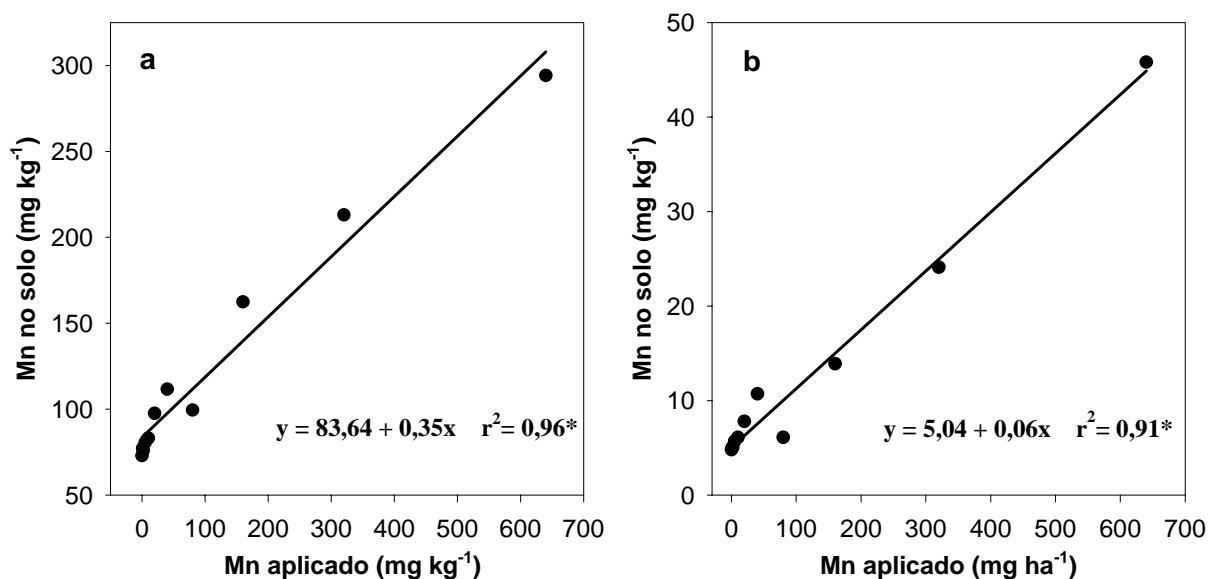


Figura 3 - Concentração de Mn no solo extraído com solução de HCl 0,1M (a) ou de KCl 1,0M (b) em função da adição de Mn em doses crescentes ao solo. r^2 = obtido incluindo todas as repetições de cada tratamento. * Significativo $P \geq 5\%$.

1.6 CONCLUSÕES

- 1 - A adição de Zn ao solo aumentou a produtividade de cebola em 14,5%, sendo que a dose estimada para o rendimento máximo foi de $2,7 \text{ kg Zn ha}^{-1}$; as pulverizações foliares com esse nutriente, por outro lado, não tiveram nenhum efeito sobre o rendimento de bulbos;
- 2 - A adição de Mn e de B, independente da forma de aplicação (solo ou foliar), não afetou o rendimento, o peso médio dos bulbos, os teores dos nutrientes no solo e nas folhas, nem tampouco a conservação dos bulbos;
- 3 - A adição de Zn aumentou linearmente a concentração de Zn no solo, cujos incrementos foram detectados já na menor dose ($0,5 \text{ mg kg}^{-1}$); porém a adição de até 100 kg ha^{-1} de Mn não afetou a concentração de Mn no solo em nenhum dos extratores (ácido ou salino).

2. CAPITULO II - INFLUÊNCIA DA DOSE E DO PARCELAMENTO DE NITROGÊNIO NO RENDIMENTO DE CEBOLA

2.1 RESUMO

A cultura da cebola (*Allium cepa* L.) é a terceira hortaliça em importância econômica no Brasil, sendo o estado de Santa Catarina o maior produtor. O rendimento e a sanidade desta cultura são influenciados pela nutrição das plantas, principalmente pelo nitrogênio, que além de ser requerido em grandes quantidades, é facilmente lixiviado do solo. O presente trabalho objetivou avaliar o efeito de doses e do parcelamento do N no rendimento de bulbos e na composição química das folhas da cebola. Foi conduzido um experimento a campo, na safra 2006/2007, num Cambissolo com 60% de areia, em Ituporanga, SC. Os tratamentos consistiram de uma combinação fatorial (4x3) envolvendo quatro doses (0, 50, 100 e 200 kg N ha⁻¹) e três parcelamentos (25% de cada dose no plantio e o restante em uma, duas ou três aplicações). Estas aplicações foram realizadas, respectivamente, aos 45, aos 45 e 75, e aos 30, 60 e 90 dias após o transplante. O transplante das mudas da cultivar Bola Precoce foi realizado na segunda quinzena de julho de 2006 e a colheita foi efetuada 123 dias após. O rendimento de bulbos aumentou de forma quadrática, com incrementos até a maior dose aplicada, impedindo estimar a dose de máxima eficiência técnica. A produtividade passou de 26,7 t ha⁻¹, onde não foi aplicado N, para 38,0 t ha⁻¹ em que foram adicionados 200 kg ha⁻¹ de N, representando um incremento de 42%. O parcelamento da dose de N não afetou o rendimento, o peso médio de bulbos e os teores foliares de N e de K, mas aumentou os teores de Ca e Mg nas folhas. O aumento das doses de N aumentou a absorção de N, Ca, Mg e de K. Em solos arenosos, portanto, é necessário aplicar grandes quantidades de N ao solo para obter altos rendimentos de cebola.

Palavras-chaves: Rendimento de cebola. Nitrogênio. Parcelamento.

2.2. CHAPTER II – INFLUENCE OF RATES AND SPLITTING OF NITROGEN ON ONION YIELD

2.2.1 Summary

The onion (*Allium cepa* L.) is the third vegetable in economical importance in Brazil, and the state of Santa Catarina is the largest producer, with 35% of the national production. The yield and sanity of this culture are influenced by the nutrition of the plants, mainly by nitrogen, which is leached easily from the soil besides being requested in great amounts. The present study aimed to evaluate the effect of rates and forms of splitting of N in the yield of bulbs and in the chemical composition of the onion leaves. The trials was carried out an or in the field in the growing season of 2006/2007, in a Haplumbrept soil with 60% of sand, in Ituporanga, SC. The treatments consisted of a factorial combination (4x3) involving four rates (0, 50, 100 and 200 kg N ha⁻¹) and three forms of splitting (25% of each rate in the planting and the remaining in one, two or three applications). These applications were done, respectively, 45, 45 and 75, and 30, 60 and 90 days after transplant. The transplant of the 'Bola Precoce' cultivar was done in the second half of July, and the harvest occurred 123 days later. The yield of bulbs increased almost linearly with the increase on the rate of applied N, which impeded the determination of the amount of N required for maximum yield. The productivity increased from 26.7 t ha⁻¹, where N was not applied, to 38.0 t ha⁻¹ in the treatment that received 200 kg N ha⁻¹, representing an increment of 42%. The splitting of the N rates did not affect the yield, the medium weight of bulbs and the concentration of N and K in the leaves, but it increased the leaf concentration of Ca and Mg. The increase of N rate increased the absorption of N, Ca, Mg and of K. Thus, in sandy soils, it is necessary to apply great amounts of N to the soil in order to get high yields of onion.

KEYWORDS: Onion yield. Nitrogen. Splitting.

2.3 INTRODUÇÃO

No Brasil, a cebola (*Allium cepa* L.) é considerada a terceira hortaliça mais importante em termos econômicos, ficando atrás apenas da batata e do tomate e sendo preferencialmente consumida in natura, na forma de saladas, temperos e condimentos (BOEING, 2002). Santa Catarina é o maior produtor nacional de cebola com uma produção de 437 mil toneladas,

numa área plantada de 20.800 ha, representando uma produtividade média de 20,6 t ha⁻¹ na safra 2006/2007 (BOEING, 2007).

O incremento no rendimento da cultura da cebola, assim como a sanidade e a qualidade dos bulbos são muito influenciados pela disponibilidade de nitrogênio. O N é absorvido em grandes quantidades pelas plantas de cebola, sendo superado somente pelo K. Vidigal et al. (2002) verificaram que a cultivar Alfa Tropical extraiu 125 kg ha⁻¹ de N e 131 kg ha⁻¹ de K.

A disponibilidade de N no solo é afetada por inúmeras reações, incluindo a mineralização, a nitrificação, a desnitrificação, a imobilização e a lixiviação. A lixiviação é maior em anos de alta precipitação pluviométrica, especialmente em solos de textura arenosa, e consiste na principal razão do parcelamento dos fertilizantes nitrogenados. Por ser um elemento afetado por inúmeras reações e que não deixa efeitos residuais diretos das adubações, o N é um dos nutrientes mais difíceis de ser manejado (RAIJ, 1991).

A fração orgânica é a principal forma de N no solo, representando normalmente mais de 95% do N total. Para se tornar disponível às plantas, o N orgânico tem que ser transformado em formas inorgânicas, e essa mineralização acontece principalmente na conversão para amônio (NH₄⁺) e nitrato (NO₃⁻). Por isso, a decomposição da matéria orgânica do solo é geralmente o processo mais importante de suprimento de N para as plantas (OLIVEIRA, 1987). Durante o ciclo de crescimento da cultura, é importante considerar, além do N mineralizado, as reações que envolvem perdas desse nutriente (imobilização, lixiviação, desnitrificação, etc), pois a diferença entre a mineralização e as perdas representa o N disponível que pode ser absorvido pelas plantas (RAIJ, 1983).

As formas inorgânicas de N apresentam maior dinâmica no solo comparativamente às formas orgânicas. Em solos ácidos e com boa aeração, pode haver predomínio de NO₃⁻. As concentrações de N-inorgânico podem variar grandemente num curto intervalo de tempo, principalmente após precipitações elevadas, quando as perdas por lixiviação acontecem com mais intensidade. Normalmente existe correlação entre a concentração de N-NO₃⁻ no solo ao longo do ano e a pluviosidade. Durante o período seco, há baixa mineralização e nitrificação, mas, com o início das chuvas, a concentração de N-NO₃⁻ aumenta no solo. Com a continuidade do período chuvoso, pode existir redução da concentração deste íon em decorrência de sua grande mobilidade no solo, que pode ser lixiviado. Estas perdas são mais intensificadas em solos já calcariados, pois a elevação do pH aumenta a capacidade de retenção de cátions e reduz a de ânions, além de aumentar a atividade dos microorganismos nitrificantes. O NH₄⁺, por ser retido nas cargas negativas da superfície dos colóides 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 (DIAS et al., 1994 apud VIDIGAL, 2000).

Outro 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 de lixiviação. 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 de que esses órgãos respondem mais às variações no suprimento de nutrientes e proporcionam maior correlação com a produção (VIDIGAL, 2000). A avaliação do N no solo e na planta, associada à avaliação dos fatores que afetam sua disponibilidade no solo, proporciona uma utilização mais racional dos fertilizantes nitrogenados, com atenção especial ao consumo, à economia e aos impactos ambientais, e isso tem merecido grande atenção, principalmente em países onde a poluição por nitrato tem sido grande.

Para recomendações mais adequadas de fertilizantes, é imprescindível, portanto, a realização de experimentos científicos regionais que avaliem a resposta das culturas em diferentes condições de solo e de clima. A busca do manejo adequado da adubação se faz necessária, uma vez que a eficiência de absorção de N pelas plantas varia de 15 a 30%. Sabe-se que a eficiência de recuperação do N aplicado varia com a dose, com o fertilizante nitrogenado, com a forma e a época de aplicação, com os fatores climáticos e com inúmeros parâmetros de solo (WIEDENFELD e BRAVERMAN, 1991).

A cultura da cebola normalmente responde à adição de fertilizantes nitrogenados e isso tem sido observado por vários autores. Henriksen (1987) aplicou nitrato de cálcio em doses que variaram de 0 a 180 kg N ha⁻¹ e observou que a maior produtividade foi obtida pela adição de 120 kg ha⁻¹ de N. Esta dose é a recomendada para a cultura da cebola na região do Cerrado (MAGALHÃES, 1993). Hassan (1984), Buwalda & Freeman (1987) e Greenwood et al. (1992) também obtiveram incrementos no rendimento de cebola pela adição de N. Vidigal (2000) verificou que as doses de N entre 180 e 200 kg ha⁻¹ foram suficientes para atingir 90% da produtividade máxima de bulbos comercializáveis em cultivo de verão realizado em solos arenosos sob irrigação. Da mesma forma, para atingir 90% da produtividade máxima em solo argiloso do estado de São Paulo, May et al. (2007) demonstraram que são necessários 125 kg ha⁻¹ para a cultivar híbrida Superex e 105 kg ha⁻¹ para a cultivar híbrida Optima. Entretanto, Batal et al. (1994) citaram que alguns estudos têm indicado não haver resposta na produção de cebola para doses de N mesmo em solos de

textura arenosa. No entanto, é evidente que a magnitude de resposta e a quantidade de N a ser empregada na cultura da cebola dependem da população de plantas, do teor de água no solo, do parcelamento da dose e principalmente do teor de matéria orgânica do solo e da taxa de decomposição desta (MAGALHÃES, 1988).

Diferentes respostas da cultura da cebola à adubação nitrogenada podem ser atribuídas à diversidade de condições de solo e de clima, que influenciam a disponibilidade de N, assim como aos diferentes tipos e cultivares de cebola e às condições de cultivo (BATAL et al., 1994). A exigência em N pela cultura aumenta a partir da metade do ciclo (HAAG et al., 1970; WIEDENFELD, 1994) e por isso, em situações com grande potencial de lixiviação, a maior parte do N deve ser aplicada neste período (CALDWELL et al., 1994, BATAL et al., 1994). Além disso, deve-se também alertar que aplicações de N próximas ao final do ciclo podem retardar o amadurecimento dos bulbos e ainda, resultar na produção de bulbos com “pescoço grosso” (BREWSTER, 1989; BUTLER, 1989). Por outro lado, o N aplicado no início do ciclo pode adiantar o amadurecimento dos bulbos em cultivos irrigados (HENRIKSEN, 1987).

Para os estados de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul as recomendações de adubação nitrogenada para as culturas, incluindo a cebola, levam em consideração os teores de matéria orgânica. Para solos com baixos teores de matéria orgânica (< 2,5%), recomenda-se parcelar a dose em duas vezes, adicionando 50% por ocasião do transplante e o restante 45 dias após, geralmente coincidindo com o início da bulbificação. Em solos com teores médios e elevados de matéria orgânica, a recomendação sugere a adição de 10 kg ha⁻¹ no plantio e aplicações adicionais de N em cobertura (20 kg ha⁻¹), que devem ser efetuadas quando as plantas apresentarem sintomas de deficiência ou quando ocorrerem temperatura baixa e/ou chuvas de alta intensidade (CQFS – RS/SC, 2004). Nestas tabelas, a dose máxima recomendada para solos com baixo teor de matéria orgânica é de 95 kg ha⁻¹, situando-se abaixo das respostas a N obtidas por vários autores, principalmente para altas produtividades. Além disso, recomenda-se aplicar a dose de cobertura em uma única parcela, aos 45 dias após o transplante. Com isso, em anos de altas precipitações pluviométricas parte significativa do N pode ser lixiviado, podendo ocorrer falta de N para a cultura na época de maior absorção do nutriente, que é a fase de plena bulbificação, que ocorre entre 80 e 90 dias após o transplante. No estado de Minas Gerais, recomenda-se aplicar N somente em cobertura, na dose aproximada de 200 kg ha⁻¹, dividida em três aplicações, sendo 10% aos 15 dias após o transplante (DAT), 40% aos 35 DAT e 50% aos 55 DAT. No estado de São Paulo, recomenda-se utilizar de 30 a 60 kg ha⁻¹ de N em cobertura, sendo parte aplicada entre 20 e 30

DAT e o restante aos 45-50 DAT, podendo haver modificações nas doses que dependerão do estado vegetativo das plantas e da cultivar utilizada (VIDIGAL et al., 2002).

O parcelamento do N ao longo do ciclo da cultura pode ser uma estratégia importante para aumentar a eficiência de uso do N aplicado. Maiores números de aplicações em menores quantidades podem reduzir a lixiviação e a possibilidade da contaminação das águas subsuperficiais. Estudos com fontes, doses e parcelamento de N na cultura da cebola demonstraram que maiores doses aplicadas em maior número de parcelas proporcionaram maiores produções de bulbos (BATAL et al., 1994). Batal et al. (1994) também verificaram que o parcelamento do N, com 33% da dose em duas aplicações na fase de crescimento e com 66% em mais 3 aplicações na fase de bulbificação, aumentou o rendimento e o peso dos bulbos. Fontes e Menezes Sobrinho citados por Rodrigues (1992), testaram duas doses de N (120 e 240 kg ha⁻¹), além de uma testemunha, na produção de cebola e verificaram que tanto o aumento das doses quanto o fracionamento da dose de 120 kg ha⁻¹ em duas vezes proporcionaram incremento no rendimento, aumento no número e no peso de bulbos. Vidigal (2000) observou que a produção de cebola com a aplicação de N parcelada em sete vezes foi semelhante ao parcelamento em três vezes, mostrando que nas condições experimentais, a eficiência de recuperação de N foi a mesma, e que é possível desta forma economizar mão-de-obra para a aplicação.

Considerando a complexidade do ciclo do N no solo, é interessante que sejam conduzidos experimentos de campo nos solos mais representativos das regiões produtoras com o objetivo de aprimorar a recomendação de fertilizantes nitrogenados. Com isso, seriam evitados excessos, que causam prejuízos pelo aumento no custo, no desequilíbrio nutricional e no risco ao meio ambiente, assim como deficiências, que também causam prejuízos pela menor produtividade. O presente trabalho objetivou avaliar o efeito de doses e do parcelamentos de N no rendimento de bulbos e na composição química das folhas de cebola cultivada num solo arenoso do município de Ituporanga, na safra 2006/2007.

2.4 MATERIAL E MÉTODOS

O presente experimento foi conduzido a campo, na safra 2006/2007, na localidade de Rio Areia, município de Ituporanga, na região do Alto Vale do Itajaí, SC. O solo da área experimental é classificado como Cambissolo Distrófico de textura arenosa (EMBRAPA, 1999). A área vinha sendo cultivada com cebola, em sucessão de culturas, durante vários anos, e tinha a acidez previamente corrigida. Por ocasião da implantação do experimento, o

solo apresentou $\text{pH-H}_2\text{O} = 5,9$, matéria orgânica = 21 g kg^{-1} , P-Mehlich = 80 mg kg^{-1} , K = $0,18 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, Ca = $6,0 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, Mg = $2,7 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ e $\text{CTC}_{\text{pH-7}} = 11,7 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, e 200, 200 e 600 g kg^{-1} de argila, silte e areia, respectivamente. O sistema de manejo do solo utilizado no experimento foi no sistema convencional com transplante manual de mudas de cebola.

Os tratamentos consistiram de um sistema fatorial (4×3), com 4 doses de N (0, 50, 100 e 200 kg ha^{-1}) e três parcelamentos das doses aplicadas em cobertura (uma, duas ou três vezes), além da dose aplicada no plantio. Em todas as doses de N, 25% do total foram aplicados por ocasião do transplante e o restante dividido igualmente pelo número de parcelamentos. No tratamento com um parcelamento, a adubação de cobertura foi realizada aos 45 dias após o transplante (DAT) das mudas; no tratamento com dois parcelamentos, as adubações nitrogenadas de cobertura foram feitas respectivamente aos 45 e aos 75 DAT; e no tratamento com três parcelamentos, o N em cobertura foi aplicado respectivamente aos 30, aos 60 e aos 90 DAT. Como fonte de N foi usado o sulfato de amônio (20%N), o qual foi sempre aplicado a lanço, sobre a superfície do solo, sem incorporação. Na adubação que antecedeu o plantio foram adicionados 100 kg ha^{-1} de K_2O na forma de KCl, porém não foi aplicado P em função dos valores elevados desse nutriente existentes no solo (80 mg kg^{-1}). Também foram realizadas duas pulverizações foliares com sulfato de zinco (0,5%) e duas com sulfato de manganês (1%) para correção de sintomas de deficiência que as plantas apresentaram no início do desenvolvimento, além de três pulverizações foliares com Ca e B usando como fonte o produto comercial Profol CaB na dose de 2 L ha^{-1} .

As unidades experimentais tinham $4,0 \text{ m} \times 5,0 \text{ m}$. Para as avaliações, utilizou-se uma área útil de $7,2 \text{ m}^2$. Foi utilizado o delineamento experimental de blocos casualizados, com três repetições. Foi plantada a cultivar de cebola EMPASC 352-Bola Precoce em fileiras espaçadas de $0,45 \text{ m}$, tendo 10 plantas por metro linear, totalizando aproximadamente 222 mil plantas por hectare. As mudas de cebola foram semeadas previamente em canteiros convencionais, no dia 10 de maio de 2006. O transplante foi realizado manualmente quando as mudas atingiram aproximadamente 6 mm de diâmetro, em 15 de julho de 2006.

O controle de plantas invasoras, de pragas e de doenças foi efetuado por meio de pulverizações com produtos químicos registrados para a cultura da cebola no Ministério da Agricultura. Para o controle de plantas espontâneas foram efetuadas três aplicações de herbicidas: no dia 01/08 utilizou-se Pendimethalin ($2,5 \text{ L ha}^{-1}$), no dia 15/09 utilizou-se ioxynil ($0,88 \text{ L ha}^{-1}$) e no dia 20/10 foi usado uma mistura de fenoxaprop-p-ethyl (50 mL ha^{-1})

e de Clethodim (50 mL ha^{-1}). Para o controle de pragas, em especial do tripses (*thrips tabaci* Lind), foram realizadas duas aplicações de inseticida: dimetoato (200 mL ha^{-1}) em 30/09 e deltametrina (4 mL ha^{-1}) em 24/10. Para o controle de doenças fúngicas, principalmente de míldio (*Peronospora destructor*) e de Alternaria (*Alternaria solani*) foram realizadas quatro pulverizações de fungicidas: uma mistura de metalaxyl (60 g ha^{-1}) com propineb ($0,5 \text{ kg ha}^{-1}$) em 10/09, difenoconazole (150 mL ha^{-1}) em 25/09, uma mistura de metalaxyl (60 g ha^{-1}) com propineb ($0,5 \text{ kg ha}^{-1}$) em 10/10, e difenoconazole (150 mL ha^{-1}) em 25/10.

A colheita dos bulbos foi realizada no dia 18 de novembro, quando aproximadamente 70% das plantas apresentaram tombamento da parte aérea (estalamento), totalizando 123 dias de cultivo. Depois de arrancadas, as plantas ficaram nas respectivas parcelas durante 15 dias com as folhas distribuídas sobre os bulbos para que ficassem protegidos da radiação solar. Após este período de pré-cura, no dia 03 de dezembro, procedeu-se a contagem dos bulbos de cada parcela e o acondicionamento em sacas de ráfia telados, próprios para comercialização. A seguir, procedeu-se a pesagem de cada parcela e o acondicionamento das sacas em galpão apropriado para armazenamento. Nesta condição, os bulbos permaneceram por 145 dias, até o dia 23 de abril, quando foi efetuado o corte das ramas, a pesagem e a classificação comercial dos bulbos.

A pesagem e a contagem dos bulbos foram efetuadas por ocasião da colheita a fim de obter o rendimento e o peso médio de bulbos. A estimativa de rendimento (t ha^{-1}) foi realizada a partir da pesagem dos bulbos colhidos na área útil ($7,2 \text{ m}^2$) e transformada para hectare. Na parte vegetativa das plantas, foram realizadas determinações analíticas das concentrações de N, Ca, K e Mg de acordo com as metodologias descritas por Tedesco et al. (1995). O efeito dos fatores principais e da interação entre eles foi avaliado estatisticamente por meio da análise da variância. O efeito das doses foi avaliado por meio de análise de regressão.

2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.5.1 Efeito do nitrogênio no rendimento

A adição de N ao solo aumentou o rendimento de bulbos de cebola (ver Figura 4a). O rendimento passou de $26,7 \text{ t ha}^{-1}$, onde não foi adicionado N, para $38,0 \text{ t ha}^{-1}$ no tratamento que recebeu a maior dose de N (200 kg ha^{-1}), representando um incremento de 42%. O rendimento de bulbos aumentou de forma quadrática com os incrementos até a maior dose aplicada, impedindo estimar a dose para o rendimento máximo. Dentro do intervalo de doses

avaliadas, cada 1 kg de N adicionado ao solo promoveu um incremento médio no rendimento de bulbos de aproximadamente 75 kg para o intervalo de doses entre 50 e 100 kg N ha⁻¹ e de aproximadamente 55 kg para o intervalo entre 150 e 200 kg N ha⁻¹. Vidigal (2000) conduziu quatro experimentos de N na cultura da cebola e obteve aumentos no rendimento entre 39,4 a 96,3 kg para cada quilograma de N aplicado, dependendo da fonte, do sistema de parcelamento e do tipo de solo das áreas experimentais.

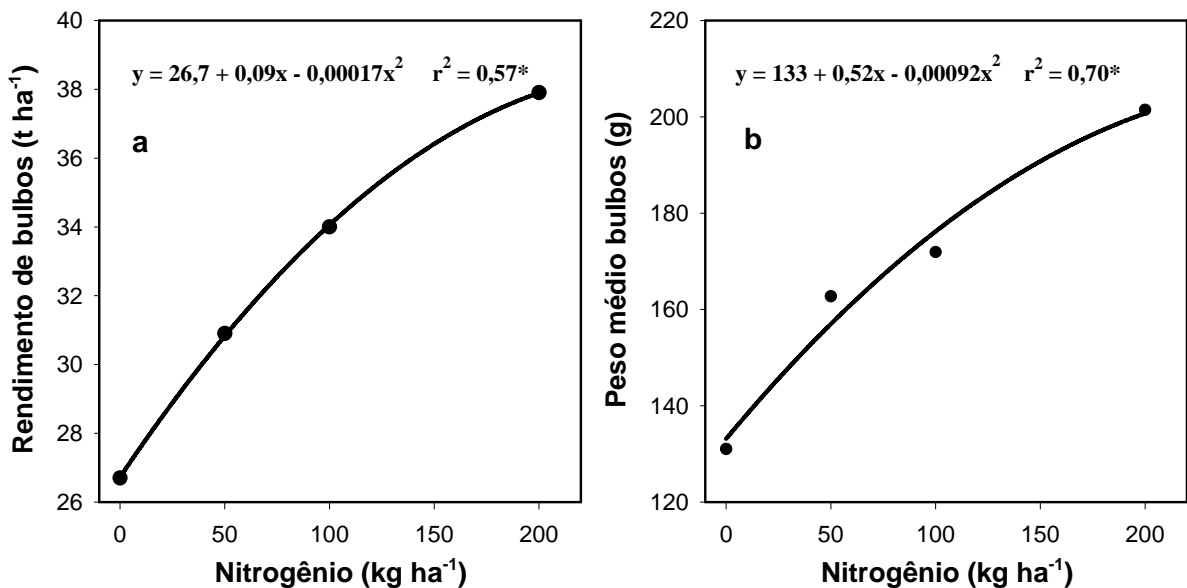


Figura 4 - Rendimento (a) e peso médio de bulbos (b) em função da adição de nitrogênio em doses crescentes na cultura da cebola. r^2 = obtido incluindo todas as repetições de cada tratamento. * Significativo $P \geq 5\%$.

A exemplo do que ocorreu neste estudo, alguns pesquisadores têm encontrado aumento do rendimento de cebola pela adição de N ao solo em diversos locais e condições de cultivo. Vidigal (2000) verificou que 90% da produção máxima de bulbos comercializáveis foram obtidos pela aplicação de doses de N entre 180 e 200 kg ha⁻¹, em um solo arenoso do estado de Minas Gerais. Em um latossolo argiloso do estado de São Paulo foram necessários 105 e 125 kg ha⁻¹ de N respectivamente para as cultivares Optima e Superex obterem 90% da produtividade máxima (MAY et al., 2007). Fontes e Menezes Sobrinho (1974) verificaram que as adições de 120 e 240 kg N ha⁻¹ aumentaram os rendimentos de cebola em 41 e 48% respectivamente, em relação ao tratamento sem N. Tanto em Minas Gerais (RODRIGUES, 1992) como em Pernambuco (SANTOS et al., 1973), a dose de 120 kg N ha⁻¹ foi a que proporcionou a maior produção total e comercial dos bulbos. Halvorson et al. (2002) estudaram apenas dois níveis de N (0 e 224 kg ha⁻¹) em um solo argilo-siltoso do Colorado (EUA) e obtiveram aumento de 11,6 t ha⁻¹ pela adição do N. Hassan (1977) aplicou três doses de N (0, 95 e 190 kg ha⁻¹) durante três safras (1970/71, 1971/72, 1972/73) no Sudão e

verificou que 95 kg ha^{-1} de N foi a dose mais adequada, a qual não diferiu significativamente da dose de 190 kg ha^{-1} . O mesmo autor avaliou as mesmas doses em um experimento envolvendo frequência de irrigação nas safras (1976/77 e 1977/78) e concluiu que 90 kg N ha^{-1} com frequência de 10 dias de irrigação foi o tratamento que proporcionou o melhor rendimento e a maior qualidade dos bulbos. Em trabalho pioneiro realizado no município de Ituporanga, Machado et al. (1984) avaliaram o efeito de doses de N (0 a 160 kg ha^{-1}) em três cultivares, durante três safras, em dois cambissolos, um com 3,5% e o outro com 5,1% de matéria orgânica. Os autores verificaram que a resposta da cebola a N foi inconstante, porém muito pequena para as doses acima de 40 kg ha^{-1} , sendo que os melhores resultados técnicos e econômicos foram obtidos com a aplicação de 65 kg ha^{-1} . Diferentemente dos trabalhos acima citados, alguns autores têm demonstrado não haver incremento no rendimento de cebola pela adição de N ao solo (LIMA et al., 1984; SMITTLE, 1984; ASIEGBU, 1989; BATAL, et al, 1994).

As respostas da cultura da cebola a N é muito variável, sendo influenciada por uma série de fatores, principalmente relacionados aos índices de precipitação pluviométrica ou de irrigação, à população de plantas, e principalmente aos teores de matéria orgânica do solo (MAGALHÃES, 1988). Altas doses de N podem reduzir o rendimento em condições de seca sendo atribuídas à toxidez de amônio e à alta concentração de sais, as quais causam injúrias às plantas. Entretanto, em anos de altas precipitações pluviométricas, verifica-se maior resposta da cebola à adição de adubos nitrogenados (RIECKELS, 1972 apud RODRIGUES, 1992), podendo ser devido à grande lixiviação de N. Halvarton et al. (2002) verificaram que o ^{15}N aplicado em 18 de maio e em 25 de junho na cultura da cebola irrigada foi detectado a 180 cm de profundidade em setembro do mesmo ano, demonstrando uma expressiva movimentação do NO_3^- no perfil do solo.

A população de plantas interfere na competição por água, luz e por nutrientes promovendo variação no tamanho de bulbos e na produtividade total (MAY et al., 2007). O teor de matéria orgânica do solo deve ser considerado por ocasião da fertilização com N, sendo o principal atributo de solo utilizado pelas tabelas recomendação de adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (CQFS-RS/SC, 2004). Vários autores têm verificado que a resposta da cebola à adição de N diminui com o aumento do teor de matéria orgânica do solo (MACHADO et al, 1984; LIMA et al., 1984). Em algumas situações, o excesso de N pode ser até prejudicial (LIMA et al., 1984).

Em nosso trabalho, as respostas expressivas à adição de N provavelmente se devem aos baixos teores de matéria orgânica (2,1%) existentes no solo de textura bastante arenosa

associadas às condições climáticas favoráveis à cultura na safra considerada. Como a região de Ituporanga apresenta solos com grande diversidade de textura e de matéria orgânica, além de diferentes níveis de tecnologia empregados pelos produtores, é necessário que experimentos sejam conduzidos em diferentes locais e por mais tempo para que se possa obter mais dados que permitam decisões mais precisas em relação à quantidade da adubação nitrogenada.

2.5.2 Peso de bulbos

O incremento nas doses de N também aumentou de forma quadrática o peso médio dos bulbos de cebola (ver Figura 4b). O peso médio passou 133g, na testemunha, para 201g no tratamento que recebeu a maior dose de N, com incremento de 51%. A exemplo do que aconteceu com o rendimento, não foi possível determinar a máxima eficiência técnica para o peso médio de bulbos, por situar-se acima da maior dose testada. Aumentos no rendimento com a elevação dos níveis de N foram também obtidos por May et al., (2007), Batal et al., (1994), Machado et al. (1984), Hassan (1977) e Araujo e Costa (1973).

A obtenção de bulbos de maior peso, além de estar diretamente relacionada com o aumento no rendimento, também promove maiores ganhos econômicos por diminuir a quantidade de bulbos com diâmetro inferior a 50 mm, que apresentam remuneração 50% menor do que os bulbos com diâmetro superior. O ideal seria que os bulbos apresentassem peso médio ao redor de 150g, por serem os preferidos comercialmente. Por outro lado, em casos de ocorrer grande parte dos bulbos com tamanho grande, como ocorreu nas maiores doses de N aplicadas, que também não são preferidos pelo mercado consumidor, pode-se diminuir o tamanho dos mesmos pelo aumento na população de plantas (STOFFELLA, 1996; SANTOS et al., 2000; DALLACECCA & LOVATO, 2000). Estes ajustes na população de plantas para obter o peso mais adequado de bulbos buscando atender as exigências do mercado devem estar sempre relacionados com as doses de N. Segundo May (2007), quanto maior a população de plantas, maiores quantidades de N são necessárias para manter o peso de bulbos. Bulbos de tamanho muito grande devem ser evitados não somente pela menor aceitação comercial, mas também porque o aumento do tamanho pelo aumento da dose de N está associado à maior incidência de apodrecimento dos mesmos (BATAL et al., 1994). Com relação aos níveis de produtividade, os valores obtidos em nosso experimento situaram-se bem acima da média geral de SC, que nesta safra foi de 20,7 t ha⁻¹.

2.5.3 Efeito do parcelamento do nitrogênio

O parcelamento do N não afetou o rendimento e o peso médio de bulbos (ver Tabela 4). Não houve interação entre as doses de N e o parcelamento das mesmas em nenhuma das variáveis analisadas. Sendo assim, os dados apresentados na Tabela 4 constituem as médias das doses dentro de cada parcelamento.

Tabela 4 - Rendimento, peso médio de bulbos, Ca, Mg, N e K no tecido foliar em função do parcelamento de doses de nitrogênio na cultura da cebola.

Variáveis	-----Parcelamento-----		
	Base + 1	Base + 2	Base + 3
Rendimento (t ha ⁻¹)	32,24 n.s.	33,43	31,37
Peso médio bulbos (g)	163 n.s.	173	164
Ca foliar (%)	0,60 B	0,65 AB	0,66 A
Mg foliar (%)	0,24 B	0,26 AB	0,28 A
N foliar (%)	3,34 n.s.	3,53	3,52
K foliar (%)	2,38 n.s.	2,38	2,39

Base + 1: 25% da dose no transplante e 75%, 45 dias após o transplante (DAT); Base + 2: 25% da dose no transplante e 37,5%, 45 DAT e 37,5%, 75 DAT; Base + 3: 25% da dose no transplante, 25%, 30 DAT, 25%, 60 DAT e 25%, 90 DAT; Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de tukey à 5% de significância. n.s. Não significativo na linha ao teste de tukey à 5% de significância.

A ausência de efeito do parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura em até três vezes no rendimento e no peso médio dos bulbos possivelmente se deveu às condições climáticas, principalmente à ocorrência de precipitações bem distribuídas, inclusive abaixo da média, o que evitou grandes perdas por lixiviação (ver Tabela 5). Vidigal (2000) observou que a produção de cebola com a aplicação de N parcelada em sete vezes foi semelhante à aplicação em apenas três vezes, mostrando que, nas condições experimentais, a eficiência de recuperação do N foi semelhante, e que é possível economizar mão-de-obra para aplicação. No entanto, esse autor não testou o parcelamento em uma e duas vezes como foi realizado no presente trabalho. Ao contrário dos resultados obtidos neste trabalho, alguns estudos com fontes de N, doses e parcelamento demonstraram que maiores doses aplicadas em maior número de parcelas proporcionaram maiores produções de cebola (BATAL et al., 1994). Machado et al. (1984), trabalhando com dois solos da região de Ituporanga/SC, concluíram

que o melhor rendimento foi obtido com a adubação nitrogenada dividida em três parcelas, sendo 1/3 no plantio, 1/3 aos 30 DAT e 1/3 aos 60 DAT.

Tabela 5 – Precipitação pluviométrica no município de Ituporanga, SC, durante o período de condução dos experimentos na safra 2006/2007.

DIA	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
01	-	-	18,0	15,8	5,0	-
02	-	-	17,8	3,5	1,7	-
03	-	-	-	-	-	-
04	-	-	-	-	0,8	3,0
05	-	-	-	9,0	3,0	-
06	-	-	-	0,2	4,0	26,4
07	-	-	-	-	9,8	2,0
08	-	-	-	-	-	-
09	6,2	-	13,4	-	-	-
10	-	0,8	0,3	-	-	-
11	-	-	-	3,0	-	2,2
12	-	-	-	11,4	-	-
13	-	-	-	-	-	0,8
14	-	-	-	-	1,0	-
15	1,0	17,3	16,0	-	-	10,2
16	5,2	74,6	7,8	45,0	-	-
17	0,1	0,2	-	-	12,0	-
18	-	5,6	-	-	19,2	-
19	-	-	-	-	47,8	8,4
20	-	-	8,5	0,2	1,8	18,1
21	-	-	2,2	-	-	12,2
22	-	-	-	-	-	2,2
23	-	-	-	-	-	3,4
24	0,4	-	-	-	-	3,0
25	3,6	-	-	-	52	29,2
26	4,2	4,2	-	-	0,4	0,2
27	2,0	0,2	-	-	2,0	-
28	6,2	-	0,2	-	15,0	-
29	5,4	-	10,2	-	1,5	-
30	-	-	-	-	0,8	-
31	-	8,6	-	0,4	-	-
TOTAL	34,3	111,5	94,4	88,5	129,8	121,3

Fonte: Epagri/E.E. Ituporanga

Além do parcelamento, outro fator que deve ser considerado no tocante à adubação nitrogenada é a fase de desenvolvimento da cultura. Batal et al. (1994) compararam a aplicação de 66% do N na primeira metade do ciclo e de 34% na segunda metade em relação à aplicação de 34% do N na primeira metade e de 66% segunda metade em um solo franco arenoso. Os autores verificaram que o tratamento mais eficiente consistiu na aplicação de 34% do N na primeira metade do ciclo, em 2 vezes, e o restante 66% em 3 aplicações na segunda metade do ciclo, pois aumentou 4 t ha⁻¹ no rendimento e 7% no peso médio de

bulbos. Estes resultados evidenciam que a exigência de N pela cebola aumenta a partir da metade do ciclo (HAAG et al., 1970; WIEDENFELD, 1994) e, desse modo, em solos com grande potencial de perda de N por lixiviação, a maior parte do N deve ser aplicada neste período. A recomendação atual para os estados do RS e SC (CQFS - RS/SC, 2004) busca atender este raciocínio, uma vez que recomenda a adubação de cobertura com N seja feita aos 45 DAT, ou seja, visando a maior disponibilidade de N na segunda metade do ciclo da cultura. Em relação a esta recomendação tem-se que considerar que em situações em que seja necessário adicionar doses elevadas de N, uma única aplicação de N pode estimular demasiadamente o crescimento vegetativo da cultura em detrimento do tamanho dos bulbos. Além disso, em anos com altas precipitações pluviométricas após a aplicação da adubação de cobertura poderá haver lixiviação de grande parte do N e este nutriente vir a faltar na época que a planta mais necessita, por ocasião da bulbificação.

Os valores de Ca e Mg nas folhas de cebola aumentaram e os de N e K não foram afetados com o aumento do número de vezes que o N foi aplicado em cobertura (ver Tabela 4). Este aumento dos teores de Ca e Mg pelo maior número de adições de N em cobertura, possivelmente seja pela maior disponibilidade do N no solo ao longo do ciclo, já que o aumento das doses de N influenciou fortemente aumentando a absorção destes elementos.

Os efeitos da adubação nitrogenada no rendimento de cebola tem apresentado alta variabilidade, indicando que as recomendações para este nutriente necessitam ser baseadas em experimentos regionais, conduzidos por vários anos, em solos com diferentes teores de matéria orgânica, modo de parcelamento, população de plantas, fatores climáticos, cultivares, nível de tecnologia e tetos de rendimento pretendido, entre outros fatores.

2.5.4 Concentração dos nutrientes na planta

O aumento das doses de N adicionadas ao solo aumentou de forma quadrática o teor de N e de forma linear o teor de Ca nas folhas de cebola (ver Figura 5). O teor de N passou de 2,7%, na testemunha, para 4,0% quando se adicionou a maior dose de N (200 kg ha^{-1}). Os teores adequados deste elemento para a cebola situam-se entre 1,9 e 4,0% (REUTER e ROBINSON, 1988; JONES e JUNIOR et al., 1991; CALDWELL et al. 1994 apud VIDIGAL et al., 2002). Van Lierop et al. (1980) verificaram no Canadá, que a concentração suficiente para obter a máxima produtividade era de 2,0 a 2,1% de N. Dados mais condizentes com os resultados obtidos no presente trabalho foram observados por Vidigal (2000), ao conduzir quatro experimentos no estado de Minas Gerais. Segundo o autor, nos tratamentos de N em

que ocorreu a máxima eficiência econômica produtiva, os teores de N nas folhas variaram de 2,44 a 3,79%. Ainda de acordo com o autor, as amostras de tecido devem ser coletadas no segundo terço do ciclo após o transplante porque os teores críticos de N diminuem com a idade das plantas. Sendo assim, a maior dose adicionada em nosso trabalho (200 kg ha⁻¹) proporcionou teores de N na folha no limite superior. Nosso trabalho também demonstra que o teor de 2,7% encontrado nas plantas que não receberam N foi insuficiente para proporcionar os maiores rendimentos.

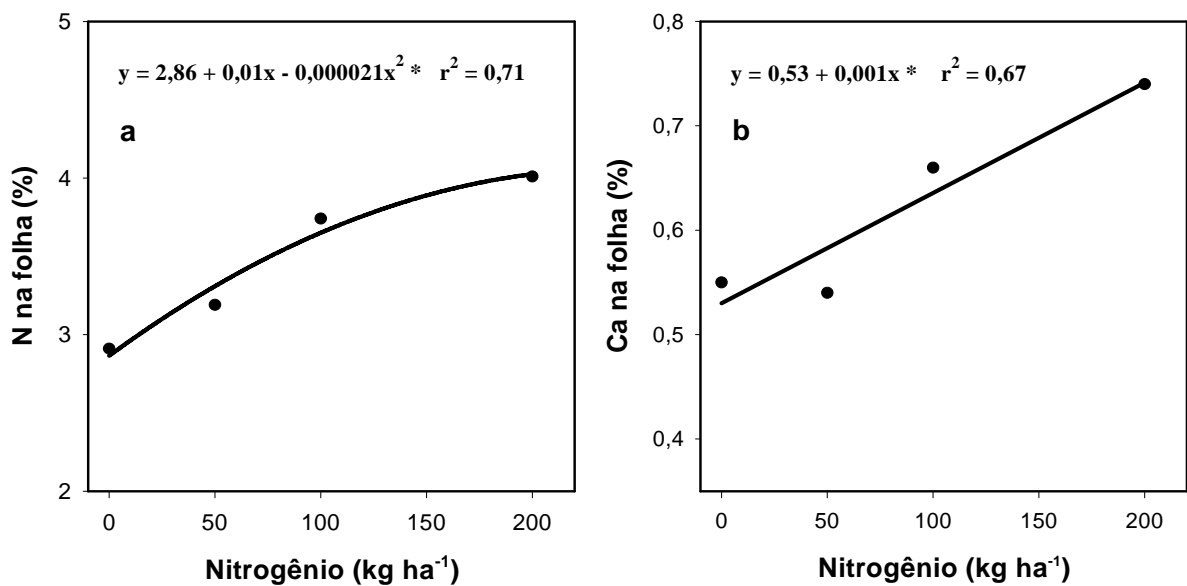


Figura 5 - Nitrogênio (a) e cálcio (b) no tecido foliar em função da adição de nitrogênio em doses crescentes na cultura da cebola. r^2 = obtido incluindo todas as repetições de cada tratamento. * Significativo $P \geq 5\%$.

O aumento na adição de N promoveu aumento linear na absorção de Ca do solo pelas plantas de cebola, cuja concentração passou de 0,53%, na testemunha, para 0,73% na maior dose de N adicionada (ver Figura 5b). Esses teores estão na faixa adequada, de acordo com Magalhães (1988) que sugere que a concentração de Ca nas folhas de cebola seja superior a 0,4%, porém estão abaixo dos valores adequados sugeridos por outros autores, que estipulam como adequada a faixa de 0,9 a 3,5% (REUTER e ROBINSON, 1988; JONES e JUNIOR et al., 1991; CALDWELL et al., 1994) e de 1,5 a 3% (CQFS-RS/SC, 2004). O Ca exerce um papel importante na cultura da cebola, pois a relação entre as partes estruturais da planta (folhas, caules, raízes) e as produtivas (sementes, frutos ou bulbos) é substancialmente reduzida pelo incremento no suprimento de Ca (FENN & FEAGLEY, 1999). A presença de maior teor de N e a integridade da plasmalema, que é mantida pela presença de Ca, faz com que haja maior pressão de turgor e maior retenção de nutrientes nas células, que resultam em maior crescimento das plantas (Vidigal, 2002). Além disso, teores adequados de Ca tornam os

tecidos dos bulbos resistentes a doenças que causam apodrecimento (YANO et al., 1988). O aumento da absorção de Ca decorrente do aumento da disponibilidade de N, verificado no presente estudo, pode ter ocorrido devido ao N encontrar-se no solo fundamentalmente na forma de NO_3^- . A presença de nitrato pode ter favorecido a formação do par iônico $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ e conseqüentemente sua absorção, ou ainda ter promovido a necessidade de maior absorção de cátions para compensar o controle interno das cargas elétricas. Entretanto, o NH_4^+ reduz a absorção de K, Ca e Mg (ABBES et al., 1995), provavelmente pela competição entre cátions pelos mesmos sítios de absorção.

Os teores de Mg e de K também aumentaram lineamente com o incremento na dose de N adicionada ao solo até a quantidade máxima testada (200 kg ha^{-1}) (ver Figura 6a). O teor de Mg aumentou de 0,24%, na testemunha, para 0,28% na maior dose, representando um incremento de 17% na absorção deste elemento em função da maior disponibilidade de N no solo (ver Figura 6a). O K apresentou o mesmo comportamento do Mg, cujo teor aumentou de 2,28 para 2,54% (ver Figura 6b). A maior absorção de Mg e de K pelas plantas de cebola promovida pela maior disponibilidade de N provavelmente deve-se ao mesmo motivo citado anteriormente para o Ca. Os valores de Mg e de K encontrados no tecido foliar encontram-se dentro dos valores adequados para a cultura da cebola ou um pouco abaixo, dependendo dos autores. Segundo Reuter e Robinson (1988), Jones e Junior et al. (1991) e Caldwell et al. (1994) a faixa adequada é de 0,18 a 0,50% para Mg e de 2,0 a 5,0% para K, porém de acordo com a CQFS - RS/SC (2004), estas faixas são de 0,30 a 0,50% para Mg e de 3 a 5% para K.

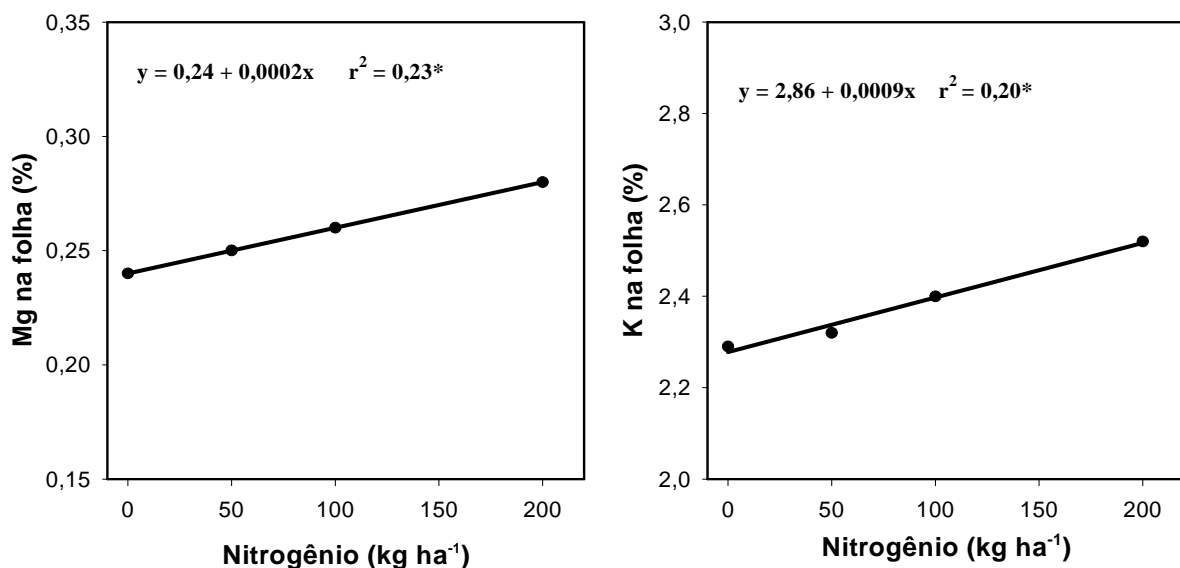


Figura 6 - Magnésio (a) e potássio (b) no tecido foliar em função da adição de nitrogênio em doses crescentes na cultura da cebola. r^2 = obtido incluindo todas as repetições de cada tratamento. * Significativo $P \geq 5\%$.

2.6 CONCLUSÕES

1. O rendimento de cebola aumentou de forma quadrática com a adição de N até a maior dose aplicada (200 kg/ha de N), o que impediu estimar a dose de máxima eficiência técnica.
2. O parcelamento da adubação nitrogenada em uma, duas ou três vezes em cobertura aos 45 DAT, 45 e 75 DAT e aos 30, 60 e 90DAT, respectivamente, não afetou o rendimento de cebola.
3. A adição de N aumentou a absorção de N em 38% e dos cátions Ca em 35%, Mg em 17% e de K em 10%.
4. Em solos arenosos e com baixos teores de matéria orgânica é necessário aplicar grandes quantidades de N ao solo para obter altos rendimentos de cebola.

3. CONCLUSÕES GERAIS

1. A adição de Zn ao solo aumentou a produtividade de cebola em 14,5%, sendo que a produtividade máxima ($22,4 \text{ t ha}^{-1}$) foi atingida com a dose estimada de $2,7 \text{ kg Zn ha}^{-1}$; as pulverizações foliares com esse nutriente, por outro lado, não tiveram nenhum efeito sobre o rendimento de bulbos;
2. A adição de Mn e de B, independente da forma de aplicação (solo ou foliar), não afetou o rendimento, o peso médio dos bulbos, os teores dos nutrientes no solo e nas folhas, nem tampouco a conservação dos bulbos.
3. A adição de Zn aumentou linearmente a concentração de Zn no solo, cujos incrementos foram detectados já na menor dose ($0,5 \text{ mg kg}^{-1}$); porém a adição de até 100 kg ha^{-1} de Mn não afetou a concentração de Mn no solo em nenhum dos extratores (ácido ou salino);
4. O rendimento de cebola aumentou quadraticamente com a adição de N até a maior dose aplicada (200 kg/ha de N), o que impediu estimar a dose de máxima eficiência técnica. Em solos arenosos, portanto, é necessário aplicar grandes quantidades de N para obter altos rendimentos de cebola;
5. O parcelamento das doses de N em uma, duas ou três vezes, em cobertura, não afetou o rendimento de cebola.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBES, C. et al. Effect of $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ ratios on growth and nitrogen uptake by onions. **Plant and Soil**, The Hague, v.171, n.2. p.289-296, 1995.
- ARAUJO, M.T.; COSTA, R.A. Efeito da adubação NPK e adubo de lixo industrializado sobre a produção de cebola (*Allium cepa* L.) em solo de serrado. **Olericultura Brasileira**, n.13, p.114-5, 1973. (Resumo)
- ASIEGBU, J.E. Response of onion to lime and fertilizer N a tropical ultisol. **Tropical agriculture**, v.66, p.161-6, 1989.
- ASIF, M.I.; KHAN, A. A.; AJAKAIYE.; Zinc nutrition of onions as influenced by phosphorus. **J. Agric. Sci. Camb.** Zaria, Nigéria, v.87, p.277-279, 1976.
- BATAGLIA, O.C. Micronutrientes: disponibilidade e interações. In: BORKERT, C.M.; LANTMANN, A.F. REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 17, 1988, Londrina. **Anais do simpósio: enxofre e micronutrientes na agricultura brasileira**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO/SBCS, 1988. p.121-130.
- BATAL, K.M., et al. Effects of source, rate, and frequency of N application on yield, marketable grades and rot incidence of sweet onion (*Allium cepa* L. cv. granex-33). **Journal of Horticultural Science**, Tifton (USA), v.69, n.6, p.1043-1051, 1994.
- BOEING, G. Cebola – Preços recebidos não remuneram a atividade. **Informe Conjuntural**. Florianópolis. Mar. 2007. Disponível em: <http://cepa.epagri.sc.gov.br/>. Acesso em: 5/03/2007, 19:45:12.
- BOEING, G. **Fatores que afetam a qualidade da cebola na agricultura familiar catarinense**. Florianópolis (SC): Instituto CEPA/SC, 2002. 88p.
- BREWSTER, J.L. **Onion and other vegetable alliums**. Wallingford: UK.CAB international, 1994. 236p.

BREWSTER, J.L., LAWES, W., WHITLOCK, A.J. The phenology of onion bulb development at different sites and its relevance to incomplete bulbing ('thick-necking'). **Journal of Horticultural Science**, v.62, n.3, p.371-378, 1987.

BÜHRER, R.R.; WERNER, H.; DEBARBA, J.F. Unidade de observação de adubação de manganês na cultura da cebola. In: REPECEM – Reunião de Pesquisa da Cebola no Mercosul, 1996, Ituporanga. **Resumos**. Ituporanga: Epagri, 1996. p.55.

BUWALDA, J.G.; FREEMAN, R.E. Effects of nitrogen fertilizers on growth and yield of potato (*Solanum tuberosum* l. 'llam hardy'), onion (*Allium cepa* l. 'pukekohe longkeeper'), garlic (*Allium sativum* l. 'y strain') and hybrid squash (*Curcubita maxima* l. 'delica'). **Scientia Horticulturae**, v.32, p.161-173, 1987.

CALDWELL, J.O.N.; SUMNER, M.E.; VAVRINA, C.S. Development and testing of preliminary foliar DRIS norms for onions. **HortScience**, v.29, n.12, p.1501-1504, 1994.

CAMARGO, O.A. Micronutrientes no solo. In: BORKERT, C.M.; LANTMANN, A.F. REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 17, 1988, Londrina. **Anais do Simpósio: enxofre e micronutrientes na agricultura brasileira**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO/SBCS, 1988. p. 103-117.

CAMARGO, O.A.; ALLEONI, L.R.F.; CASAGRANDE, J.C. Reações dos micronutrientes e elementos tóxicos no solo. In: FERREIRA, E.F. et al. **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOS, 2001. p. 89- 117.

CAMARGO, O.A.; VALADARES, J.M.A.S.; DECHEN, A.R. Efeitos do pH e da incubação na extração de manganês, zinco, cobre e ferro do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa (MG), v.6, p.83-88, 1982.

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

CASTELLANE, P.D.; SOUZA, F.S.; MESQUITA FILHO, M.V. Culturas Olerícolas In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. **Micronutrientes na Agricultura**. Piracicaba: Potafos/CNPq, 1991. p. 549-584. 1991.

COLBO, M.E.R.; MONNERAT, P.H.; CHIMOYA, C. Caracterização de sintomas de deficiência de boro em cebola (*Allium cepa* L.) em estágio de produção. **Revista Ceres**, Viçosa, v.33, n.187, p.274-280, 1986.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de adubação e calagem para o Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 4 ed. Porto Alegre (RS): Embrapa - CNPT, 2004, 394p.

DELLACECCA, V. et AL. Effects of different plant densities and planting systems on onion (*Allium cepa* L.) bulb quality and yield. **Acta Horticulturae**, the Hague, n.533, p.197-203, 2000.

EMBRAPA (SILVA, FABIO CESAR – ORG). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Rio de Janeiro: Embrapa solos, Brasília: Embrapa Informática Agropecuária, 1999. 370p.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Serviço de Produção e Informação - SPI/EMBRAPA, 1999. 412p.

EPAGRI. **Sistemas de Produção para Cebola: Santa Catarina (3ª revisão)**. Florianópolis: Epagri. 2000. 91p. (Sistemas de produção, nº16).

ERNANI, P.R. **Disponibilidade de Micronutrientes as Plantas**. 2006. 15p. Apostila.

FAGARIA, N.K.; BALIGAR, V.C.; CLARK, R.B. Micronutrients in crop production. **Advances in Agronomy**. v.77, p.185-268, 2002.

FENN, L. B.; FEAGLEY, S. Review of beneficial uses of calcium and ammonium salts for stimulating plant growth and metabolite translocation. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, v. 30, p.2627-2641, 1999.

FERREIRA, M.D.; MINAMI, K. Qualidade de bulbos de cebola em consequência de tratamentos em pré-colheita. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.57, n.4, out/dez., 2000.

FONTES, P. C. R.; MENEZES SOBRINHO, J.A. **Efeito de níveis e parcelamento de nitrogênio sobre a produção de cebola – Projeto Olericultura**: Relatório anual 73/74. Belo Horizonte (MG): EPAMIG. 1974. 173p.

GALRÃO, E.Z. Níveis críticos de zinco para o milho cultivado em latossolo vermelho-amarelo, fase cerrado. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v.19, p.255-260, 1995.

GALRÃO, E.Z. Respostas das culturas aos micronutrientes boro e zinco. In: BORKERT, C.M.; LANTMANN, A.F. REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO. 17, 1988, Londrina (PR). **Anais do Simpósio: enxofre e micronutrientes na agricultura brasileira**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO/IAPAR/SBCS, 1988. p. 205-232.

GREENWOOD, D. J. et al. Measurement and simulation of the effects of N-fertilizer on growth, plant composition and distribution of soil mineral-N in nationwide onion experiments. **Fertilizer Research**, v.31, n.3, p. 305-318, 1992.

GUPTA, V.K.; RAJ, H.; GUPTA, S.P. A note on effect of zinc application on the yield and zinc concentration of onion (*Allium cepa* L.). **Haryana Journal of Horticultural Sciences**, v. 12 n.1/2, p.141-142, 1985.

HAAG, H.P.; HOMA, P.; KIMOTO, T. Nutrição mineral de hortaliças: VIII absorção de nutrientes pela cultura da cebola. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**. Piracicaba: ESALQ-USP, v.27, p.143-153, 1970.

HALVORSON, A.D. et. al. Nitrogen fertilizer use efficiency of furrow-irrigated onion end corn. **Agronomy Journal**, v.94, p.442-449, 2002.

HASSAN, M.S. Effects of frequency of irrigation and fertilizer nitrogen on yield and quality of onions (*Allium cepa* L.) in the arid tropics of Sudan. **Acta Horticulturae**, v.143, p.341-346, 1984.

HASSAN, M.S. Effects of source, level and time of nitrogen application on yield of onion in the Sudan Gezira. **Acta Horticulturae**, v.53, p.59-63, 1977.

HENRIKSEN, K. Effect of N and P fertilization on yield and harvest time in bulb onions. **Acta Horticulturae**, v.198, p.207-215, 1987.

JAYMOHANRAO, V. Effect of copper and boron on the mineral composition of onion (*Allium cepa* L.). **Andhra Agricultural Journal**. v.17, n.5, p.170-172. 1974.

JONES JUNIOR, J.B.; WOLF, B.; MILLS, H.A. **Plant analysis an analysis handbook: a practical sampling, preparation, analysis and interpretation guide**, Athens: Micro-Macro, 1991. 213p.

KREBS, R. et al. Solubility and plant uptake of metals with liming of sludge-amended soils. **J. Environ. Qual.** v.27, p.18-23, 1998.

LAL, S.; MAURYA, A.N. Effects of zinc on onion. **Haryana Journal of Horticultural Sciences.** v. 10, n.3/4, p.231-235, 1983.

LIMA, J.A. et al. Produção de cebola em função de níveis de aplicação de nitrogênio e fósforo. **Horticultura Brasileira**, v.2, n.2, p.12-14, 1984.

LOPES, A.S.; ABREU, C.A. Micronutrientes na agricultura brasileira: evolução histórica e futura. In: **Tópicos em Ciência do Solo**, v.1, p.265-298, 2000.

LORENZ, T.M.; MAYNARD, D. **Knott's handbook for vegetable grows.** 3 ed., New York, 1988.

MACHADO, M.O. et al. **Adubação para a cultura da cebola na região do Alto Vale do Itajaí, Santa Catarina.** Florianópolis: EMPASC, 1984. 17p. (EMPASC, Boletim Técnico, 26).

MAGALHÃES J.R. Nutrição e adubação da cebola. In: FERREIRA, M.E.; CASTELLANE, P.D.; CRUZ, M.C.P. **Nutrição e Adubação de Hortaliças.** Piracicaba, (SP): Potafos. p.381-393, 1993.

MAGALHÃES J.R. Nutrição mineral da cebola. In: CHURATA-MASCA, M.G.C.; CANALEZ, J.I. Seminário Nacional da Cebola, n.3, 1988, Piedade (SP). **Anais.** Jaboticabal (SP): ESALQ, 1988, p.93-118.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola, adubos e adubação.** 3 ed. São Paulo: Ceres, 1981. p. 441-501.

MARINHO, M.L. Resposta da culturas aos micronutrientes ferro, manganês e cobre. In: BORKERT, C.M.; LANTMANN, A.F. REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 17, 1988, Londrina (PR). **Anais do Simpósio: enxofre e micronutrientes na agricultura brasileira.** Londrina: EMBRAPA-CNPSO/SBCS, 1988. p. 239-260.

MAY, A. et al. Produtividade de híbridos de cebola em função da população de plantas e da fertilização nitrogenada e potássica. **Horticultura Brasileira**, v.25, n.1, p.53-59, 2007.

MESQUITA FILHO, M.V.; SOUZA, A.F.; FURLANI, P.R. Hortaliças de bulbo, tubérculo, raiz e fruto. In: FERREIRA, E.F. et al. **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOS, 2001. p.511- 525.

MESQUITA FILHO, M.V.F.; OLIVEIRA, A. Influência do boro na produção de matéria seca de batata. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.2,n.5, p.9-11, nov. 1984

MORTVEDT, J.J. Micronutrient fertilizer technology. In: MORTVEDT, J.J. et al. **Micronutrients in Agriculture**. Madison: Soil Sci. Soc. Am., 1991, p.523-546.

NYLUND, R.E. The response of onions to soil and foliar applications of manganese and to soil applications of other trace elements. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**. Minnesota, v.60, p.283-285, 1952.

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 Fitotecnia). Escola Superior de Agricultura Luís de Queiroz, Piracicaba (SP), 1987.

PANDOLFO, C.M.; VEIGA, M.; WERNER, H. Levantamento da fertilidade do solo em áreas com sintomas do declínio da cebola. In: REPECEM – Reunião de Pesquisa da Cebola no Mercosul. 1996, Ituporanga. **Resumos**. Ituporanga: Epagri, 1996. p.51.

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. **Rev. Forest**. Mérida (Venezuela), v.43, n.2, p.173-182, 1999.

PEREIRA, N.M.Z. **Influência do pH e da adição de zinco na massa seca de milho e na composição química de dois solos ácidos**. 2005. 61 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages (SC), 2005.

QUAGGIO, J.A.; DA SILVA, N.M.; BERTON, R.S. Culturas oleaginosas. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. **Micronutrientes na Agricultura**. Piracicaba (SP): Potafos/CNPq, 1991. p.445-476.

RAIJ, B.V. **Avaliação da Fertilidade do Solo**. Piracicaba: POTAFÓS, 1983. 142p.

RAIJ, B.V. **Fertilidade do Solo e Adubação**. Piracicaba: POTAFÓS, 1991. 343p.

RAIJ, V.R. Pesquisa e desenvolvimento em micronutrientes e metais pesados. In: FERREIRA, E.F. et al. **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOS, 2001. p.1-11.

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**. V.5, n.4, p. 257-260. 1971.

REUTER, D. J.; ROBINSON, J.B. **Plant analysis: an interpretation manual**. Melbourne: Inkata press, 1988. 218p.

RIBEIRO, M.E.M. **Caracterização de sintomas de deficiências de boro em pepino, alface, alho, beterraba, cebola e rabanete**. 1978, 48 f. Dissertação (Mestrado em agronomia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa (MG), 1978.

RIEKELS, J.W. The influence of nitrogen on the growth end maturity of onions grown on organic soil of Ontario. **Journal of the American Society for Horticultural Science**. n.97, p.37-40, 1972.

RODRIGUES, A.G. **Idade de mudas e doses de nitrogênio influenciando a bulbificação da cebola (*Allium cepa* L.) no cultivo de verão**. 1992. 77p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa - UFV, Viçosa (MG), 1992.

SANTOS, H.S.; et al. Produção de cebola em função de tamanho de muda e espaçamento. **Horticultura Brasileira**, n.18, p.556-557, 2000.

SANTOS, M.A.C. et al. Doses e parcelamento de nitrogênio na cultura da cebola (*Allium cepa* L.). **R. Olericultura**, n.14, p.1968-1969, 1974.

SMITILE, D.A. **Responses of onions to sulfur and nitrogen fertilization**. The University of Georgia College of Agriculture Experiment Station. Reserch Report N° 455. 1984.

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.

STEVENSON, F.J. Organic matter-micronutrient reactions in soil. In: MORTVEDT, J.J. et al. **Micronutrients in Agriculture**. Madison, Soil Sci. Soc. Am., 1991. p.145-181.

STEVENSON, F.J.; ARDAKANI, M.S. Organic matter reactions involving micronutrients in soils. In: MORTVEDT, J.J.; GIORDANO, P.M.; LINDSAY, W.L. **Micronutrients in Agriculture**. Madison, Soil Sci. Soc. Am., Proc.1972. p.79-114.

STOFELLA, P.J. Planting arrangement and density of transplants influence sweet spanish onion yields and bulb size. **Hortscience**, n.7, p.1129-1130, 1996.

TANAKA, T.; NISHIRAWA, T.; KAWASAKI, S. Experimentos de adubação e calagem em cultura de cebola por meio de bulbinho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Rio de Janeiro, n.5, p.61-66, 1970.

TEDESCO, M.J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2ed. Porto Alegre (RS): UFRGS, 1995. 174p.

TISDALE, S.L.; NELSON W.L.; BEATON, J.D. Micronutrients and other beneficial elements in soils and fertilizers. In: **Soil fertility and fertilizers**. Fourth Edition, New York: Macmillan publishing Company, 1985. p.351-407.

TRIERWEILER, J.F.; LINDAY, W.L. EDTA - ammonium carbonate soil test for zinc. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, v.33, p.49-53, 1969.

VIDIGAL, S.M. **Adubação nitrogenada de cebola irrigada cultivada no verão: Projeto Jaíba, Norte de Minas Gerais**. 2000. 136p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa (MG), 2000.

VIDIGAL, S.M.; PEREIRA, P.R.G.; PACHECO. Nutrição mineral e adubação da cebola. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.23, n.218, p.36-50, 2002.

WERNER, H. et al. Registro sobre deficiência de zinco em canteiros de mudas de cebola no Alto Vale do Itajaí. In: REPECEM – Reunião de Pesquisa da Cebola no Mercosul. 1996, Ituporanga. **Resumos**. Ituporanga: Epagri, 1996. p.60.

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

WIEDENFELD, R., BRAVERMAN, M. Fertilizer nitrogen sources for vegetable production. **Subtropical Plant Science**, v. 44, p.33-36, 1991.

YANO, T. et al. Effects of continuous cropping of onion plants on the post-harvest rotting of onion bulbs. **I. Relations between the soil chemical properties and onion rotting**. Bulletin of the Faculty of Agriculture, Saga University, Japan. n.65, p.37-45, 1988.