

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

DOSES E PARCELAMENTO DE NITROGÊNIO EM ALFACE

Vitório Poletto Ferreira
Engenheiro Agrônomo/UFRGS

Dissertação apresentada como um dos
requisitos à obtenção do Grau de
Mestre em Fitotecnia
Área de Concentração Horticultura

Porto Alegre (RS), Brasil.
Março de 2002.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais pelo apoio, carinho e compreensão.

A minha esposa Adriana e ao meu filho Guilherme pelo amor recebido.

Ao Prof. Ph.D. Bernard A.L. Nicolaud, pela orientação e ajuda.

Ao Prof. Dr. Otto Carlos Koller pela orientação e apoio.

Aos funcionários da E.E.A. pela ajuda.

Aos professores do Departamento de Horticultura e Silvicultura pela amizade e aprendizado.

Aos colegas de mestrado e doutorado pela convivência e amizade, em especial ao Carlos Reus pelo companheirismo, ajuda e ao Eduardo Seibert pela amizade e ajuda.

Às colegas Clarice Lauer e Elaine Rossoni pela amizade e auxílio nos trabalhos de análise em laboratório.

À colega Ane Carine Rocio pela amizade e auxílio nos trabalhos de campo.

Aos bolsistas Bruno Kreuzburg Paulo e Bernardete Reis pela amizade e ajuda nos trabalhos.

À CAPES, pela bolsa imprescindível concedida durante o tempo de mestrado.

A Universidade Federal do Rio Grande do Sul pela oportunidade de estudar numa instituição pública e gratuita.

SUMÁRIO

	Pág.
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
CAPÍTULO II.....	4
DOSES DE NITROGÊNIO SOBRE A PRODUÇÃO DE ALFACE.....	4
2.1.INTRODUÇÃO.....	4
2.2.MATERIAL E MÉTODOS.....	8
2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	11
2.4. CONCLUSÕES	23
CAPÍTULO III.....	24
PARCELAMENTO DA APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO EM ALFACE	24
3.1. INTRODUÇÃO.....	24
3.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	27
3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
3.4. CONCLUSÕES	40
CAPÍTULO IV.....	41
4.1. CONCLUSÕES GERAIS.....	41
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42
APÊNDICE A.....	48

RELAÇÃO DE FIGURAS

pág.

- FIGURA 1. Efeito imediato e residual da adubação com doses crescentes de nitrogênio (0; 50; 100; 200 e 400 kg ha⁻¹) sobre o rendimento de matéria fresca da alface cv. Regina. Eldorado do Sul, 1999.....14
- FIGURA 2. Efeito imediato e residual da adubação com doses crescentes de nitrogênio (0; 50; 100; 200 e 400 kg ha⁻¹) sobre o rendimento de matéria seca da alface cv. Regina. Eldorado do Sul, 1999.....15
- FIGURA 3. Efeito imediato e residual da adubação com doses crescentes de nitrogênio (0; 50; 100; 200 e 400 kg ha⁻¹) sobre o teor de nitrogênio na matéria seca da alface cv. Regina. Eldorado do Sul, 1999.....16
- FIGURA 4. Efeito imediato e residual da adubação com doses crescentes de nitrogênio (0; 50; 100; 200 e 400 kg ha⁻¹) sobre a extração de nitrogênio pela alface cv. Regina. Eldorado do Sul, 1999.....18
- FIGURA 5. Eficiência de absorção de adubações com doses crescentes de nitrogênio pela alface cv. Regina, Eldorado do Sul, 1999.....19
- FIGURA 6. Efeito imediato e residual da adubação com doses crescentes de nitrogênio (0; 50; 100; 200 e 400 kg ha⁻¹) sobre o teor de amônio no tecido seco da alface cv. Regina. Eldorado do Sul, 1999.....20
- FIGURA 7. Efeito imediato e residual da adubação com doses crescentes de nitrogênio (0; 50; 100; 200 e 400 kg ha⁻¹) sobre o teor de nitrato no tecido seco da alface cv. Regina. Eldorado do Sul, 1999.....22
- FIGURA 8. Marcha de absorção de nitrogênio de alfices cv. Brasil 48 e "Clause's" Aurélia. Piracicaba, 1982. Adaptado de Garcia et al. (1982b).....30*

RELAÇÃO DE TABELAS

pág.

- TABELA 1. Nitrogênio aplicado em alface cv. Elisa com o parcelamento da dose de 200 kg ha⁻¹, sob forma de uréia, utilizada em cada tratamento experimental. Eldorado do Sul, 2001.....29
- TABELA 2. Rendimento de matéria fresca de alface cv. Elisa em função de parcelamentos de aplicação de 200 kg ha⁻¹ de nitrogênio na forma de uréia. Eldorado do Sul, 2001.....34
- TABELA 3. Rendimento de matéria seca de alface cv. Elisa em função de parcelamentos de aplicação de 200 kg ha⁻¹ de nitrogênio na forma de uréia. Eldorado do Sul, 2001.....34
- TABELA 4. Teor de nitrogênio no tecido seco de alface cv. Elisa em função de parcelamentos de aplicação de 200 kg ha⁻¹ de nitrogênio na forma de uréia. Eldorado do Sul, 2001.....36
- TABELA 5. Absorção de nitrogênio por alface cv. Elisa em função de parcelamentos de aplicação de 200 kg ha⁻¹ de nitrogênio na forma de uréia. Eldorado do Sul, 2001.....37
- TABELA 6. Teor de amônio (NH₄⁺) no tecido seco de alface cv. Elisa em função de parcelamentos de aplicação de 200 kg ha⁻¹ de nitrogênio na forma de uréia. Eldorado do Sul, 2001.....39
- TABELA 7. Teor de nitrato (NO₃⁻) no tecido seco de alface cv. Elisa em função de parcelamentos de aplicação de 200 kg ha⁻¹ de nitrogênio na forma de uréia. Eldorado do Sul, 2001.....40

DOSES E PARCELAMENTO DE NITROGÊNIO EM ALFACE¹

Autor: Vitório Poletto Ferreira

Orientador: Bernard André Lucien Nicoulaud

RESUMO

A alface é a hortaliça folhosa mais consumida no mundo. É uma rica fonte de vitaminas e sais minerais que está presente no cardápio diário de grande parte da população brasileira. O nitrogênio é o nutriente mais importante para a produção de alface. O excesso ou falta desse nutriente acarretam queda na produção e problemas de qualidade nutritiva, por excesso de nitrato. A dose recomendada de nitrogênio varia muito entre autores e órgãos oficiais. Uma parte do nitrogênio aplicado ao solo é perdida por lixiviação, contaminando os mananciais de água. Devido a isso é recomendada a sua aplicação em diversas etapas, cujo número também é variável nas recomendações. Este trabalho teve por objetivo determinar qual a dose de nitrogênio e seu modo de aplicação que proporcionam a maior produção, sem comprometer a qualidade da alface do tipo “lisa”, nas condições de clima e solo do município de Eldorado do Sul, região da Grande Porto Alegre, RS. Foram realizados dois estudos, um testando doses crescentes de nitrogênio sob a forma de uréia e o outro testando o parcelamento em diversas épocas do cultivo. Foram avaliados a produção de matéria fresca e seca, os teores de nitrogênio, amônio e nitrato no tecido seco, a extração e a eficiência do uso do fertilizante. Os resultados revelam que a dose de 200 kg ha⁻¹ foi a que proporcionou maior rendimento da cultura e que a dose de 400 kg ha⁻¹ diminui a produção. A extração de nitrogênio foi da ordem de 35,7 kg ha⁻¹ e os teores de nitrogênio, amônio e nitrato foram respectivamente de 2,45%; 651,7 mg.kg⁻¹ e 153,6 mg.kg⁻¹. O teor de nitrato na alface foi muito menor do que o considerado prejudicial a saúde humana. A eficiência do uso do fertilizante foi de 12,06% quando aplicado 200 kg ha⁻¹ de N em 3 épocas. A eficiência do uso do adubo foi aumentada em 26,35% com o parcelamento em 4 doses iguais de 50 kg ha⁻¹, aplicadas no plantio e aos 15, 30 e 45 dias após, sem alterar a qualidade visual e nutricional da alface.

¹ Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (56p.) Fevereiro, 2002.

RATE AND SIDEDRESSING PERIODS OF NITROGEN FERTILIZATION IN LETTUCE¹.

Author: Vitório Poletto Ferreira
Adviser: Bernard André Lucien Nicoulaud

ABSTRACT

Lettuce is the world's most consumed leafy vegetable. It has a high content of vitamin C and minerals and is as well daily on the table of the Brazilian population. Because lettuce is harvested in its vegetative stage, nitrogen is very important for its production. Excess or deficiency results in reduced yields and poor quality. The recommended amount of nitrogen varies according to different researchers. Part of the applied nitrogen gets lost through leaching which contaminates underground waters. Therefore, nitrogen fertilization should be splitted in steps, and even though there are large variations between recommendations. The objective of this research was to determine which nitrogen rate and application time result in highest yields, without negative effects on quality under the growing conditions of the metropolitan area of Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brazil. Two studies were conducted. In the first one, the effects of increasing rates of nitrogen as urea were evaluated. In the second experiment, the effects of different application forms for the best urea rate were evaluated. From both experiments were analyzed fresh and dry weight of the harvest, total nitrogen, ammonium and nitrate contents in the dry matter, as well as calculated the amount of extracted nitrogen and the efficiency of fertilizer usage. From the first experiment it was concluded that the dose of $200\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ results in the highest production and that even higher doses have negative effects on butterhead lettuce production. Nitrogen extraction was in the order of $35.7\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, while nitrogen, ammonium and nitrate contents were 2.45%, $651.7\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ and $153.6\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, respectively. Nitrate contents stayed below the level considered harmful to human health and use efficiency of the fertilizer was 12.06%. Results from the second experiment indicate that splitting the best dose in four applications: at transplant and 15, 30 and 45 days after, is the most effective and increases in 26.35% the nitrogen absorption without changing crop quality.

¹ Master of Science dissertation in Agronomy, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (56p.) February, 2002.

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO GERAL

A alface (*Lactuca sativa* L.), da família das asteráceas, é uma das hortaliças mais populares do mundo. No Brasil e no Rio Grande do Sul está presente no cardápio diário da população sendo muito apreciada. Contém além disso, boas quantidades das vitaminas A, B₁, B₂, B₆ e C e possui baixo valor calórico sendo também de fácil digestão (Silva Júnior & Soprano, 1997).

Os dados mais recentes indicam que são produzidas anualmente no Brasil cerca de 300.000 toneladas em 16.000 ha e que o Rio Grande do Sul contribui com 8,9% da produção nacional (IBGE, 1996). No Rio Grande do Sul existem 3 pólos principais de produção de alface Grande Porto Alegre, Litoral Norte e Serra.

O cultivo de alface exige o emprego de muita mão-de-obra gerando, com isso muitos postos de emprego, principalmente nas periferias dos grandes centros urbanos.

Segundo Taiz & Zeiger (1998) o nitrogênio é o elemento mineral requerido em maiores quantidades pelas plantas e sua deficiência rapidamente limita o desenvolvimento vegetal. O manejo correto da adubação nitrogenada é portanto, muito importante para a obtenção de altas produções. Alta disponibilidade de nitrogênio pode provocar um acúmulo de nitrato nas plantas, que não é prejudicial

para elas, porém a ingestão excessiva de nitrato é prejudicial a saúde humana, em especial para bebês (Maynard et al., 1976; Lara & Takahashi, 1982).

O nitrogênio no solo é bastante suscetível a perdas. Estas podem ocorrer por volatilização de amônia, lixiviação e desnitrificação entre outras. Em solos arenosos a lixiviação é de 4 a 6 vezes maior que em solos argilosos (Peres & Suhet, 1986).

As perdas de nitrogênio por lixiviação ocorrem principalmente na forma de nitrato, que ao ser levado pela água da chuva pelo perfil do solo atinge as águas subterrâneas e por fim rios e lagos. A contaminação dos mananciais de água com nitrato gera um processo acelerado de eutrofização que reduz o oxigênio das águas matando peixes e outros componentes da fauna aquática (Soilfacts, 1997).

A dose correta de nitrogênio a ser aplicada em alface, então é de suma importância, tanto para a produção da cultura e sua qualidade como para a saúde humana e o meio ambiente. Os trabalhos na literatura citam doses bastante diversas para a obtenção da alta produtividade, como 450 kg ha⁻¹ (McPharling et al., 1995) e 112 kg ha⁻¹ (Walworth et al., 1992). No Brasil as recomendações das doses de nitrogênio também variam bastante, em São Paulo são recomendados 120 kg ha⁻¹ (Camargo, 1984). No Rio Grande do Sul e Santa Catarina, a Comissão de Fertilidade do Solo – RS/SC recomenda entre 60 e 100 kg ha⁻¹ de N (Bartz et al., 1994).

A alface logo após o transplante tem um crescimento radicular lento o que faz com que o fertilizante nitrogenado seja pouco aproveitado nesta fase (Garcia et al., 1982b; Zink & Yamagushi, 1962). Com isso é recomendado pela maioria dos autores e instituições o parcelamento da aplicação de nitrogênio em alface, visando evitar as perdas por lixiviação, procurando otimizar ao máximo o aproveitamento do fertilizante aplicado. Os parcelamentos recomendados, no

entanto variam muito tanto no exterior como no Brasil (Camargo, 1984; Borrego, 1986; Bartz et al., 1994; Sanchez, 2000)

Em função das controvérsias ainda existentes sobre a questão, através de dois estudos com diversos experimentos, este trabalho teve por objetivo determinar qual a dose e as épocas de adubação com nitrogênio que proporcionam o maior rendimento na cultura da alface, avaliando também o efeito residual da adubação, o teor de nitrogênio e amônio, bem como o acúmulo de nitrato na planta que é potencialmente prejudicial à saúde humana.

CAPÍTULO II

Doses de nitrogênio sobre a produção de alface

2.1.INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma rica fonte de vitaminas e sais minerais na alimentação humana, e por isso é a hortaliça folhosa mais consumida no mundo e no Brasil (Nicoulaud, 1990). No Brasil são produzidas anualmente cerca de 300.000 toneladas de alface em uma área estimada de mais de 16.000 ha. No Rio Grande do Sul são produzidas anualmente cerca de 27.000 toneladas, que correspondem a 8,9% da produção nacional (IBGE, 1996).

A adubação nitrogenada é um dos principais fatores que afetam a produtividade e a qualidade da alface. A falta ou doses baixas de nitrogênio acarretam menor produção. Doses excessivas podem diminuir o rendimento e afetar a qualidade nutritiva, além de resultar em desperdício de fertilizantes, degradação do ambiente pelo acúmulo de nitrato no solo, lençol freático, rios e lagoas.

O nitrogênio é o nutriente requerido em maior quantidade pelas plantas (Marschner, 1995). Este nutriente, quando utilizado na concentração correta, produz um incremento na produção de massa verde. A falta de N resulta em colapso e distúrbios na formação de cloroplastos (Mengel & Kirkby, 1987). O excesso de N ocasiona diminuição na produção de massa verde, principalmente

por toxicidade de amônio e leva a um acúmulo de nitrato no tecido (Maynard et al., 1976).

A alface tem mostrado respostas significativas à fertilização nitrogenada (Vielemeyer et al., 1991; Karacal & Turetken, 1992; McPharlin et al., 1995). No entanto, existem discordâncias com relação à dose de N que propicia o maior rendimento da cultura. Em alguns casos, o rendimento máximo é obtido com 450 kg ha⁻¹ de N (McPharlin et al., 1995), em outros, com doses menores: 112 kg ha⁻¹ (Walworth et al., 1992), 120 kg ha⁻¹ (Sorensen et al., 1994). Vários autores determinaram que a dose para o maior rendimento de alface está entre 80 e 270 kg ha⁻¹ de N (Everett, 1980; Walworth et al., 1992; Borrego, 1986; Wurr, 1985; Branco & Couto, 1962; Hemphill & Jackson, 1982; Welch et al., 1983; Rodriguez & Lobo, 1972; Gardner, 1974; Webster, 1969; Lairon et al., 1984).

Em um experimento a campo, utilizando doses crescentes de N, a produção obtida foi incrementada até a dose de 300 kg ha⁻¹, sendo que a aplicação da dose máxima 450 kg ha⁻¹ diminuiu o rendimento da cultura (Vielemeyer et al., 1991). Além disso, foi verificado, em alguns experimentos conduzidos em solo sujeito a congelamento, que doses de nitrogênio acima de 280 kg ha⁻¹ resultaram em redução do peso das plantas (Walworth et al., 1992). Em alguns casos, no entanto, onde ocorre clima subtropical em condições de casa de vegetação, a dose de N para a obtenção da máxima produção comercial foi em torno de 200 kg ha⁻¹ (Soundy & Smith, 1992; Thompson & Doerge, 1996).

O estudo da influência do suprimento de N na incidência de danos caracterizados por queimaduras nas extremidades das folhas, uma desordem comum que ocorre em alface devida à deficiência de cálcio, tem demonstrado que os danos nas folhas aumentaram com a elevação das doses de N, principalmente quando foram aplicados 400 kg ha⁻¹ ou mais (Brumm et al., 1992).

O excesso de nitrogênio pode acarretar um aumento na concentração de amônio (NH_4^+) no tecido vegetal. O amônio, em concentrações elevadas é tóxico para as plantas, porque sua presença em excesso dissipa o gradiente de prótons entre as membranas das células. Este gradiente é necessário para os processos de fotossíntese e respiração, além de ser importante na translocação e acúmulo de metabólitos para o vacúolo (Taiz & Zeiger, 1998).

A adubação nitrogenada afeta a qualidade comercial e nutritiva da alface. A qualidade comercial está relacionada, principalmente, a características como tamanho e cor de planta. A qualidade nutritiva está relacionada com teor de nitrato nas folhas (Nicoulaud, 1988).

As folhas de alface podem acumular elevadas quantidades de nitrato em função de adubação nitrogenada excessiva (Castro et al., 1998; Sorensen et al., 1994). Segundo Gunes et al. (1994), os limites máximos aceitáveis de nitrato em alface estabelecidos pelo governo holandês, são de 4500 mg.kg^{-1} de tecido seco para alface cultivada no inverno e, de 2500 mg.kg^{-1} para cultivada no verão. O governo alemão limita o teor máximo a 3500 mg.kg^{-1} para alface cultivada no inverno. Atualmente a União Européia limita o teor máximo de nitrato em folhas comestíveis a 2000 ppm (Blom-Zandstra, 1990 citado por De Grazia et al., 2001). Foram determinados teores de nitrato variando entre 92 a 151 mg.kg^{-1} de tecido seco quando do uso de doses de nitrogênio de 0 a 80 kg ha^{-1} (Nicoulaud, 1988). Outros autores (Sorensen et al., 1994), encontraram teores de nitrato entre 330 a 774 mg.kg^{-1} , quando foram utilizadas doses de nitrogênio entre 50 e 200 kg ha^{-1} .

O nitrato pode ser convertido a nitrito por ação enzimática, principalmente sob condições inadequadas de armazenamento (temperatura elevada e baixa

circulação de ar). O nitrito está presente nas plantas em concentração aproximada de 1% da concentração de nitrato. Os efeitos tóxicos mais críticos para o homem, gerados pela ingestão de nitrato e nitrito, são a formação de metaemoglobina e nitrosaminas (Pedroso, 1993 ; Lara & Takahashi, 1982 ; Mengel & Kirkby, 1978). No organismo humano, ocorre redução de nitrato a nitrito, o qual age no sangue oxidando o ferro presente na hemoglobina , transformando-a em metaemoglobina. A metaemoglobina não tem capacidade de realizar o transporte de oxigênio pelo sangue até as células, ocasionando um distúrbio conhecido como cianose. Além disso, o nitrito pode reagir com aminas secundárias e terciárias, originando nitrosaminas, que são compostos potencialmente carcinogênicos (Toledo, 1989). A Organização Mundial da Saúde estabelece uma ingestão diária máxima de até 5 mg.kg⁻¹ de peso corpóreo de nitrato e de até 0,2 mg.kg⁻¹ de nitrito (Pedroso, 1993 ; Lara & Takahashi, 1982).

Para o cultivo de alface são recomendadas adubações com doses variáveis de N. Na Espanha são recomendadas doses de 50 kg ha⁻¹ para cultivos de primavera, verão e início do outono; 80 kg ha⁻¹ nas de final de outono e 130 kg ha⁻¹ para cultivos de inverno (Borrego, 1986). No Estado de São Paulo, recomenda-se 120 kg ha⁻¹ de nitrogênio (Camargo, 1984). No Rio Grande do Sul e Santa Catarina, a Comissão de Fertilidade do Solo – RS/SC recomenda 100 kg ha⁻¹ de N para solos com menos de 2,5% de matéria orgânica, 80 kg ha⁻¹ para solos com teores de matéria orgânica entre 2,6 e 5,0% e 60 kg ha⁻¹ para solos com mais de 5,0 % de matéria orgânica (Bartz, et al., 1994).

A variação existente na bibliografia, entre os resultados experimentais e recomendações para doses de adubação nitrogenada na cultura de alface e a necessidade de se produzir plantas de boa qualidade comercial e nutricional, motivou a realização deste trabalho. Este estudo portanto, teve por objetivos

estudar a resposta de alface submetida a diversos níveis de adubação nitrogenada a campo, o efeito residual, eficiência de absorção do adubo e os teores de nitrogênio, amônio e nitrato no tecido seco.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

A fase experimental do estudo foi realizada na Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, que está localizada no município de Eldorado do Sul – RS, distante 50 km da cidade de Porto Alegre, RS. O clima da região, segundo a classificação de Thornthwaite se caracteriza pela fórmula $B_1rB'_3a$, ou seja mesotérmico úmido, com pouca deficiência hídrica e com evapotranspiração do verão inferior a 48% da total anual (Bergamaschi & Guadagnin, 1990).

O solo do local do experimento apresentou, na primeira amostragem as seguintes características: 10% de argila; pH(H₂O) 5,0; 34 mg.L⁻¹ de fósforo disponível (Mehlich); 79mg.L⁻¹ de potássio disponível (Mehlich); 1.2% de matéria orgânica (combustão úmida) conforme Tedesco et al. 1995. Na área do experimento foram retiradas amostras de solo para análise um mês antes de cada cultivo e, com base nos resultados, foram corrigidos o pH (até 6,0) e os teores de fósforo e potássio conforme as recomendações da Comissão de Fertilidade do Solo – RS/SC (Bartz et al., 1994).

Foram utilizadas mudas de alface da cultivar Regina produzidas em sementeiras de canteiros convencionais, as quais foram transplantadas para a área experimental com 4 a 5 folhas, aos 28 dias da semeadura. A densidade de plantio foi de 20 plantas por m², no espaçamento de 20x25cm, sendo que cada parcela tinha 3m x 1m e quatro fileiras longitudinais, totalizando 60 plantas por

parcela, das quais foram consideradas como úteis só as 20 plantas centrais. Foram realizados 4 experimentos consecutivos com delineamento experimental em blocos casualizados com 5 tratamentos e 4 repetições. Os experimentos foram conduzidos, o primeiro de setembro a novembro de 1997; o segundo de março a maio de 1998; o terceiro de setembro a novembro de 1998 e o quarto de março a maio de 1999.

Os tratamentos foram aplicações crescentes de fertilização nitrogenada, na forma de uréia, nas doses: 0(testemunha); 50; 100; 200 e 400 kg ha⁻¹. Cada dose foi dividida em 3 parcelas iguais e aplicadas 1/3 na ocasião do transplante; 1/3 em cobertura, 15 dias após o transplante e o restante, também em cobertura, 30 dias após o transplante. Com exceção da primeira parcela de adubo, que foi incorporada uniformemente ao solo em toda a área das unidades experimentais, as demais foram distribuídas ao lado das plantas, no sentido longitudinal e incorporadas ao solo por capina manual, seguindo as recomendações da Comissão de Fertilidade do Solo RS/SC (Bartz et al., 1994).

Para determinação do efeito residual dos tratamentos, cada bloco do experimento foi subdividido em 2 canteiros paralelos com 5 unidades experimentais cada. No primeiro experimento os 5 tratamentos foram repetidos nas parcelas dos dois canteiros de cada bloco. No segundo experimento, ambos os canteiros foram plantados com alface porém em um deles as parcelas não foram adubadas com uréia. No terceiro experimento o canteiro que havia recebido as doses experimentais de uréia no segundo experimento não foi adubado com uréia e foi adubado o canteiro que, no segundo experimento havia sido cultivado sem nitrogênio. No quarto experimento realizou-se nova inversão, de forma que o canteiro cultivado sem nitrogênio no terceiro experimento recebeu uréia e o outro

não. O intervalo entre cada ensaio foi de 3 meses e neste período as parcelas foram deixadas em pousio, sob vegetação espontânea.

As plantas foram mantidas sob irrigação por aspersão diária em dias de sol com temperaturas acima de 25°C, e em dias de temperatura menor esta frequência era reduzida.

As colheitas foram realizadas aos 55 dias após o transplante ocasião em que as plantas apresentavam tamanho e conformação comercial. Após a colheita, a parte aérea das plantas foi pesada para determinar o peso da matéria fresca (rendimento da cultura) e, a seguir, colocadas em estufa com ar forçado a 70°C até atingir peso constante para a determinação do peso da matéria seca. Depois, as plantas secas foram moídas em moinho tipo Wiley acoplado a uma peneira de 20 malhas.polegada⁻², para posterior determinação dos teores de nitrogênio total, amônio e nitrato em laboratórios do Departamento de Solos (det. de nitrogênio total) e do Departamento de Horticultura e Silvicultura (det. de amônio e nitrato).

Na determinação do teor de nitrogênio total, foi utilizado o método Semi-Micro-Kjedhal, modificado por Tedesco (1982) e, para determinação de amônio e nitrato foi utilizado o método de extração com KCl (Tedesco et al., 1995).

A eficiência de absorção do adubo foi determinada pelo cálculo da Absorção Aparente do Nutriente (AAN) proposta por Baligar et al. (1990) que é obtida pela fórmula:

$$AAN = [(extração\ pelas\ plantas\ fertilizadas - extração\ das\ não\ fertilizadas) / (nutriente\ aplicado\ via\ fertilizante)] \times 100;$$

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância de grupos de experimentos. Este tipo de análise integraliza os resultados de todos os experimentos, apenas com o detalhe de que, neste caso, o valor F é determinado pela divisão do quadrado médio dos tratamentos pelo quadrado médio da interação entre tratamentos e ensaios. Os níveis de tratamentos foram

submetidos a análise de regressão seguindo metodologia de Gomes (1982) e Riboldi (1993). Os cálculos foram efetuados utilizando o programa SANEST.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resumos das análises estatísticas encontram-se no apêndice A.

A produção de matéria fresca foi incrementada ($P < 0,05$) com as aplicações de doses crescentes de nitrogênio até o nível de 200 kg ha^{-1} no qual o rendimento obtido foi de $25.890 \text{ kg ha}^{-1}$ (Figura 1). A aplicação de 400 kg ha^{-1} de nitrogênio diminuiu a produção de matéria fresca. Esta resposta esta de acordo com o maior rendimento de matéria fresca obtido por Thompson & Doerge (1996), com doses de N de 200 a 300 kg ha^{-1} . Também Hemphil & Jackson (1982) obtiveram o maior rendimento de 63 t.ha^{-1} de matéria fresca com aplicação de 268 kg ha^{-1} de N, contudo Mcpharlin et al. (1995) obtiveram máximo rendimento com uma dose de aproximadamente 450 kg ha^{-1} . O rendimento de matéria fresca obtido na pesquisa de Hemphil & Jackson (1982) foi maior que o conseguido neste estudo, provavelmente devido ao maior teor de matéria orgânica do solo, além disso a aplicação de nitrogênio foi realizada com maior frequência e a cultivar de alface utilizada foi do tipo “americana” que produz maior peso de matéria fresca. Além disso, no estudo de Mcpharlin et al. (1995), o clima frio, baixa intensidade luminosa e o fotoperíodo curto ocasionaram a redução da taxa de crescimento das plantas. Com isso, como as doses de N aplicadas e os intervalos entre as aplicações eram fixos, o número de adubações aumentou, ocasionando então uma maior aplicação total de N.

Pela derivação de equação de resposta imediata à aplicação de nitrogênio, verificou-se que o ponto o de máxima eficiência técnica (PMET) ocorre com a aplicação de $261,9 \text{ kg ha}^{-1}$ de N, o que resultaria em um rendimento de 27.676 kg

ha⁻¹ de alface. O preço atual do kg de nitrogênio sob a forma de uréia está em torno de R\$ 1,07. O valor médio do kg de alface antes da desvalorização do Real em relação ao Dólar americano era maior que o atual, portanto foi determinado um preço médio do quilo da alface entre o período anterior e o atual de R\$ 0,79 utilizando dados ainda não publicados pela CEASA/RS (CEASA/RS, 2001). Com estes dados determinou-se o ponto de máxima eficiência econômica (PMEE), que ocorre com a aplicação de 260,6 kg ha⁻¹ de nitrogênio. Nota-se que nestas circunstâncias ambos são muito parecidos podendo-se considerar o PMET igual ao PMEE, pelo menos enquanto os valores do nitrogênio e da alface mantiverem-se nos atuais patamares.

O efeito residual dos tratamentos sobre a produção de matéria fresca foi insignificante, e o rendimento obtido sem adubação nitrogenada, em torno de 4700 kg ha⁻¹, ficou muito abaixo dos obtidos nos cultivos adubados com N. Este resultado indica que o nutriente aplicado não fica disponível para as plantas de um plantio para o outro, com intervalo de 3 meses, devido à imobilização por absorção pelas ervas espontâneas durante o pousio ou por perda de N por lixiviação. A lixiviação parece ser a causa mais provável visto que solos de textura arenosa, como neste caso, perdem de 4 a 6 vezes mais nitrogênio por lixiviação que solos de textura franca e argilosa respectivamente (Peres & Suhet, 1986).

O rendimento de matéria seca aumentou significativamente, de 805 kg ha⁻¹ a 1565 kg ha⁻¹, com o incremento das doses de N de 0 kg ha⁻¹ a 200 kg ha⁻¹ de N (Figura 2). Este resultado contrasta com o de Garcia et al. (1982b), que aplicando 108 kg ha⁻¹ de N sob a forma de sulfato de amônio, obtiveram um rendimento máximo de mat. seca de 1200 kg ha⁻¹ porém eles realizaram o estudo em solo de textura argilosa (Terra Roxa Estruturada), em que certamente a perda de N por lixiviação é menor, o que contribui para que, com menos N aplicado se

obtenham rendimentos maiores do que em solos arenosos. Outra diferença é que neste trabalho o N foi aplicado em 3 épocas, com a última parcela aplicada aos 30 dias do ciclo, ao passo que no estudo dos referidos autores, eles fizeram a última aplicação de N aos 40 dias de ciclo, que foi melhor aproveitada pela cultura já que é, neste período do ciclo que, segundo os autores, ocorre a maior demanda por nitrogênio pela alface.

De modo semelhante ao que ocorreu com a matéria fresca, não houve efeito residual significativo dos tratamentos sobre o rendimento de matéria seca, que não ultrapassou os 750 kg ha^{-1} , evidenciando que, o nitrogênio aplicado no cultivo anterior não ficou disponível para as plantas, ou foi perdido, no intervalo de tempo entre um plantio e outro.

O teor de nitrogênio no tecido seco aumentou significativamente com o incremento de adubação com N, alcançando 2,70% com a dose máxima de 400 kg ha^{-1} de N (Figura 3). Entretanto o melhor rendimento de matéria fresca e matéria seca foi obtido com 200 kg ha^{-1} de N (Figuras 1 e 2), que

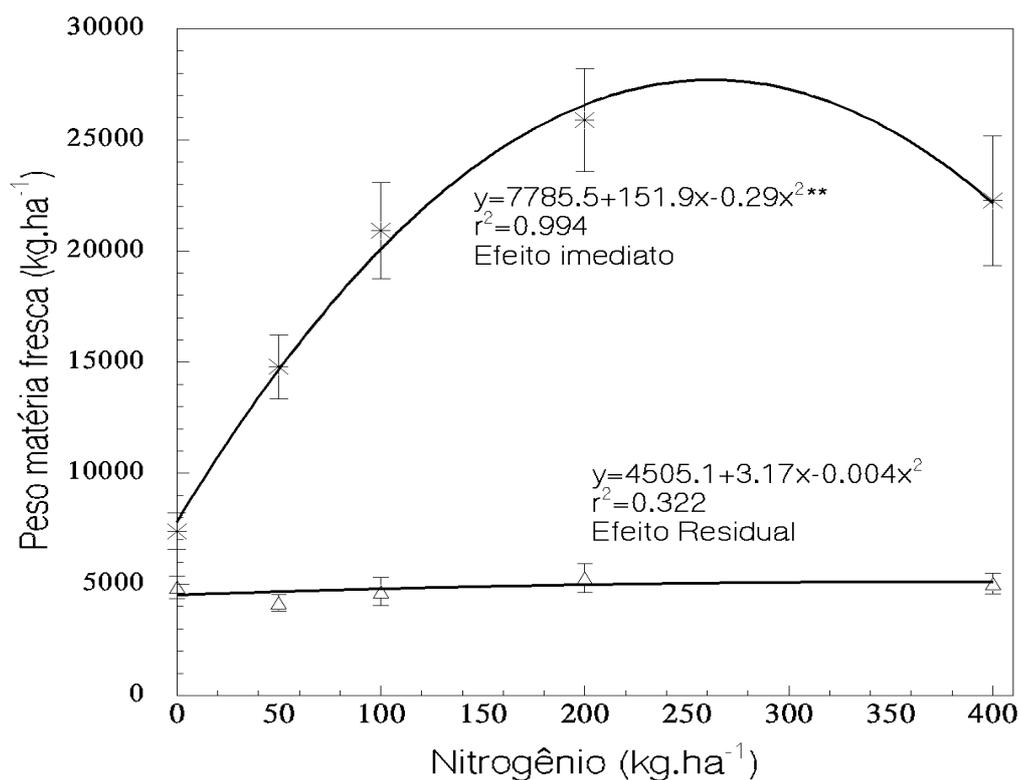


FIGURA 1. Efeito imediato e residual da adubação com doses crescentes de nitrogênio (0; 50; 100; 200 e 400 kg ha⁻¹) sobre o rendimento de matéria fresca da alface cv. Regina (** P<0,01). Eldorado do Sul, 1999.

correspondeu à concentração de 2,45% de N na matéria seca. Segundo Silva Júnior & Soprano (1997) o teor de nitrogênio para a obtenção de um crescimento normal das plantas varia de 2 a 5% do peso seco. Garcia et al. (1982a) relatam que, a campo, as plantas com coloração normal e bom rendimento apresentam teores médios de N em torno de 3.30% e que nas plantas que apresentavam algum sintoma de deficiência nutricional os teores situam-se em torno de 1,86%. Contudo Adams et al. (1978) verificaram que o teor de 5% de N foi o que resultou em maiores rendimentos, porém o estudo deles foi realizado em casa de vegetação e com restrição de luminosidade.

Observa-se pois que o teor de N no tecido seco, para o maior rendimento, varia muito entre os autores, de fato os estudos realizados por eles diferem em muitos parâmetros como tipo de solo, clima, cultivar utilizada e fonte de nitrogênio. No caso de Adams et al. (1978) a utilização de uma cultivar diferente, que talvez necessite de altas concentrações de N no tecido, seja a

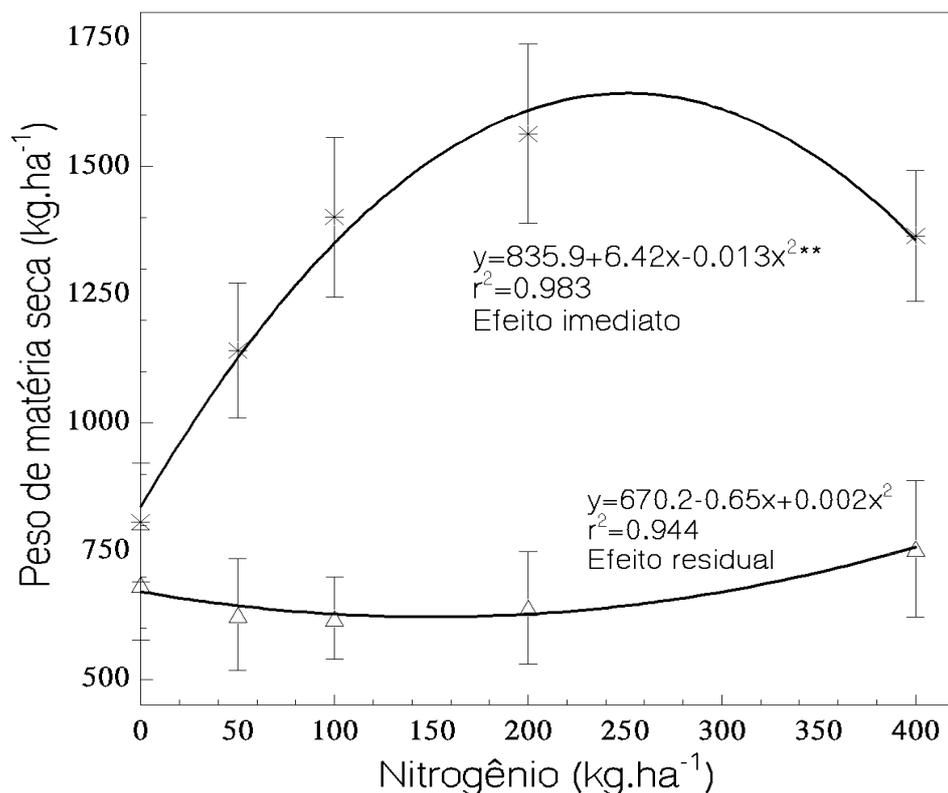


FIGURA 2. Efeito imediato e residual da adubação com doses crescentes de nitrogênio (0; 50; 100; 200 e 400 kg ha⁻¹) sobre o rendimento de matéria seca da alface cv. Regina (**P<0,01). Eldorado do Sul, 1999.

causa do resultado distinto. A restrição luminosa leva a um acúmulo de nitrato no tecido o que também explica o maior teor de N. Já no estudo de Garcia et al. (1982a) em que, as condições se assemelham um pouco com as deste trabalho (tipo de alface, sem restrição luminosa), os resultados não foram tão

diferentes e, neste caso, o tipo de solo e a forma de aplicação do N podem ter contribuído para as diferenças entre eles.

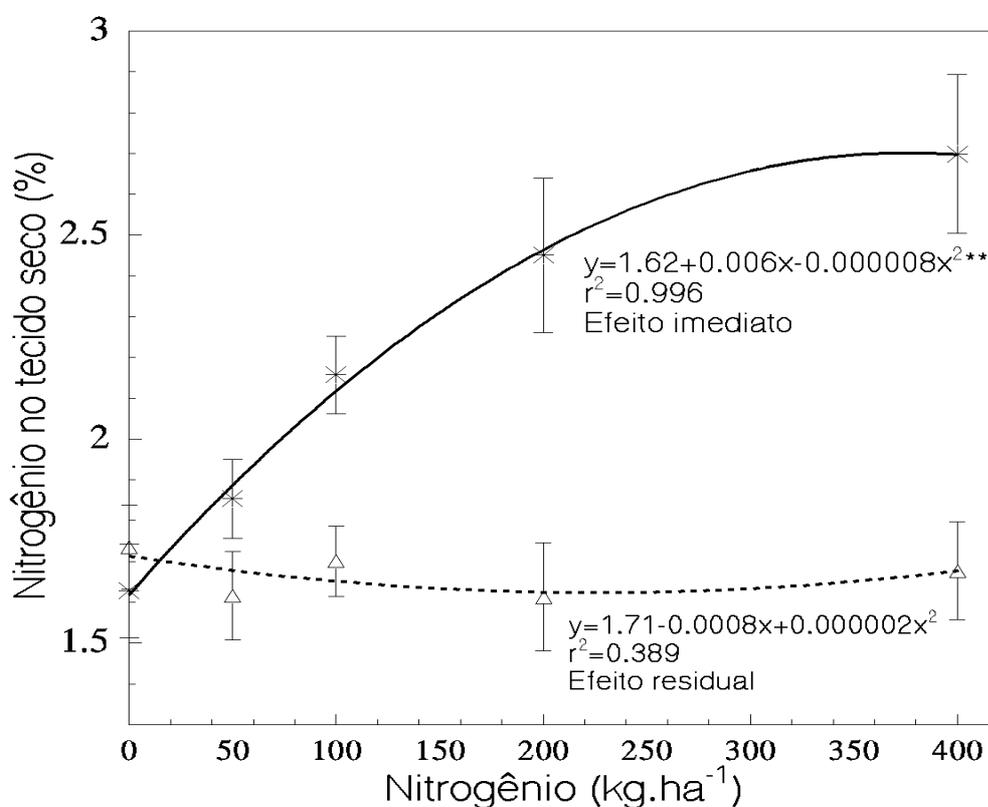


FIGURA 3. Efeito imediato e residual da adubação com doses crescentes de nitrogênio (0; 50; 100; 200 e 400 kg ha⁻¹) sobre o teor de nitrogênio na matéria seca da alface cv. Regina (**P<0,01). Eldorado do Sul, 1999.

Não houve resposta significativa do efeito residual dos tratamentos sobre o teor de nitrogênio no tecido seco (figura 3). Os teores, que se mantiveram entre 1,62% e 1,71% estiveram sempre dentro dos relacionados como limitantes pela literatura. Esta é mais uma evidência concreta que corrobora que o nitrogênio aplicado em um cultivo não permanece no solo, em forma disponível às plantas, de um cultivo para o outro, com intervalo igual ou superior a 3 meses.

A aplicação de doses crescentes de nitrogênio aumentou significativamente a extração deste nutriente pela cultura (figura 4). No tratamento sem aplicação de nitrogênio (testemunha) a extração foi de $11,6 \text{ kg ha}^{-1}$ e quando aplicada a dose maior (400 kg ha^{-1}) ela foi de $36,38 \text{ kg ha}^{-1}$. A extração obtida no tratamento de máximo rendimento da cultura foi $35,72 \text{ kg ha}^{-1}$. Estes dados se assemelham aos determinados por Garcia et al. (1982b) que com um rendimento de matéria seca de 1200 kg ha^{-1} obtiveram a extração de 42 kg ha^{-1} de N. Sanches (2000) contudo, obteve a extração de 61 kg ha^{-1} de N com a produção de $38.900 \text{ kg ha}^{-1}$ de matéria fresca de alface, bastante superior a obtida neste estudo. Cabe salientar que no estudo do referido pesquisador ele utilizou o nitrato de amônio como fonte de nitrogênio, aplicado semanalmente via irrigação, fazendo com que aumentasse o teor de nitrogênio no tecido, principalmente sob a forma de nitrato. Além disso, a cultivar utilizada foi diferente da utilizada neste estudo e diferenças genéticas de acúmulo de nitrogênio são referidas na literatura (Maynard et al., 1976).

Não houve resposta significativa do efeito residual dos tratamentos sobre a extração de nitrogênio (Figura 4). Os resultados de todos os tratamentos se assemelharam bastante com os do tratamento testemunha do efeito imediato.

A eficiência de utilização do adubo nitrogenado diminuiu linearmente com as adições crescentes de nitrogênio (Figura 5). A eficiência foi de 12,06% no tratamento de máximo rendimento da cultura. Sanches (2000) aplicando 270 kg ha^{-1} de N na forma de nitrato de amônio, em solo arenoso, obteve eficiências entre 12 e 23%. Essas eficiências são bastante baixas, pois em outras culturas como milho ela situa-se em torno de 50% (Mielniczuk, 2000). A baixa eficiência de utilização do nitrogênio pela alface, verificada neste trabalho, deve-se em parte ao solo de textura arenosa que facilita a lixiviação e também pelo pequeno e

lento desenvolvimento das raízes das mudas de alface que, no início do cultivo, não conseguem absorver todo o N que antes do plantio foi incorporado ao solo em toda a área da parcela experimental. Além

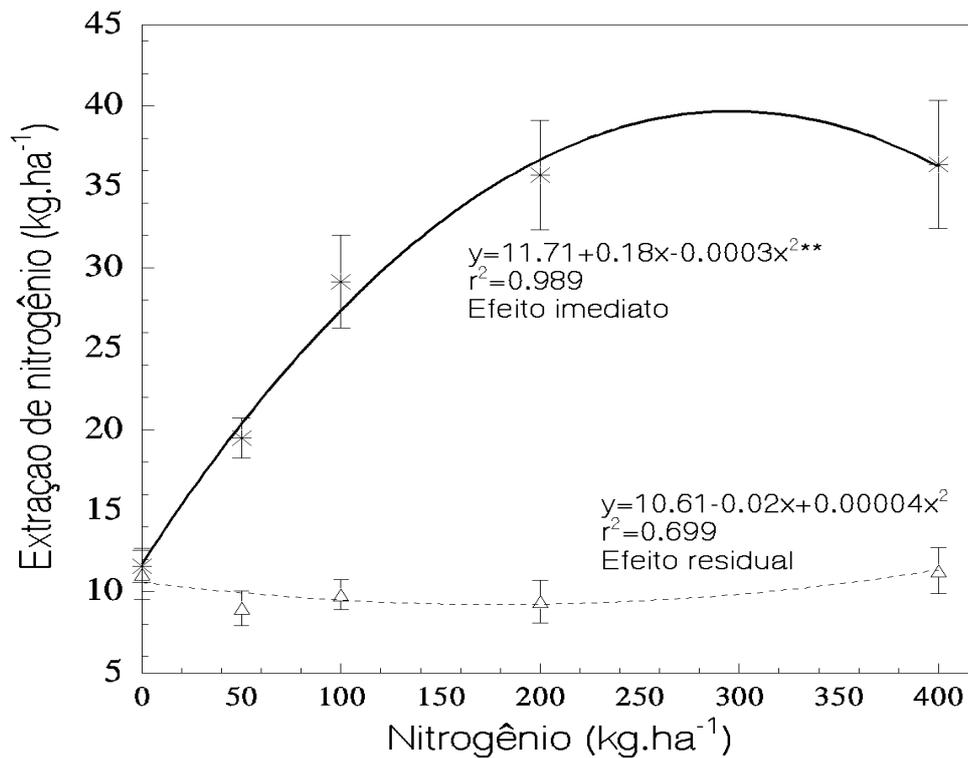


FIGURA 4. Efeito imediato e residual da adubação de doses crescentes de nitrogênio (0; 50; 100; 200 e 400 kg ha⁻¹) sobre a extração de nitrogênio pela alface cv. Regina (**P<0,01). Eldorado do Sul, 1999.

disso, o clima chuvoso da região e principalmente as frequentes irrigações utilizadas na cultura da alface também devem ter contribuído para a pequena eficiência de aproveitamento de N.

A aplicação de doses crescentes de N aumentou significativamente o teor de amônio no tecido seco da alface (Figura 6). No tratamento testemunha

(0 kg ha⁻¹ de N) o teor encontrado foi 211,06 mg.kg⁻¹ e no tratamento de máxima dosagem 1011,5 mg.kg⁻¹. Na dose de 200 kg ha⁻¹ de nitrogênio o teor de amônio foi de 651,7 mg.kg⁻¹.

O alto teor de amônio verificado quando foram aplicados 400 kg ha⁻¹ de nitrogênio, 5 vezes mais que a testemunha e quase o dobro do tratamento com maior rendimento, explica, pelo menos em parte, a diminuição do rendimento da cultura neste nível de adubação. Segundo Taiz & Zeiger (1998) as plantas evitam os efeitos tóxicos do amônio reduzindo-o para amônia (NH₃) e

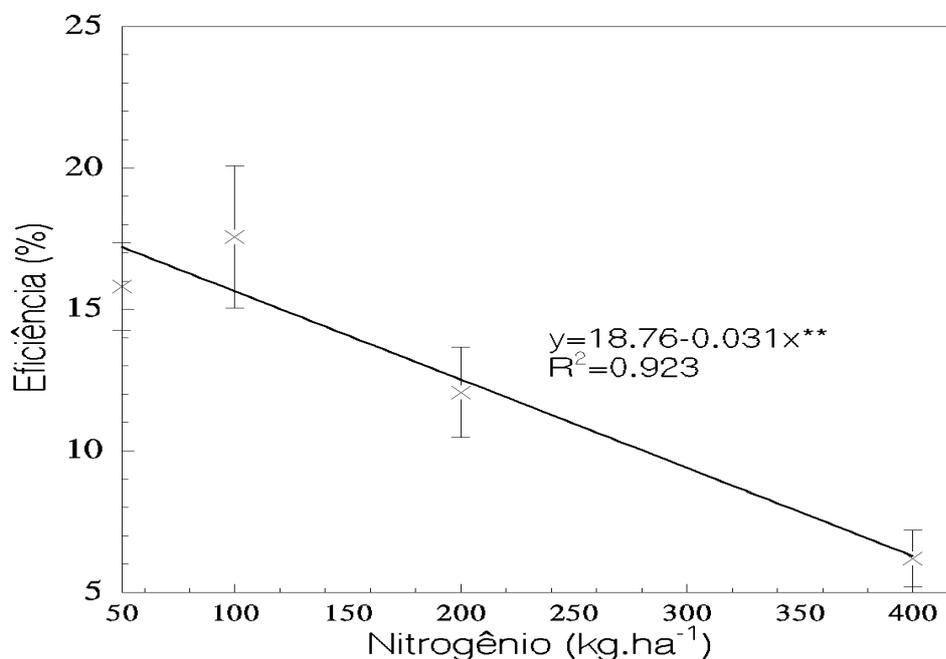


FIGURA 5. Eficiência de absorção de adubações com doses crescentes de nitrogênio pela alfaca cv. Regina, (**P<0,01). Eldorado do Sul, 1999.

posteriormente formando aminoácidos, com gasto elevado de energia e utilização de compostos ricos em carbono. Neste caso, da aplicação de

400 kg ha⁻¹ de N, a quantidade de amônio absorvida parece ter excedido a capacidade de conversão da planta principalmente por falta de compostos ricos em carbono para formação dos aminoácidos.

Não houve efeito residual dos tratamentos sobre os teores de amônio no tecido seco, que se assemelharam aos do tratamento testemunha do efeito imediato (figura 6).

O teor de nitrato aumentou linearmente com as doses de nitrogênio aplicadas (figura 7). O teor variou entre 58,3 mg.kg⁻¹ no tratamento

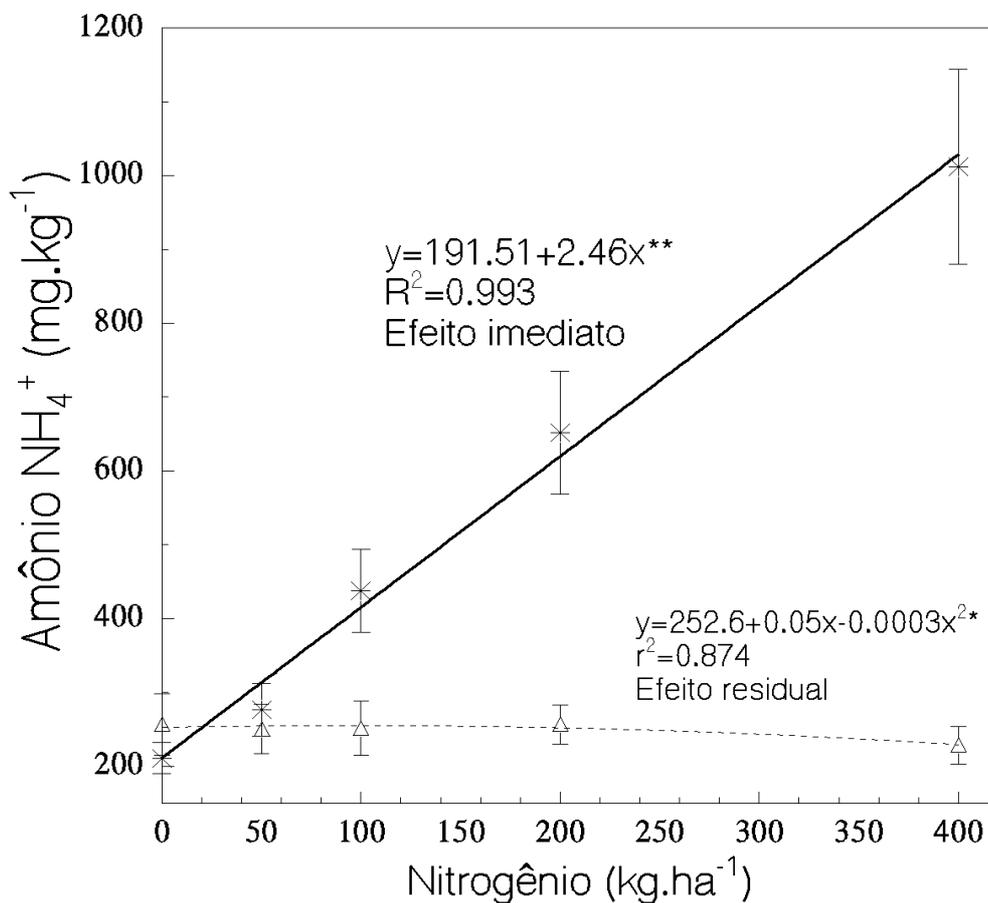


FIGURA 6. Efeito imediato e residual da adubação com doses crescentes de nitrogênio (0; 50; 100; 200 e 400 kg ha⁻¹) sobre o teor de amônio no tecido seco da alfaca cv. Regina (**P<0,01). Eldorado do Sul, 1999. testemunha e 170,8 mg.kg⁻¹ no tratamento com 400 kg ha⁻¹, e no tratamento

200 kg ha⁻¹ o teor foi 153,6 mg.kg⁻¹. Estes resultados são semelhantes aos obtidos por Nicoulaud (1988) que cultivando alfaces do tipo lisa, a campo, em solo arenoso, encontrou teores entre 92 e 151 mg.kg⁻¹ de nitrato respectivamente quando aplicados 0 e 80 kg ha⁻¹ de N. Lara & Takahashi (1982) verificaram que alfaces coletadas em 20 locais de comercialização em São Paulo apresentaram teores de nitrato entre 63 e 3294 mg.kg⁻¹. Outros autores como Costa et al. (1997), estudando formulações para cultivo hidropônico, constataram teores entre 640 e 830 mg.kg⁻¹ e Sorensen (1994), numa revisão sobre os teores encontrados por diversos autores, verificou que eles variaram entre 330 e 774 mg.kg⁻¹.

Assim como no caso do amônio não houve efeito residual dos tratamentos sobre o teor de nitrato (figura 7).

Os teores de nitrato observados neste estudo foram bem diferentes dos relacionados na literatura. A divergência de dados se deve ao fato de que muitos dos estudos foram feitos em locais de clima temperado ou em casa de vegetação, em que os regimes de luz foram diferentes dos que ocorreram nas condições deste estudo. A intensidade luminosa e o fotoperíodo exercem influencia positiva sobre a atividade da enzima nitrato redutase que converte o nitrato em nitrito, que posteriormente é reduzido a amônia (Maynard et al., 1976; Taiz & Zeiger, 1998; Marschner, 1995).

Outra causa provável são as fontes de nitrogênio utilizadas pelos autores, em adubações, muitas delas, de base nítrica (nitrato de cálcio, potássio ou amônio), o que aumenta a disponibilidade de nitrato para as raízes (Maynard et al., 1976), já a uréia tem base amoniacal que, apesar de ser convertida a nitrato em condições de solo bem drenado, disponibiliza menos nitrato às raízes (Coutinho et al., 1993). Também os tipos e cultivares de alface utilizadas não

foram as mesmas, sendo que Maynard et al. (1976) citam que existem diferenças entre elas na acumulação de nitrato.

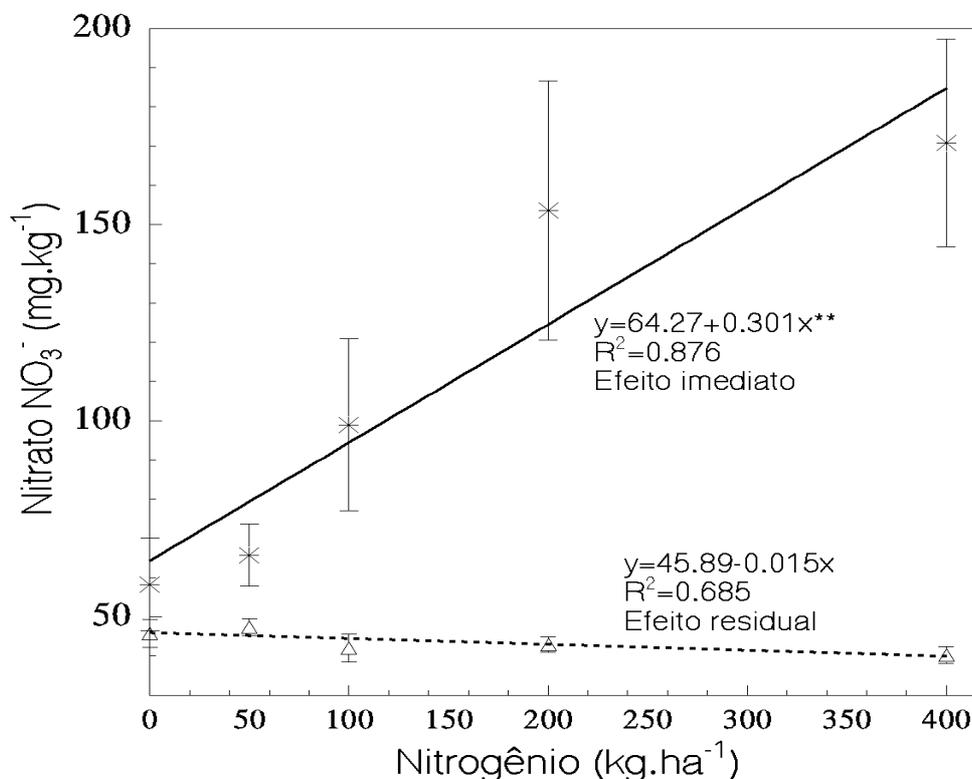


FIGURA 7. Efeito imediato e residual da adubação com doses crescentes de nitrogênio (0; 50; 100; 200 e 400 kg ha^{-1}) sobre o teor de nitrato no tecido seco da alface cv. Regina (** $P < 0,01$). Eldorado do Sul, 1999.

2.4 CONCLUSÕES

A aplicação de aproximadamente 200 kg ha^{-1} de nitrogênio, sob a forma de uréia, é a que resulta em maiores rendimentos de matéria fresca da cultura, maior peso de matéria seca e extração de nitrogênio.

Devido ao alto valor da produção de alface por unidade de área, a diferença entre o ponto de máxima eficiência técnica e o ponto de máxima eficiência econômica obtida neste estudo foi mínima, portanto, em estudos futuros com nitrogênio em alface e mantendo-se a atual relação de valores entre o

nitrogênio e a alface, em determinando-se o ponto de máxima eficiência técnica obtém-se também o ponto de máxima eficiência econômica.

Adubações com 400kg ha^{-1} de N diminuem os rendimentos da cultura, provavelmente por fitotoxidez, causada por acúmulo de amônio nos tecidos.

Os teores de nitrato acumulados na matéria seca da alface com adubações até 400kg ha^{-1} , estão abaixo dos níveis considerados prejudiciais à saúde humana.

A eficiência de absorção do adubo foi baixa, demonstrando que, em condições de solos arenosos, elevada precipitação pluviométrica e irrigação intensa ocorre a perda de mais de 80% do nitrogênio que pode ser prejudicial aos mananciais de água.

O nitrogênio, aplicado através de adubação mineral, não permanece disponível no solo por mais de 3 meses, requerendo nova adubação a cada novo plantio.

CAPÍTULO III

Parcelamento da aplicação de nitrogênio em alface.

3.1 INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma planta herbácea anual da família asteraceae (compostas), com caule diminuto, ao qual se prendem as folhas, o que lhe confere o formato de roseta. A alface é cultivada, segundo historiadores, desde 500 aC. pelos romanos e atualmente é plantada em todos os continentes, sendo considerada a hortaliça folhosa mais consumida no mundo (Filgueira, 2000). O nitrogênio é o nutriente requerido em maior quantidade pelas plantas (Taiz & Zeiger, 1998; Marschner, 1995). O manejo correto da adubação nitrogenada em alface é, portanto, de suma importância para a obtenção de altos rendimentos. A falta de nitrogênio resulta em colapso e distúrbios na formação de cloroplastos, organelas celulares responsáveis pela fotossíntese e pelo desenvolvimento dos tecidos (Mengel & Kirkby, 1987). O excesso de adubação nitrogenada ocasiona diminuição na produção, por fitotoxicidade de amônio e muitas vezes resulta em acúmulo de nitrato no tecido (Maynard et al., 1976). Portanto, a dose de nitrogênio, bem como sua época de aplicação, são fatores importantes, a serem considerados na produção de alface.

Plantas semeadas diretamente no local definitivo, ou transplantadas, podem responder diferentemente aos adubos nitrogenados, devido ao estágio de desenvolvimento em que se encontram (Walworth et al., 1992).

As características peculiares de crescimento da alface, principalmente do sistema radicular, contribuem para tornar o manejo do nitrogênio um dilema (Prichart et al., 1995). Zink & Yamaguchi, (1962) constataram que existe uma

baixa taxa de acumulação de nitrogênio na primeira fase de crescimento e que 70% do acúmulo de nitrogênio ocorre quando este é aplicado 21 dias antes da colheita. Garcia et al. (1982b) trabalhando com alfaces do tipo “lisa”, cultivares Brasil 48 e Clause’s Aurélia, constataram uma baixa taxa de acúmulo de nitrogênio até os 30 dias de cultivo. A maior taxa de absorção de nitrogênio, na cultivar Brasil 48, ocorreu entre os 51 e os 62 dias de cultivo e na cultivar Clause Aurélia, entre os 41 e 51 dias. Os mesmos autores observaram que as maiores quantidades de nitrogênio são absorvidas nos estágios finais de cultivo, por isso recomendam a aplicação de nitrogênio em cobertura, em estágios mais desenvolvidos da planta.

A alface absorve pouco nitrogênio na primeira metade do ciclo de crescimento, devido a baixa taxa de crescimento e desenvolvimento radicular. Este período coincide com a ocasião em que muitos produtores aplicam altas doses de nitrogênio, o que resulta em grande perda por lixiviação e desnitrificação (Gardner & Pew, 1972). Devido a essas peculiaridades, a adubação nitrogenada em alface é feita parceladamente, sendo parte do adubo aplicado no transplante e o restante em cobertura, em diversas etapas do ciclo vegetativo.

As recomendações de épocas de aplicação de nitrogênio em alface variam muito. Borrego (1986) recomenda a aplicação em 3 ou 4 vezes, em igual quantidade: no plantio; no raleio de plantas; quinze dias após o raleio e na fase de formação da cabeça. Tendo em vista que as folhas são as partes da alface utilizadas na alimentação humana, Filgueira (2000) recomenda que a maior parte do nitrogênio seja aplicada em cobertura, em 3 etapas, quinzenalmente a partir do transplante.

Nos USA tem sido estudado o uso de fertilizantes nitrogenados de liberação lenta, com vistas a diminuir o custo das aplicações de nitrogênio em

cobertura e as perdas por lixiviação (Pew et al., 1984). Nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina a Comissão de Fertilidade do Solo – RS/SC, recomenda a aplicação do nitrogênio em três vezes, com doses iguais: no transplante; quinze dias após e a última trinta dias após o transplante (Bartz et al., 1994). Ferreira et al. (2001) constataram que a aplicação de 200 kg ha⁻¹ de nitrogênio em solo arenoso, em 3 etapas, resultou no maior rendimento da cultura, porém a eficiência de absorção do fertilizante foi de apenas de 12%.

Além de afetar a produção total, o manejo da fertilização nitrogenada também exerce efeito sobre a qualidade comercial e nutritiva da alface. A qualidade comercial está relacionada, principalmente, com o tamanho e a cor das folhas. A qualidade nutritiva é afetada, entre outros fatores, pelo teor de nitrato (Nicoulaud, 1988), sendo que a ingestão de nitrato em alta quantidade é prejudicial à saúde humana. Uma vez ingerido, o nitrato é reduzido a nitrito, que combina com a hemoglobina do sangue, transformando-a em metaemoglobina, que bloqueia a capacidade do sangue em transportar oxigênio para as células, sendo este um problema grave para crianças de primeira infância. O nitrito também pode reagir com aminas secundárias e terciárias, dando origem a compostos conhecidos como nitrosaminas, que são potencialmente carcinogênicos (Toledo, 1989; Maynard et al., 1976).

A aplicação de adubos nitrogenados em épocas inadequadas, na fase inicial de cultivo, em que as raízes da alface ainda não estão suficientemente desenvolvidas para absorver-lo, pode acarretar perdas de nitrogênio por lixiviação, para as águas subterrâneas, na forma de nitrato (Anghinoni, 1986).

O maior problema da percolação do nitrato é a contaminação das águas subterrâneas que, em alguns casos, chegam a lagos e reservatórios causando a aceleração do processo natural de eutrofização. Este processo resulta na

diminuição do oxigênio dissolvido na água e conseqüentemente, na morte de peixes. Quando ingerido por seres humanos, através de alimentos e por animais, através de pastagens e rações, o nitrato causa problemas sérios de saúde, porém raros são os casos de contaminação por ingestão direta de água contaminada com nitrato (Soilfacts 1997).

Tendo em vista a carência de dados de pesquisa, sobre épocas de adubação nitrogenada em alface, a baixa eficiência de utilização de adubos nitrogenados pelas plantas e conseqüências sobre o meio ambiente e a saúde humana, este trabalho visa avaliar o efeito de épocas de aplicação de nitrogênio sobre o rendimento da cultura, os teores de nitrogênio, amônio e nitrato nos tecidos e a eficiência de absorção deste nutriente pela cultura da alface.

3.2. MATERIAIS E MÉTODOS

Um experimento foi conduzido na Estação Experimental Agrônômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, situada em Eldorado do Sul – RS, no período de agosto de 1999 a julho de 2001.

O clima da região, segundo a classificação de Thornthwaite, se caracteriza pela fórmula $B_1rB'_3a$, ou seja, mesotérmico úmido, com pouca deficiência hídrica e com evapotranspiração no verão inferior a 48% da total anual (Bergamaschi & Guadagnin, 1990).

O solo do local do experimento que apresentou, segundo laudo de análise preliminar feita pelo Laboratório de Análise de Solos da Fac. de Agronomia da UFRGS, as seguintes características: 8% de argila; pH(H₂O) 5,3; 33 mg.L⁻¹ de fósforo disponível (Mehlich); 62 mg.L⁻¹ de potássio disponível (Mehlich); 0,9% de matéria orgânica (combustão úmida) conforme Tedesco et al. 1995.

O delineamento experimental foi de blocos casualizados com 10 tratamentos e 4 repetições, em 4 plantios consecutivos na mesma área, com intervalos de 3 meses.

Os tratamentos compreenderam as épocas de aplicação de 200 kg ha⁻¹ de N, na forma de uréia, conforme especificado na Tabela 1.

No tratamento T, considerado como testemunha, foram aplicados os parcelamentos da aplicação da adubação nitrogenada recomendados pela Comissão de Fertilidade do Solo - RS/SC (Bartz et al., 1994). A letra F foi utilizada nos tratamentos com quantidades fixas de N, aplicado no plantio, ou em cada cobertura. A letra C foi empregada nos tratamentos que envolveram a aplicação de doses de N variáveis, tanto no plantio como em cobertura. em cada um deles as doses aplicadas em cada etapa seguiram a orientação da curva de absorção de nitrogênio (Figura 8), adaptada de Garcia et al., (1982b). Deste modo, a dose utilizada em cada época foi ajustada à percentagem do N que a planta absorve na etapa seguinte. Assim por exemplo, no tratamento C_T, no plantio foi aplicada a percentagem de N que será absorvida entre o transplante e os 15 dias do ciclo; Aos 15 dias foi aplicada a percentagem de N que será absorvida dos 15 aos 30 dias e aos 30 dias o N restante. O mesmo critério foi seguido nos tratamentos C₂; C₄ e C₈.

TABELA 1. Nitrogênio aplicado em alface cv. Elisa com o parcelamento da dose de 200 kg ha⁻¹, sob a forma de uréia, utilizada em cada tratamento experimental. Eldorado do Sul, 2001.

Dias após o transplante							
0	7	15	21	28/30	35	42/45	49
Nitrogênio aplicado (kg ha ⁻¹)							

Tratament OS T	67	67	67					
F _P	200							
F ₃₀					200			
F ₂	100				100			
F ₄	50		50		50		50	
F ₈	25	25	25	25	25	25	25	25
C _T	1.5		3.5		195			
C ₂	5				195			
C ₄	1.5		3.5		44.5		150.5	
C ₈	1	1	1	1.5	11.5	20.5	37	126.5

Um mês antes de cada plantio foram realizadas análises de solo e, com base nos resultados, foram corrigidos o pH e a fertilidade de fósforo e potássio conforme as recomendações de adubação da Comissão de Fertilidade do Solo RS/SC (Bartz et al., 1994).

O estudo foi realizado com plantas da cultivar Elisa, utilizando sementes da Agroflora – Sakata, que foram semeadas em canteiros convencionais e as mudas transplantadas para os canteiros definitivos, com 4 a 5 folhas, o que foi alcançado aos 28 dias após a semeadura. A densidade de plantio, no local definitivo, foi de 20 plantas por m², em um espaçamento de 25x20cm, sendo que em cada parcela experimental, com dimensões de 3m x 1m, foram plantadas quatro fileiras longitudinais, totalizando 60 plantas, das quais foram consideradas úteis somente as 20 plantas centrais.

O nitrogênio aplicado no plantio foi distribuído uniformemente e incorporado ao solo, em toda a área da parcela, antes do transplante das

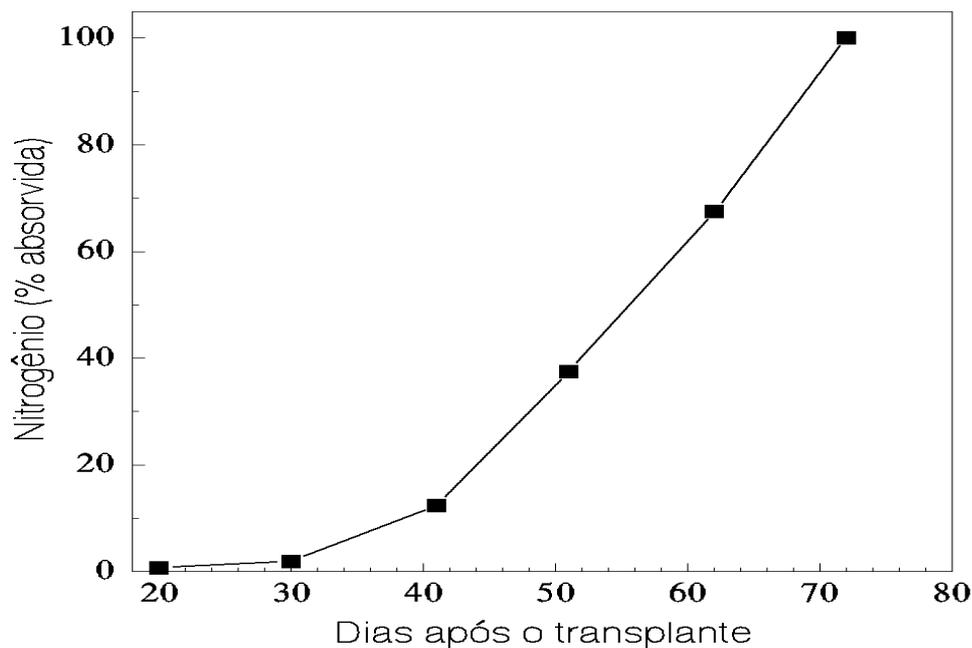


FIGURA 8. Marcha de absorção de nitrogênio de alfaces cv. Brasil 48 e "Clauses" aurélia. Piracicaba, 1982. Adaptado de Garcia et al. (1982b).

mudas. As adubações de cobertura foram feitas distribuindo a uréia ao lado das plantas, ao longo e no centro das entrelinhas longitudinais de plantio; a seguir foi feita uma irrigação leve para incorporar o adubo ao solo.

Durante o ciclo vegetativo foram realizadas duas capinas manuais, aos 18 e aos 33 dias após o transplante.

A irrigação utilizada foi por aspersão, realizada diariamente só em dias de sol e não em dias de chuva ou nublados.

As colheitas foram realizadas aos 55 dias após o transplante, quando as plantas encontravam-se com tamanho comercial. Em cada parcela foi colhida a parte aérea das 20 plantas úteis, as quais foram pesadas individualmente, para determinar o peso da matéria fresca (rendimento da cultura) e depois elas foram colocadas em estufa de secagem com ar forçado a 70°C, até atingirem peso

constante, para a determinação do peso da matéria seca. A seguir as plantas secas foram moídas em moinho tipo Wiley, acoplado a uma peneira de 20 malhas.polegada⁻², para posterior determinação dos teores de nitrogênio total, amônio e nitrato nos laboratórios dos Departamentos de Solos e de Horticultura e Silvicultura da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. A eficiência de absorção do nitrogênio aplicado foi determinada pela comparação entre a testemunha e os demais tratamentos.

Na determinação do teor de nitrogênio total, da matéria seca, foi seguido o método Semi-Micro-Kjedhal, modificado por Tedesco (1982); para a determinação de amônio e para a determinação de nitrato foi utilizado o método de extração com KCl (Tedesco et al., 1995).

Os resultados foram submetidos à análise de variância no modelo misto, para grupos de experimentos, em que as variáveis de todos os cultivos são analisadas conjuntamente e o valor F é calculado pela divisão do quadrado médio da variável pelo quadrado médio da interação entre os cultivos e as variáveis. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, seguindo metodologia de Gomes (1982) e Riboldi (1993).

3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resumos das análises estatísticas encontram-se no apêndice A. As médias do rendimento de matéria fresca dos tratamentos diferiram significativamente (Tabela 2). Pelo teste de tukey, a 5% de significância, as produções do tratamento F₄ e da testemunha (T) foram superiores às dos tratamentos F_P e F₃₀. Os rendimentos médios dos demais tratamentos variaram

de 10.095 kg ha⁻¹ a 12.683 kg ha⁻¹ e não diferiram significativamente da testemunha, nem do tratamento F₄.

Nos tratamentos F_p e F₃₀ ocorreram as menores produções, porque a aplicação de todo o adubo em uma só vez, deve ter aumentado a perda do nitrogênio, principalmente por lixiviação, visto que a perda de nitrogênio por volatilização deve ter sido muito pequena, pois o adubo havia sido incorporado ao solo imediatamente após a sua aplicação. Isso acontece em cultivos de sequeiro, nos quais, quando as aplicações de uréia são incorporadas ao solo a perda de nitrogênio acontecem principalmente por lixiviação de nitrato (Anghinoni, 1986).

As adubações ajustadas pela curva de absorção de nitrogênio deveriam ter proporcionado os melhores rendimentos, visto que o N foi fornecido de acordo com a sua demanda pela planta, porém isto não ocorreu. Como neste caso a maior quantidade de N foi aplicada próxima da colheita, pode ter faltado tempo para a absorção, ou então, a grande quantidade de N aplicada nesta fase pode ter causado fitotoxidez às plantas. Neste caso, também deve ter acontecido que, as doses iniciais muito pequenas, distribuídas em toda a área ou longe das plantas, não tivessem sido absorvidas em quantidade suficiente para as plantas devido ao pequeno desenvolvimento do sistema radicular.

O maior rendimento, de 14.100 kg ha⁻¹, que foi alcançado no tratamento F₄, ficou bem abaixo do de 25.000 kg ha⁻¹, obtida no experimento do Capítulo II, porém está próximo da média nacional, que é em torno de 18.000 kg ha⁻¹ (Hamerschmidt, 1993).

A cultivar Elisa, utilizada neste trabalho é considerada mais exigente em matéria orgânica que a cultivar Regina utilizada no experimento do Capítulo II. Esta pode ter sido a causa da diferença de rendimento observada entre os

dois estudos. Além disso, autores como Borrego (1986) e Filgueira (2000) recomendam que para a obtenção de bons rendimentos em alface, é necessário o aporte de adubos orgânicos, junto como o adubo mineral, principalmente em solos arenosos e com baixo teor de matéria orgânica. Por sua vez, em outros trabalhos, como o de Sanches (2000) foram alcançados rendimentos superiores a $40.000 \text{ kg ha}^{-1}$, mas estes foram obtidos com alfaces do tipo “americana” e em condições de solo com maior teor de matéria orgânica.

O espaçamento utilizado neste estudo, $25 \times 20 \text{ cm}$, também pode ter ocasionado o menor rendimento em relação ao obtido no Capítulo II, visto que a cultivar Elisa tem porte e número de folhas maior que a cultivar Regina o que poderia exigir um espaçamento maior.

As médias de rendimento de matéria seca dos tratamentos diferiram significativamente pelo teste F (Tabela 3). O teste de Tukey 5% revelou que apenas o tratamento F_P diferiu significativamente, com rendimento menor do que a testemunha e os tratamentos F_4 , F_8 e C_T . Isto deve ter acontecido porque, no tratamento F_P , a aplicação de toda a dose de N no plantio, expôs o nitrogênio a 55 dias de perdas por lixiviação e a partir do 30º dia de ciclo vegetativo, as plantas apresentavam sintomas visíveis de deficiência de nitrogênio, tais como clorose e menor desenvolvimento.

O rendimento de matéria seca do tratamento F_4 foi o maior de todos, alcançando $658,98 \text{ kg ha}^{-1}$. Esta produção foi um pouco menor que a de 800 kg ha^{-1} obtida por Garcia et al. (1982b), parcelando a aplicação de nitrogênio em 3 etapas.

TABELA 2. Rendimento de matéria fresca de alface cv. Elisa em função de parcelamentos de aplicação de 200 kg ha^{-1} nitrogênio na forma de uréia. Eldorado do Sul, 2001.

Parcelamentos (tratamentos)	Matéria fresca ¹ (kg ha ⁻¹)
T - 1/3 da dose no plantio; 1/3 15 dias após e 1/3 30 dias após ²	13.119 a
F_P – toda a dose aplicada no plantio	8.325 c
F₃₀ – toda a dose aplicada aos 30 dias	8.446 bc
F₂ - 1/2 da dose no plantio e 1/2 aos 30 dias	11.173 abc
F₄ - 1/4 da dose no plantio e 1/4 aos 15, 30 e 45 dias após	14.099 a
F₈ - 1/8 da dose no plantio e 1/8 aos 7, 14, 21, 28, 35, 42 e 49 dias após	12.683 ab
C_T - igual T ajustado pela curva de absorção de nitrogênio ³	12.642 ab
C₂ - igual F₂ ajustado pela curva de absorção de nitrogênio ³	10.218 abc
C₄ - igual F₄ ajustado pela curva de absorção de nitrogênio ³	10.095 abc
C₈ - igual F₈ ajustado pela curva de absorção de nitrogênio ³	10.105 abc

¹Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%;

²Recomendação da Comissão de Fertilidade do Solo RS/SC;

³Figura 8.

TABELA 3. Rendimento de matéria seca de alface cv. Elisa em função de parcelamentos de aplicação de 200 kg ha⁻¹ nitrogênio na forma de uréia. Eldorado do Sul, 2001.

Parcelamentos (tratamentos)	Matéria seca ¹ (kg ha ⁻¹)
T - 1/3 da dose no plantio; 1/3 15 dias após e 1/3 30 dias após ²	622,1 a
F_P – toda a dose aplicada no plantio	430,54 b
F₃₀ – toda a dose aplicada aos 30 dias	472,04 ab
F₂ - 1/2 da dose no plantio e 1/2 aos 30 dias	553,38 ab
F₄ - 1/4 da dose no plantio e 1/4 aos 15, 30 e 45 dias após	658,98 a
F₈ - 1/8 da dose no plantio e 1/8 aos 7, 14, 21, 28, 35, 42 e 49 dias após	636,01 a
C_T - igual T ajustado pela curva de absorção de nitrogênio ³	651,18 a
C₂ - igual F₂ ajustado pela curva de absorção de nitrogênio ³	534,01 ab
C₄ - igual F₄ ajustado pela curva de absorção de nitrogênio ³	524,85 ab
C₈ - igual F₈ ajustado pela curva de absorção de nitrogênio ³	512,97 ab

¹Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%;

²Recomendação da Comissão de Fertilidade do Solo RS/SC;

³Figura 8.

Foram constatadas diferenças significativas entre os tratamentos em relação ao teor de nitrogênio no tecido seco. As maiores concentrações foram observadas nos tratamentos C₄ e C₈, que foram significativamente superiores às dos tratamentos testemunha (T), F_P e F₂ ao nível de 5%, pelo teste de Tukey (Tabela 4). Nestes tratamentos a aplicação do fertilizante, ajustada à curva de

absorção, foi concentrada próxima a colheita, o que deve ter acarretado o aumento da absorção de N nesta fase. No tratamento de maior rendimento de matéria fresca e seca (F₄) o teor de nitrogênio foi 2,72% significativamente maior que na testemunha e um pouco menor que nos tratamentos C₄ e C₈, porém neste caso sem diferir significativamente.

O tratamento de menor concentração de nitrogênio foi o F_P o que reforça a afirmação de que o baixo rendimento de matéria fresca e seca deste tratamento foi por deficiência de nitrogênio. Contudo o teor de N encontrado neste tratamento não diferiu significativamente da testemunha e esteve acima da concentração de nitrogênio considerada mínima crítica para plantas, que em geral situa-se entre 1,35 e 2% (Magalhães, 1988; Marschner, 1995; Silva Júnior & Soprano, 1997). De fato em nenhum dos tratamentos a concentração de nitrogênio esteve fora da faixa considerada normal, para plantas hortícolas: mínima 1,5% e máxima 3,5% (Magalhães, 1988).

Garcia et al. (1982a) obtiveram teores de nitrogênio entre 3,27 e 3,70% e em cultivos hidropônicos são por vezes encontrados teores de nitrogênio superiores a 6%, como no caso de um estudo de Costa et al. (1997). Isto acontece porque em hidroponia a disponibilidade de nutrientes é muito superior à do solo, o que faz com que as plantas absorvam quantidades grandes de nutrientes.

A análise da variância dos resultados observados com relação ao nitrogênio contido na parte aérea da alface colhida revelaram que houve diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 5). Os resultados variaram de uma extração máxima de 17,39 kg ha⁻¹ de nitrogênio no tratamento F₄ e mínima de 9,16 kg ha⁻¹ no tratamento F_P. Apenas os tratamentos F_P e F₃₀ diferiram significativamente da testemunha com extrações menores que esta.

Em termos relativos o tratamento F₄ foi 26,35% mais eficiente no aproveitamento do fertilizante em relação à testemunha (tabela 5).

TABELA 4. Teor de nitrogênio no tecido seco de alface cv. Elisa em função de parcelamentos da aplicação de 200 kg ha⁻¹ nitrogênio na forma de uréia. Eldorado do Sul, 2001.

Parcelamentos (tratamentos)	Nitrogênio ¹ (%)
T - 1/3 da dose no plantio; 1/3 15 dias após e 1/3 30 dias após ²	2,34 bc
F_P – toda a dose aplicada no plantio	2,12 c
F₃₀ – toda a dose aplicada aos 30 dias	2.67 ab
F₂ - 1/2 da dose no plantio e 1/2 aos 30 dias	2.44 bc
F₄ - 1/4 da dose no plantio e 1/4 aos 15, 30 e 45 dias após	2.72 ab
F₈ - 1/8 da dose no plantio e 1/8 aos 7, 14, 21, 28, 35, 42 e 49 dias após	2.57 ab
C_T - igual T ajustado pela curva de absorção de nitrogênio ³	2.58 ab
C₂ - igual F₂ ajustado pela curva de absorção de nitrogênio ³	2.61 ab
C₄ - igual F₄ ajustado pela curva de absorção de nitrogênio ³	2.89 a
C₈ - igual F₈ ajustado pela curva de absorção de nitrogênio ³	2.95 a

¹Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%;

²Recomendação da Comissão de Fertilidade do Solo RS/SC;

³Figura 8.

A quantidade de N extraído foi semelhante (ou próxima) a observada por Garcia et al. (1982b) que se situou entre 17,1 e 20,1 kg ha⁻¹ para duas cultivares de alface do tipo lisa, adubadas com 108 kg ha⁻¹ de nitrogênio e adubação orgânica. Outros autores entretanto obtiveram extrações maiores que as obtidas neste estudo. Haag & Minami (1988) registraram a extração de 133 kg ha⁻¹ de nitrogênio em alfaces do tipo crespa colhidas aos 50 dias de ciclo. Sanchez (2000) obteve extrações entre 32 e 61 kg ha⁻¹ de nitrogênio para alfaces do tipo “americana” adubadas com 270 kg ha⁻¹ de nitrogênio sob a forma de nitrato de amônio, aplicado semanalmente via irrigação. Esses resultados bastante distintos resultam provavelmente, no caso do estudo de Haag & Minami (1988), devido ao alto teor de N, 3,35%, existente no tecido da alface, aliado à alta produção de matéria seca, que provavelmente resultaram da elevada fertilidade do solo. Já no

trabalho de Sanchez (2000), alfaces do tipo “americana”, que eles utilizaram, são reconhecidas como mais efetivas em absorver nutrientes do solo.

As quantidades de N extraídas pela alface, neste estudo, contrastam também com as registradas no estudo do Capítulo II com aplicação de 200 kg ha⁻¹ de N, de fato, no tratamento testemunha a extração obtida foi 13,77 kg ha⁻¹ que é menos da metade da observada no estudo anterior. Uma provável causa para este fato é a utilização de variedades diferentes nos dois

TABELA 5. Absorção de nitrogênio por alface cv. Elisa em função de parcelamentos da aplicação de 200 kg ha⁻¹ nitrogênio na forma de uréia. Eldorado do Sul, 2001.

Parcelamentos (tratamentos)	Extração ¹	
	(kg ha ⁻¹)	(%)
T - 1/3 da dose no plantio; 1/3 15 dias após e 1/3 30 dias após ²	13,77abc	100
F_P – toda a dose aplicada no plantio	9,16 c	66,51
F₃₀ – toda a dose aplicada aos 30 dias	12,25 bc	89
F₂ - 1/2 da dose no plantio e 1/2 aos 30 dias	12,70abc	92,23
F₄ - 1/4 da dose no plantio e 1/4 aos 15, 30 e 45 dias após	17,39a	126,35
F₈ - 1/8 da dose no plantio e 1/8 aos 7, 14, 21, 28, 35, 42 e 49 dias	16,46ab	119,6
C_T - igual T ajustado pela curva de absorção de nitrogênio ³	13,35abc	96,96
C₂ - igual F₂ ajustado pela curva de absorção de nitrogênio ³	15,55ab	112,93
C₄ - igual F₄ ajustado pela curva de absorção de nitrogênio ³	15,02ab	109,09
C₈ - igual F₈ ajustado pela curva de absorção de nitrogênio ³	14,61ab	106,12

¹Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%;

²Recomendação da Comissão de Fertilidade do Solo RS/SC;

³Figura 8.

estudos. Outra causa provável é o menor teor de matéria orgânica (0,9%) observada no solo deste estudo.

Foram constatadas diferenças significativas de concentração de amônio entre os tratamentos pelo teste F a 5% (Tabela 6). A maior concentração ocorreu no tratamento C₄ e a menor no tratamento F_P. No tratamento F₄ o teor de amônio de 414,84 mg.kg⁻¹ foi significativamente superior ao obtido na testemunha.

Já foi referido que nos tratamentos C₄ e C₈ teoricamente deveriam ter ocorrido os melhores rendimentos da cultura. Efetivamente os teores de amônio

encontrados nesses tratamentos foram significativamente superiores aos demais, exceto ao do tratamento F₈. Então as baixas produções obtidas nos tratamentos C₄ e C₈ (Tabela 2) podem ser atribuídas à fitotoxicidade de amônio, referida por Magalhães (1988), Marschner (1995) e Taiz & Zeiger (1998), pois as grandes quantidades de N aplicadas no final do cultivo devem ter induzido as plantas a absorverem e acumularem grandes quantidades de amônio, excedendo a capacidade das plantas em utilizá-lo, para formação de aminoácidos. Essa possibilidade é reforçada pela diminuição da produção de alface, que se verificou no estudo do Capítulo II, com aplicações de 400 kg ha⁻¹ de N, em cujo tratamento o teor de amônio foi de 1011,5 mg.kg⁻¹, apenas um pouco abaixo dos que ocorreram nos tratamentos C₄ e C₈.

A concentração de amônio do tratamento F₄ foi um pouco menor do que a obtida no tratamento de maior rendimento no Capítulo II, entretanto, no tratamento F_P, de menor rendimento da cultura, o teor de amônio foi semelhante ao tratamento sem aplicação de nitrogênio do Capítulo II, o que reforça a afirmação de que o nitrogênio aplicado todo no plantio é perdido e as plantas sofrem deficiência deste nutriente, na fase final do cultivo.

A concentração de nitrato no tecido seco diferiu significativamente entre os tratamentos pelo teste F 5% (Tabela 7). Em geral o comportamento foi semelhante ao verificado com os teores de amônio (Tabela 6). A concentração de nitrato no tratamento F₄, 81,54 mg.kg⁻¹, não diferiu significativamente dos tratamentos F₃₀, F₈, C_T, C₂, C₄ e C₈. As concentrações de nitrato, que variaram entre 42,3 mg.kg⁻¹ no tratamento F_P e 94,86 mg.kg⁻¹ no tratamento C₈, estão

TABELA 6. Teor de amônio (NH₄⁺) no tecido seco de alface cv. Elisa em função de parcelamentos da aplicação de 200 kg ha⁻¹ nitrogênio na forma de uréia. Eldorado do Sul, 2001.

Parcelamentos (tratamentos)	Amônio ¹ (mg.kg ⁻¹)
T - 1/3 da dose no plantio; 1/3 15 dias após e 1/3 30 dias após ²	258,15 cd
F_P – toda a dose aplicada no plantio	214,98 d
F₃₀ – toda a dose aplicada aos 30 dias	391,07 cd
F₂ - 1/2 da dose no plantio e 1/2 aos 30 dias	237,15 d
F₄ - 1/4 da dose no plantio e 1/4 aos 15, 30 e 45 dias após	414,84 cd
F₈ - 1/8 da dose no plantio e 1/8 aos 7, 14, 21, 28, 35, 42 e 49 dias após	479,38 bc
C_T - igual T ajustado pela curva de absorção de nitrogênio ³	325,94 cd
C₂ - igual F₂ ajustado pela curva de absorção de nitrogênio ³	334,50 cd
C₄ - igual F₄ ajustado pela curva de absorção de nitrogênio ³	754,10 a
C₈ - igual F₈ ajustado pela curva de absorção de nitrogênio ³	694,73 ab

¹Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%;

²Recomendação da Comissão de Fertilidade do Solo RS/SC;

³Figura 8.

bastante abaixo da obtida por Costa et al. (1997), que foi de 810 mg.kg⁻¹. Estes autores contudo utilizaram outras cultivares, outras fontes de nitrogênio (nitrícas) e também efetuaram seus estudos em ambientes com restrição de luz solar (casa de vegetação em clima temperado). A intensidade de luz e o fotoperíodo são elementos importantes na atividade da enzima nitrato redutase, responsável pela conversão de nitrato em aminoácidos nas plantas. A menor intensidade de luz e um menor fotoperíodo diminuem a atividade desta enzima, fazendo com que o nitrato se acumule nos tecidos vegetais, em especial nas folhas (Marschner, 1995; Taiz & Zeiger, 1998).

Em outros estudos, realizados em condições semelhantes a este, como o de Nicoulaud (1988) e o do Capítulo II as concentrações de nitrato observadas foram semelhantes às obtidas neste trabalho.

O fato das concentrações de nitrato observadas neste trabalho terem sido baixas é benéfico, pois a ingestão de nitrato acima de 5 mg.kg⁻¹ de peso corpóreo causa malefícios à saúde humana (Pedroso, 1993; Lara & Takahashi, 1982).

TABELA 7. Teor de nitrato (NO_3^-) no tecido seco de alface cv. Elisa em função de parcelamentos da aplicação de 200 kg ha^{-1} nitrogênio na forma de uréia. Eldorado do Sul, 2001.

Parcelamentos (tratamentos)	Nitrato ¹ (mg.kg^{-1})
T - $\frac{1}{3}$ da dose no plantio; $\frac{1}{3}$ 15 dias após e $\frac{1}{3}$ 30 dias após ²	65,31 bcd
F_P – toda a dose aplicada no plantio	42,33 d
F₃₀ – toda a dose aplicada aos 30 dias	76,86 abc
F₂ - $\frac{1}{2}$ da dose no plantio e $\frac{1}{2}$ aos 30 dias	54,24 cd
F₄ - $\frac{1}{4}$ da dose no plantio e $\frac{1}{4}$ aos 15, 30 e 45 dias após	81,54 ab
F₈ - $\frac{1}{8}$ da dose no plantio e $\frac{1}{8}$ aos 7, 14, 21, 28, 35, 42 e 49 dias após	79,08 abc
C_T - igual T ajustado pela curva de absorção de nitrogênio ³	65,31 bcd
C₂ - igual F₂ ajustado pela curva de absorção de nitrogênio ³	67,87 bcd
C₄ - igual F₄ ajustado pela curva de absorção de nitrogênio ³	86,99 ab
C₈ - igual F₈ ajustado pela curva de absorção de nitrogênio ³	94,86 a

¹Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%;

²Recomendação da Comissão de Fertilidade do Solo RS/SC;

³Figura 8.

3.4 CONCLUSÕES

O parcelamento da aplicação de 200 kg ha^{-1} de nitrogênio em 4 doses iguais: no transplante e aos 15, 30 e 45 dias após o transplante, aumenta a produção de alface e melhora a eficiência de absorção de nitrogênio.

A concentração de nitrato nas folhas não atinge níveis prejudiciais à saúde humana com a aplicação de 200 kg ha^{-1} de N em qualquer dos parcelamentos testados.

CAPÍTULO IV

4.1. CONCLUSÕES GERAIS

A adubação com 200 kg ha⁻¹ de nitrogênio proporciona o maior rendimento de matéria fresca de alface com teor de nitrato nas folhas em nível inferior ao considerado prejudicial à saúde humana.

O parcelamento da aplicação de uréia em 4 doses iguais de 50 kg ha⁻¹ de N, aplicadas no transplante e aos 15, 30 e 45 dias após, proporciona alta produção e melhora em 26,35% a eficiência de absorção do adubo, reduzindo perdas e possíveis danos ao meio ambiente.

As maiores produções foram obtidas com teores foliares de nitrogênio que variaram de 2,45% a 2,72%.

A adubação nitrogenada não tem efeito residual, de um cultivo para outro, em solos arenosos , devendo ser repetida a cada novo plantio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, P.; GRAVES, C.J.; WINSOR, G.W. Some responses of lettuce grown in beds of peat to nitrogen, potassium and molybdenum. **Journal Horticulture Science**, Littlehampton, v.53, p. 275-281, 1978.

ANGHINONI, I. Adubação nitrogenada nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. In: SANTANA, M. B. M. (Ed.) **Adubação nitrogenada no Brasil**. Ilheus, BA: CEPLAC/SBCS, 1986. p.1-18.

BALIGAR, V. C. ; DUNCAN, R. R. ; FAGERIA, N. K. Soil –plant interaction on nutrient use efficiency in plants: an overview. In: BALIGAR, V. C. ; DUNCAN, R. R. **Crops as enhancers of nutrient use**. San Diego, CA: Academic Press, 1990. P.351-373.

BARTZ, H. R.; BISSANI, C. A.; SCHERER, E. E.; TASSINARI, G.; SIQUEIRA, O. J. W.; FELTRACO, S. L.; WIETHÖLTER, S. **Recomendações de Adubação e Calagem para os Estados do Rio Grande do sul e Santa Catarina**. Passo Fundo: CNPT/EMBRAPA. 1994. 224 p.

BERGAMASCHI, H.; GUADAGNIN, M. R. **Agroclima da Estação Experimental Agrônômica/UFRGS**. Porto Alegre:Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia da UFRGS, 1990. 96p. Não publicado.

BORREGO, J. V. M. **Horticultura herbacea especial**. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1986. 590p.

BRANCO, A. A. ; COUTO, F. A. A. Observações sobre o efeito do azoto, fósforo e potássio na adubação da alface. **Olericultura**, Viçosa, v.2, p. 88-96, 1962.

BRUMM, I.; SCHENK, M.; GYSI, C. Influence of nitrogen supply on the occurrence of calcium deficiency in field grown lettuce. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 339, p. 125-136, 1992.

CAMARGO, L. S. **As hortaliças e seu cultivo**. Campinas: Fundação Cargill, 1984. 448p.

CASTRO, S. R. P. ; FERRAZ JR. , A. S. L. Teores de nitrato nas folhas e produção de alface cultivada com diferentes fontes de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 16, n. 1, p. 65-68, 1998.

CEASA/RS. **Boletim Estatístico 2001** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <vpferreira@ig.com.br> em 12 fev. 2002.

COSTA, A. S. V. ; SILVA, N. F. ; MARTINEZ, H. E. P. ; FONTES, P. C. R. ; PEREIRA, P. R. G. Utilização de fontes comerciais de fertilizantes no cultivo hidropônico da alface. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 44, n. 252, p. 169-179, 1997.

COUTINHO, F.A.O.; NATALE, W.; SOUSA, E.C.A. Adubos e corretivos: aspectos particulares na olericultura. In: FERREIRA, M.E.; CASTELLANE, P.D.; CRUZ, M.C.P. eds. **Nutrição e Adubação de Hortaliças**. Piracicaba: Potafos, 1993. p.85-101.

DE GRAZIA, J.; TITTONELL, P.A.; LOPEZ, C.; CHIESA, A. Acumulación de nitratos en lechugas de hojas sueltas cultivadas bajo diferentes condiciones ambientales. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 19, suplemento, 2001. Trabalho apresentado do 41º Congresso Brasileiro de Olericultura, Brasília, DF, 2001. 1 CD-ROM.

EVERETT, P. H. Influence of fertilization rates em plastic mulch on the production of two cultivars of crisphead lettuce. **Proceedings of Florida State Horticultural Society**, Tallahassee, v.93, p. 243-245, 1980.

FERREIRA, V. P. ; ROCIO, A. C. ; LAUER, C. ; ROSSONI, E. ; NICOULAUD, B. A. L. Resposta de alface à fertilização nitrogenada. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 19, suplemento, 2001. Trabalho apresentado do 41º Congresso Brasileiro de Olericultura, Brasília, DF, 2001. 1 CD-ROM.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura**. Viçosa: Editora UFV, 2000. 402p.

GARCIA, L. L. C. ; HAAG, H. P. ; NETO, W. D. Nutrição mineral de hortaliças XXXVIII. Deficiências de macronutrientes em alface (*Lactuca sativa* L.), cv. Brasil 48 e Clause's Aurélia. **Anais da E. S. A. "Luiz de Queiroz"**, Piracicaba, v. 39, p. 349-370, 1982a.

GARCIA, L. L. C. ; HAAG, H. P. ; MINAMI, K. ; DECHEN, A. R. Nutrição mineral de hortaliças XLIX. Concentração e acúmulo de macronutrientes em alface (*Lactuca sativa* L.) cv. Brasil 48 e Clause's Aurélia. **Anais da E. S. A. "Luiz de Queiroz"**, Piracicaba, v. 39, p. 455-484, 1982b.

GARDNER, B. R. ; PEW, W. D. **Response of fall grown head lettuce to nitrogen fertilization**. Tuckson:Arizona Agricultural Experiment Station, 1972. 199p. (Technical Bulletin, 202).

GARDNER, B. R. **Response of spring grown head lettuce of nitrogen fertilization**. Tuckson:Arizona Agricultural Experiment Station, 1974. 9p. (Technical Bulletin, 210).

GOMES, F. P. **Curso de Estatística Experimental**. Piracicaba: Nobel, 1982. 430p.

GUNES, A. C. Influence of partial replacement of nitrate by amino acid nitrogen or urea in the nutrient medium on nitrate accumulation in NFT grow winter lettuce. **Journal of Plant Nutrition**, New York v.17, n.11, p. 1929-1938, 1994.

HAAG, H. P. ; MINAMI, K. Nutrição mineral de hortaliças. LXXXVI Concentração de nutrientes de alface (*Lactuca sativa* L.) cv. Grand Rapids, de semeadura direta e para corte. **Anais da E. S. A. "Luiz de Queiroz"**, Piracicaba, v. 45 (parte 2), p. 605-612, 1988.

HAMERSCHMIDT, I. Produção de hortaliças e assistência técnica no Brasil. **Horticultura brasileira**, Brasília, v. 11, n. 2, p.156-158, 1993.

HEMPHIL, Jr. D. D. ; JACKSON, T. L. Effect of soil acidity and nitrogen on yield and elemental concentration of bush bean, carrot and lettuce. **Journal of the America Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.107, n.5, p.740-744, 1982.

IBGE, **Censo agropecuário brasileiro**. Brasília, 1996. Disponível em <http://www.ibge.gov.br> < Acesso em: 25 out. 2000. >

KARACAL, I.; TURETKEN, I. Effects or nitrogen form and phosphorus dose on the yield and quality of lettuce in Van conditions. **Yuzuncu-Yil-Universitesi-Ziraat-Fakultesi-Dergisi**, Van, n.2, p. 85-93, 1992.

KATAYAMA, M. Nutrição e adubação de alface, chicória e almeirão. In: FERREIRA, M.E.; CASTELLANE, P.D.; CRUZ, M.C.P. (Eds.) **Nutrição e Adubação de Hortaliças**. Piracicaba: Potafos, 1993. p.141-148.

LARA, W. H. ; TAKAHASHI, M. Y. Níveis de nitratos em hortaliças. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v.42, n.1/2, p. 53-57, 1982.

LAIRON, D. ; SPITZ, N. ; TERMINE, E. ; RIBAUD, P. ; LAFONT, H. ; HAUTON, J. Effect of organic and mineral nitrogen fertilization on yield and nutritive value of butterhead lettuce. **Qualitas Plantarum; Plant Foods for Human Nutrition**, Hague, v.34, p. 97-108, 1984.

MAGALHÃES, J.R. **Diagnose de desordens nutricionais em hortaliças**. Brasília: EMBRAPA-DPU, 1988. 64p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2 ed. San Diego: Academic Press, 1995. 889p.

MAYNARD, D. N. ; BARKER, A. V. ; MINOTTI, P. L. ; PECK, N. H. Nitrate accumulation in vegetables. **Advances in Agronomy**, New York, v.28, p. 71-118, 1976.

McPHARLIN, I. R.; AYLMORE, P. M.; JEFFERY, R. C. Nitrogen requirements of lettuce under sprinkler irrigation and trickle fertigation on a spearwood sand. **Journal of Plant Nutrition**, New York, n. 18, p. 219-241, 1995.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A.. **Principles of Plant Nutrition**. Berna: International Potash Institute, 1987. 687 p.

MIELNICZUK, J. **Eficiência do uso de fertilizantes nitrogenados em grandes culturas**. Porto Alegre, Fac. de Agronomia da UFRGS, 14 junho de 2000. Anotações de aula.

NICOULAUD, B. A. L. **Rendimento e qualidade de alface em função de adubação mineral e orgânica em solo areia quartzosa hidromórfica**. 1988. 89 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Solos) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1988.

NICOULAUD, B. A. L. Rendimento e qualidade de alface em função de adubação mineral e orgânica em solo areia quartzosa hidromórfica. **Horticultura brasileira**, Brasília, v. 8, n. 2, p.6-9, 1990.

PEDROSO, M. A. M. **Ingestão Potencial de Nitrato e de Nitrito através das Refeições Oferecidas pelos Restaurantes Universitários da UNICAMP**. 1993. 112 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Ciência de Alimentos, Universidade de Campinas, Campinas, 1993.

PERES, J. R. R. ; SUHET, A. R. Adubação nitrogenada no Planalto Central. In: SANTANA, M. B. M. (Ed.) **Adubação nitrogenada no Brasil**. Ilheus, BA: CEPLAC/SBCS, 1986. P 221-242.

PEW, W. D. ; GARDNER, B. R. ; BESSEY, P. M. A comparison of controlled-release and certain soluble N fertilizers on yield and maturity in spring-grown head lettuce. **Journal of the America Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.109, n.4, p.531-535, 1984.

PRICHARD, K. H. ; DOERGE, T. A. ; THOMPSON, T. L. Evaluation of in-season nitrogen tissue tests for drip irrigated leaf and romaine lettuce. **Communications of Soil Science of Plant Analysis**, Atenas, v. 26, p. 237-257, 1995.

RIBOLDI, J. **Delineamentos experimentais de campo**. Porto Alegre: Instituto de Matemática da UFRGS, 1993. Parte 1, 76p. Apostila de aula.

RODRIGUEZ, Jr. M. ; LOBO, M. A. Fertilización de hortalizas en suelos volcánicos en Antioquia y Caldas. **Revista ICA**, Bogotá, v. 7, n. 3, p. 219-232, 1972.

SANCHEZ, C. A. Response of lettuce to water and nitrogen on sand and the potential for leaching of nitrate-N. **HortScience**, Alexandria, v. 35, n. 1, p.73-77, 2000.

SILVA JÚNIOR, A. A. ; SOPRANO, E. **Caracterização de sintomas visuais de deficiências nutricionais em alface**. Florianópolis: EPAGRI, 1997. 57p. (Boletim técnico, 87)

SOILFACTS. **Nitrogen management and water quality**. North Carolina: North Carolina Cooperative Extension Service, 1997. Disponível em: <<http://www.soil.ncsu.edu> >. Acesso em: 18 out.. 2000.

SORENSEN, J. N. ; JOHANSEN, A. S. ; POULSEN, N. Influence of growth conditions on the value of crisphead lettuce: marketable and nutritional quality as affected by nitrogen supply, cultivar and plant age. **Journal of Plant Foods for Human Nutrition**, Arsløv, n.46, p. 1-11, 1994.

SOUNDY, P.; SMITH, I. E. Response of lettuce (*Lactuca sativa* L.) to nitrogen and phosphorus fertilization. **Journal of the Southern african Society for Horticultural Sciences**, Ciskey, n. 2, p. 82-85, 1992.

TAIZ, L. ; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. 2 ed. Sunderland: Sinauer Associates Inc. Publishers, 1998. 792p.

TEDESCO, M. J. **Extração Simultânea de N, P, K, Ca e Mg em Tecido de Plantas por Digestão com H₂O₂ - H₂SO₄**. Porto Alegre: Departamento de Solos da UFRGS. 1982. 23 p.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Departamento de Solos da UFRGS. 1995. 174 p.

THOMPSON, A. L.; DOERGE, T. A. Nitrogen and water interactions in subsurface trickle-irrigated leaf lettuce: Agronomic, Economic, and Environmental outcomes. **Journal of the Soil Science Society of America**, Madison, v. 60, p. 163-168, 1996.

TOLEDO, M. C. F. Nitratos e nitritos: presença em alimentos e riscos a sua ingestão. In: SEMINÁRIO CONSERVADORES E ACIDULANTES EM ALIMENTOS, 1989, Campinas. **Anais...** Campinas:ITAL, 1989. p. 32-44.

VIELEMEYER, H. P.; HUNDT, I.; ANDING, B. Checking the nitrate content of head lettuce by the producer. **Gartenbau Magazin**, Jena, n. 38, p. 4, 8-9, 1991.

WALWORTH, J. L.; CARLING, D. E.; MICHAELSON, G. J. Nitrogen sources and rates for direct-seeded and transplanted head lettuce. **Hortscience**, Alexandria, n. 27, p. 228-230, 1992.

WEBSTER, A. B. Manuring and spacing experiments on vegetables. **New Zeland Journal of Agricultural Research**, Wellington, v. 12, p. 381-416, 1969.

WELCH, N. C. ; TYLER, K. B. ; RIRIE, D. ; BROADBENT, F. Lettuce efficiency in using fertilizer nitrogen. **California Agriculture**, Berkeley, v. 37, p. 18-19, 1983.

WURR, D. C. E. ; FELLOWS, J. R. The effect of amount and timing of nitrogen application to drilled crisp lettuce crops on head weight at maturity. **Journal Agricultural Science**, Cambridge, v. 105, p. 727-729, 1985.

ZINK, F. W. ; YAMAGUSHI, M. Studies on the growth rate and nutrient absorption of head lettuce. **Hilgardia**, Berkeley, v. 32, p. 471-500, 1962.

APÊNDICE A

Análises estatísticas

TABELA 1A. Resumo da análise de variância para a variável peso fresco de alfaces cv. Regina em função do efeito imediato de doses crescentes de nitrogênio. Eldorado do Sul, 1999.

Causas da Variação	G. L.	Q. M.
Blocos(experimentos)	12	10.676.500ns
Experimentos (E)	3	946.532.500**
Peso Fresco (PF)	4	846.013.000**
Interação E x PF	12	100.191.666,6**
Resíduo	48	12.108.333,3

(**) Significativo (P<0,01); (ns) não significativo.

Regressão polinomial para os níveis de peso fresco;

Causas da Variação	G. L.	Q. M.
Regressão linear	1	1.666.681.000**
Regressão quadr.	1	1.695.775.198**
Regressão cúbica	1	18.395.586,7ns
Desv. da regressão	1	3.200.214,7ns
Resíduo	12	100.191.666,6

(**) Significativo (P<0,01); (ns) não significativo.

Média Geral = 18.247,5 kg ha⁻¹.

Coefficiente de Variação = 19,07%

TABELA 2A. Resumo da análise de variância para a variável peso fresco de alfaces cv. Regina em função do efeito residual de doses crescentes de nitrogênio. Eldorado do Sul, 1999.

Causas da Variação	G. L.	Q. M.
Blocos(experimentos)	9	3.534.222,2ns
Experimentos (E)	2	19.496.000**
Peso Fresco (PF)	4	2.086.666,7ns
Interação E x PF	8	3.452.666,7ns
Resíduo	36	2.678.984,1

(**) Significativo (P<0,01); (ns) não significativo.

Regressão polinomial para os níveis de peso fresco;

Causas da Variação	G. L.	Q. M.
Regressão linear	1	2.408.333,3ns
Regressão quadr.	1	273155,5ns
Regressão cúbica	1	4455478,6ns
Desv. da regressão	1	1209699,3ns
Resíduo	8	3452666,7

(ns) não significativo(P<0,05).

Média Geral = 4800,0 kg ha⁻¹.

Coefficiente de Variação = 29,13%

TABELA 3A. Resumo da análise de variância para a variável peso seco de alfaces cv. Regina em função do efeito imediato de doses crescentes de nitrogênio. Eldorado do Sul, 1999.

Causas da Variação	G. L.	Q. M.
Blocos(experimentos)	12	288.561,2**
Experimentos (E)	3	6.328.130,1**
Peso Seco (PS)	4	1372496,2**
Interação E x OS	12	150.905,9**
Resíduo	48	47.393,5

(**) Significativo (P<0,01); (ns) não significativo.

Regressão polinomial para os níveis de peso seco;

Causas da Variação	G. L.	Q. M.
Regressão linear	1	2.088.828,3**
Regressão quadr.	1	3.308.928,6**
Regressão cúbica	1	85.512,8ns
Desv. da regressão	1	6.714,9ns
Resíduo	12	150905,9

(**) Significativo (P<0,01); (ns) não significativo.

Média Geral = 1255,6 kg ha⁻¹.

Coefficiente de Variação = 17,34%

TABELA 4A. Resumo da análise de variância para a variável peso seco de alfaces cv. Regina em função do efeito residual de doses crescentes de nitrogênio. Eldorado do Sul, 1999.

Causas da Variação	G. L.	Q. M.
Blocos(experimentos)	9	99.475,5ns
Experimentos (E)	2	2.746.186,5**
Peso Seco (PS)	4	38.072,8ns
Interação E x OS	8	40.691,2ns
Resíduo	36	40.866,4

(**) Significativo (P<0,01); (ns) não significativo.

Regressão polinomial para os níveis de peso seco;

Causas da Variação	G. L.	Q. M.
Regressão linear	1	71.969,2ns
Regressão quadr.	1	71.801,03ns
Regressão cúbica	1	7.572,9ns
Desv. da regressão	1	948,2ns
Resíduo	8	40691,2

(ns) não significativo (P<0,05).

Média Geral = 664,7 kg ha⁻¹.

Coefficiente de Variação = 30,41%

TABELA 5A. Resumo da análise de variância para a variável teor de nitrogênio no tecido seco de alfaces cv. Regina, em função do efeito imediato de doses crescentes de nitrogênio. Eldorado do Sul, 1999.

Causas da Variação	G. L.	Q. M.
Blocos(experimentos)	12	0,1190579ns
Experimentos (E)	3	4,4452644**
Nitrogênio (N)	4	3,0078220**
Interação E x N	12	0,3970052*
Resíduo	48	0,1190983

(**) Significativo (P<0,01); (*) Significativo (P<0,05); (ns) não significativo.

Regressão polinomial para os níveis de teor de nitrogênio no tecido seco;

Causas da Variação	G. L.	Q. M.
Regressão linear	1	10,8030043**
Regressão quadr.	1	1,1814671ns
Regressão cúbica	1	0,001847ns
Desv. da regressão	1	0,0449695ns
Resíduo	12	0,3970052

(**) Significativo (P<0,01); (ns) não significativo.

Média Geral = 2,1567 %.

Coefficiente de Variação = 16,0%

TABELA 6A. Resumo da análise de variância para a variável teor de nitrogênio no tecido seco de alfaces cv. Regina, em função do efeito residual de doses crescentes de nitrogênio. Eldorado do Sul, 1999.

Causas da Variação	G. L.	Q. M.
Blocos(experimentos)	9	0,2692150*
Experimentos (E)	2	2,7905416**
Nitrogênio (N)	4	0,0337225ns
Interação E x N	8	0,048975ns
Resíduo	36	0,0975876

(**) Significativo (P<0,01); (*) Significativo (P<0,05); (ns) não significativo.

Regressão polinomial para os níveis de teor de nitrogênio no tecido seco;

Causas da Variação	G. L.	Q. M.
Regressão linear	1	0,0057408ns
Regressão quadr.	1	0,0467755ns
Regressão cúbica	1	0,0002067ns
Desv. da regressão	1	0,0821670ns
Resíduo	8	0,0489750

(ns) não significativo ($P < 0,05$).
 Média Geral = 1,6681 %.
 Coeficiente de Variação = 18,73%.

TABELA 7A. Resumo da análise de variância para a variável extração de nitrogênio de alfaves cv. Regina, em função do efeito imediato de doses crescentes de nitrogênio. Eldorado do Sul, 1999.

Causas da Variação	G. L.	Q. M.
Blocos(experimentos)	12	224,3219625**
Experimentos (E)	3	1.264,690987**
Extração (EX)	4	1.843,2294768**
Interação E x EX	12	180,2843307**
Resíduo	48	43,5087212

(**) Significativo ($P < 0,01$).

Regressão polinomial para os níveis de extração de nitrogênio;

Causas da Variação	G. L.	Q. M.
Regressão linear	1	5260,7560174**
Regressão quadr.	1	2034,9999648**
Regressão cúbica	1	22,322039ns
Desv. da regressão	1	54,8398861ns
Resíduo	12	180,2843307

(**) Significativo ($P < 0,01$).
 Média Geral = 26,47 kg ha⁻¹.
 Coeficiente de Variação = 24,92%.

TABELA 8A. Resumo da análise de variância para a variável extração de nitrogênio de alfaves cv. Regina, em função do efeito residual de doses crescentes de nitrogênio. Eldorado do Sul, 1999.

Causas da Variação	G. L.	Q. M.
Blocos(experimentos)	9	16,5999929ns
Experimentos (E)	2	285,5570708**
Extração (EX)	4	12,7381853ns
Interação E x EX	8	8,9170526ns
Resíduo	36	9,4362261

(**) Significativo ($P < 0,01$); (ns) não significativo ($P < 0,05$).

Regressão polinomial para os níveis de extração de nitrogênio;

Causas da Variação	G. L.	Q. M.
Regressão linear	1	6,8899361ns
Regressão quadr.	1	28,7010181ns
Regressão cúbica	1	3,6727833ns
Desv. da regressão	1	11,6890037ns
Resíduo	8	8,9170526

(ns) não significativo ($P < 0,05$).

Média Geral = 10,12 kg ha⁻¹.
 Coeficiente de Variação = 30,34%.

TABELA 9A. Resumo da análise de variância para a variável eficiência de absorção do adubo de alfaces, cv. Regina, em função de doses crescentes de nitrogênio. Eldorado do Sul, 1999.

Causas da Variação	G. L.	Q. M.
Blocos(experimentos)	9	35,31008454ns
Experimentos (E)	3	479,9408454**
Eficiência (EF)	3	404,525164**
Interação E x EF	9	41,8706991ns
Resíduo	39	22,3483223

(**) Significativo (P<0,01); (ns) não significativo (P<0,05).

Regressão polinomial para os níveis de eficiência do uso do fertilizante;

Causas da Variação	G. L.	Q. M.
Regressão linear	1	1120,4312524**
Regressão quadr.	1	6,0652193ns
Regressão cúbica	1	87,0790204ns
Resíduo	9	41,8706991

(**) Significativo (P<0,01); (ns) não significativo (P<0,05).

Média Geral = 12,91 %

Coeficiente de Variação = 36,62 %

TABELA 10A. Resumo da análise de variância para a variável teor de amônio no tecido seco de alfaces cv. Regina, em função do efeito imediato de doses crescentes de nitrogênio. Eldorado do Sul, 1999.

Causas da Variação	G. L.	Q. M.
Blocos(experimentos)	12	34.207,47ns
Experimentos (E)	3	999.886,21**
Amônio(A)	4	1.681.057,23**
Interação E x A	12	109.548,95*
Resíduo	48	47.995,11

(**) Significativo (P<0,01); (*) Significativo (P<0,05); (ns) não significativo (P<0,05).

Regressão polinomial para os níveis de teor de amônio no tecido seco;

Causas da Variação	G. L.	Q. M.
Regressão linear	1	6674504,1**
Regressão quadr.	1	21092,5ns
Regressão cúbica	1	9266,52ns
Desv. da regressão	1	19365,88ns
Resíduo	12	109548,95

(**) Significativo ($P < 0,01$); (ns) não significativo ($P < 0,05$).
 Média Geral = $517,7 \text{ mg.kg}^{-1}$
 Coeficiente de Variação = 42,32%.

TABELA 11A. Resumo da análise de variância para a variável teor de amônio no tecido seco de alfaces cv. Regina, em função do efeito residual de doses crescentes de nitrogênio. Eldorado do Sul, 1999.

Causas da Variação	G. L.	Q. M.
Blocos(experimentos)	9	10104,28ns
Experimentos (E)	2	320636,37**
Amônio(A)	4	1634,37ns
Interação E x A	8	6109,18ns
Resíduo	36	5261,56

(**) Significativo ($P < 0,01$); (ns) não significativo ($P < 0,05$).

Regressão polinomial para os níveis de teor de amônio no tecido seco;

Causas da Variação	G. L.	Q. M.
Regressão linear	1	4541,59ns
Regressão quadr.	1	1170,24ns
Regressão cúbica	1	808,69ns
Desv. da regressão	1	16,7ns
Resíduo	8	6109,18

(ns) não significativo ($P < 0,05$).
 Média Geral = $248,79 \text{ mg.kg}^{-1}$
 Coeficiente de Variação = 29,16%.

TABELA 12A. Resumo da análise de variância para a variável teor de nitrato no tecido seco de alfaces cv. Regina, em função do efeito imediato de doses crescentes de nitrogênio. Eldorado do Sul, 1999.

Causas da Variação	G. L.	Q. M.
Blocos(experimentos)	12	10138,55*
Experimentos (E)	3	76058,41**
Nitrato(NI)	4	41411,51**
Interação E x NI	12	5068,75ns
Resíduo	48	3812,24

(**) Significativo ($P < 0,01$); (*) Significativo ($P < 0,05$); (ns) não significativo ($P < 0,05$).

Regressão polinomial para os níveis de teor de nitrato no tecido seco;

Causas da Variação	G. L.	Q. M.
Regressão linear	1	145124,49**
Regressão quadr.	1	14273,17ns
Regressão cúbica	1	5570,48ns
Desv. da regressão	1	677,88ns

Resíduo 12 5068,75

(**) Significativo ($P < 0,01$); (ns) não significativo ($P < 0,05$).

Média Geral = $109,45 \text{ mg.kg}^{-1}$

Coefficiente de Variação = 56,41%.

TABELA 13A. Resumo da análise de variância para a variável teor de nitrato no tecido seco de alfaces cv. Regina, em função do efeito residual de doses crescentes de nitrogênio. Eldorado do Sul, 1999.

Causas da Variação	G. L.	Q. M.
Blocos(experimentos)	9	154,44ns
Experimentos (E)	2	555,4**
Nitrato(NI)	4	99,97ns
Interação E x NI	8	106,01ns
Resíduo	36	87,71

(**) Significativo ($P < 0,01$); (ns) não significativo ($P < 0,05$).

Regressão polinomial para os níveis de teor de nitrato no tecido seco;

Causas da Variação	G. L.	Q. M.
Regressão linear	1	273,73ns
Regressão quadr.	1	10,4ns
Regressão cúbica	1	0,61ns
Desv. da regressão	1	115,12ns
Resíduo	8	106,01

(ns) não significativo ($P < 0,05$).

Média Geral = $43,62 \text{ mg.kg}^{-1}$

Coefficiente de Variação = 21,47%.

TABELA 14A. Resumo da análise de variância para a variável produção de matéria fresca de alfaces cv. Elisa submetidas a diferentes parcelamentos de 200 kg ha^{-1} de nitrogênio sob a forma de uréia. Eldorado do Sul, 2001.

Causas da Variação	G. L.	Q. M.
Blocos(experimentos)	9	$7,470 \times 10^7$ **
Experimentos (E)	3	$6,308 \times 10^7$ **
Matéria fresca(MF)	9	$1,618 \times 10^9$ **
Interação E x MF	27	$1,956 \times 10^7$ ns
Resíduo	111	$1,387 \times 10^7$

(**) Significativo ($P < 0,01$); (ns) não significativo ($P < 0,05$).

Média Geral = $11090,9 \text{ kg ha}^{-1}$

Coefficiente de Variação = 33,58%.

TABELA 15A. Resumo da análise de variância para a variável produção de matéria seca de alfaves cv. Elisa submetidas a diferentes parcelamentos de 200 kg ha⁻¹ de nitrogênio sob a forma de uréia. Eldorado do Sul, 2001.

Causas da Variação	G. L.	Q. M.
Blocos(experimentos)	9	528961,9ns
Experimentos (E)	3	100279,6**
Matéria seca(MS)	9	3679576,4**
Interação E x MS	27	52542,65**
Resíduo	111	27113,5

(**) Significativo (P<0,01); (ns) não significativo (P<0,05).

Média Geral = 559,61 kg ha⁻¹

Coefficiente de Variação = 29,42%.

TABELA 16A. Resumo da análise de variância para a variável teor de nitrogênio no tecido seco de alfaves cv. Elisa submetidas a diferentes parcelamentos de 200 kg ha⁻¹ de nitrogênio sob a forma de uréia. Eldorado do Sul, 2001.

Causas da Variação	G. L.	Q. M.
Blocos(experimentos)	9	0,1172056ns
Experimentos (E)	3	8,6724057**
Nitrogênio(N)	9	0,9654518*
Interação E x N	27	0,3608158**
Resíduo	111	0,1396954

(**) Significativo (P<0,01); (*) significativo (P<0,05); (ns) não significativo (P<0,05).

Média Geral = 2,59%

Coefficiente de Variação = 14,43%.

TABELA 17A. Resumo da análise de variância para a variável extração de nitrogênio no tecido seco de alfaves cv. Elisa submetidas a diferentes parcelamentos de 200 kg ha⁻¹ de nitrogênio sob a forma de uréia. Eldorado do Sul, 2001.

Causas da Variação	G. L.	Q. M.
Blocos(experimentos)	9	22,41746ns
Experimentos (E)	3	89,022106**
Extração(Ex)	9	2382,2012**
Interação E x Ex	27	50,457574**
Resíduo	111	18,625382

(**) Significativo (P<0,01); (ns) não significativo (P<0,05).

Média Geral = 14,02 kg ha⁻¹

Coefficiente de Variação = 30,77%.

TABELA 18A. Resumo da análise de variância para a variável teor de amônio no tecido seco de alfaces cv. Elisa submetidas a diferentes parcelamentos de 200 kg ha⁻¹ de nitrogênio sob a forma de uréia. Eldorado do Sul, 2001.

Causas da Variação	G. L.	Q. M.
Blocos(experimentos)	9	52514,77ns
Experimentos (E)	3	548267,06**
Amônio(A)	9	1303759,1**
Interação E x A	27	70084,26*
Resíduo	111	44163,29

(**) Significativo (P<0,01); (*) significativo (P<0,05); (ns) não significativo (P<0,05).

Média Geral = 410,48 mg.kg⁻¹

Coefficiente de Variação = 51,19%.

TABELA 19A. Resumo da análise de variância para a variável teor de nitrato no tecido seco de alfaces cv. Elisa submetidas a diferentes parcelamentos de 200 kg ha⁻¹ de nitrogênio sob a forma de uréia. Eldorado do Sul, 2001.

Causas da Variação	G. L.	Q. M.
Blocos(experimentos)	9	1487,95*
Experimentos (E)	3	4298,79**
Nitrato(Ni)	9	2937,91**
Interação E x Ni	27	1509,12**
Resíduo	111	512,32

(**) Significativo (P<0,01); (*) significativo (P<0,05); (ns) não significativo (P<0,05).

Média Geral = 70,46 mg.kg⁻¹

Coefficiente de Variação = 31,12%.