UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS

Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar

Dissertação

Variação diária e sazonal do conteúdo de nitrato, crescimento e produtividade de cultivares de alface em sistema hidropônico

Leandro Andrade da Fonseca

Pelotas, 2010

LEANDRO ANDRADE DA FONSECA

VARIAÇÃO DIÁRIA E SAZONAL DO CONTEÚDO DE NITRATO, CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DE CULTIVARES DE ALFACE EM SISTEMA HIDROPÔNICO

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências.

Orientadora:
Drª. Roberta Marins Nogueira Peil (UFPEL/FAEM)

Co-Orientador:
Dr. Carlos Alberto Barbosa Medeiros (Embrapa Clima Temperado)

Pelotas, 2010

Banca examinadora:

Profª. Drª. Roberta Marins Nogueira Peil:_____
(Departamento de Fitotecnia/FAEM/UFPEL)

Prof. Dr. Carlos Rogério Mauch: _____
(Departamento de Fitotecnia/FAEM/UFPEL)

Prof. Dr. Eduardo Matos Montezano: _____
(Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do RS/Campus Ibirubá)

Dr. André Samuel Strassburger: _____
(Bolsista Desenvolvimento Tecnológico e Industrial CNPq – Embrapa Clima Temperado

AGRADECIMENTOS

Nesse momento de minha vida em que considero já ter vivido tanta coisa, porém ainda tendo tantas a viver, tenho diversas pessoas a agradecer e compartilhar a felicidade alcançada ao chegar ao final de mais uma meta traçada.

À professora Roberta Marins Nogueira Peil e ao amigo André Samuel Strassburger que sempre que possível me auxiliaram em minha formação científica e mostraram índole e caráter irrepreensíveis;

Aos meus grandes amigos, Alexandre Salois, João Santos, Rafael Braga, Rodrigo Rocha, e amigas, Fabiana Santos, Katiúscia Strassburger e Vani Santos que talvez mesmo sem saber, me ajudaram muito em vários momentos importantes;

À Universidade Federal de Pelotas pela oportunidade de realizar o curso de Mestrado e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela concessão de bolsa de mestrado;

A meu sogro Pedro Geraldo Kegles de Moraes e minhas cunhadas Gisele Rodegheiro de Moraes e Marina Rodegheiro de Moraes, que desde o princípio me acolheram como membro da família em sua casa, dispondo-se prontamente a ajudar sempre que necessário;

A minha amada noiva Júlia Rodegheiro de Moraes, que já há bons anos vem sendo de fundamental importância em minha vida, nunca deixando eu me render as dificuldades e sempre me apoiando nas escolhas profissionais;

A minha amada irmã Rosângela Andrade Gulart Marchioro, minha mãe Iglê Furtado Andrade e meu pai Moacir Lucas da Fonseca que me deram à base necessária e os valores éticos e morais para desempenhar as mais diversas atividades da melhor forma possível;

A Deus e a todos que estiveram envolvidos de alguma forma neste trabalho.

“E aqueles que foram vistos dançando foram julgados insanos por aqueles que não podiam escutar a música”

(Friedrich Nietzsche)

A minha mãe Iglê e a minha irmã Rosângela, pelo amor, dedicação, carinho, apoio e exemplos de honra e caráter, dedico, e a minha amada noiva Júlia, ofereço.

RESUMO

Fonseca, Leandro Andrade da. **Variação diária e sazonal do conteúdo de nitrato, crescimento e produtividade de cultivares de alface em sistema hidropônico**. 2010. 99 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. Orientadora: Profª. Drª. Roberta Marins Nogueira Peil.

A alface apresenta grande capacidade de acumular nitrato, especialmente em sistemas hidropônicos, nos quais a disponibilidade do íon é elevada. No entanto, o acúmulo de nitrato depende principalmente do genótipo e da intensidade luminosa. O objetivo deste trabalho foi avaliar a flutuação diária do acúmulo de nitrato, o crescimento e a produtividade de cultivares de alface de acordo com a estação de cultivo, em sistema NFT. Foram realizados três experimentos em três estações de cultivo: primavera-verão de 2008, outono e inverno de 2009, em Pelotas, RS. Quatro cultivares (Mimosa Verde, Mimosa Roxa, Americana Great Lakes e Crespa Vera) e quatro horários de colheita (8:00h, 14:00h, 18:00h e 23:00h) foram estudados. Na primavera, os menores acúmulos médios de nitrato foram observados às 18 e às 23 horas (2058 e 2244 mg kg^{-1}) e nas folhas da cultivar Americana Great Lakes (1825 mg kg^{-1}). Porém, nesta estação esta cultivar não apresentou boa formação de cabeça. A cultivar Mimosa Roxa apresentou massa fresca total de planta e produtividade inferiores às demais (respectivamente, 236,7 contra 389,4 g $planta^{-1}$, média das demais cultivares, e 2724,2 contra 4480,9 g m^{-2}, média das demais cultivares). No outono, os menores acúmulos médios de nitrato foram observados às 8 horas (1378 contra 1620 mg kg^{-1}, média dos demais horários de colheita) e nas cultivares Mimosa Roxa e Americana Great Lakes (1360 e 1448 mg kg^{-1}, respectivamente). A cultivar Americana Great Lakes apresentou produção de massa seca de folhas, massa seca e fresca totais e produtividade superiores às demais

(11,05, 13,91, 424,4 g planta^{-1} e 5314,1 g m^{-2}, respectivamente), e área foliar superior a das cultivares Mimosa Verde e Crespa Vera. No inverno, as cultivares Mimosa Verde e Mimosa Roxa apresentaram acúmulos de nitrato semelhantes (média de 2182 mg kg^{-1}) e para ambas as cultivares o menor acúmulo foi observado às 8 horas (1545 contra a média de 2394 mg kg^{-1} dos demais horários de colheita). A cultivar Americana Great Lakes apresentou menor acúmulo médio de nitrato que a cultivar Crespa Vera (1915 e 2679 kg mg^{-1}, respectivamente) e a colheita das 14 horas apresentou menor acúmulo do que a das 18 horas (2054 e 2454 mg kg^{-1}, respectivamente para estas duas cultivares). A cultivar Americana Great Lakes apresentou produção de massa fresca total e produtividade superiores às demais (472,0 g planta^{-1} e 5590,1 g m^{-1-2}, respectivamente) sem diferir da cultivar Mimosa Verde (390,2 g planta^{-1} e 4580,6 g m^{-2}, respectivamente). De maneira geral, pode-se concluir que o menor acúmulo médio de nitrato é obtido no outono (1559 mg kg^{-1} contra 2526 e 2189 mg kg^{-1} obtidos na primavera e no inverno, respectivamente). A cultivar Crespa Vera apresenta os maiores acúmulos médios de nitrato independentemente da estação de cultivo, e a cultivar Americana Great Lakes é a menos acumuladora. O período do final da tarde é o mais indicado para colheita em dia de início de verão e o período do início da manhã o mais indicado para colheita em dia de outono. Para colheita no inverno, em dias nebulosos, o período entre a manhã e o início da tarde é o mais indicado. Na primavera, pode-se recomendar a cultivar Crespa Vera por apresentar adequado crescimento e produtividade e ausência de tendência ao pendoamento e, mesmo apresentando os maiores valores de nitrato em suas folhas, esse se encontra dentro de parâmetros permissíveis para o consumo. Tanto no outono como no inverno, a cultivar Americana Great Lakes apresenta-se como uma alternativa interessante, devido ao seu maior crescimento e as melhores respostas relacionadas à produtividade, associados aos menores valores de nitrato em suas folhas. Ainda no inverno, a cultivar Mimosa Verde pode ser indicada para ocupar parte do sistema produtivo hidropônico, uma vez que também apresenta baixos valores de nitrato, crescimento e produtividades adequados.

Palavras-chave: *Lactuca sativa* L., NFT, horário de colheita, massa seca, massa fresca.

ABSTRACT

Fonseca, Leandro Andrade da**. Daily and seasonal variation of nitrate content, growth and yield of lettuce varieties in hydroponic system**. 2010. 99 f. Dissertation (Master in Science). Post-Graduation Program in Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. Adviser: Dr. Roberta Marins Nogueira Peil.

Lettuce presents a great ability of nitrate accumulation, especially in hydroponics in which the ion availability is high. Nonetheless, nitrate accumulation depends primarily on genotype and light intensity. The objective of this work was to evaluate daily and seasonal variation of nitrate contents, growth and yield of lettuce cultivars according to the crop season in NFT system. Three experiments were conducted in three crop-seasons: spring of 2008, autumn and winter of 2009, in Pelotas RS. Four cultivars (Green Garden, Red Garden, Great Lakes Iceberg and “Vera” Sunny lettuce types) and four harvest times (8:00 am, 2:00 pm, 6:00 pm and 11:00 pm) were studied. In spring-summer, the lowest average nitrate contents were found at 6:00 pm and 11:00 pm (2058 and 2244 mg kg^{-1}) and in Great Lakes Iceberg leaves (1825 mg kg^{-1}). However, in this crop season, this cultivar did not present an appropriate head formation. Red Garden cultivar showed lower total plant fresh mass and yield than the other cultivars (236.7 against 389.4 g $plant^{-1}$ obtained as the average of the remained cultivars, and 2724.2 against 4480.9 g m^{-2} as average from the other cultivars, respectively). In autumn, the lowest average nitrate contents were observed at 8:00 am (1378 against 1620 mg kg^{-1} obtained as average of the other harvest times) and for Red Garden and Great Lakes Iceberg cultivars (1360 and 1448 mg kg^{-1}). Great Lakes Iceberg presented leaf dry mass, total plant dry and fresh mass higher than all other cultivars, and leaf area greater than Green Garden and Vera Sunny cultivars. In winter, Green Garden and Red Garden presented similar nitrate

contents (mean of 2182 mg kg^{-1}) and for both cultivars the lowest nitrate contents was observed at 8:00 am (1545 against the average of 2394 mg kg^{-1} of the other harvest times). Great Lakes Iceberg presented lower nitrate accumulation than Vera Sunny (1915 and 2679 mg kg^{-1}, respectively) and the harvest at 2:00 pm lead to a lower content than at 6:00 pm (2054 and 2454 mg kg^{-1}, respectively). Great Lakes Iceberg presented higher total fresh mass production and yield (472.0 g $planta^{-1}$ and 5590.1 g m^{-2}, respectively) than the other cultivars, and it did not differ of Green Garden (390.2 g $planta^{-1}$ and 4580.6 g m^{-2}, respectively). In general, we can conclude that the lowest average nitrate accumulation is obtained in autumn (1559 against 2526 and 2189 mg kg^{-1} obtained in spring and winter, respectively). Vera Sunny cultivar in average presents the highest nitrate accumulation independently on the crop-season and Great Lakes Iceberg is the lowest nitrate accumulation cultivar. Late afternoon is the most recommended period for harvest in early summer day and the period of early-morning is the most indicated for lettuce harvest in autumn. On the other hand, in winter cloudy days, the period from morning to early afternoon is the most indicated for lettuce harvest. In spring, we can recommend Vera Sunny cultivar due its adequate growth, yield and absence of bolting tendency although its higher nitrate contends and considering that they are found in the acceptable consumption range. In autumn as well as in winter Great Lakes Iceberg represents an interesting alternative, due to its highest growth and the best yield responses in association to its leaves lowest values of nitrate. In winter, Green Garden cultivar can ocupy part of the NFT system, due to its also low nitrate contents and proper growth and yield.
Key words: *Lactuca sativa* L., NFT, harvest time, dry mass, fresh mass.

SUMÁRIO

PROJETO DE PESQUISA 13
1. IDENTIFICAÇÃO 15
2. ANTECEDENTES E JUSTIFICATIVA 16
3. OBJETIVOS E METAS 20
3.1. Objetivo Geral 20
3.2. Objetivos Específicos 20
4. MATERIAL E MÉTODOS 20
4.1. Localização 20
4.2. Descrição dos experimentos 21
4.3. Material vegetal e produção de mudas 21
4.4. Sistema de cultivo hidropônico e manejo da cultura 22
4.5. Manejo da solução nutritiva 23
4.6. Delineamento experimental e análise estatística dos resultados 24
4.7. Avaliações e medidas experimentais 24
4.7.1. Medidas climatológicas 24
4.7.2. Qualidade comercial, produção e distribuição de biomassa da cultura 25
4.7.3. Avaliação dos teores de NO_3^- 25
5. CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO DA PESQUISA 25
5.1. Primeiro ano: agosto de 2008 a julho de 2009 26
5.2. Segundo ano: agosto de 2009 a julho de 2010 26
6. RECURSOS NECESSÁRIOS 26
7. DIVULGAÇÃO PREVISTA 28
8. BIBLIOGRAFIA CITADA 28
RELATÓRIO DO TRABALHO DE CAMPO 33
ARTIGO 1: Acúmulo de nitrato, crescimento e produtividade de cultivares de alface hidropônica na primavera 36
RESUMO 37
INTRODUÇÃO 38
MATERIAL E MÉTODOS 40
RESULTADOS E DISCUSSÃO 43
CONCLUSÕES 48

REFERÊNCIAS 49
ARTIGO 2: Flutuação diária de nitrato, crescimento e produtividade de cultivares de alface hidropônica no outono 54
RESUMO 55
ABSTRACT 55
INTRODUÇÃO 56
MATERIAL E MÉTODOS 58
RESULTADOS E DISCUSSÃO 61
CONCLUSÕES 65
REFERÊNCIAS 66
ARTIGO 3: Variação diária do nitrato, crescimento e produtividade de cultivares de alface hidropônica no inverno 71
RESUMO 72
ABSTRACT 73
INTRODUÇÃO 73
MATERIAL E MÉTODOS 76
RESULTADOS E DISCUSSÃO 79
CONCLUSÕES 83
REFERÊNCIAS 84
CONCLUSÕES GERAIS 91
APÊNDICES 93
REFERÊNCIAS 95

PROJETO DE PESQUISA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
FACULDADE DE AGRONOMIA ELISEU MACIEL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA FAMILIAR

FUNDADA EM 8 DE DEZEMBRO DE 1883

Projeto de pesquisa:

Variação estacional e diária do conteúdo de nitrato em plantas de alface cultivadas em sistema hidropônico

Proponente:
Leandro Andrade da Fonseca
Eng. Agrônomo

Pelotas, outubro de 2008

1. IDENTIFICAÇÃO

Título do projeto: Variação estacional e diária do conteúdo de nitrato em plantas de alface cultivadas em sistema hidropônico

Linha(s) de atuação em que se insere o projeto: Processos Biológicos nos Sistemas de Produção Agrícola

Coordenador do projeto: Leandro Andrade da Fonseca

Instituição Executora: Universidade Federal de Pelotas (UFPEL)/Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM)/Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar (PPGSPAF)

EQUIPE

Pesquisadores:

Professora Drª. Roberta Marins Nogueira Peil (Departamento de Fitotecnia/FAEM/UFPEL) – Orientadora;

Pesquisador Dr. Carlos Alberto Barbosa Medeiros (Embrapa Clima Temperado/Pelotas) – Co-Orientador;

Estudante envolvido:

Mestrado:

Engenheiro Agrônomo Leandro Andrade da Fonseca

2. ANTECEDENTES E JUSTIFICATIVA

A alface, *Lactuca sativa*, é a sexta hortaliça em importância econômica e a oitava em termos de volume produzido no Brasil (Biasi *et al.*, 1991), sendo entre as folhosas a mais consumida. A cultura da alface no Estado do Rio Grande do Sul é de suma importância econômica e social, visto que a produção é basicamente realizada por agricultores familiares e a sua absorção se dá a nível local, devido a sua alta perecibilidade, proporcionando assim um grande volume de comercialização do produto no estado.

O uso dos plásticos na agricultura consolidou a produção de hortaliças e de plantas ornamentais em ambiente protegido, resultando em um aumento considerável da produção, pois tornou possível uma série de práticas que no campo não teriam uma boa eficiência. Entretanto, o cultivo sucessivo e intensivo na mesma área, motivado pela alta competitividade do mercado, tem dificultado a adoção de técnicas sustentáveis tradicionais de manejo do agrossistema estufa (rotação de culturas, adubação verde etc). Como conseqüência, se observa a mineralização, a desestruturação e a salinização dos solos, a contaminação do lençol freático devido à lixiviação dos fertilizantes e agrotóxicos e a ocorrência de pragas e doenças, que se tornam cada vez mais resistentes. Este contexto tem levado à redução progressiva da produção e ao abandono de áreas destinadas ao cultivo em ambiente protegido no estado.

Neste sentido, uma prática que vem crescendo substancialmente no Brasil, surgindo como alternativa para contornar o problema de contaminação do solo é o cultivo hidropônico. O cultivo hidropônico proporciona maior rendimento e qualidade da produção, bem como, redução da ocorrência de doenças, havendo também maior controle do crescimento das plantas e se desvincula a produção da qualidade do solo.

Além disso, a produção hidropônica vai ao encontro das necessidades do mercado atual, que prima pela qualidade dos seus produtos, fazendo com que esses produtos venham ganhando gradativamente o seu espaço. Nos grandes centros urbanos, torna-se cada vez mais comum a presença de produtos hidropônicos nas prateleiras dos supermercados e fruteiras.

A alface é a principal hortaliça cultivada em sistemas hidropônicos do tipo NFT (técnica do fluxo laminar de nutrientes) no Brasil e no estado, possivelmente, por ser a hortaliça folhosa de maior aceitação pelos consumidores, apresentar ciclo curto, alta produtividade e rápido retorno do capital investido (Santos, 2000; Londero & Aita, 2000). A adoção de sistemas hidropônicos para a alface, com a conseqüente redução da ocorrência de doenças, beneficia diretamente o agricultor, não só no que tange a produção, como também proporcionando que o mesmo venha a aplicar menos produtos para controle de moléstias, preservando assim sua saúde, melhorando a qualidade de vida e reduzindo impactos ambientais. O crescimento substancial desse sistema de cultivo para esta cultura é evidente e se apresenta como uma alternativa de maior rendimento, qualidade de produção, economia de energia, e conforto para o agricultor que tem uma bancada a altura de suas mãos e não necessita ficar abaixado para realizar os tratos culturais e a colheita.

Por outro lado, esse sistema de cultivo absorve a mão-de-obra da propriedade, além de proporcionar um maior número de cultivos do que a céu aberto, visto que há o encurtamento do ciclo. Também agrega valor a cultura, pois não existe grande flutuação dos preços pagos aos produtores durante o ano, como ocorre no sistema convencional. Seu preço fica entre 35 e 50% acima dos alcançados pelas plantas cultivadas em sistemas tradicionais. O cultivo de alface em sistemas hidropônicos vem sendo desenvolvido no estado e no país, basicamente, por agricultores familiares, sendo uma ótima alternativa de produção, devido à alta rentabilidade e obtenção de resultados em curto prazo, viabilizando também o uso de áreas da propriedade que estejam degradas e otimizando o uso de estufas. Além, claro, do fato que sob ambiente protegido, a alface não corre os riscos dos fatores adversos do meio ambiente, ficando protegida de geadas, chuvas intensas, granizo e ventos fortes, com ganho na produtividade e qualidade, fatores que contribuem para o fornecimento constante aos pontos de venda, trazendo ingresso constante de receita para a propriedade rural e satisfação ao consumidor.

Entretanto, a alface possui grande habilidade em acumular nitrato em suas folhas (Roorda van Eysinga, 1984a), existindo grande interesse em se monitorar o teor de nitrato nessas plantas. Maynard *et al* (1976) explica que o acúmulo de nitrato nos tecidos vegetais se dá quando a absorção excede as necessidades metabólicas da planta. São encontrados altos teores nas folhas, especialmente no mesófilo, porém os caules são os locais de máxima acumulação (Maynard & Barker, 1972).

A variação do acúmulo depende de vários fatores: genótipos (Behr & Wiebe, 1992; Weimin *et al.*, 1998; Mantovani *et al.*, 2005); intensidade luminosa e temperatura (Cantliffe, 1972a; Kanaan & Economakis, 1992; Cavarianni *et al.*, 2000a); manejo e quantidade e fonte de fertilizantes nitrogenados (Urrestarazu *et al.*, 1998; Miyazawa *et al.*, 2001; Fernandes *et al.*, 2002).

A capacidade de acúmulo de nitrato pelas plantas é de caráter genético. Diversos trabalhos demonstram que diferentes cultivares de alface apresentam variados teores de nitrato. Bonnecarrère *et al.* (2000a) encontraram valores (mg de $N\text{-}NO_3^{-1}$ kg^{-1} de massa seca) variando de 465 a 646 para as cultivares de alface lisa, de 600 a 889 para as crespas e de 538 para as do tipo americana. Já Bonnecarrère *et al.* (2000b) constataram valores de 272 a 308 para cultivares de alface lisa e de 243 a 346 para as crespas. Cavarianni *et al.* (2000a) também avaliando cultivares, encontraram valores de 1545 a 1963 para alface lisa, de 1242 a 1536 para as crespas e de 1030 a 1965 para a do tipo americana. No entanto, Cavarianni *et al.* (2000b) verificaram valores de 546 a 1466 para cultivares de alface lisa, de 1475 a 1661 para as crespas e de 694 a 1942 para as do tipo americana. Finalmente, Pilau *et al.* (2000) observaram valores 101 a 250 para cultivares de alface lisa e de 91 a 237 para as crespas.

A diversidade de resultados obtidos pelas diferentes pesquisas citadas anteriormente indica que o acúmulo de nitrato sofre forte influência de outros fatores, além, do genético.

No caso da intensidade luminosa, pode-se afirmar que este é um dos principais fatores que interferem no acúmulo de nitrato nas plantas. Ocorre maior acúmulo de nitrato em condições de baixa intensidade luminosa (Cantliffe, 1972 a, b; Van der Diest, 1986; Aquino *et al.*, 2007). A luz afeta o acúmulo de nitrato nas plantas através da sua influência sobre a produção de carboidratos, o suprimento de NADH e a indução da enzima nitrato redutase (Blom-Zandstra, 1989). Durante o dia e sob maiores intensidades luminosas, a planta apresenta maior atividade fotossintética, elevando a produção de NADH (cofator da redutase do nitrato), conseqüentemente, maior quantidade de nitrato é assimilada, enquanto que durante a noite ocorre o acúmulo nos vacúolos. Outra teoria sugere que o acúmulo de nitrato na planta é estimulado pelo déficit de carboidratos sob condições de baixa intensidade luminosa com o objetivo de manutenção do potencial osmótico das células (Lambers & Steingrover, 1978).

Assim, a questão deve ser enfocada sob dois prismas: a influência da variação estacional da radiação solar e da flutuação diária da radiação sobre o acúmulo do nitrato. Roorda van Eysinga (1984b) indica que a estação de cultivo (nível de radiação solar global) afeta fortemente o conteúdo de nitrato em alface, encontrando níveis mais elevados no inverno do que no verão holandês. O horário de colheita também afeta os teores de nitrato. De maneira geral, encontram-se teores crescentes durante a noite e decrescentes durante o dia. Entretanto, Carrasco & Burrage (1992), estudando o horário de amostragem em alface, observaram dois picos de acúmulo de nitrato durante o período de 24 horas: um durante as primeiras horas da noite, acreditado ao término da fotossíntese, e um após o meio-dia solar, acreditado à alta demanda de nitrato devido à alta atividade fotossintética desta hora.

O nitrato presente nos vegetais pode ter origem do nitrato adicionado como fertilizante (Maynard *et al.*, 1976; Castellane & Araújo, 1995). Richardson & Hardgrave (1992) concluíram que diferentes fontes de nitrogênio aplicadas no solo não influenciaram o teor de nitrato nas plantas. Entretanto, em sistema hidropônico é comum a utilização predominante de fontes nítricas, acreditando-se que esse sistema de cultivo proporcionaria plantas de alface com alto teor de nitrato (Luo *et al.*, 1993; Beninni *et al.*, 2002). Fato que preocupa, visto que os nitratos e nitritos ingeridos pelo homem contribuem para a formação endógena de N-nitrosaminas, compostos potencialmente cancerígenos, que são capazes de transformar a hemoglobina do sangue em ferriemoglobina, processo que leva ao impedimento do transporte do oxigênio dos alvéolos pulmonares para os tecidos (Rath *et al.*, 1994).

Além dos aspectos relativos aos efeitos do acúmulo de nitrato nas plantas sobre a saúde humana, a lixiviação do nitrato é uma preocupação mundial, pois altas concentrações de nitrato no ambiente são também responsáveis pela poluição dos solos, águas superficiais e subterrâneas (Callenbach, 2001; Macêdo, 2001). Em relação aos sistemas hidropônicos, é necessário avaliar o potencial poluidor do resíduo de solução nutritiva lixiviada (restante no tanque de armazenamento ao final do ciclo de cultivo).

O conhecimento sobre o conteúdo de nitrato, juntamente com informações relativas ao crescimento de cultivares de alface em diferentes estações de cultivo (em regiões em que há uma forte variação estacional da radiação solar, como é o caso do Rio Grande do Sul) associado à determinação da flutuação diária do nitrato

nas plantas, é uma ferramenta que poderá ser empregada para orientar os agricultores quanto à eleição da cultivar e a hora da colheita mais adequada para cada época.

3. OBJETIVOS E METAS

3.1. Objetivo Geral

Gerar conhecimento básico e aplicado sobre o conteúdo de nitrato e o crescimento de plantas de alface em sistema hidropônico em diferentes estações de cultivo.

3.2. Objetivos Específicos

- Avaliar o conteúdo de nitrato em diferentes cultivares de alface;
- Estudar a flutuação diária do acúmulo de nitrato;
- Avaliar o crescimento - através da determinação da produção e distribuição de matéria seca das plantas - e a qualidade das cultivares estudadas;
- Verificar o potencial poluente do sistema de cultivo hidropônico estudado.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Localização

Os experimentos serão conduzidos no Campo Didático e Experimental do Departamento de Fitotecnia, no Campus da Universidade Federal de Pelotas, no Município do Capão do Leão, RS, cuja localização geográfica aproximada é latitude 31^{o}52’ Sul e longitude 52^{o}21’ Oeste, com altitude média de 13 m acima do nível do

mar. O clima dessa região caracteriza-se por ser temperado, de chuvas bem distribuídas e verão quente, sendo, pela classificação de Köppen do tipo Cfa .

Os ensaios serão conduzidos em uma estufa modelo “Arco Pampeana”, revestida de um filme de polietileno (150 µm de espessura), com dimensões de 8,0 m x 10,0 m e 4,0 m de altura, disposta no sentido Norte-Sul.

Durante o período de duração de cada experimento, o manejo do ambiente da estufa será efetuado apenas por ventilação natural, mediante abertura diária das janelas laterais entre os horários das 8:00 horas às 17:30 horas (T.U.), com exceção para os dias com precipitação ou vento muito forte.

4.2. Descrição dos experimentos

Este estudo será composto por três experimentos, os quais serão desenvolvidos em três épocas distintas de dois anos consecutivos: primavera (2008), verão e inverno (2009). São épocas de cultivo que se caracterizam por disponibilidades radiativas e térmicas diferentes.

Tanto no inverno, como na primavera e no verão serão conduzidos experimentos idênticos, nos quais serão avaliados dois fatores experimentais: cultivar de alface, com quatro níveis (Mimosa Verde, Mimosa Roxa, alface do tipo americana Great Lakes e alface crespa Vera) e horário de colheita, também com quatro níveis (8:00, 14:00, 18:00 e 23:00 horas).

4.3. Material vegetal e produção de mudas

As mudas das diferentes cultivares de alface serão produzidas em substrato de espuma fenólica (1 x 1 x 1 cm), previamente lavado, conforme recomendações de Furlani *et al.* (1999). Os cubos de espuma fenólica serão dispostos em um quadro para fertirrigação de mudas de hortaliças, sob ambiente protegido, já existente no campo experimental. Durante a produção de mudas será utilizada a solução nutritiva na concentração de 50% (Montezano, 2003), mantendo-se uma lâmina de solução de aproximadamente 1,0 cm de altura [conforme indicações de Peil *et al.* (1994) para a produção de mudas para o cultivo sem solo do tomateiro]. Semear-se-á duas

sementes por cubo de espuma fenólica, realizando-se o desbaste de uma das plantas, quando estas se apresentarem na fase da primeira folha verdadeira, deixando-se apenas a muda mais vigorosa em cada cubo.

4.4. Sistema de cultivo hidropônico e manejo da cultura

Na fase de oito a dez folhas definitivas, as mudas serão transplantadas para as bancadas de cultivo definitivo, com uso da técnica da lâmina de nutrientes [conforme proposto por Cooper (1973)].

Existirão 6 bancadas de cultivo (meia para cada repetição), constituídas de telhas de fibrocimento de 2,44 m de comprimento e 1,10 m de largura e espessura de 6,0 mm, com seis canais de 5,0 cm de profundidade cada, previamente impermeabilizadas com tinta betuminosa (Neutrol®), colocadas sobre cavaletes de madeira de 0,85 m de altura e, com desnível de 2,0% para escoamento da solução nutritiva até o tanque de armazenamento de fibra de vidro (500 L). Através de um conjunto moto bomba de 3/4 HP, fixado ao tanque de armazenamento, a solução nutritiva será impulsionada para um cano de PVC (25 mm) perfurado, localizado na parte mais elevada das bancadas de cultivo.

As bancadas serão cobertas com plástico dupla-face branco-preto (150 µm de espessura), perfurado com orifícios para colocação das mudas, minimizando o aquecimento da solução nutritiva no canal de cultivo e a proliferação de algas devido à ação da luminosidade. O espaçamento utilizado será de 25 cm entre plantas nos canais de cultivo e 18,0 cm entre linhas (canais), totalizando 54 plantas por bancada. Considerando um caminho de 0,5 m entre bancadas de cultivo, a densidade de plantio será de 13,84 plantas.m^2.

As plantas serão mantidas com 2/3 do seu sistema radicular, aproximadamente, imerso num filme de solução nutritiva, mantido através de fluxo intermitente de irrigação, programado através de um temporizador, responsável por acionar e desligar a moto bomba das bancadas de cultivo a intervalos de tempo pré-estabelecidos. Nas primeiras 12 horas após o transplante, o sistema de irrigação será mantido funcionando continuamente com o objetivo de evitar um eventual estresse hídrico às plantas. Após este período, o conjunto moto bomba será acionado durante 30 minutos a cada 1 hora, no período diário (das 10:00 h às 17:00

h) e, no período noturno, o sistema será ligado uma única vez, funcionando durante 1 hora (das 00:00 h à 01:00). No período inicial da manhã, o sistema voltará a ser acionado durante 30 minutos (das 8:00 h às 8:30 h).

A solução nutritiva utilizada será a adaptada por Montezano (2003) para a cultura da alface na região, com condutividade elétrica estimada de 1,8 dS m^{-1} e a seguinte composição de macronutrientes (em mmol.litro^{-1}): 14,25 de NO_3^- 1,5 de $H_2PO_4^-$; 0,85 de SO_4^{2-}; 0,94 de NH_4^+; 8,25 de K^+; 3,38 de Ca^{2+}; 0,75 de Mg^{2+}; e de micronutrientes (em µmol.litro^{-1}): 40,0 de Fe; 5,00 de Mn; 4,00 de Zn; 30,0 de B; 0,75 de Cu; 0,50 de Mo.

Para o preparo das soluções nutritivas, os fertilizantes serão pesados conforme a formulação indicada. Em seguida, os sais macronutrientes serão diluídos, separadamente, e então adicionados ao reservatório já contendo água. Após a diluição, o volume do reservatório será completado com água até atingir 400 litros, realizando-se, em seguida, a completa homogeneização da solução nutritiva. Será efetuada a leitura da condutividade elétrica e ajustar-se-á o pH para 5,5, adicionando-se, então, os micronutrientes.

4.5. Manejo da solução nutritiva

A água da chuva será recolhida através de canos de PVC conectados a porções terminais das calhas da estufa, sendo conduzida até tanques de armazenamento de 5000 litros, para posterior utilização no preparo da solução nutritiva.

A solução nutritiva será monitorada diariamente através das medidas de condutividade elétrica (empregando-se um eletrocondutivímetro digital) e de pH (empregando-se um pHmetro digital). Com a finalidade de evitar desperdícios de água e de fertilizantes, e, principalmente, de reduzir os impactos ambientais do sistema de cultivo, não se realizará descarte e reposição completa das soluções nutritivas no transcorrer dos ciclos de cultivo, conforme já executado com sucesso na cultura da alface em sistema NFT (Montezano, 2003) e por vários pesquisadores utilizando casca de arroz crua como substrato de cultivo para cucurbitáceas no Brasil (Bacchi, 2004; Duarte, 2006; Montezano *et al.*, 2006; Strassburguer, resultados ainda não publicados) e lã-de-rocha para o tomateiro na Europa (Stanghellini, 1987;

Van Os, 1998). A reposição de nutrientes ou de água será realizada através da adição de soluções estoques concentradas ou de água da chuva estocada, quando o valor da condutividade elétrica sofrer, respectivamente, uma diminuição ou um aumento, da ordem de 20%, conforme indicado pelos referidos autores e por Purquerio & Cecílio Filho (2005). Não havendo variação da condutividade elétrica da solução nutritiva, se manterá um volume de solução suficiente para atender o consumo hídrico das plantas e que não comprometa o funcionamento da bomba de impulsão. O pH da solução nutritiva será mantido entre 5,5 e 6,0 através da adição de solução de correção à base de ácido nítrico (HNO_3 1N) ou hidróxido de sódio (NaOH 1N).

4.6. Delineamento experimental e análise estatística dos resultados

O delineamento experimental adotado, em todos os experimentos, será de blocos casualizados com três repetições e parcela sub-dividida, em esquema unifatorial com quatro tratamentos (quatro cultivares), para as análises relativas ao crescimento e à qualidade comercial, e bifatorial com 16 tratamentos (quatro cultivares x quatro horários de colheita) para a análise do teor de nitrato. Cada parcela corresponderá à metade de uma bancada de cultivo com 54 plantas, totalizando 12 parcelas no experimento, estabelecendo-se na subparcela o horário de colheita.

Os dados obtidos serão submetidos à análise de variância e comparação de médias pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Correlações lineares e regressões entre variáveis serão estabelecidas e consideradas significativas quando $P \leq 5\%$.

4.7. Avaliações e medidas experimentais

4.7.1. Medidas climatológicas

Durante os experimentos, serão monitoradas a temperatura e a umidade relativa do ar, em termohigrógrafo de registro semanal, instalado em abrigo meteorológico a 1,5 m de altura do chão. A radiação solar global no exterior da

estufa será obtida a partir dos dados registrados pela Estação Agroclimatológica de Pelotas, RS, localizada na área do Campus da UFPel, onde serão executados os experimentos (CPACT/UFPel).

4.7.2. Qualidade comercial, produção e distribuição de biomassa da cultura

Objetivando-se avaliar a qualidade comercial e quantificar o crescimento da cultura serão determinados o número de folhas, o diâmetro da planta, a incidência de pendoamento (através da medida da altura do caule), a compacidade da cabeça (no caso da alface tipo americana) e a biomassa produzida pelas plantas no dia da colheita pela manhã, selecionando-se quatro plantas de cada cultivar por repetição.

As plantas serão separadas em três frações: folhas, caule e raízes, as quais serão pesadas para a obtenção da matéria fresca. As diferentes frações das plantas serão secas em estufa de ventilação forçada a 65 ºC, até peso constante, e, depois pesadas em balanças de precisão para a determinação da matéria seca. A biomassa total da planta corresponderá à soma da biomassa das folhas, do caule e das raízes; e a biomassa da parte aérea corresponderá à soma das folhas e do caule. A partir disso, determinar-se-á a distribuição proporcional de matéria fresca e seca entre a parte aérea e as raízes (%), bem como, se estabelecerá a relação entre a matéria seca e fresca produzidas pela parte aérea e a produzida pelas raízes ($g.g^{-1}$).

4.7.3. Avaliação dos teores de NO_3^-

Para a avaliação dos teores de nitrato serão selecionadas 3 plantas por repetição em cada horário de coleta. Cada três plantas constituirão uma amostra, da qual se retirarão as folhas para a análise do teor de nitrato, conforme a metodologia proposta por Tedesco *et al.* (1995).

As análises dos teores de nitrato nas folhas serão realizadas no Laboratório de Nutrição, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA / Centro de Pesquisa Agropecuária Clima Temperado – CPACT.

5. CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO DA PESQUISA

5.1. Primeiro ano: agosto de 2008 a julho de 2009

Atividades	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul
Disciplinas do mestrado		X	X	X	X			X	X	X	X	X
Produção de mudas	X	X			X					X	X	
Experimento de inverno											X	X
Experimento de primavera		X	X									
Experimento de verão						X	X					
Análise dos resultados							X	X	X	X	X	X

5.2. Segundo ano: agosto de 2009 a julho de 2010

Atividades	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul
Experimento de inverno	X											
Análise e publicação dos resultados	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Elaboração de Dissertação		X	X	X	X	X						
Defesa da Dissertação							X					

6. RECURSOS NECESSÁRIOS

Os recursos necessários se destinam a manutenção da estrutura, aquisição de novos equipamentos para reposição, materiais de consumo, serviços de terceiros, passagens e diárias (Quadro 1).

DISCRIMINAÇÃO	
Custeio	
Material de consumo:	**Valor (R$)**
Fertilizantes solúveis	240,00
Espuma fenólica (substrato para mudas; 6 caixas)	310,00
Polietileno dupla face branco e preto (150 μ; 10m x 60m) para cobertura das bancadas	500,00
Plástico agrícola para cobertura da estufa (polietileno transparente: 150 μ; 12m x 50 m)	1.100,00
Canos de PVC, junções, registros, cola etc	436,00
Tábuas (cedrinho 0,15 x 6,00 m) para reparação das bancadas: 32 un.	416,00
Sementes	50,00
Cartucho de tinta para impressora: 8 un.	400,00
Vidraria de laboratório (provetas, Erlenmeyers etc)	300,00
Bandejas de alumínio para secagem de material vegetal: 500 un.	75,00
Sub-total	**3.827,00**
Serviços de terceiros e encargos :	**Valor (R$)**
Análises químicas do tecido vegetal (384 amostras) e das soluções nutritivas (24 amostras)	3.490,80
Sub-total	**3.490,80**
Total do custeio	**7.317,80**
Passagens e diárias para participação no Congresso Brasileiro de Olericultura	
Passagens aéreas nacionais (ida-volta) para dois participantes	**1.700,00**
Diárias (8 diárias)	**1.502,64**
Total de passagens e diárias	**3.202,64**
Capital	
Equipamentos e material permanente:	**Valor (R$)**
Condutivímetro de bolso: 1 un.	499,00
pHmetro de bolso: 1 un.	455,00
Tanque armazenador de solução nutritiva (500 l: 1 un.)	400,00
Tanque armazenador de água (5000 l: 1 un.)	1.500,00
Bomba hidráulica de 1/4 hp com corpo anti-corrosão para impulsão da solução nutritiva: 1 un.	1.000,00
Total capital	**3.854,00**
Total Recursos	**14.374,44**

7. DIVULGAÇÃO PREVISTA

A divulgação dos resultados está prevista para ser realizada, preferencialmente, na revista Horticultura Brasileira e em Congressos Brasileiros de Olericultura.

8. BIBLIOGRAFIA CITADA

AQUINO LA; PUIATTI M; ABAURRE MEO; CECON PR; PEREIRA PRG; PEREIRA FHF; CASTRO MRS. Produção de biomassa, acúmulo de nitrato, teores e exportação de macronutrientes da alface sob sombreamento. *Horticultura Brasileira* 25: 381-386. 2007.

BACCHI, S. *Crescimento, eficiência no uso da água e dos nutrientes e relações de contaminação do meloeiro cultivado em substrato de casca de arroz*. Dissertação de Mestrado. UFPel, (Produção Vegetal), Pelotas. 65 p. 2004.

BEHR, U.; WIEBE, H.J. Relation between photosynthesis and nitrate content of lettuce cultivars. *Scientia Horticulturae*, v. 49, n. 3-4, p. 175-179, 1992.

BENINNI, E.R.Y.; TAKAHASHI, H.W.; NEVES, C.S.V.J.; FONSECA, I.C.B. Teor de nitrato em alface cultivada em sistemas hidropônico e convencional. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.20, n. 2, p. 183-186, 2002.

BIASI, L.A., LIMA, M.R., GABARDO, N.P., SCHMID, M.L., MARTHAUS, P.S., ZAMBON, F.R.A. Competição de cultivares de alface na região metropolitana de Curitiba. *Horticultura Brasileira*, v.9, n.1, p.14-15, 1991.

BLOM-ZANDSTRA, M.; Nitrate accumulation in vegetables and its relationship to quality. *Ann. Appl. Biol.* v. 115 p.553-561. 1989b.

BONNECARRÈRE, R.A.G.; LONDERO, F.A.A.; SANTOS, O.S.; MANFRON, P.A. Teores de nitrato em cultivares de alface em hidroponia. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 18, suplemento, p. 288-9. 2000a.

BONNECARRÈRE, R.A.G.; SCHMIDT, D.; MANFRON, P.A; SANTOS, O.S. Teores de nitrato em plantas hidropônicas de alface em função de cultivares e soluções nutritivas. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 18, suplemento, p. 286-7. 2000b.

CALLENBACH, E. *Ecologia*. São Paulo: Petrópolis, 2001. 220p.

CANTLIFFE, D.J. Nitrate accumulation in spinach grown under different light intensities. *Journal of the American Society for Horticulture Science*, v. 97, n. 2, p. 152-154, 1972a.

CANTLIFFE, D.J. Nitrate accumulation in vegetable crops as affect by photoperiod and light duration. *Journal of the American Society for Horticulture Science*, v. 97, n. 2, p. 414-418, 1972b.

CARRASCO, G.A.; BURRAGE, S.W. Diurnal fluctuations in nitrate accumulation and reductase activity in lettuce (Lactuca sativa L.) grown using Nutrient Film Technique. *Acta Horticulturae*, v.323, p. 51-9. 1992.

CASTELLANE, P. D.; ARAUJO, J.A.C. *Cultivo sem solo - Hidroponia.* 4ª ed. FCAV-UEP, Jaboticabal: FUNEP, 1995. 43 p.

CAVARIANNI, R.L.; CAZETTA, J.O.; MAY, A.; BARBOSA, J.C.; CECILIO FILHO, A.B. Acúmulo de nitrato em cultivares de alface, cultivadas no inverno, em função do ambiente de cultivo. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 18, suplemento, p. 322-3. 2000a.

CAVARIANNI, R.L.; CAZETTA, J.O.; MAY, A.; BARBOSA, J.C.; CECILIO FILHO, A.B. Acúmulo de nitrato em cultivares de alface, cultivadas na primavera, em função do ambiente de cultivo. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 18, suplemento, p. 324-5. 2000b.

DUARTE, T. S. *Crescimento do meloeiro cultivado em substrato de casca de arroz com solução nutritiva recirculante.* Tese de Doiutorado. UFPel, (Produção Vegetal), Pelotas. 85 p. 2006.

FERNANDES, A.A.; MARTINEZ, H.E.P.; PEREIRA, P.R.G.; FONSECA, M.C.M. Produtividade, acúmulo de nitrato e estado nutricional de cultivares de alface, em hidroponia, em função de fontes de nutrientes. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 20, n. 2, p. 195-200, 2002.

FURLANI, P.R.; SILVEIRA, L.C.P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. Cultivo Hidropônico de plantas. *Boletim Técnico*, n. 180. Instituto Agronômico de Campinas. 52 p. 1999.

KANAAN, S.S.; ECONOMAKIS, C.D. Effect of climatic conditions and time of harvest on growth and tissue nitrate content of lettuce in nutrient film culture. *Acta Horticulturae*, n. 323, p. 75-80, 1992.

LAMBERS, H.; STEINGROVER, E. Growth respiration of a flood-tolerant and flood-intolerant Scenecio species: correlation between calculatedand experimental values. *Physiol*. *Plant*. v. 43 p.219-224. 1978.

LONDERO, F.A.A.; AITA, A. Comercialização de alface hidropônica. In: SANTOS, O. *Hidroponia da Alface*. Santa Maria: UFSM, 2000. p.145-152.

LUO, J.; LIAN, Z.; YAN, X. Urea transformationand the adaptability of three leafy vegetables tourea as a source of nitrogen in hydroponic culture. *Journal of Plant Nutrition*, v. 16, n. 5, p. 797-812, 1993.

MACÊDO, J.A.B.de. *Águas & águas*. São Paulo: Varela, 2001. 505p

MANTOVANI, J.R.; FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. Produção de alface e acúmulo de nitrato em função da adubação nitrogenada. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.23, n.3, p.758-762, jul-set 2005.

MAYNARD, D.N.; BARKER, A.V. Nitrate content of vegetable crops. *HortScience*, v. 7, n.3, p. 224-226, 1972.

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

MIYAZAWA, M.; KHAUTONIAN, C. A.; ODENATH-PENHA, L. A. Teor de nitrato nas folhas de alface produzidas em cultivo convencional, orgânico e hidropônico. *Agroecologia Hoje.* Ano II, nº 7, fev./mar. 2001, p. 23

MONTEZANO, E.M. *Eficiência no uso da água e dos nutrientes e relações de contaminação de cultivos de alface em sistema* hidropônico. Dissertação de Mestrado. UFPel, (Produção Vegetal), Pelotas. 60 p. 2003.

MONTEZANO, E.M.; PEIL, R.M.N.; FONSECA, L.A. Aspectos produtivos e de qualidade dos frutos do meloeiro cultivado em casca de arroz. In: *Congresso de*

Iniciação Científica, XIV e Encontro de Pós-Graduação, VII da UFPel. Pelotas, 2006. Resumos (CD-rom).

PEIL, R.M.N.; Boonyaporn S.; Sakuma H. Effect of different media on the growth of tomato seedlings for soilless culture. *Report on Experiments in Vegetable Crops Production*, v. 53, p. 61-65. Tsukuba International Agricultural Training Centre, Tsukuba, Japan. 1994.

PILAU, F.G.; SCHMIDT, D.; SANTOS, O.S.; MANFRON, P.A. Teores de nitrato em cultivares de alface sob hidroponia, na primavera. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 18, p. 276-277, 2000.

PURQUERIO, L.F.V.; CECÍLIO FILHO, A.B. Concentração de nitrogênio na solução nutritiva e número de frutos sobre a qualidade de frutos de melão. Horticultura Brasileira, v. 23, n.3, p. 831-836. 2005.

RATH, S.; XIMENES, M.I.N.; REYES, F.G.R. Teores de nitrato e nitrito em vegetais cultivados no Distrito Federal: um estudo preliminar. *Revista Instituto Adolfo Lutz*, v. 54, n. 2, p. 126-130, 1994.

RICHARDSON, S.J.; HARDGRAVE, M. Effect of temperature, carbon dioxide enrichment, nitrogen form and rate of nitrogen fertiliser on the yield and nitrate content of two varieties of glasshouse lettuce. *Journal of the Science Food and Agriculture*, v. 59, n. 3, p. 345-349, 1992.

ROORDA Van EYSINGA, J.P.N.L. Nitrate and glasshouse vegetables. *Fertilizer Research*, v. 5, p. 149-156, 1984a.

ROORDA Van EYSINGA, J.P.N.L. Nitrate in vegetables under protected cultivation. *Acta Horticulturae*, v. 145, p. 215-256, 1984b.

SANTOS, O.S. Conceito, histórico e vantagens da hidroponia. In: SANTOS, O. *Hidroponia da alface*. Santa Maria: UFSM, 2000. p.5-9.

STANGHELLINI, C. *Transpiration of greenhouse crops. An aid to climate management. Tese de Doutorado*, Wageningen Agricultural University, Wageningen, Países bajos. 18 + 150 pp. 1987.

TEDESCO, M.J.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. *Análises de solo, plantas e outros materiais.* Porto alegre: Faculdade de Agronomia. Departamento de solos Universidade Federal do Rio Grande do Sul. RS, p.174, 1995.

URRESTARAZU, M.; POSTIGO, A.; SALAS, M.; SÁNCHEZ, A.; CARRASCO, G. Nitrate accumulation reduction using chloride in the nutrient solution on lettuce growing by NFT in semiarid climate conditions. *Journal of Plant Nutrition*, v. 21, n. 8, p. 1.705-1.714, 1998.

VAN Der DIEST, A. Mens of preventing nitrate accumulation in vegetables an pasture plants. In: Fundamental, ecological and agricultural aspects of nitrogen metabolism in higer plants. LAMBERS, H.; NEELSON, J.J.; STULEN, I. Martinus Nijhoff. Dordrecht: p.455-471. 1986.

VAN OS, E.A. Closed soilless growing systems in the Netherlands: the finishing touch. *Acta Hortic.,* 458: 279-291. 1998.

WEIMIN, Z.; SHIJUN, L.; LIHONG, G; ZHONGYANG, H.; DABIAO, Z. Genetic diversity of nitrate accumulation in vegetable crops. *Acta Horticulturae*, n. 467, p. 119-126, 1998.

RELATÓRIO DO TRABALHO DE CAMPO

Relatório do trabalho de campo

O trabalho de campo teve início no mês de agosto de 2008, com a construção do sistema hidráulico e posterior desinfecção, limpeza da estufa e colocação de um sistema de abertura e fechamento das laterais da mesma. Os experimentos foram realizados nos períodos de primavera-verão, outono e inverno. No primeiro experimento a semeadura das quatro cultivares de alface (Mimosa Verde “Salad Bowl”, Mimosa Roxa “Salad Bowl”, alface do tipo americana Great Lakes e alface crespa Vera) foi realizada no dia 24 de outubro de 2008 e no dia 27 de novembro de 2008, realizado seu transplante. No segundo experimento a semeadura foi realizada no dia 08 de março de 2009 e no dia 12 de abril de 2009, realizado seu transplante. No terceiro experimento a semeadura foi realizada no dia 30 de maio de 2009 e no dia 14 de julho de 2009, realizado seu transplante. No período de produção de mudas, fez-se diariamente o controle do ambiente através da abertura das laterais da estufa, de acordo com as condições climáticas do dia, assim como o monitoramento do pH, da condutividade elétrica e da altura da lâmina d’água da solução nutritiva fornecida às mudas. No decorrer do cultivo fez-se o monitoramento do ambiente da estufa através da abertura e fechamento das janelas laterais e portões frontais, bem como o controle da solução nutritiva através da correção do pH e da eletrocondutividade, sendo o pH mantido em 6,0 (± 0,5), através da adição de solução de correção à base de hidróxido de potássio (KOH 1N) ou ácido sulfúrico (H_2SO_4 1N). A reposição de nutrientes ou de água foi realizada através da adição de solução estoque concentrada ou de água, quando o valor da condutividade elétrica sofreu, respectivamente, uma diminuição ou um aumento, da ordem de 10%. Não havendo variação da condutividade elétrica da solução nutritiva, manteve-se um volume de solução suficiente para atender o consumo hídrico das plantas e que não comprometesse o funcionamento da bomba de impulsão. As soluções estoque foram preparadas antes do primeiro experimento, sendo que, a solução A continha 100L de solução com $Ca(NO_3)_2$ concentrada 100 vezes; a solução B continha 100L de solução com o restante dos macronutrientes concentrada 100 vezes; e a solução C continha 50L de solução com os micronutrientes concentrada 200 vezes. Os fertilizantes utilizados para formulação das soluções foram os seguintes: $5[Ca(NO_3)_2.2H_2O]NH_4NO_3$; KNO_3; K_2SO_4; $MgSO_4$; KH_2PO_4; $MnSO_4$; $ZnSO_4$; $CuSO_4$; $Na_2MoO_4.2H_2O$; $FeSO_4$; Na EDTA.

Nos dias 23 de dezembro de 2008 (experimento de primavera-verão), 22 de maio de 2009 (experimento de outono), 17 de setembro de 2009 (experimento de inverno), foram realizadas as colheitas pela manhã com a finalidade de avaliar a produtividade e quantificar o crescimento de todas as cultivares com exceção das cultivares Mimosa Verde e Mimosa Roxa, no cultivo de inverno, que foram avaliadas 9 dias antes (08 de setembro), por estarem em estágio de comercialização. É importante salientar que devido às condições climáticas reinantes nas datas das avaliações do experimento de inverno terem sido bastante distintas, foi adotado o critério de considerar cada data um experimento no que tange à análise do conteúdo de nitrato nas plantas. Da mesma forma, cabe salientar que, devido à ocorrência de temporal durante o período de execução do experimento de inverno foi necessário realizar a troca do plástico e reforma da estufa de cultivo. Nas referidas datas de colheita, com a finalidade de avaliar o acúmulo de nitrato nas folhas foram feitas coletas às 8, 14, 18 e 23 horas. As folhas das plantas foram separadas das demais partes, e levadas para serem secas em estufa de ventilação forçada a 65 ºC, até peso constante. Posteriormente este material foi moído e levado até o Laboratório de Nutrição Vegetal da Embrapa Clima Temperado para a determinação do $N\text{-}NO_3^-$. Contudo, devido a problemas de acesso ao laboratório, a realização das análises foi retardada e alguns prazos não puderam ser cumpridos. No experimento de primavera, realizou-se a aplicação de extrato de Nim para o controle de insetos semanalmente a partir dos 7 dias após o transplante (DAT). No experimento de outono foi utilizado semanalmente, a partir dos 12 DAT, extrato de fumo para o controle de lagartas e foi feita uma aplicação de Curamor® aos 32 DAT para o controle de míldio. Já no experimento de inverno foi utilizado semanalmente, a partir dos 15 DAT, Curapest® para o controle do míldio.

ARTIGO 1: Acúmulo de nitrato, crescimento e produtividade de cultivares de alface hidropônica na primavera

Acúmulo de nitrato, crescimento e produtividade de cultivares de alface hidropônica na primavera

Leandro Andrade da Fonseca[1]; Roberta Marins Nogueira Peil[2].

[1] Engenheiro Agrônomo, mestrando em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS. e-mail: dafonsecaleandro@yahoo.com.br;

[2] Engenheira Agrônoma, Drª., Professora Associada, Departamento de Fitotecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS. e-mail: rmpeil@ufpel.tche.br;

RESUMO

Com objetivo de avaliar o acúmulo de nitrato, o crescimento e a produtividade de alface cultivada em sistema NFT, na primavera, em Pelotas, RS, foram estudadas quatro cultivares [Mimosa Verde (MV), Mimosa Roxa (MR), Americana Great Lakes (AGL) e Crespa Vera (CV)] e quatro horários de colheita (8:00h, 14:00h, 18:00h e 23:00h). Os resultados indicam que a cultivar AGL apresentou o menor acúmulo de nitrato (1825 mg kg^{-1}), seguida pela cultivar MR (2432 mg kg^{-1}). As cultivares CV e MV não diferiram entre si e apresentaram os maiores acúmulos de nitrato (média de 2916 mg kg^{-1}). As colheitas realizadas às 18 e às 23 horas apresentaram os menores acúmulos médios de nitrato (média de 2150 contra a média de 2894 mg kg^{-1} dos demais horários de colheita). A cultivar MR apresentou massa fresca de planta e produtividade inferiores às demais (respectivamente, 236,7 contra 389,4 g $planta^{-1}$, média das demais cultivares; e 2724,2 contra 4480,9 g m^{-2}, média das demais cultivares). Com base nos resultados, conclui-se que o período do final da tarde é o mais indicado para colheita em dia de início de verão. A cultivar CV apresenta adequado crescimento e produtividade e ausência de tendência ao pendoamento, e mesmo com maiores valores de nitrato em suas folhas, esse se encontra dentro de parâmetros permissíveis de acordo com a comunidade européia, o que a tornam uma alternativa interessante para os produtores hidropônicos no final da primavera e início do verão no sul do Rio Grande do Sul.

Palavras-chave: *Lactuca sativa* L., NFT, horário de colheita, massa seca, massa fresca.

Nitrate accumulation, growth and yield of lettuce varieties in hydroponic system in spring season

ABSTRACT

Nitrate accumulation, growth and yield of four lettuce cultivars [Green Garden (GG), Red Garden (RG), Great Lakes Iceberg (GLI) and “Vera” sunny (VS) lettuce types] and four harvest times (8:00 am, 2:00 pm, 6:00 pm and 11:00 pm) were studied in NFT growing system, in spring crop season in Pelotas, RS. The results showed that GLI cultivar presented the lowest nitrate accumulation (1825 mg kg^{-1}), followed by RG cultivar (2432 mg kg^{-1}). VS and GG cultivars showed no differences between them and presented the highest nitrate accumulation (2916 mg kg^{-1} in average). Harvest at 6 and 11 pm presented the lowest average nitrate accumulation (average of, 2150 against the average of 2894 mg kg^{-1} of the other harvest times). RG cultivar showed lower fresh plant mass and yield than the others (236.7 against the average of 389.4 g $plant^{-1}$ obtained from the other cultivars; and 2724.2 against the average of 4480.9 g m^{-2} of the other cultivars, respectively). Based on the obtained results, we can conclude that late afternoon period is the most recommended time for harvest in early summer day. Although its higher nitrate contends and considering that they are found in the acceptable consumption range, VS cultivar showed adequate growth, yield and absence of bolting tendency. So, these make VS cultivar an interesting alternative for hydroponic growers in the late spring and early summer crop-seasons conditions in the south of Rio Grande do Sul.

Keywords: *Lactuca sativa* L., NFT, harvest time, dry mass, fresh mass

INTRODUÇÃO

A alface é a hortaliça folhosa de maior importância no Brasil, devido a ser a mais consumida, o que lhe confere expressiva importância econômica (CARVALHO et al., 2005). A cultura é uma das mais cultivadas no sistema hidropônico do tipo – NFT (do inglês “nutrient film technique” ou técnica da lâmina de nutrientes/ COOPER, 1973).

Entretanto, a alface possui grande habilidade de acumular nitrato em suas folhas (ROORDA VAN EYSINGA, 1984), existindo interesse em se monitorar o acúmulo de nitrato nessas plantas, principalmente em sistemas hidropônicos, nos quais a disponibilidade do íon é elevada. Segundo ANDRIOLO (1999), o acúmulo de

nitrato nos tecidos vegetais se dá quando a absorção excede as necessidades metabólicas da planta.

A concentração de nitrato é um importante índice da qualidade dos alimentos (MANTOVANI et al., 2005a). Quando ingerido pelo homem, nitratos e nitritos contribuem para a formação endógena de N-nitrosaminas, compostos potencialmente cancerígenos (HIRONDEL & HIRONDEL, 2001).

A variação do acúmulo depende de vários fatores: genótipo (WEIMIN et al., 1998); intensidade luminosa, quantidade e fonte de fertilizantes nitrogenados (FAQUIN E ANDRADE, 2004).

O fator genético é determinante no acúmulo de nitrato pela alface. Diversos trabalhos demonstram que diferentes cultivares de alface apresentam variados teores de nitrato (CAVARIANNI et al., 2008; FERNANDES et al., 2002; PILAU et al., 2000).

No caso da intensidade luminosa, pode-se afirmar que este é um dos principais fatores que interferem no acúmulo de nitrato nas plantas. De maneira geral, ocorre maior acúmulo de nitrato em condições de baixa intensidade luminosa (OHSE, 1999). Dessa maneira, o teor do íon na planta varia em função da época do ano, do horário de colheita e das condições climáticas. A luz afeta o acúmulo de nitrato nas plantas através da sua influência sobre a produção de carboidratos, o suprimento de NADH e a indução da enzima nitrato redutase (KROHN et al., 2003). Durante o dia e sob maiores intensidades luminosas, a planta apresenta maior atividade fotossintética, elevando a produção de NADH (cofator da redutase do nitrato), consequentemente, maior quantidade de nitrato seria assimilada, enquanto que durante a noite ocorreria o acúmulo nos vacúolos. Outra teoria sugere que o acúmulo de nitrato na planta é estimulado pelo déficit de carboidratos sob condições de baixa intensidade luminosa com o objetivo de manutenção do potencial osmótico das células (CARDENAS-NAVARRO et al., 1999).

É necessário salientar a importância da caracterização do processo produtivo, a qual pode ser realizada através da análise do crescimento aliada à avaliação das características produtivas da cultura. O crescimento pode ser definido através da produção e partição da biomassa (massa fresca e seca) entre os diferentes órgãos da planta (MARCELIS, 1994), bem como, pelas dimensões de uma planta ou conjunto de plantas.

O período do início do verão no Rio Grande do Sul é peculiar em relação ao restante do país, sendo considerado como uma época de transição, quando ocorre considerável amplitude térmica, com temperaturas relativamente baixas à noite e no início da manhã e gradativo aquecimento durante a tarde. As temperaturas do período da tarde chegam a valores bastante elevados no verão, que podem vir a tornar-se preocupantes quanto ao acúmulo de nitrato em plantas de alface. Temperaturas a partir de 30º C causariam diminuição da atividade da enzima nitrato redutase, o que viria a proporcionar um elevado acúmulo de nitrato nas plantas (TAIZ & ZIEGER, 2004). Além disso, as temperaturas elevadas levam ao pendoamento de cultivares com maior precocidade, assim como, à ausência ou má formação de cabeça em cultivares do grupo americana.

Acredita-se que é um desafio selecionar cultivares que apresentem resistência ao pendoamento, boa qualidade comercial, produtividade e baixos níveis de nitrato sob as condições de alta temperatura no início do verão no sul do Rio Grande do Sul.

Com a finalidade de gerar informações que sirvam como subsídio aos agricultores na eleição da cultivar e da hora da colheita mais adequada no final da primavera e início do verão no Rio Grande do Sul, este trabalho teve como objetivo avaliar a flutuação diária do acúmulo de nitrato, o crescimento e as características produtivas de diferentes cultivares de alface em sistema hidropônico, no sul do Rio Grande do Sul.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida no município do Capão do Leão, RS (latitude 31º 52' S, longitude 52º 21' W e altitude de 13 m).

Realizou-se um experimento em estufa modelo "Arco Pampeana", disposta no sentido Norte-Sul, revestida com filme de polietileno de baixa densidade (150 µm de espessura), na primavera-verão do ano de 2008. A semeadura de quatro cultivares de alface foi realizada no dia 24 de outubro, sendo o transplante das mudas realizado no dia 27 de novembro.

A semeadura foi realizada em um tecido de algodão, mantendo-se as sementes umedecidas por um período de sete dias, após o qual as sementes encontravam-se germinadas, sendo as plântulas repicadas para cubos de espuma fenólica (1 x 1 x 1 cm), previamente lavada. Os cubos foram dispostos em um

quadro para fertirrigação de mudas de hortaliças, sob ambiente protegido. Durante a produção de mudas, foi utilizada a solução nutritiva na concentração de 50%, mantendo-se uma lâmina de aproximadamente 1,0 cm de altura. Na fase de cinco a sete folhas definitivas, as mudas foram transplantadas para as bancadas de cultivo definitivo, com uso da técnica NFT. O sistema de cultivo era composto por seis bancadas, constituídas de telhas de fibrocimento (2,44 m de comprimento, 1,10 m de largura e espessura de 6,0 mm, com seis canais de 5,0 cm de profundidade), previamente impermeabilizadas com tinta betuminosa (Neutrol®), colocadas sobre cavaletes de madeira de 0,85 m de altura e com desnível de 2,0% para escoamento da solução nutritiva pela base dos canais. Através de um conjunto moto bomba de 1/2 HP fixado a um tanque de armazenamento da solução nutritiva (500 L), esta era impulsionada para um cano de PVC (25 mm) perfurado, localizado na parte mais elevada das bancadas de cultivo. A partir desse ponto, a solução nutritiva percorria a base dos canais e no final dos mesmos era recolhida por um cano de cano de PVC (100 mm), retornando até o tanque de armazenamento. As bancadas foram cobertas com plástico dupla-face branco-preto (150 µm de espessura), com orifícios para colocação das mudas. O espaçamento utilizado foi de 0,25 m entre plantas nos canais de cultivo e 0,18 m entre linhas (canais), totalizando 54 plantas por bancada, com distância lateral entre estas de 0,50 m, resultando na densidade de 13,84 plantas por m^{-2}.

A solução nutritiva utilizada foi a adaptada por MONTEZANO (2003) para a cultura da alface na região, com condutividade elétrica de 1,7 dS m^{-1} e a seguinte composição de macronutrientes (em mmol.$litro^{-1}$): 14,25 de NO_3^- 1,50 de $H_2PO_4^-$; 0,85 de SO_4^{2-}; 0,95 de NH_4^+; 8,25 de K^+; 3,37 de Ca^{2+}; 0,75 de Mg^{2+}; e de micronutrientes (em µmol.$litro^{-1}$): 40,0 de Fe; 5,0 de Mn; 4,0 de Zn; 30,0 de B; 0,75 de Cu; 0,5 de Mo.

A solução nutritiva foi monitorada diariamente através das medidas de condutividade elétrica (empregando-se um eletrocondutivímetro digital) e de pH (empregando-se um pHmetro digital). O pH foi mantido em 6,0 (± 0,5) através da adição de solução de correção à base de hidróxido de potássio (KOH 1N) ou ácido sulfúrico (H_2SO_4 1N). A reposição de nutrientes ou de água foi realizada através da adição de solução estoque concentrada ou de água, quando a condutividade elétrica sofria, respectivamente, uma diminuição ou um aumento, da ordem de 10%.

As plantas eram fertirrigadas através de um fluxo intermitente, programado por um temporizador, que acionava e desligava a moto bomba nos seguintes intervalos de tempos pré-estabelecidos (tempo universal): 7:30h às 9:00h; 10:00h às 11:00h; 12:00h às 13:00h; 13:50h às 14:30h; 15:00h às 16:20h; 17:00h às 18:00h; 19:00h às 20:00h; 00:00h à 01:00h, sendo os intervalos de tempo em que o sistema permanecia em repouso reduzidos nos períodos mais quentes do dia.

Os fatores experimentais estudados foram: cultivar, com quatro níveis (Mimosa Verde “Salad Bowl” - Topseed®, Mimosa Roxa “Salad Bowl” - Topseed®, alface do tipo americana Great Lakes - Topseed® e alface crespa Vera - Sakata®) e horário de colheita (tempo universal), também com quatro níveis (8:00h, 14:00h, 18:00h, 23:00h).

A colheita foi realizada em um dia característico do início de verão (23/12) no estado do Rio Grande do Sul, com moderada nebulosidade (6, em escala de 0 a 10) e elevada radiação solar acumulada (19 MJ m^{-2} d^{-1}) e temperatura média de 26^{o}C, com mínima de 21^{o}C e máxima de 36^{o}C .

A radiação solar global incidente no exterior foi obtida através dos dados coletados na Estação Agroclimatológica de Pelotas, localizada a aproximadamente 450 m do local dos experimentos. Os dados referentes à temperatura e umidade relativa foram coletados através de um termohigrógrafo, instalado a 1,5 m de altura, no centro da estufa de cultivo.

Com a finalidade de avaliar a produtividade e quantificar o crescimento da cultura, foram determinados o número de folhas, o diâmetro da planta, a altura do caule (para inferir sobre a tendência ao pendoamento) e a biomassa produzida no dia da colheita pela manhã, selecionando-se três plantas de cada cultivar por repetição.

As plantas foram separadas em três frações: folhas, caule e raízes, as quais foram pesadas para a obtenção da massa fresca. As diferentes frações das plantas foram secas em estufa de ventilação forçada a 65ºC, até massa constante, e, depois pesadas em balança de precisão e, assim, determinada a massa seca. Também foi determinada a área foliar acumulada ao final do experimento, através de um equipamento medidor de imagens (LI-COR, modelo 3100).

Adicionalmente, nas referidas datas, com a finalidade de avaliar o acúmulo de nitrato nas folhas foram feitas colheitas às 8, 14, 18 e 23 horas, selecionando-se duas plantas de cada cultivar por repetição para compor as amostras.

As folhas foram secas em estufa de ventilação forçada a 65ºC, até peso constante. Posteriormente, este material foi moído em moinho tipo Willey, peneira de 40 mesh, retirando-se amostras para a determinação do $N\text{-}NO_3^-$ de acordo com a metodologia proposta por BREMNER & KEENEY (1965).

O delineamento experimental adotado foi o de blocos completos casualizados com três repetições e parcela sub-dividida, em esquema unifatorial com quatro tratamentos (quatro cultivares), para as análises relativas ao crescimento e à produtividade, e bifatorial com 16 tratamentos (quatro cultivares x quatro horários de colheita) para a análise do nitrato acumulado. Cada parcela correspondia à metade de uma bancada de cultivo (27 plantas) totalizando 12 parcelas no experimento, estabelecendo-se na subparcela o horário de colheita. Os resultados foram submetidos à comparação de médias, pelo teste DMS de Fisher com $p<0,05$. Foi realizada análise de correlação entre acúmulo de nitrato e massa fresca de folhas e acúmulo de nitrato e massa seca de folhas, com $p<0,05$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação aos dados de acúmulo de nitrato nas folhas (Figura1), não foi constatada interação estatística significativa ($p<0,05$) entre horário de colheita e cultivar. Contudo, a fim de apresentar os resultados com maior riqueza de detalhes esses foram ilustrados através da Figura 1, que mostra a variação do acúmulo de nitrato para cada variedade em função do horário de colheita.

Através de uma análise comparativa entre as médias das cultivares, verifica-se que a alface Americana Great Lakes acumulou significativamente menor quantidade de nitrato (média de 1825 mg kg^{-1}) que as demais, seguida da cultivar Mimosa Roxa (2432 mg kg^{-1}). As cultivares Crespa Vera e Mimosa Verde não diferiram entre si e acumularam mais nitrato (médias de 2963 mg kg^{-1} e 2869 mg kg^{-1}, respectivamente) que as duas primeiras. O maior acúmulo de nitrato nas cultivares Crespa Vera e Mimosa Verde pode estar relacionado ao maior número de folhas presentes nas plantas dessas cultivares (resultados discutidos posteriormente, juntamente com os demais constantes na Tabela 3). De acordo com CAVARIANNI et al., (2008), a maior participação de nervuras e pecíolos na massa fresca das folhas podem influenciar no acúmulo de nitrato, uma vez que estes apresentam maior capacidade de acumular nitrato do que o limbo foliar. Conjuntamente com este aspecto, o fator genético exerceu uma forte influência no acúmulo de nitrato, conforme constatado

anteriormente por MANTOVANI et al. (2005b) que comparando cultivares do grupo americana, crespa e lisa, cultivadas em vasos e em ambiente protegido no outono, constataram diferentes níveis de nitrato entre elas. Entretanto, diferentemente do observado na presente pesquisa, os autores verificaram que as cultivares do grupo americana foram as que apresentaram o maior acúmulo de nitrato, o que leva a acreditar que não somente o grupo ao qual pertence a alface afeta o acúmulo do íon, mas especificamente a cultivar empregada dentro do grupo.

Os menores acúmulos de nitrato, independentemente da cultivar, ocorreram às 18 (2058 mg kg^{-1}) e às 23 horas (2243 mg kg^{-1}), os quais não diferiram entre si. As colheitas realizadas às 8 (2895 mg kg^{-1}) e às 14 horas (2892 mg kg^{-1}) apresentaram valores de nitrato similares entre si e significativamente maiores dos observados às 18 e 23 horas.

Normalmente, em locais e épocas do ano com menor fotoperíodo, os menores níveis de nitrato nas plantas de alface em sistema hidropônico tem sido observados em torno das 8 horas da manhã (CARRASCO & BURRAGE, 1992; Artigo 2, Artigo 3). Isso é acreditado à assimilação durante o transcorrer da noite do nitrato absorvido e acumulado no dia anterior e à interrupção do fornecimento da solução nutritiva durante o período noturno.

No presente trabalho não se constatou o menor nível de nitrato às 8 horas o que, possivelmente, se deve ao nascer do sol ter ocorrido aproximadamente às 5 horas, isto é, 3 horas antes da primeira colheita (Figura 1). Assim, a incidência de radiação solar nas primeiras horas da manhã levaria ao aumento da atividade fotossintética da planta promovendo a elevação da demanda de nitrato o que, associado ao início do fornecimento da solução nutritiva às 7:30 horas, causaria como consequência o acúmulo de nitrato nos vacúolos.

Existem duas hipóteses para explicar o maior acúmulo de nitrato às 14 horas. A primeira estaria relacionada a uma elevada demanda do íon, determinada pela elevada radiação solar e, consequentemente, elevada taxa de fotossíntese, característica deste horário em dias de verão. Segundo FOYER et al. (1998), uma elevada taxa de fotossíntese se correlaciona positivamente com a atividade da enzima nitrato redutase. CARRASCO & BURRAGE (1992), estudando o horário de amostragem em alface, observaram dois picos de acúmulo de nitrato durante o período de 24 horas, um deles, após o meio-dia solar, semelhante a este trabalho, e acreditado à alta demanda de nitrato devido à alta atividade fotossintética desta

hora, quando haveria alta absorção de nitrato, mas esse não seria facilmente assimilado devido à saturação dos compartimentos metabólico e não-metabólico das células.

A segunda hipótese e a mais provável, que explicaria o elevado acúmulo de nitrato às 14 horas, está relacionada ao efeito negativo das altas temperaturas registradas (variando entre 34 e 36 ^{o}C das 12:00 às 16:00horas) sobre a atividade da enzima nitrato redutase. Segundo TAIZ & ZIEGER (2004), temperaturas a partir de 30ºC provocam diminuição da atividade da enzima, além do fechamento estomático que ocorre como um sinal das raízes às folhas, de modo a reduzir a perda de água (transpiração) antes mesmo da planta apresentar sintomas de deficiência hídrica. Esse fechamento bloqueia o fluxo de CO_2 para as folhas, afetando a fotossíntese.

No horário das 18 horas houve considerável redução do acúmulo de nitrato, devido provavelmente à redução da temperatura no ambiente, que levou ao aumento da atividade fotossintética e da assimilação de nitrato pelas plantas, juntamente com uma sincronia entre a absorção do nitrato e a sua assimilação.

Ao defrontar os resultados encontrados neste trabalho com os de outros autores relativos à avaliação de nitrato em alface, pode-se observar tanto semelhanças quanto discrepâncias em função do estudo em comparação. No presente trabalho foram encontrados maiores acúmulos de nitrato para a cultivar Americana Great Lakes às 8 e às 14 horas, diferentemente do encontrado por KROHN et al. (2003), que estudando horário de colheita para a alface do tipo Americana, em cultivo convencional no verão do município de Marechal Cândido Rondon/PR, encontraram acúmulos de nitrato maiores às 6 horas e à 0 hora e menores às 12 e às 18 horas. Neste trabalho, a cultivar Americana Great Lakes acumulou menor quantidade de nitrato que a cultivar Crespa Vera, semelhante ao observado por FERNANDES et al. (2002) em cultivo hidropônico no município de Viçosa/MG no outono. Entretanto, as comparações entre pesquisas algumas vezes tornam-se difíceis, visto que as condições climáticas, as metodologias e a base de avaliação do nitrato (base de massa seca ou base de massa fresca) diferem, sendo a base de avaliação um dos principais problemas. Isso porque existe uma correlação positiva muito alta entre o acúmulo de nitrato e o acúmulo de água nos tecidos, que poderia provocar um aumento excessivo do valor de nitrato com base na massa seca e não com base na massa fresca. Então, para fins de estabelecer níveis

relacionados à adequabilidade à alimentação humana, a concentração de nitrato não deveria ser expressa em base de massa seca, e sim em base de massa fresca, já que o produto é consumido *in natura*.

Embora no Brasil não exista legislação específica que regulamente os conteúdos máximos permitidos de nitrato em vegetais, os valores das diferentes cultivares de alface utilizadas neste estudo em todos os horários de colheita não excederam o limite máximo para alface produzida em estufa na primavera (3.500 mg kg^{-1} em base de massa fresca), permitido pela Comunidade Européia (MCCALL & WILLUMSEN, 1998). Inclusive, todas as cultivares avaliadas apresentaram conteúdos de nitrato abaixo de 2700 mg Kg^{-1} de massa fresca às 18 horas que apesar de não ser um dos horários habituais de colheita desta hortaliça, pode ser uma alternativa devido ao fato dos mercados locais, nesta época do ano, receberem a hortaliça no final da tarde, além de muitos agricultores colherem-na no final da tarde para entregar no outro dia pela manhã.

Quanto às variáveis relacionadas ao crescimento (Tabelas 1 e 2), observa-se que não houve diferenças entre as cultivares em relação à massa seca de folhas (Tabela 1). Em relação à massa seca de caule (Tabela 1), a cultivar Mimosa Verde apresentou valor superior ao da cultivar Americana Great Lakes, e semelhante aos das cultivares Mimosa Roxa e Crespa Vera. A cultivar Mimosa Verde também apresentou maior massa seca de raízes (Tabela 1) do que as cultivares Mimosa Roxa e Crespa Vera, as quais não diferiram entre si e da cultivar Americana Great Lakes. Apesar dessas diferenças, a massa seca total produzida pela planta (Tabela 1) não diferiu significativamente entre as cultivares, o que se atribui à homogeneidade de respostas da massa seca das folhas (Tabela 1) aliada aos valores numéricos de massa seca dos diferentes órgãos, que somados diminuíram as diferenças**.** COSTA et al. (2007) encontraram massa seca total superior em cultivar do grupo americana quando em comparação a cultivares do grupo crespa e lisa.

A superior produção de massa seca de raízes da cultivar Mimosa Verde para uma similar produção de massa seca total da planta levou a que a partição proporcional de massa seca (Tabela 2) fosse superior para as raízes (dada pela relação raiz/planta) e inferior para as folhas (dada pela relação folha/planta) nessa cultivar em comparação às demais, as quais não diferiram entre si para as duas variáveis. A massa seca alocada para o caule (dada pela relação caule/planta) foi

superior nas cultivares Mimosa Verde e Mimosa Roxa em relação à cultivar Americana Great Lakes. Apesar de não haver diferenças entre as massas secas de folhas das cultivares, a área foliar (Tabela 2) foi superior na cultivar Mimosa Verde. Como conseqüência, a cultivar Mimosa Verde apresentou maior valor de área foliar específica (Tabela 2) em relação às cultivares Americana Great Lakes e Crespa Vera, indicando tendência de haver maior expansão foliar para cada unidade de massa seca produzida nessa cultivar, ou seja, folhas de menor espessura. OTTO et al. (2001), diferentemente do observado neste trabalho, encontraram, em ambiente protegido, área foliar específica em alface do tipo americana menor do que em alface crespa. O maior conteúdo de massa seca das folhas foi observado na cultivar Mimosa Roxa (Tabela 2).

Com relação às características produtivas e comerciais (Tabela 3), as alfaces Americana Great Lakes, Mimosa Verde e Crespa Vera apresentaram maior produção de massa fresca da planta e, consequentemente, maior produtividade que a cultivar Mimosa Roxa. Diferentemente do observado no presente trabalho, TOSTA et al. (2009) observaram superioridade da cultivar Americana Great Lakes em relação à massa fresca de planta e produtividade, quando a defrontou com cultivares dos grupos crespa e lisa. A cultivar Mimosa Verde foi superior às demais em relação ao número de folhas, sendo que a cultivar Americana Great Lakes apresentou o menor número de folhas, sem diferir da cultivar Mimosa Roxa. O menor número de folhas das cultivares Americana Great Lakes e Crespa Vera em relação à cultivar Mimosa Verde foi compensado por uma semelhante produção de massa fresca da planta, resultado também observado por SEDIYAMA et al. (2009), o que não ocorreu com a cultivar Mimosa Roxa. Já, as cultivares Mimosa Roxa, Mimosa Verde e Crespa Vera apresentaram maior diâmetro de planta que a cultivar Americana Great Lakes. A cultivar Mimosa Verde apresentou maior altura de caule que às demais cultivares, indicando maior precocidade e tendência ao pendoamento.

Os diferentes padrões de crescimento e de respostas relacionadas ao rendimento e produtividade observados entre as cultivares são conseqüências de, primeiramente, características genéticas intrínsecas aos diferentes grupos de cultivares estudadas, conjuntamente à adequação dos materiais às condições climáticas da época e ao sistema de cultivo em que foi realizado o experimento. SILVA et al. (2007), analisando a produção de cultivares de alface de diferentes

grupos, também observaram variações significativas para muitas varáveis relacionadas ao crescimento.

Não houve correlação estatística significativa ($p<0,05$), para acúmulo de nitrato e massa fresca de folhas, entretanto, existiu uma correlação negativa significativa ($p<0,05$) entre acúmulo de nitrato e massa seca de folhas, o que pode estar associado à eventual necessidade de manutenção do potencial osmótico das células, que utilizariam o nitrato para suprir o déficit de carboidratos existente sob condições de menor crescimento (CARDENAS-NAVARRO et al., 1999).

Apesar da alface Americana Great Lakes ter apresentado os mais baixos conteúdos de nitrato e crescimento e produtividades adequados, cabe informar que na data de colheita e realização das análises, essas alfaces, em sua maioria, não haviam formado cabeça e as que a tinham se apresentavam fofas, o que pode ser conseqüência da alta temperatura do período associada à elevada disponibilidade de nitrogênio, característica inerente aos cultivos hidropônicos.

A cultivar Mimosa Roxa, com níveis intermediários de nitrato, apresentou a menor produtividade. Porém, o mercado deste tipo de alface, apesar de restrito, se encontra em expansão, o que poderia justificar a sua presença em uma área de produção.

O maior conteúdo de nitrato da cultivar Crespa Vera, do grupo de maior demanda no estado, não chega a ser impeditivo para seu cultivo, uma vez que, esse encontrou-se abaixo dos valores limites recomendados pela União Européia. Associado a isso, deve-se considerar o seu adequado crescimento e produtividade e menor tendência ao pendoamento, o que a tornam uma alternativa interessante para ser recomendada para cultivo hidropônico por produtores no final da primavera e início do verão no sul do Rio Grande do Sul.

CONCLUSÕES

1. O menor acúmulo de nitrato nas folhas ocorre às 18 e às 23 horas, sendo o período do final da tarde o mais adequado para colheita em dia de início de verão.

2. Diferentes cultivares de alface apresentam diferentes acúmulos de nitrato e diferentes padrões de crescimento.

3. A cultivar Americana Great Lakes apresenta menor tendência de acumular nitrato nas suas folhas, enquanto as cultivares Crespa Vera e Mimosa Verde apresentam maior tendência.

4. A cultivar Crespa Vera apresenta adequado crescimento e produtividade e menor tendência ao pendoamento, e mesmo com maiores valores de nitrato em suas folhas, esse se encontra dentro de parâmetros permissíveis para o consumo, o que a tornam uma alternativa interessante para os produtores hidropônicos no final da primavera e início do verão no sul do Rio Grande do Sul.

REFERÊNCIAS

ANDRIOLO, J.L. **Fisiologia das culturas protegidas**. Santa Maria: UFSM, 1999. 142p.

BREMNER, J.M.; KEENEY, D.R. Exchangeable ammonium, nitrate and nitrite by steam-distillation methods. In: BLACK, C.A. (Ed.). **Methods of soil analysis**: chemical and microbiological properties. Madison: American Society of Agronomy; Soil Science Society of America, 1965. p.1191-1206.

CARDENAS-NAVARRO, R.; ADAMOWICZ, S.; ROBIN, P. Nitrate accumulation in plants: a role for water. **Journal of Experimental Botany**, Lancaster, v.50, n.334, p.613-624, 1999.

CARRASCO, G.A.; BURRAGE, S.W. Diurnal fluctuations in nitrate accumulation and reductase activity in lettuce (*Lactuca sativa* L.) grown using Nutrient Film Technique. **Acta Horticulturae**, v.323, p.51-59, 1992.

CARVALHO, J.E.; ZANELLA, F.; MOTA, J.H.; LIMA, A.L.S. Cobertura morta do solo no cultivo de alface Cv. Regina 2000, em Ji-Paraná/RO. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.5, p.935-939, 2005.

CAVARIANNI, R.L.; CAZETTA, J.O.; MAY, A.; BARBOSA, J.C.; CECÍLIO FILHO, A.B.; CORRADI, M.M**.** Concentrações de nitrogênio na solução nutritiva e horário de colheita no teor de nitrato em rúcula. **Revista Caatinga**, v.21, n.5, p.44-49, 2008.

COOPER, A.J. Rapid crop turn-round is possible with experimental nutrient film technique. **Grower**, v.79, p.1048-1952, 1973.

COSTA C.C.; CECÍLIO FILHO A.B.; REZENDE B.L. A.; BARBOSA J.C.; GRANGEIRO L.C. Viabilidade agronômica do consórcio de alface e rúcula, em duas épocas de cultivo. **Horticultura brasileira**, v.25, p.34-40, 2007.

FAQUIN, V.; ANDRADE, A.T.; **Nutrição mineral e diagnose do estado nutricional de hortaliças**. Lavras: UFLA/ FAEPE, 2004. 88p.

FERNANDES, A.A.; MARTINEZ, H.E.P.; PEREIRA, P.R.G.; FONSECA, M.C.M. Produtividade, acúmulo de nitrato e estado nutricional de cultivares de alface, em hidroponia, em função de fontes de nutrientes. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, n.2, p.195-200, 2002.

FOYER C.H.; VALADIER M.H.; MIGGE A.; BECKER T.W. Drought-induced effects on nitrate reductase activity and mRNA and on the coordination of nitrogen and carbon metabolism in maize leaves. **Plant Physiology**, v.117, p.283-292, 1998.

HIRONDEL, J.I.; HIRONDEL, J.L. **Nitrate and man: toxic, harmless or beneficial?** New York: CAB Publishing. 2001. 168p.

KROHN, N.G.; MISSIO, R.F.; ORTOLAN, M.L.; BURIN, A.; STEINMACHER, D.A. LOPES, M.C. Teores de nitrato em folhas de alface em função do horário de coleta e do tipo de folha amostrada. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.21, n.2, p. 216-219, 2003.

MANTOVANI, J.R., CRUZ, M.C.P.; FERREIRA, M.E.; BARBOSA, J.C. Comparação de procedimentos de quantificação de nitrato em tecido vegetal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.1, p.53-59, 2005a.

MANTOVANI J.R.; FERREIRA M.E.; CRUZ M.C.P. Produção de alface e acúmulo de nitrato em função da adubação nitrogenada. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, p.758-762, 2005b.

MARCELIS, L.F.M. **Fruit growth and dry matter partitioning in cucumber**. Wageningem, 1994. 173f. (Tese de Doutorado), Wageningen.

McCALL, D.; WILLUMSEN F. Effects of nitrate, ammonium and chloride application on the yield and nitrate content of soil-grown lettuce. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, Kent, v.73, n.5, p.698-703, 1998.

MONTEZANO, E.M. **Eficiência no uso da água e dos nutrientes e relações de contaminação de cultivos de alface em sistema hidropônico***.* 2003. 60f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

OHSE S. **Rendimento, composição centesimal e teores de nitrato e vitamina c em alface sob hidroponia**. 1999. 103f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Piracicaba.

OTTO, R.F.; REGHIN, M.Y.; SÁ, G.D. Utilização do 'não tecido' de polipropileno como proteção da cultura de alface durante o inverno de Ponta Grossa -PR. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.19, n.1, p.49-52, 2001.

PILAU, F.G.; SCHMIDT, D.; SANTOS, O.S.; MANFRON, P.A. Teores de nitrato em cultivares de alface sob hidroponia, na primavera. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.18, p.276-277, 2000.

ROORDA VAN EYSINGA, J.P.N.L. Nitrate and glasshouse vegetables. **Fertilizer Research**, v.5, p.149-156, 1984.

SEDIYAMA, M.A.N.; PEDROSA, M.W.; SALGADO, L.T.; PEREIRA, P.C. Desempenho de cultivares de alface para cultivo hidropônico no verão e no inverno. **Científica,** Jaboticabal, v.37, p.98-106, 2009.

SILVA, M.L.; VILLELA JR, L.V.E.; COLOVATTO, G.F.; SARTORI, R.A. Produção hidropônica de quatro cultivares de alface em Garça (SP). **Revista científica Eletrônica de Agronomia**, v.11, 2007.

TAIZ, L.; ZIEGER, E. **Fisiologia vegetal**. (Trad.). SANTAREM E.R. et al. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

TOSTA, M.S.; BORGES, F.S.P.; REIS, L.L.; TOSTA, J.S.; MENDONÇA, V.; TOSTA, P.A.F. Avaliação de quatro variedades de alface para cultivo de outono em Cassilândia-MS. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, Patos, v.5, 30-35, 2009.

WEIMIN, Z.; SHIJUN, L.; LIHONG, G.; ZHONGYANG, H.; DABIAO, Z. Genetic diversity of nitrate accumulation in vegetable crops. **Acta Horticulturae**, n.467, p.119-126, 1998.

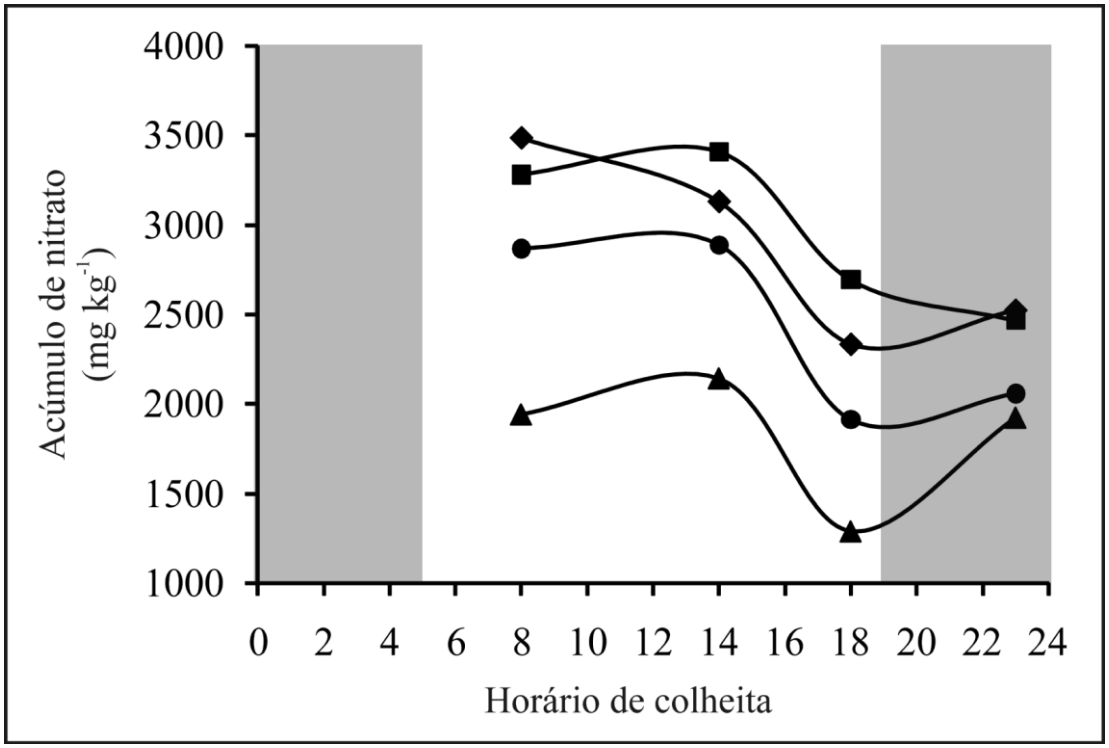


Figura 1. Acúmulo de nitrato (mg kg^{-1} de massa fresca) em folhas de cultivares de alface em função do horário de colheita em dia típico de início de verão (23/12/2008). (■) Crespa Vera, (▲) Americana Great Lakes, (◆) Mimosa Verde, (●) Mimosa Roxa, (Área sombreada) Período antes do nascer e depois do pôr do sol. Pelotas, UFPel, 2008.

Tabela 1. Produção de massa seca das folhas, do caule, das raízes e do total da planta de quatro cultivares de alface em sistema hidropônico, no ciclo de primavera. Pelotas, UFPel, 2008.

Cultivar	Massa Seca de Folhas (g $planta^{-1}$)	Massa Seca de Caule (g $planta^{-1}$)	Massa Seca de Raízes (g $planta^{-1}$)	Massa Seca Total (g $planta^{-1}$)
Americana (Great Lakes)[2]	10,44 a[1]	1,25 b	2,85 ab	14,54 a
Mimosa Roxa[2]	8,00 a	1,41 ab	1,91 b	11,32 a
Mimosa Verde[2]	9,87 a	1,84 a	3,70 a	15,41 a
Crespa (Vera)[2]	10,08 a	1,52 ab	2,57 b	14,17 a
CV	18,22	15,82	19,79	17,03

[1.] Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem significativamente pelo teste DMS de Fisher ($p<0,05$);

[2.] Colheita aos 26 dias após o transplante.

Tabela 2. Partição de biomassa (dada pelas relações de massa seca), área foliar (AF), área foliar especifica (AFE) e conteúdo de massa seca de folhas (CMSF) de quatro cultivares de alface em sistema hidropônico, no ciclo de primavera. Pelotas, UFPel, 2008.

Cultivar	Partição de Biomassa			AF (cm^2)	AFE[1] ($cm^2\ g^{-1}$)	CMSF (%)
	Folha/ Planta	Caule/ Planta	Raiz/ Planta			
Americana (Great Lakes)[3]	0,72 a[2]	0,09 b	0,19 b	1592,2 b	156,1 b	3,63 b
Mimosa Roxa[3]	0,70 a	0,12 a	0,18 b	1546,9 b	196,3 ab	4,80 a
Mimosa Verde[3]	0,63 b	0,12 a	0,25 a	2299,9 a	239,5 a	3,37 b
Crespa (Vera)[3]	0,71 a	0,11 ab	0,18 b	1799,1 b	182,2 b	3,42 b
CV	3,63	9,82	8,89	11,91	13,90	10,36

[1.] AFE corresponde à relação área foliar/peso seco de folhas;

[2.] Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem significativamente pelo teste DMS de Fisher ($p<0,05$)

[3.] Colheita aos 26 dias após o transplante.

Tabela 3. Massa fresca de planta, produtividade, número de folhas, diâmetro de planta e altura de caule em quatro cultivares de alface em sistema hidropônico, no ciclo de primavera em Pelotas, RS.

Cultivar	Massa Fresca de Planta ($g\ planta^{-1}$)	Produtividade[3] ($g\ m^{-2}$)	Número de folhas	Diâmetro de Planta (cm)	Altura de Caule (cm)
Americana (GreatLakes)[2]	373,4 a[1]	4300,4 a	15,66 c	32,88 b	7,56 c
Mimosa Roxa[2]	236,7 b	2724,2 b	17,11 bc	38,55 a	11,88 b
Mimosa Verde[2]	408,8 a	4591,2 a	23,11 a	39,11 a	15,33 a
Crespa (Vera)[2]	385,8 a	4551,1 a	19,55 b	39,89 a	11,00 b
CV	12,69	12,60	6,92	6,68	7,91

[1.] Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem significativamente pelo teste DMS de Fisher ($p<0,05$);

[2.] Colheita aos 26 dias após o transplante;

[3.] Parte aérea.

ARTIGO 2: Flutuação diária de nitrato, crescimento e produtividade de cultivares de alface hidropônica no outono

Flutuação diária de nitrato, crescimento e produtividade de cultivares de alface hidropônica no outono

Leandro Andrade da Fonseca[1]; Roberta Marins Nogueira Peil[2].

[1] Engenheiro Agrônomo, mestrando em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS. e-mail: dafonsecaleandro@yahoo.com.br;

[2] Engenheira Agrônoma, Drª., Professora Associada, Departamento de Fitotecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS. e-mail: rmpeil@ufpel.tche.br;

RESUMO

Objetivando avaliar o acúmulo de nitrato, o crescimento e a produtividade de alface cultivada em sistema NFT, no outono, em Pelotas, RS, foram estudadas quatro cultivares, (Mimosa Verde, Mimosa Roxa, Americana Great Lakes e Crespa Vera), e quatro horários de colheita (8:00h, 14:00h, 18:00h e 23:00h). Os resultados indicam que a Mimosa Roxa apresentou o menor acúmulo de nitrato entre as cultivares (1360 mg kg^{-1}), não diferindo da Americana Great Lakes (1448 mg kg^{-1}). As cultivares Mimosa Verde e Crespa Vera apresentaram, respectivamente, acúmulo de nitrato 21,58% e 46,56% superior ao da Mimosa Roxa. A colheita realizada às 8 horas apresentou os menores acúmulos médios de nitrato. A Americana Great Lakes apresentou produção de massa seca de folhas e do total planta, massa fresca total e produtividade superiores às demais, e área foliar superior a das cultivares Mimosa Verde e Crespa Vera. Com base nos resultados, conclui-se que o período do início da manhã é o mais indicado para colheita em dia de outono. A cultivar Americana Great Lakes apresenta maior crescimento e as melhores respostas relacionadas à produtividade o que, associado aos menores valores de nitrato em suas folhas, a tornam uma alternativa interessante para produtores hidropônicos no outono do sul do Brasil.

Palavras-chave: *Lactuca sativa* L., NFT, horário de colheita, massa seca, massa fresca.

Daily fluctuation of nitrate, growth and yield of lettuce varieties in a hydroponic system in autumn

ABSTRACT

Four cultivars (Green Garden, Red Garden, Great Lakes Iceberg and “Vera” sunny lettuce types) and four harvest times (8:00 am, 2:00 pm, 6:00 pm, 11:00 pm) were

evaluated in autumn, in Pelotas, RS. Aiming to study nitrate accumulation growth and yield of lettuce growing in NFT system. The results showed that Red Garden presented the lowest nitrate accumulation among the studied cultivars (1360 mg kg^{-1}), not differing of Great Lakes Iceberg cultivar (1448 mg kg^{-1}). Green Garden and Vera Sunny cultivars presented, respectively, 21.58% and 46.56% higher nitrate accumulation than Red Garden. The 8:00 am harvest time showed the lowest averge nitrate contend. Great Lakes Iceberg presented leaf and total dry mass, total fresh mass and yield higher than all the other cultivars, and greater leaf area than Green Garden and Vera Sunny cultivars. Based on the results, we can conclude that the period of early morning is the most indicated for lettuce harvest in autumn. Great Lakes Iceberg presented higher growth and the best yield responses which in association to the its lowest nitrate contents, make it as interesting option for hydroponic growers in southern Brazil autumn.

Keywords: *Lactuca sativa* L., NFT, harvest time, dry mass, fresh mass.

INTRODUÇÃO

A alface é a hortaliça folhosa de maior importância na alimentação do brasileiro, devido a ser a mais consumida, o que lhe confere expressiva importância econômica (CARVALHO et al., 2005). A cultura da alface no Estado do Rio Grande do Sul é de suma importância econômica e social, visto que a produção é basicamente realizada por agricultores familiares e a sua absorção se dá a nível local, devido a sua alta perecibilidade, proporcionando assim um grande volume de comercialização do produto no estado. A cultura é uma das mais cultivadas no sistema hidropônico do tipo – NFT (do inglês “nutrient film technique” ou técnica da lâmina de nutrientes/ COOPER, 1973).

Entretanto, a alface possui grande habilidade em acumular quantidades consideráveis de nitrato em suas folhas (ROORDA VAN EYSINGA, 1984). Assim, existe interesse em se monitorar o acúmulo de nitrato nessas plantas, principalmente em sistemas hidropônicos, nos quais a disponibilidade do íon é elevada. Nesses sistemas, o nitrogênio é fornecido basicamente na forma de nitrato, devido ao amônio em altas concentrações na solução nutritiva ser fitotóxico para a planta de alface (FURLANI, 1999). Segundo ANDRIOLO (1999), o acúmulo de nitrato nos tecidos vegetais se dá quando a absorção excede as necessidades metabólicas da planta.

A concentração de nitrato é um importante índice da qualidade dos alimentos (MANTOVANI et al., 2005a). Quando ingerido pelo homem, nitratos e nitritos contribuem para a formação endógena de N-nitrosaminas, compostos potencialmente cancerígenos, que são capazes de transformar a hemoglobina do sangue em ferriemoglobina, processo que leva ao impedimento do transporte do oxigênio dos alvéolos pulmonares para os tecidos (HIRONDEL & HIRONDEL, 2001).

A variação do acúmulo depende de vários fatores: genótipo (WEIMIN et al., 1998); intensidade luminosa, quantidade e fonte de fertilizantes nitrogenados (FAQUIN E ANDRADE, 2004).

O fator genético é determinante no acúmulo de nitrato pela alface. Diversos trabalhos demonstram que diferentes cultivares de alface apresentam variados teores de nitrato (PILAU et al., 2000; FERNANDES et al., 2002; CAVARIANNI et al., 2008).

No caso da intensidade luminosa, pode-se afirmar que este é um dos principais fatores que interferem no acúmulo de nitrato nas plantas. De maneira geral, ocorre maior acúmulo de nitrato em condições de baixa intensidade luminosa (OHSE, 1999). Dessa maneira, o teor do íon na planta varia em função da época do ano, do horário de colheita e das condições climáticas. A luz afeta o acúmulo de nitrato nas plantas através da sua influência sobre a produção de carboidratos, o suprimento de NADH e a indução da enzima nitrato redutase (KROHN et al., 2003). Durante o dia e sob maiores intensidades luminosas, a planta apresenta maior atividade fotossintética, elevando a produção de NADH (cofator da redutase do nitrato), consequentemente, maior quantidade de nitrato seria assimilada, enquanto que durante a noite ocorreria o acúmulo nos vacúolos. Outra teoria sugere que o acúmulo de nitrato na planta é estimulado pelo déficit de carboidratos sob condições de baixa intensidade luminosa com o objetivo de manutenção do potencial osmótico das células (CARDENAS-NAVARRO et al., 1999).

É necessário salientar a importância da caracterização do processo produtivo, a qual pode ser realizada através da análise do crescimento aliada à avaliação das características produtivas da cultura. O crescimento pode ser definido através da produção e partição da biomassa (massa fresca e seca) entre os diferentes órgãos da planta (MARCELIS, 1994), bem como, pelas dimensões de uma planta ou conjunto de plantas.

No outono do Rio Grande do Sul, ocorre uma redução progressiva da intensidade de radiação solar incidente e do comprimento do dia. Esta condição poderia proporcionar um elevado acúmulo de nitrato nas plantas. Outra importante característica climática do outono gaúcho é a progressiva redução da temperatura, que pode reduzir o crescimento, alongar o ciclo e prejudicar o rendimento e a qualidade da cultura.

Acredita-se que é um desafio selecionar cultivares que apresentem baixos níveis de nitrato, capacidade de manter um bom crescimento, alta produtividade e boa qualidade comercial sob as condições climáticas do outono do sul do Rio Grande do Sul.

Com a finalidade de gerar informações que sirvam como subsídio aos agricultores na eleição da cultivar e da hora da colheita mais adequada ao outono no Rio Grande do Sul, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a flutuação diária do acúmulo de nitrato, o crescimento e a produtividade de diferentes cultivares de alface em sistema hidropônico, no outono do sul do Rio Grande do Sul.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida no Campo Didático e Experimental do Departamento de Fitotecnia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, no Campus da Universidade Federal de Pelotas (latitude 31º 52’ S, longitude 52º 21’ W e altitude de 13 m), no Município do Capão do Leão, RS.

Realizou-se um experimento em estufa modelo “Arco Pampeana”, disposta no sentido Norte-Sul, revestida com filme de polietileno de baixa densidade (150 µm de espessura), no período de outono do ano de 2009. A semeadura de quatro cultivares de alface foi realizada no dia 08 de março, sendo o transplante das mudas realizado no dia 12 de abril.

A semeadura foi realizada em um tecido de algodão, mantendo-se as sementes umedecidas por um período de sete dias, após o qual as sementes encontravam-se germinadas, sendo as plântulas repicadas para cubos de espuma fenólica (1 x 1 x 1 cm), previamente lavada. Os cubos foram dispostos em um quadro para fertirrigação de mudas de hortaliças, sob ambiente protegido. Durante a produção de mudas foi utilizada a solução nutritiva na concentração de 50%, mantendo-se uma lâmina de aproximadamente 1,0 cm de altura. Na fase de cinco a sete folhas definitivas, as mudas foram transplantadas para as bancadas de cultivo

definitivo, com uso da técnica NFT. O sistema de cultivo era composto por seis bancadas, constituídas de telhas de fibrocimento (2,44 m de comprimento, 1,10 m de largura e espessura de 6,0 mm, com seis canais de 5,0 cm de profundidade), previamente impermeabilizadas com tinta betuminosa (Neutrol®), colocadas sobre cavaletes de madeira de 0,85 m de altura e com desnível de 2,0% para escoamento da solução nutritiva pela base dos canais. Através de um conjunto moto bomba de 1/2 HP fixado a um tanque de armazenamento da solução nutritiva (500 L), esta era impulsionada para um cano de PVC (25 mm) perfurado, localizado na parte mais elevada das bancadas de cultivo. A partir desse ponto, a solução nutritiva percorria a base dos canais e no final dos mesmos era recolhida por um cano de cano de PVC (100 mm), retornando até o tanque de armazenamento. As bancadas foram cobertas com plástico dupla-face branco-preto (150 µm de espessura), com orifícios para colocação das mudas. O espaçamento utilizado foi de 0,25 m entre plantas nos canais de cultivo e 0,18 m entre linhas (canais), totalizando 54 plantas por bancada, com distância lateral entre estas de 0,50 m, resultando na densidade de 13,84 plantas por m^{-2}.

A solução nutritiva utilizada foi a adaptada por MONTEZANO (2003) para a cultura da alface na região, com condutividade elétrica de 1,7 dS m^{-1} e a seguinte composição de macronutrientes (em mmol.$litro^{-1}$): 14,25 de NO_3^- 1,50 de $H_2PO_4^-$; 0,85 de SO_4^{2-}; 0,95 de NH_4^+; 8,25 de K^+; 3,37 de Ca^{2+}; 0,75 de Mg^{2+}; e de micronutrientes (em µmol.$litro^{-1}$): 40,0 de Fe; 5,0 de Mn; 4,0 de Zn; 30,0 de B; 0,75 de Cu; 0,5 de Mo.

A solução nutritiva foi monitorada diariamente através das medidas de condutividade elétrica (empregando-se um eletrocondutivímetro digital) e de pH (empregando-se um pHmetro digital). O pH foi mantido em 6,0 (± 0,5) através da adição de solução de correção à base de hidróxido de potássio (KOH 1N) ou ácido sulfúrico (H_2SO_4 1N). A reposição de nutrientes ou de água foi realizada através da adição de solução estoque concentrada ou de água, quando a condutividade elétrica sofria, respectivamente, uma diminuição ou um aumento, da ordem de 10%.

As plantas eram fertirrigadas através de um fluxo intermitente, programado por um temporizador, que acionava e desligava a moto bomba nos seguintes intervalos de tempos pré-estabelecidos: 8:00h às 9:00h; 10:00h às 11:00h; 12:00h às 13:00h; 13:50h às 14:30h; 15:00h às 16:20h; 17:00h às 18:00h; 19:00h às 20:00h; 00:00h à

01:00h, sendo os intervalos de tempo em que o sistema permanecia em repouso reduzidos nos períodos mais quentes do dia.

Os fatores experimentais estudados foram: cultivar, com quatro níveis (Mimosa Verde “Salad Bowl” - Topseed®, Mimosa Roxa “Salad Bowl” - Topseed®, alface do tipo americana Great Lakes - Topseed® e alface crespa Vera - Sakata®) e horário de colheita, também com quatro níveis (8:00h, 14:00h, 18:00h, 23:00h).

As avaliações foram realizadas em 22/05, um dia típico de outono da região. Com a finalidade de avaliar a produtividade e quantificar o crescimento da cultura, foram determinados o número de folhas, o diâmetro da planta, a altura do caule (para inferir sobre a tendência ao pendoamento) e a biomassa produzida, no dia da colheita pela manhã, selecionando-se três plantas de cada cultivar por repetição.

As plantas foram separadas em três frações: folhas, caule e raízes, as quais foram pesadas para a obtenção da massa fresca. As diferentes frações das plantas foram secas em estufa de ventilação forçada a 65ºC, até massa constante, e, depois pesadas em balança de precisão e, assim, determinada a massa seca. Também foi determinada a área foliar acumulada ao final do experimento, através de um equipamento medidor de imagens (LI-COR, modelo 3100).

A radiação solar global incidente no exterior da estufa foi obtida através dos dados coletados na Estação Agroclimatológica de Pelotas, localizada a aproximadamente 450 m do local do experimento.

Adicionalmente, na referida data, com a finalidade de avaliar o acúmulo de nitrato nas folhas foram feitas colheitas às 8, 14, 18 e 23 horas, selecionando-se duas plantas de cada cultivar por repetição para compor as amostras.

As folhas foram secas em estufa de ventilação forçada a 65ºC, até peso constante. Posteriormente, este material foi moído em moinho tipo Willey, peneira de 40 mesh, retirando-se amostras para a determinação do $N\text{-}NO_3^-$ de acordo com a metodologia proposta por BREMNER & KEENEY (1965).

O delineamento experimental adotado foi o de blocos completos casualizados com três repetições e parcela sub-dividida, em esquema unifatorial com quatro tratamentos (quatro cultivares), para as análises relativas ao crescimento e à produtividade, e bifatorial com 16 tratamentos (quatro cultivares x quatro horários de colheita) para a análise do nitrato acumulado. Cada parcela correspondia à metade de uma bancada de cultivo (27 plantas) totalizando 12 parcelas no experimento, estabelecendo-se na subparcela o horário de colheita. Os resultados foram

submetidos à comparação de médias, pelo teste DMS de Fisher com p<0, 05, assim como, foi realizada análise de correlação entre acúmulo de nitrato e massa fresca de folhas e acúmulo de nitrato e massa seca de folhas, com p<0,05.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação aos dados de acúmulo de nitrato nas folhas (Figura1), não foi constatada interação estatística significativa (p<0,05) entre cultivar e horário de colheita. Contudo, a fim de apresentar os resultados com maior riqueza de detalhes esses foram ilustrados através da Figura 1, que mostra a variação do acúmulo de nitrato para cada variedade em função do horário de colheita.

Através de uma análise comparativa entre as médias das cultivares verifica-se que a cultivar Crespa Vera acumulou mais nitrato (1993,3 mg kg^{-1} de massa fresca) que as demais cultivares, seguida pela cultivar Mimosa Verde (1653,5 mg kg^{-1} de massa fresca) que não diferiu da cultivar Americana Great Lakes (1447,7 mg kg^{-1} de massa fresca). A cultivar Mimosa Roxa foi a que apresentou menor conteúdo médio de nitrato (1360,0 mg kg^{-1} de massa fresca), sem diferir da cultivar Americana Great Lakes. Em relação à cultivar Mimosa Roxa, as cultivares Mimosa Verde e Crespa Vera apresentaram, respectivamente, acúmulo de nitrato 21,6%, 46,6% superior ao da mesma.

De modo geral, os resultados indicam que a cultivar Crespa Vera, dominante no mercado gaúcho, tende a acumular mais nitrato que as demais cultivares independentemente do horário, o que reforça a forte influência que o fator genético exerce no acúmulo de nitrato em alface, conforme constatado por MANTOVANI et al. (2005b) que comparando cultivares do grupo americana, crespa e lisa, cultivadas em vasos e em ambiente protegido no outono, constataram diferentes níveis de nitrato entre elas. Entretanto, os autores observaram que as cultivares do grupo americana foram as que apresentaram o maior acúmulo de nitrato, o que leva a acreditar que não somente o grupo ao qual pertence a alface afeta o acúmulo do íon, mas especificamente a cultivar empregada dentro do grupo.

A colheita foi realizada em um dia característico do período de outono no estado do Rio Grande do Sul, com baixa nebulosidade (0,7 em escala de 0 a 10) e radiação solar acumulada dentro da média do mês na região (11,6 MJ m^{-2} d^{-1}). O menor acúmulo de nitrato ocorreu às 8 horas em relação a todos os demais horários de colheita, os quais não diferiram entre si. As colheitas realizadas nos horários das

23, 14 e 18 horas apresentaram, respectivamente, acúmulo de nitrato de 29,1%, 22,4%, 17,0% superior a do horário das 8 horas, de forma semelhante ao constatado por CAVARIANNI et al. (2008), com cultivares de rúcula. O menor acúmulo de nitrato observado no horário das 8 horas pode ser atribuído à assimilação, durante o transcorrer da noite, do nitrato absorvido e acumulado no dia anterior, conforme observado por CARRASCO & BURRAGE (1992) na Inglaterra, assim como ao manejo do sistema de cultivo, que durante o período noturno contava com duas irrigações intermitentes de uma hora, assim, a quantidade de nitrato absorvida durante a noite era muito pequena, não se esperando um acúmulo significativo de nitrato nas plantas colhidas pela manhã.

Ao defrontar os resultados encontrados neste trabalho com os de outros autores relativos à avaliação de nitrato, pode-se observar tanto semelhanças quanto discrepâncias em função do estudo em comparação. No presente trabalho foram encontrados menores acúmulos de nitrato às 8 horas, diferentemente do encontrado por KROHN et al. (2003), que estudando horário de colheita para a alface do tipo Americana, em cultivo convencional no verão do município de Marechal Cândido Rondon/PR, encontraram acúmulos de nitrato menores às 12 e às 18 horas e maiores às 6 horas e à 0 hora. Neste trabalho, a cultivar Americana Great Lakes acumulou menor quantidade de nitrato que a cultivar Crespa Vera, semelhante ao observado por FERNANDES et al. (2002) em cultivo hidropônico no município de Viçosa/MG no outono. Entretanto, os trabalhos citados foram realizados em regiões do Brasil com realidades climáticas distintas do outono do Rio Grande do Sul, não fornecendo, assim uma boa margem para comparação. Além disso, as comparações entre pesquisas algumas vezes tornam-se difíceis, visto que as condições climáticas, as metodologias e a base de avaliação do nitrato (base de massa seca ou base de massa fresca) diferem, sendo a base de avaliação um dos principais problemas. Isso porque existe uma correlação positiva muito alta entre o acúmulo de nitrato e o acúmulo de água nos tecidos, que poderia provocar um aumento excessivo do valor de nitrato com base na massa seca e não com base na massa fresca. Então, para fins de estabelecer níveis relacionados à alimentação humana, a concentração de nitrato não deveria ser expressa em base de massa seca, e sim em base de massa fresca, já que o produto é consumido *in natura*.

Embora no Brasil não exista legislação específica que regulamente os conteúdos máximos permitidos de nitrato em vegetais, os valores das diferentes

cultivares de alface utilizadas neste estudo em todos os horários de colheita não excederam o limite máximo, para alface produzida em estufa no outono-inverno (4.500 mg kg^{-1} em base de massa fresca), permitido pela Comunidade Européia (MCCALL & WILLUMSEN, 1998). Inclusive todas as cultivares, independentemente do horário, apresentaram conteúdos de nitrato abaixo de 2100 mg Kg^{-1} de massa fresca (o limite para alface produzida em estufa em primavera-verão na Comunidade Européia é de 3500 mg Kg^{-1}).

Quanto às variáveis relacionadas ao crescimento (Tabelas 1 e 2), observa-se que a cultivar Americana Great Lakes apresentou produção de massa seca de folhas (Tabela 1) estatisticamente superior a das cultivares Mimosa Verde e Crespa Vera, sem diferir significativamente da cultivar Mimosa Roxa. A massa seca de folhas não diferiu entre as três últimas cultivares. A cultivar Crespa Vera apresentou massa seca de caule (Tabela 1) significativamente inferior às demais cultivares, as quais não diferiram entre si. Já, a massa seca total produzida pela planta (Tabela 1) seguiu o mesmo comportamento da massa seca de folhas, o que se atribui à homogeneidade de respostas entre as cultivares quanto à massa seca de raízes (Tabela 1) e a massa seca de caule entre as cultivares Americana Great Lakes, Mimosa Roxa e Mimosa Verde. COSTA et al. (2007) encontraram resultado semelhante, com massa seca total superior em cultivar do grupo americana quando em comparação a cultivares do grupo crespa e lisa.

Apesar da superior produção de massa seca de folhas e de planta da cultivar Americana Great Lakes em relação à cultivar Crespa Vera, a partição proporcional de massa seca para as folhas (dada pela relação folha/planta; Tabela 2) foi equivalente para ambas as cultivares, juntamente com a cultivar Mimosa Roxa e superior a da cultivar Mimosa Verde. A inferior produção de massa seca de caule da cultivar Crespa Vera levou a que a partição de massa seca para o caule (dada pela relação caule/planta) fosse inferior a das demais cultivares. Apesar da cultivar Mimosa Verde não apresentar diferenças estatísticas da cultivar Mimosa Roxa quanto a produção de massa seca dos diferentes órgãos, o maior valor numérico da massa seca de raízes, juntamente com o menor valor de massa seca de folhas, levou a que a sua alocação proporcional de massa seca às raízes fosse superior a das demais cultivares.

A maior massa seca de folhas produzida pela cultivar Americana Great Lakes foi acompanhada por uma superior área foliar (Tabela 2) em relação às cultivares

Mimosa Roxa e Crespa Vera, não diferindo da cultivar Mimosa Verde. Contudo, mesmo com menor área foliar que a cultivar Americana Great Lakes, as cultivares Mimosa Roxa e Crespa Vera apresentaram, juntamente com esta, uma menor área foliar específica (Tabela 2) em relação à cultivar Mimosa Verde, indicando tendência de haver maior expansão foliar para cada unidade de massa seca produzida nesta última cultivar, ou seja, folhas de menor espessura. OTTO et al. (2001), diferentemente do observado neste trabalho, encontraram, em ambiente protegido, área foliar específica menor de alface americana quando comparada à cultivar crespa. Entretanto, cabe salientar que a expansão foliar, além da questão varietal, depende de outros fatores externos, como a disponibilidade hídrica e de radiação solar, os quais muitas vezes estão condicionados pelas condições experimentais (época, sistema de cultivo, espaçamento, etc). Já, o menor conteúdo de massa seca das folhas (Tabela 2) foi observado na cultivar Americana Great Lakes.

Com relação às variáveis relacionadas às características produtivas e comerciais (Tabela 3), verifica-se que a alface Americana Great Lakes apresentou maior produção de massa fresca da planta e, consequentemente, maior produtividade que as demais cultivares. TOSTA et al. (2009) também observaram superioridade da cultivar Americana Great Lakes em relação à massa fresca de planta e produtividade, quando a defrontou com as cultivares Hortência (Crespa), 4 Estações (Lisa) e Regina (Lisa). Porém, não houve diferença de número de folhas entre as cultivares. Já, a cultivar Mimosa Roxa apresentou maior diâmetro de planta que a cultivar Americana Great lakes e não diferiu das cultivares Mimosa Verde e Crespa Vera. A cultivar Mimosa Verde apresentou maior altura de caule que as demais cultivares, seguida pela cultivar Mimosa Roxa, indicando a maior precocidade e tendência ao pendoamento, característica do grupo mimosa. Já, a cultivar Crespa Vera obteve o menor valor dessa variável, não diferindo da cultivar Americana Great Lakes.

Os diferentes padrões de crescimento e de respostas relacionadas ao rendimento e produtividade observados entre as cultivares são conseqüência de, primeiramente, características genéticas intrínsecas aos diferentes grupos de cultivares estudadas, conjuntamente à adequação dos materiais às condições climáticas da época e ao sistema de cultivo em que foi realizado o experimento. SILVA et al. (2007), analisando a produção de cultivares de alface de diferentes

grupos, também observaram variações significativas para muitas varáveis relacionadas ao crescimento.

Cabe informar que não houve uma correlação estatística significativa ($p<0,05$), tanto entre acúmulo de nitrato e a massa fresca de folhas, quanto entre este e a massa seca de folhas. Assim como, não foi observada relação direta entre acúmulo de nitrato e as características agronômicas avaliadas, uma vez que a cultivar que obteve maior acúmulo de nitrato, a cultivar Crespa Vera, não apresentou nem o maior crescimento nem a maior produtividade. Da mesma forma, a cultivar Americana Great Lakes, com maior crescimento e produtividade, apresentou, juntamente com a cultivar Mimosa Roxa, o menor acúmulo de nitrato em suas folhas.

A cultivar do grupo crespa, dominante no mercado gaúcho, apresentou os valores mais elevados de nitrato e crescimento e produtividade bastante inferiores ao da cultivar do grupo americana. Por outro lado, o adequado crescimento das cultivares Mimosa Roxa e Americana Great Lakes e os menores valores de nitrato em suas folhas, aliados aos maiores valores pagos ao agricultor por estes tipos de alface, as tornam opções interessantes para os produtores hidropônicos no outono do sul do Brasil. O excelente desempenho em relação às características produtivas da cultivar Americana Great Lakes e sua crescente demanda nos mercados corroboram a recomendação de seu plantio em sistema hidropônico. Por outro lado, o mercado das cultivares de cor roxa ainda é bastante restrito, porém vem apresentando tendência de expansão.

CONCLUSÕES

1. O menor acúmulo de nitrato nas folhas ocorre às 8 horas, sendo o período do início da manhã o mais indicado para colheita em dia de outono.

2. Diferentes cultivares de alface apresentam diferentes acúmulos de nitrato e diferentes padrões de crescimento.

3. As cultivares Mimosa Roxa e Americana Great Lakes apresentam menor tendência, enquanto que a cultivar Crespa Vera maior tendência de acumular nitrato nas folhas.

4. A cultivar Americana Great Lakes apresenta maior crescimento e as melhores respostas relacionadas à produtividade, o que associado aos menores valores de nitrato em suas folhas, a tornam uma alternativa interessante para os produtores hidropônicos no outono do sul do Brasil.

REFERÊNCIAS

ANDRIOLO, J.L. **Fisiologia das culturas protegidas**. Santa Maria: UFSM, 1999. 142p.

BREMNER, J.M.; KEENEY, D.R. Exchangeable ammonium, nitrate and nitrite by steam-distillation methods. In: BLACK, C.A. (Ed.). **Methods of soil analysis**: chemical and microbiological properties. Madison: American Society of Agronomy; Soil Science Society of America, 1965. p.1191-1206.

CARDENAS-NAVARRO, R.; ADAMOWICZ, S.; ROBIN, P. Nitrate accumulation in plants: a role for water. **Journal of Experimental Botany**, Lancaster, v.50, n.334, p.613-624, 1999.

CARRASCO, G.A.; BURRAGE, S.W. Diurnal fluctuations in nitrate accumulation and reductase activity in lettuce (*Lactuca sativa* L.) grown using Nutrient Film Technique. **Acta Horticulturae**, v.323, p.51-59, 1992.

CARVALHO, J.E.; ZANELLA, F.; MOTA, J.H.; LIMA, A.L.S. Cobertura morta do solo no cultivo de alface Cv. Regina 2000, em Ji-Paraná/RO. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.5, p.935-939, 2005.

CAVARIANNI, R.L.; CAZETTA, J.O.; MAY, A.; BARBOSA, J.C.; CECÍLIO FILHO, A.B.; CORRADI, M.M**.** Concentrações de nitrogênio na solução nutritiva e horário de colheita no teor de nitrato em rúcula. **Revista Caatinga**, v.21, n.5, p.44-49, 2008.

COOPER, A.J. Rapid crop turn-round is possible with experimental nutrient film technique. **Grower**, v.79, p.1048-1952, 1973.

COSTA C.C.; CECÍLIO FILHO A.B.; REZENDE B.L. A.; BARBOSA J.C.; GRANGEIRO L.C. Viabilidade agronômica do consórcio de alface e rúcula, em duas épocas de cultivo. **Horticultura brasileira**, v.25, p.34-40, 2007.

FAQUIN, V.; ANDRADE, A.T.; **Nutrição mineral e diagnose do estado nutricional de hortaliças**. Lavras: UFLA/ FAEPE, 2004. 88p.

FERNANDES, A.A.; MARTINEZ, H.E.P.; PEREIRA, P.R.G.; FONSECA, M.C.M. Produtividade, acúmulo de nitrato e estado nutricional de cultivares de alface, em hidroponia, em função de fontes de nutrientes. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, n.2, p.195-200, 2002.

FURLANI, P.R.; SILVEIRA, L.C.P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. Cultivo Hidropônico de plantas. **Boletim Técnico**, n.180. Instituto Agronômico de Campinas. 52 p. 1999.

HIRONDEL, J.I.; HIRONDEL, J.L. **Nitrate and man: toxic, harmless or beneficial?** New York: CAB Publishing. 2001. 168p.

KROHN, N.G.; MISSIO, R.F.; ORTOLAN, M.L.; BURIN, A.; STEINMACHER, D.A. LOPES, M.C. Teores de nitrato em folhas de alface em função do horário de coleta e do tipo de folha amostrada. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.21, n.2, p. 216-219, 2003.

MANTOVANI, J.R., CRUZ, M.C.P.; FERREIRA, M.E.; BARBOSA, J.C. Comparação de procedimentos de quantificação de nitrato em tecido vegetal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.1, p.53-59, 2005a.

MANTOVANI J.R.; FERREIRA M.E.; CRUZ M.C.P. Produção de alface e acúmulo de nitrato em função da adubação nitrogenada. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, p.758-762, 2005b.

MARCELIS, L.F.M. **Fruit growth and dry matter partitioning in cucumber**. Wageningem, 1994. 173f. (Tese de Doutorado), Wageningen.

McCALL, D.; WILLUMSEN F. Effects of nitrate, ammonium and chloride application on the yield and nitrate content of soil-grown lettuce. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, Kent, v.73, n.5, p.698-703, 1998.

MONTEZANO, E.M. **Eficiência no uso da água e dos nutrientes e relações de contaminação de cultivos de alface em sistema hidropônico***.* 2003. 60f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

OHSE S. **Rendimento, composição centesimal e teores de nitrato e vitamina c em alface sob hidroponia**. 1999. 103f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Piracicaba.

OTTO, R.F.; REGHIN, M.Y.; SÁ, G.D. Utilização do ‘não tecido’ de polipropileno como proteção da cultura de alface durante o inverno de Ponta Grossa -PR. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.19, n.1, p.49-52, 2001.

PILAU, F.G.; SCHMIDT, D.; SANTOS, O.S.; MANFRON, P.A. Teores de nitrato em cultivares de alface sob hidroponia, na primavera. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.18, p.276-277, 2000.

ROORDA VAN EYSINGA, J.P.N.L. Nitrate and glasshouse vegetables. **Fertilizer Research**, v.5, p.149-156, 1984.

SILVA, M.L.; VILLELA JR, L.V.E.; COLOVATTO, G.F.; SARTORI, R.A. Produção hidropônica de quatro cultivares de alface em Garça (SP). **Revista científica Eletrônica de Agronomia**, v.11, 2007.

TOSTA, M.S.; BORGES, F.S.P.; REIS, L.L.; TOSTA, J.S.; MENDONÇA, V.; TOSTA, P.A.F. Avaliação de quatro variedades de alface para cultivo de outono em Cassilândia-MS. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, Patos, v.5, 30-35, 2009.

WEIMIN, Z.; SHIJUN, L.; LIHONG, G.; ZHONGYANG, H.; DABIAO, Z. Genetic diversity of nitrate accumulation in vegetable crops. **Acta Horticulturae**, n.467, p.119-126, 1998.

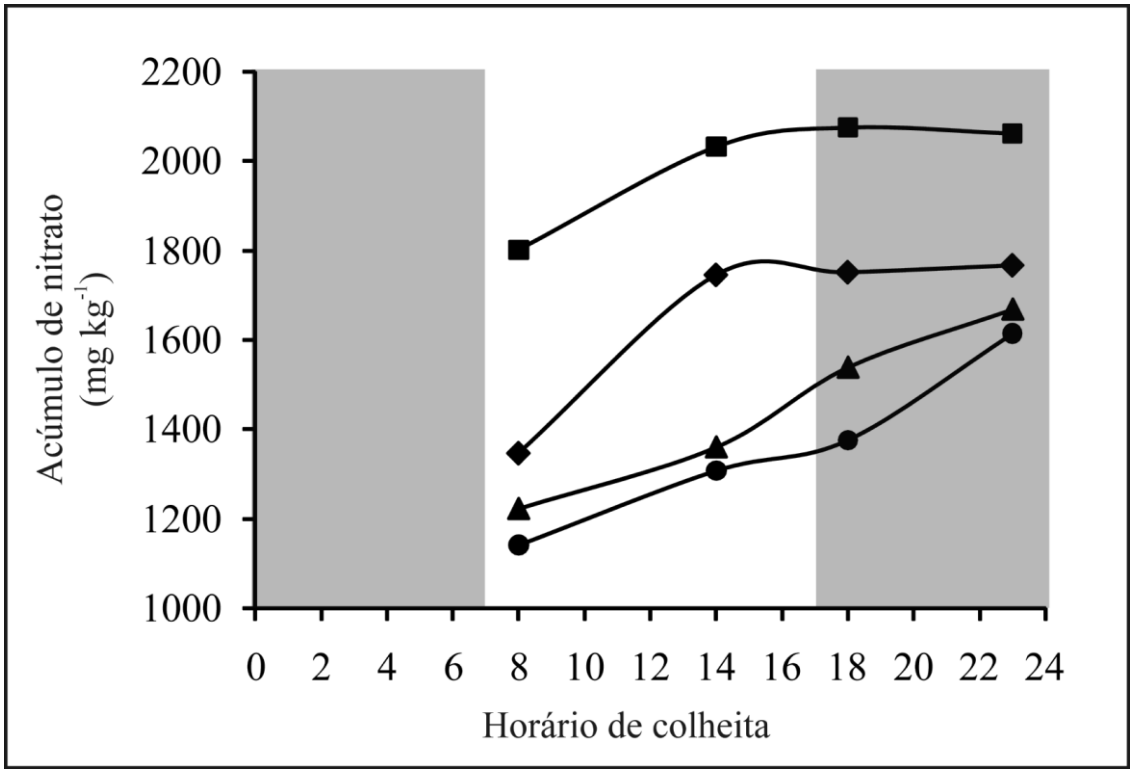


Figura 1. Acúmulo de nitrato (mg kg^{-1} de massa fresca) em folhas de cultivares de alface em função do horário de colheita em dia típico de outono (22/05/2009). (■) Crespa Vera, (▲) Americana Great Lakes, (◆) Mimosa Verde, (●) Mimosa Roxa, (Área sombreada) Período antes do nascer e depois do pôr do sol. Pelotas, UFPel, 2009.

Tabela 1. Produção de massa seca das folhas, do caule, das raízes e do total da planta de quatro cultivares de alface em sistema hidropônico, no ciclo de outono. Pelotas, UFPel, 2009.

Cultivar	Massa Seca de Folhas (g planta^{-1})	Massa Seca de Caule (g planta^{-1})	Massa Seca de Raízes (g planta^{-1})	Massa Seca Total (g planta^{-1})
Americana (Great Lakes)[2]	11,05 a[1]	1,08 a	1,78 a	13,91 a
Mimosa Roxa[2]	9,30 ab	1,04 a	1,38 a	11,72 ab
Mimosa Verde[2]	7,88 b	0,94 a	1,64 a	10,46 b
Crespa (Vera)[2]	8,21 b	0,73 b	1,38 a	10,32 b
CV	12,63	9,88	14,45	12,34

[1.] Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem significativamente pelo teste DMS de Fisher ($p<0,05$);

[2.] Colheita aos 40 dias após o transplante.

Tabela 2. Partição de biomassa (dada pelas relações de massa seca), área foliar (AF), área foliar especifica (AFE) e conteúdo de massa seca de folhas (CMSF) de quatro cultivares de alface em sistema hidropônico, no ciclo de outono. Pelotas, UFPel, 2009.

Cultivar	Partição de Biomassa			AF (cm^2)	AFE[1] ($cm^2\ g^{-1}$)	CMSF (%)
	Folha/ Planta	Caule/ Planta	Raiz/ Planta			
Americana (Great Lakes)[3]	0,79 a[2]	0,08ab	0,13 b	2261,4 a	206,2 b	3,11 b
Mimosa Roxa[3]	0,80 a	0,09 a	0,11 c	1860,5 b	200,9 b	4,67 a
Mimosa Verde[3]	0,75 b	0,09 a	0,16 a	1989,3 ab	252,3 a	4,14 a
Crespa (Vera)[3]	0,80 a	0,07 b	0,13 b	1717,7 b	209,1 b	4,55 a
CV	1,14	8,66	5,00	8,62	5,86	8,84

[1.] AFE corresponde à relação área foliar/ peso seco de folhas;

[2.] Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem significativamente pelo teste DMS de Fisher ($p<0,05$);

[3.] Colheita aos 40 dias após o transplante.

Tabela 3. Massa fresca de planta, produtividade, número de folhas, diâmetro de planta e altura de caule em quatro cultivares de alface em sistema hidropônico, no ciclo de outono. Pelotas, UFPel, 2009.

Cultivar	Massa Fresca de Planta ($g\ planta^{-1}$)	Produtividade[3] ($g\ m^{-2}$)	Número de folhas	Diâmetro de Planta (cm)	Altura de Caule (cm)
Americana (Great Lakes)[2]	424,4 a[1]	5314,1 a	20,9 a	33,7 b	7,5 bc
Mimosa Roxa[2]	259,2 b	3036,7 b	23,6 a	39,3 a	7,8 b
Mimosa Verde[2]	255,6 b	2990,5 b	23,1 a	38,7 ab	10,3 a
Crespa (Vera)[2]	225,1 b	2701,4 b	21,7 a	34,7 ab	6,5 c
CV	19,16	19,57	9,79	7,51	7,19

[1.] Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem significativamente pelo teste DMS de Fisher ($p<0,05$);

[2.] Colheita aos 40 dias após o transplante;

[3.] Parte aérea.

ARTIGO 3: Variação diária do nitrato, crescimento e produtividade de cultivares de alface hidropônica no inverno

Variação diária do nitrato, crescimento e produtividade de cultivares de alface hidropônica no inverno

Leandro Andrade da Fonseca[1]; Roberta Marins Nogueira Peil[2].

[1] Engenheiro Agrônomo, mestrando em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS. e-mail: dafonsecaleandro@yahoo.com.br;

[2] Engenheira Agrônoma, Drª., Professora Associada, Departamento de Fitotecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS. e-mail: rmpeil@ufpel.tche.br;

RESUMO

A seleção de cultivares de alface que apresentem adequados crescimento e rendimento e reduzido conteúdo de nitrato nas condições de inverno do sul do Brasil é um desafio. Assim, este trabalho teve o objetivo de avaliar o acúmulo de nitrato, o crescimento e a produtividade de alface cultivada em sistema NFT, no inverno, em Pelotas, RS. Foram estudadas, quatro cultivares (Mimosa Verde, Mimosa Roxa, Americana Great Lakes e Crespa Vera) e quatro horários de colheita (8:00h, 14:00h, 18:00h e 23:00h). Os resultados indicam que as cultivares Mimosa Verde e Mimosa Roxa apresentaram acúmulos de nitrato semelhantes (média de 2182 mg kg^{-1}) e para ambas as cultivares o menor teor de nitrato foi observado às 8 horas (1545 contra a média de 2394 mg kg^{-1} dos demais horários de colheita). A cultivar Americana Great Lakes apresentou menor acúmulo que a cultivar Crespa Vera (1915 e 2679 kg mg^{-1}, respectivamente), e a colheita das 14 horas apresentou acúmulo de nitrato inferior a das 18 horas (2054 contra 2454 mg kg^{-1}, respectivamente). A cultivar Americana Great Lakes apresentou produção de massa fresca total e produtividade (472,0 g $planta^{-1}$ e 5590,1 g m^{-2}, respectivamente) superiores às demais, sem diferir da cultivar Mimosa Verde (390,2 g $planta^{-1}$ e 4580,6 g m^{-2}, respectivamente). Com base nos resultados, conclui-se que em dias nebulosos, o período entre a manhã e o início da tarde é o mais indicado para a colheita no inverno. As cultivares Mimosa Verde e Americana Great Lakes apresentam maior crescimento e as melhores respostas relacionadas à produtividade o que, associado aos menores valores de nitrato em suas folhas, as tornam opções interessantes para o cultivo em hidroponia no inverno.

Palavras-chave: *Lactuca sativa* L., NFT, horário de colheita, massa seca, massa fresca.

Daily variation of nitrate, growth and yield of lettuce varieties in a hydroponic system in winter

ABSTRACT

The selection of lettuce cultivars that present an appropriated pattern of growth, yield and low leaves nitrate contents in winter conditions of the south of Brazil is a challenge. Therefore, the aim of this work was to evaluate nitrate accumulated, the growth and yield of lettuce growing in NFT system, in winter, in Pelotas, RS. Four cultivars were evaluated (Green Garden, Red Garden, Great Lakes Iceberg and "Vera" sunny lettuce types) and four harvest times (8:00 am, 2:00 pm, 6:00 pm, 11:00 pm). The results indicated that Green Garden and Red Garden presented similar contents of nitrate (mean of 2182 mg kg^{-1}) and for both cultivars the lowest nitrate contents was observed at 8:00 pm (1545 against means of 2394 mg kg^{-1} of the other havert times harvesting). Great Lakes Iceberg cultivar presented lower contents of nitrate than "Vera" Sunny (means of 1915 and 2679 kg mg^{-1}, respectively), and the harvest at 2:00 pm showed lower contents of nitrate than at 6:00 pm (means of 2054 against 2454 mg kg^{-1}, respectively). Great Lakes Iceberg presented higher total fresh mass production and yield (472.0 g $planta^{-1}$ and 5590.1 g m^{-2}, respectively) than other cultivars, did not differing of Green Garden (390.2 g $planta^{-1}$ and 4580.6 g m^{-2}, respectively). Based on the results, we can conclude that in cloudy days, the period from morning to early afternoon is the most indicated for lettuce harvest in winter. Green Garden and Great Lakes Iceberg presented the highest growth and the best yield responses which in association to the lowest values of nitrate contents, make they the most interesting cultivars for hydroponic system in winter.

keywords: *Lactuca sativa* L., ., NFT, harvest time, dry mass, fresh mass.

INTRODUÇÃO

A alface é a hortaliça folhosa de maior importância na alimentação do brasileiro, devido a ser a mais consumida, o que lhe confere expressiva importância econômica (CARVALHO et al., 2005). A cultura da alface no Estado do Rio Grande do Sul é de suma importância econômica e social, visto que a produção é basicamente realizada por agricultores familiares e a sua absorção se dá a nível local, devido a sua alta perecibilidade, proporcionando assim um grande volume de comercialização do produto no estado. A cultura é uma das mais cultivadas no

sistema hidropônico do tipo – NFT (do inglês “nutrient film technique” ou técnica da lâmina de nutrientes/ COOPER, 1973).

Entretanto, a alface possui habilidade de acumular grande quantidade de nitrato em suas folhas (ROORDA VAN EYSINGA, 1984), existindo interesse em se monitorar o acúmulo de nitrato nessas plantas, principalmente em sistemas hidropônicos, nos quais a disponibilidade do íon é elevada. Nestes sistemas, o nitrogênio é fornecido basicamente na forma de nitrato, devido ao amônio em altas concentrações na solução nutritiva ser fitotóxico para a planta de alface (FURLANI,1999). Segundo ANDRIOLO (1999), o acúmulo de nitrato nos tecidos vegetais se dá quando a absorção excede as necessidades metabólicas da planta.

A concentração de nitrato é um importante índice da qualidade dos alimentos (MANTOVANI et al., 2005a). Quando ingerido pelo homem, nitratos e nitritos contribuem para a formação endógena de N-nitrosaminas, compostos potencialmente cancerígenos, que são capazes de transformar a hemoglobina do sangue em ferriemoglobina, processo que leva ao impedimento do transporte do oxigênio dos alvéolos pulmonares para os tecidos (HIRONDEL & HIRONDEL, 2001).

A variação do acúmulo depende de vários fatores: genótipo (WEIMIN et al., 1998); intensidade luminosa, quantidade e fonte de fertilizantes nitrogenados (FAQUIN E ANDRADE, 2004).

O fator genético é determinante no acúmulo de nitrato pela alface. Diversos trabalhos demonstram que diferentes cultivares de alface apresentam variados teores de nitrato (PILAU et al., 2000; FERNANDES et al., 2002; CAVARIANNI et al., 2008).

No caso da intensidade luminosa, pode-se afirmar que este é um dos principais fatores que interferem no acúmulo de nitrato nas plantas. De maneira geral, ocorre maior acúmulo de nitrato em condições de baixa intensidade luminosa (OHSE, 1999). Dessa maneira, o teor do íon na planta varia em função da época do ano, do horário de colheita e das condições climáticas. A luz afeta o acúmulo de nitrato nas plantas através da sua influência sobre a produção de carboidratos, o suprimento de NADH e a indução da enzima nitrato redutase (KROHN et al., 2003). Durante o dia e sob maiores intensidades luminosas, a planta apresenta maior atividade fotossintética, elevando a produção de NADH (cofator da redutase do nitrato), consequentemente, maior quantidade de nitrato seria assimilada, enquanto que durante a noite ocorreria o acúmulo nos vacúolos. Outra teoria sugere que o

acúmulo de nitrato na planta é estimulado pelo déficit de carboidratos sob condições de baixa intensidade luminosa com o objetivo de manutenção do potencial osmótico das células (CARDENAS-NAVARRO et al., 1999).

É necessário salientar a importância da caracterização do processo produtivo, a qual pode ser realizada através da análise do crescimento aliada à avaliação das características produtivas da cultura. O crescimento pode ser definido através da produção e partição da biomassa (massa fresca e seca) entre os diferentes órgãos da planta (MARCELIS, 1994), bem como, pelas dimensões de uma planta ou conjunto de plantas.

No inverno do Rio Grande do Sul existem peculiaridades climáticas em relação ao restante do país, entre elas encontra-se a baixa luminosidade, fato que em relação ao acúmulo de nitrato pelas plantas se torna extremamente preocupante, uma vez que, nestas condições ocorreria uma diminuição da atividade da enzima nitrato redutase que viria a proporcionar um elevado acúmulo de nitrato nas plantas. Entretanto, ainda não existem trabalhos desenvolvidos no estado que venham a confirmar tal hipótese. Outra importante característica climática são as baixas temperaturas registradas no inverno gaúcho que chegam a patamares bem abaixo do adequado ao crescimento da cultura, o qual se situa em temperaturas do ar entre 15 e 24 ºC (FILGUEIRA, 2000), sendo frequente a ocorrência de temperaturas abaixo de 0 ºC e de geadas, o que ocasiona baixo crescimento, quebra do rendimento e aumento do ciclo produtivo.

Acredita-se que é um desafio selecionar cultivares que apresentem baixos níveis de nitrato, capacidade de manter um bom crescimento, alta produtividade e boa qualidade comercial sob as condições climáticas adversas do inverno do sul do Rio Grande do Sul.

Tendo em vista tais fatores, faz-se necessário o conhecimento sobre o conteúdo de nitrato, juntamente com informações relativas ao crescimento e a produtividade de cultivares de alface em regiões em que há ocorrência de baixas luminosidade e temperatura, como é o caso do Rio Grande do Sul, o que associado à determinação da variação diária do nitrato nas plantas é uma ferramenta que poderá ser empregada para orientar os agricultores quanto à eleição da cultivar e a hora da colheita no inverno.

Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a variação diária do acúmulo de nitrato, em dia típico de inverno no sul do Rio Grande do Sul, o

crescimento e a produtividade de diferentes cultivares de alface em sistema hidropônico.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida no Campo Didático e Experimental do Departamento de Fitotecnia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, no Campus da Universidade Federal de Pelotas (latitude 31º 52' S, longitude 52º 21' W e altitude de 13 m), no Município do Capão do Leão, RS.

Realizou-se um experimento em estufa modelo "Arco Pampeana", disposta no sentido Norte-Sul, revestida com filme de polietileno de baixa densidade (150 µm de espessura), no período de inverno do ano de 2009. A semeadura de quatro cultivares de alface foi realizada no dia 30 de maio, sendo o transplante das mudas realizado no dia 14 de julho.

A semeadura foi realizada em um tecido de algodão, mantendo-se as sementes umedecidas por um período de sete dias, após o qual as sementes encontravam-se germinadas, sendo as plântulas repicadas para cubos de espuma fenólica (1 x 1 x 1 cm), previamente lavada. Os cubos foram dispostos em um quadro para fertirrigação de mudas de hortaliças, sob ambiente protegido. Durante a produção de mudas foi utilizada a solução nutritiva na concentração de 50%, mantendo-se uma lâmina de aproximadamente 1,0 cm de altura. Na fase de cinco a sete folhas definitivas, as mudas foram transplantadas para as bancadas de cultivo definitivo, com uso da técnica NFT. O sistema de cultivo era composto por seis bancadas, constituídas de telhas de fibrocimento (2,44 m de comprimento, 1,10 m de largura e espessura de 6,0 mm, com seis canais de 5,0 cm de profundidade), previamente impermeabilizadas com tinta betuminosa (Neutrol®), colocadas sobre cavaletes de madeira de 0,85 m de altura e com desnível de 2,0% para escoamento da solução nutritiva pela base dos canais. Através de um conjunto moto bomba de 1/2 HP fixado a um tanque de armazenamento da solução nutritiva (500 L), esta era impulsionada para um cano de PVC (25 mm) perfurado, localizado na parte mais elevada das bancadas de cultivo. A partir desse ponto, a solução nutritiva percorria a base dos canais e no final dos mesmos era recolhida por um cano de cano de PVC (100 mm), retornando até o tanque de armazenamento. As bancadas foram cobertas com plástico dupla-face branco-preto (150 µm de espessura), com orifícios para colocação das mudas. O espaçamento utilizado foi de 0,25 m entre plantas nos

canais de cultivo e 0,18 m entre linhas (canais), totalizando 54 plantas por bancada, com distância lateral entre estas de 0,50 m, resultando na densidade de 13,84 plantas por m^{-2}.

A solução nutritiva utilizada foi a adaptada por MONTEZANO (2003) para a cultura da alface na região, com condutividade elétrica de 1,7 dS m^{-1} e a seguinte composição de macronutrientes (em mmol $litro^{-1}$): 14,25 de NO_3^- 1,50 de $H_2PO_4^-$; 0,85 de SO_4^{2-}; 0,95 de NH_4^+; 8,25 de K^+; 3,37 de Ca^{2+}; 0,75 de Mg^{2+}; e de micronutrientes (em µmol $litro^{-1}$): 40,0 de Fe; 5,0 de Mn; 4,0 de Zn; 30,0 de B; 0,75 de Cu; 0,5 de Mo.

A solução nutritiva foi monitorada diariamente através das medidas de condutividade elétrica (empregando-se um eletrocondutivímetro digital) e de pH (empregando-se um pHmetro digital). O pH foi mantido em 6,0 (± 0,5) através da adição de solução de correção à base de hidróxido de potássio (KOH 1N) ou ácido sulfúrico (H_2SO_4 1N). A reposição de nutrientes ou de água foi realizada através da adição de solução estoque concentrada ou de água, quando a condutividade elétrica sofria, respectivamente, uma diminuição ou um aumento, da ordem de 10%.

As plantas eram fertirrigadas através de um fluxo intermitente, programado por um temporizador, que acionava e desligava a moto bomba nos seguintes intervalos de tempos pré-estabelecidos: 8:00h às 9:00h; 10:00h às 11:00h; 12:00h às 13:00h; 13:50h às 14:30h; 15:00h às 16:20h; 17:00h às 18:00h; 19:00h às 20:00h; 00:00h à 01:00h, sendo os intervalos de tempo em que o sistema permanecia em repouso reduzidos nos períodos mais quentes do dia.

Os fatores experimentais estudados foram: cultivar, com quatro níveis (Mimosa Verde “Salad Bowl” - Topseed®, Mimosa Roxa “Salad Bowl” - Topseed®, alface do tipo americana Great Lakes - Topseed® e alface crespa Vera - Sakata®) e horário de colheita, também com quatro níveis (8:00h, 14:00h, 18:00h, 23:00h).

As avaliações foram realizadas em dias típicos de inverno da região (nebulosos), todavia, em datas distintas, uma vez que as cultivares Mimosa Verde e Mimosa Roxa se apresentaram em estágio de comercialização, em 08/09, nove dias antes que as cultivares Crespa Vera e Americana Great Lakes, as quais foram avaliadas em 17/09. Devido às condições de nebulosidade reinantes nas datas das avaliações terem sido distintas, foi adotado o critério de considerar cada data um experimento no que tange à análise do conteúdo de nitrato nas plantas. Sendo assim, as comparações para acúmulo de nitrato foram realizadas duas a duas entre

cultivares, tendo a cultivar Mimosa Verde sido comparada com a cultivar Mimosa Roxa e, por sua vez, a cultivar Americana Great Lakes comparada com a cultivar Crespa Vera.

Com a finalidade de avaliar a produtividade e quantificar o crescimento da cultura, foram determinados o número de folhas, o diâmetro da planta, a altura do caule (para inferir sobre a tendência ao pendoamento) e a biomassa produzida no dia da colheita pela manhã, selecionando-se três plantas de cada cultivar por repetição.

As plantas foram separadas em três frações: folhas, caule e raízes, as quais foram pesadas para a obtenção da massa fresca. As diferentes frações das plantas foram secas em estufa de ventilação forçada a 65ºC, até massa constante, e, depois pesadas em balança de precisão e, assim, determinada a massa seca. Também foi determinada a área foliar acumulada ao final do experimento, através de um equipamento medidor de imagens (LI-COR, modelo 3100).

A radiação solar global incidente no exterior foi obtida através dos dados coletados na Estação Agroclimatológica de Pelotas, localizada a aproximadamente 450 m do local dos experimentos.

Adicionalmente, nas referidas datas, com a finalidade de avaliar o acúmulo de nitrato nas folhas, foram feitas colheitas às 8, 14, 18 e 23 horas, selecionando-se duas plantas de cada cultivar por repetição para compor as amostras.

As folhas foram secas em estufa de ventilação forçada a 65ºC, até peso constante. Posteriormente, este material foi moído em moinho tipo Willey, peneira de 40 mesh, retirando-se amostras para a determinação do $N\text{-}NO_3^-$ de acordo com a metodologia proposta por BREMNER & KEENEY (1965).

O delineamento experimental adotado foi o de blocos completos casualizados com três repetições e parcela sub-dividida, em esquema unifatorial com quatro tratamentos (quatro cultivares), para as análises relativas ao crescimento e à produtividade, e bifatorial com 8 tratamentos (duas cultivares x quatro horários de colheita) para cada um dos experimentos constituídos relativos à análise do acúmulo de nitrato. Cada parcela correspondia à metade de uma bancada de cultivo (27 plantas) totalizando 6 parcelas nos experimentos sobre NO_3^-, estabelecendo-se na subparcela o horário de colheita. Os resultados foram submetidos à comparação de médias, pelo teste DMS de Fisher com $p<0,05$, assim como, foi realizada análise de

correlação entre acúmulo de nitrato e massa fresca de folhas e acúmulo de nitrato e massa seca de folhas, com $p<0,05$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação aos dados de acúmulo de nitrato nas folhas (Figura1), não foi constatada interação estatística significativa ($p<0,05$) entre cultivar e horário de colheita, tanto na comparação entre a cultivar Americana Great Lakes e a cultivar Crespa Vera quanto na comparação entre a cultivar Mimosa Verde e a cultivar Mimosa Roxa. Contudo, a fim de apresentar os resultados com maior riqueza de detalhes esses foram ilustrados através da Figura 1, que mostra a variação do acúmulo de nitrato para cada variedade em função do horário de colheita.

As cultivares Mimosa Verde e Mimosa Roxa, colhidas em 08/09, dia com menor nebulosidade e maior radiação solar (em escala de 0 a 10, nebulosidade 6 e radiação solar acumulada de 12,0 MJ m^{-2} d^{-1}) do que 17/09, não diferiram entre si quanto ao acúmulo de nitrato (Figura 1a; média de 2182 mg Kg^{-1} para as duas cultivares). Entretanto, observou-se um menor acúmulo de nitrato às 8 horas (1545 mg kg^{-1}), independentemente da cultivar. Os demais horários não apresentaram diferenças significativas entre si, com médias variando de 2166 mg kg^{-1}, às 14 horas, a 2593 mg kg^{-1}, às 23 horas. O menor acúmulo de nitrato no inicio da manhã pode ser atribuído à assimilação, durante o transcorrer da noite, do nitrato absorvido e acumulado no dia anterior, conforme observado por CARRASCO & BURRAGE (1992) na Inglaterra, assim como ao manejo do sistema de cultivo, que durante o período noturno contava com duas irrigações intermitentes de uma hora, assim, a quantidade de nitrato fornecida durante a noite era pequena, não se esperando um acúmulo significativo de nitrato nas plantas colhidas pela manhã.

Em relação à análise estabelecida com as cultivares Crespa Vera e Americana (Figura 1b), os resultados indicam que a cultivar Crespa Vera (média de 2679 mg kg^{-1}) acumula mais nitrato que a cultivar Americana Great Lakes (1915 mg kg^{-1}), independentemente do horário. A baixa radiação solar acumulada no dia 17/09 (5,7 MJ m^{-2} d^{-1}), data da colheita destas cultivares, pode ter sido um dos fatores que contribuiu para o maior acúmulo de nitrato da cultivar Crespa Vera, uma vez que, com menores índices de radiação a taxa de fotossíntese é reduzida e a atividade da enzima nitrato redutase também, assim menor quantidade de nitrato chegaria até o citoplasma das células para ser reduzido a amônio, ficando acumulado nos

vacúolos. Contudo, a cultivar Americana Great Lakes apresentou os menores valores de nitrato (inclusive em relação às cultivares do tipo mimosa, analisadas a parte), o que indica que o fator genético exerceu uma influência mais marcante no acúmulo de nitrato em alface do que a baixa radiação solar, conforme constatado por MANTOVANI et al. (2005b) que comparando cultivares do grupo americana, crespa e lisa, cultivadas em vasos e em ambiente protegido no outono, constataram diferentes níveis de nitrato entre elas. Entretanto, diferentemente do observado na presente pesquisa, os autores verificaram que as cultivares do grupo americana foram as que apresentaram o maior acúmulo de nitrato, o que leva a acreditar que não somente o grupo ao qual pertence a alface afeta o acúmulo do íon, mas especificamente a cultivar empregada dentro do grupo.

Para as cultivares Crespa e Americana, os horários das 14 e das 18 horas foram os que apresentaram menor e maior acúmulo de nitrato, respectivamente, não havendo diferenças significativas entre estes dois e os valores das 8 e das 23 horas. Segundo FOYER et al. (1998), há uma correlação positiva entre a taxa de fotossíntese e a atividade da enzima nitrato redutase, a qual tem sua atividade diminuída nos horários com reduzida luminosidade (CAMPBELL, 1999), levando ao acúmulo de nitrato nos vacúolos celulares, o que foi pouco percebido para este dia. A alta nebulosidade ao longo do dia 17/09, data da colheita destas cultivares (nebulosidade 10, indicando que durante a totalidade do dia o sol esteve encoberto por nuvens), característica do período de inverno no estado do Rio Grande do Sul, possivelmente levou a que houvesse poucas diferenças numéricas no acúmulo de nitrato entre os horários de colheita (valores médios para as duas cultivares variando entre 2054 mg kg^{-1}, às 8 horas, até 2454 mg kg^{-1}, às 18 horas), devido à presumível pouca variação da taxa fotossintética ao longo do dia.

Ao defrontar os resultados encontrados neste trabalho com os de outros autores relativos à avaliação de nitrato, pode-se observar tanto semelhanças quanto discrepâncias em função do estudo em comparação. No presente trabalho foram encontrados menores acúmulos de nitrato para a cultivar Americana Great Lakes às 8 e às 14 horas, diferentemente do encontrado por KROHN et al. (2003), que estudando horário de colheita para a alface do tipo Americana, em cultivo convencional no verão do município de Marechal Cândido Rondon/PR, encontraram acúmulos de nitrato menores às 12 e às 18 horas e maiores às 6 horas e à 0 hora. Neste trabalho, a cultivar Americana Great Lakes acumulou menor quantidade de

nitrato que a cultivar Crespa Vera, semelhante ao observado por FERNANDES et al. (2002) em cultivo hidropônico no município de Viçosa/MG no outono. Entretanto, os trabalhos citados foram realizados em regiões do Brasil com realidades climáticas extremamente distintas do inverno do Rio Grande do Sul, não fornecendo, assim uma boa margem para comparação. Além disso, as comparações entre pesquisas algumas vezes tornam-se difíceis, visto que as condições climáticas, as metodologias e a base de avaliação do nitrato (base de massa seca ou base de massa fresca) diferem, sendo a base de avaliação um dos principais problemas. Isso porque existe uma correlação positiva muito alta entre o acúmulo de nitrato e o acúmulo de água nos tecidos, que poderia provocar um aumento excessivo do valor de nitrato com base na massa seca e não com base na massa fresca. Então, para fins de estabelecer níveis relacionados à adequabilidade à alimentação humana, a concentração de nitrato não deveria ser expressa em base de massa seca, e sim em base de massa fresca, já que o produto é consumido *in natura*.

Embora no Brasil não exista legislação específica que regulamente os conteúdos máximos permitidos de nitrato em vegetais, os valores das diferentes cultivares de alface utilizadas neste estudo em todos os horários de colheita não excederam o limite máximo para alface produzida em estufa no inverno (4.500 mg kg^{-1} em base de massa fresca), permitido pela Comunidade Européia (MCCALL & WILLUMSEN, 1998). Inclusive, todas as cultivares avaliadas apresentaram conteúdos de nitrato abaixo de 2600 mg Kg^{-1} de massa fresca às 8 horas da manhã (bem abaixo do valor de 3500 mg $Kg^{-}1$, estabelecido como limite para alface produzida em primavera-verão na Comunidade Européia) que é um dos horários habituais de colheita desta hortaliça, estabelecido por questões de logística e de mercado no estado.

Quanto às variáveis relacionadas ao crescimento (Tabelas 1 e 2), observa-se que a cultivar Americana Great Lakes apresentou produção de massa seca de folhas (Tabela 1) estatisticamente superior a das cultivares Mimosa Roxa e Crespa Vera, sem diferir significativamente da Mimosa Verde. A massa seca de folhas não diferiu entre as três últimas cultivares. A massa seca de raízes (Tabela 1) seguiu comportamento semelhante, porém, para esta variável, a cultivar Crespa Vera não apresentou diferenças significativas da cultivar Americana Great Lakes. Apesar dessas diferenças, a massa seca total produzida pela planta (Tabela 1) não diferiu significativamente entre as cultivares, o que se atribui à homogeneidade de

respostas da massa seca do caule (Tabela 1) aliada aos valores numéricos de massa seca dos diferentes órgãos, que somados diminuíram as diferenças**.** Já, COSTA et al. (2007) encontraram massa seca total superior em cultivar do grupo americana quando em comparação a cultivares do grupo crespa e lisa.

A superior produção de massa seca de folhas da cultivar Americana Great Lakes para uma similar produção de massa seca total da planta levou a que a partição proporcional de massa seca (Tabela 2) fosse superior para as folhas (dada pela relação folha/planta) e inferior para o caule (dada pela relação caule/planta) da referida cultivar em comparação às cultivares Crespa Vera e Mimosa Roxa, as quais não diferiram da cultivar Mimosa Verde. Já, a massa seca alocada para as raízes (dada pela relação raiz/planta) não diferiu entre as cultivares. Apesar da maior massa seca de folhas produzida pela cultivar Americana Great Lakes, a área foliar (Tabela 2) não apresentou diferenças significativas entre as cultivares, exceto a superioridade observada entre o valor da cultivar Mimosa Verde em relação ao da cultivar Crespa Vera. Como conseqüência, a alface Americana Great Lakes apresentou um menor valor de área foliar específica (Tabela 2) em relação a cultivar Mimosa Verde, indicando tendência de haver menor expansão foliar para cada unidade de massa seca produzida nessa cultivar, ou seja, folhas de maior espessura. OTTO et al. (2001) também encontraram, em ambiente protegido, área foliar específica menor de alface americana quando comparada a cultivares crespa e lisa. Entretanto, cabe salientar que a expansão foliar, além da questão varietal, depende de ouros fatores externos, como a disponibilidade hídrica e de radiação solar, os quais muitas vezes estão condicionados pelas condições experimentais (época, sistema de cultivo, espaçamento, etc). Contudo, a cultivar Americana Great Lakes apresentou menor conteúdo de massa seca das folhas que as cultivares Mimosa Roxa e Mimosa Verde e não diferiu da cultivar Crespa Vera (Tabela 2).

Com relação às características produtivas e comerciais (Tabela 3), a alface Americana Great Lakes apresentou maior produção de massa fresca da planta e, consequentemente, maior produtividade que as cultivares Mimosa Roxa e Crespa Vera, não diferindo da cultivar Mimosa Verde. TOSTA et al. (2009) também observaram superioridade da cultivar Americana Great Lakes em relação à massa fresca de planta e produtividade, quando a defrontou com as cultivares Hortência (Crespa), 4 Estações (Lisa) e Regina (Lisa). O menor número de folhas da cultivar Americana Great Lakes em relação à cultivar Mimosa Verde foi compensado com

uma maior produção de massa fresca de planta, resultado semelhante ao encontrado por SEDIYAMA et al. (2009), o que não ocorreu com as cultivares Crespa Vera e Mimosa Roxa. Já, as cultivares Americana Great Lakes e Crespa Vera apresentaram menor diâmetro de planta que as cultivares Mimosa Verde e Mimosa Roxa, que não diferiram entre si. A cultivar Mimosa Roxa apresentou maior altura de caule que as cultivares Americana Great Lakes e Crespa Vera e não diferiu da cultivar Mimosa Verde quanto a esta variável, indicando a maior precocidade e tendência ao pendoamento, características do grupo mimosa.

Os diferentes padrões de crescimento e de respostas relacionadas ao rendimento e produtividade observados entre as cultivares são conseqüências de, primeiramente, características genéticas intrínsecas aos diferentes grupos de cultivares estudadas, conjuntamente à adequação dos materiais às condições climáticas da época e ao sistema de cultivo em que foi realizado o experimento. SILVA et al. (2007), analisando a produção de cultivares de alface de diferentes grupos, também observaram variações significativas para muitas varáveis relacionadas ao crescimento.

Cabe informar que não houve uma correlação estatística significativa ($p<0,05$), tanto entre o nitrato acumulado e a massa fresca de folhas, quanto entre este e a massa seca de folhas.

O adequado crescimento da cultivar Americana Great Lakes, o seu bom desempenho em relação às características produtivas e os menores níveis de nitrato em suas folhas observados neste trabalho, aliados a sua crescente demanda nos mercados e aos maiores valores pagos ao agricultor por este tipo de alface (CEASA/RS, 2010), a tornam uma alternativa interessante para os produtores no inverno do sul do Brasil.

A cultivar Mimosa Verde com níveis intermediários de nitrato nas folhas, apresentou crescimento e produtividade semelhantes aos da cultivar Americana Great lakes. O mercado deste tipo de alface, apesar de restrito, se encontra em expansão, o que poderia justificar a sua presença em uma área de produção.

CONCLUSÕES

1. As cultivares Mimosa Verde e Mimosa Roxa apresentam acúmulos de nitrato similares. Para ambas cultivares, em dias com variação da nebulosidade, ocorre

menor acúmulo de nitrato nas folhas às 8 horas. Nesta condição, o período do inicio da manhã é o mais indicado para a colheita.

2. A cultivar Americana Great Lakes apresenta menor acúmulo de nitrato nas folhas que a cultivar Crespa Vera em condições de alta nebulosidade ao longo do dia. Nestas condições, há pouca variação no acúmulo de nitrato em relação ao horário da colheita, com tendência de haver menor acúmulo até o inicio da tarde.

3. Diferentes cultivares de alface apresentam diferentes acúmulos de nitrato e diferentes padrões de crescimento.

4. As cultivares Mimosa Verde e Americana Great Lakes apresentam adequado crescimento e as melhores respostas relacionadas à produtividade no ciclo de inverno no sul do Rio Grande do Sul.

5. O adequado crescimento da cultivar Americana Great Lakes, o seu bom desempenho em relação às características produtivas e os menores níveis de nitrato em suas folhas a tornam uma alternativa interessante para os produtores no inverno do sul do Brasil.

REFERÊNCIAS

ANDRIOLO, J.L. **Fisiologia das culturas protegidas**. Santa Maria: UFSM, 1999. 142p.

BREMNER, J.M.; KEENEY, D.R. Exchangeable ammonium, nitrate and nitrite by steam-distillation methods. In: BLACK, C.A. (Ed.). **Methods of soil analysis**: chemical and microbiological properties. Madison: American Society of Agronomy; Soil Science Society of America, 1965. p.1191-1206.

CAMPBELL, W.H. Nitrate reductase structure, function and regulation: bridging the gap between biochemistry and physiology. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.50, p.277-303. 1999.

CARDENAS-NAVARRO, R.; ADAMOWICZ, S.; ROBIN, P. Nitrate accumulation in plants: a role for water. **Journal of Experimental Botany**, Lancaster, v.50, n.334, p.613-624, 1999.

CARRASCO, G.A.; BURRAGE, S.W. Diurnal fluctuations in nitrate accumulation and reductase activity in lettuce (*Lactuca sativa* L.) grown using Nutrient Film Technique. **Acta Horticulturae**, v.323, p.51-59, 1992.

CARVALHO, J.E.; ZANELLA, F.; MOTA, J.H.; LIMA, A.L.S. Cobertura morta do solo no cultivo de alface Cv. Regina 2000, em Ji-Paraná/RO. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.5, p.935-939, 2005.

CAVARIANNI, R.L.; CAZETTA, J.O.; MAY, A.; BARBOSA, J.C.; CECÍLIO FILHO, A.B.; CORRADI, M.M**.** Concentrações de nitrogênio na solução nutritiva e horário de colheita no teor de nitrato em rúcula. **Revista Caatinga**, v.21, n.5, p.44-49, 2008.

CENTRAIS DE ABASTECIMENTO DO RIO GRANDE DO SUL – CEASA/RS. **Cotações**. Disponível em www.imaginis.com.br/desenvolvimento/ceasa. Acessado em 02 outubro de 2010.

COOPER, A.J. Rapid crop turn-round is possible with experimental nutrient film technique. **Grower**, v.79, p.1048-1952, 1973.

COSTA C.C.; CECÍLIO FILHO A.B.; REZENDE B.L. A.; BARBOSA J.C.; GRANGEIRO L.C. Viabilidade agronômica do consórcio de alface e rúcula, em duas épocas de cultivo. **Horticultura brasileira**, v.25, p.34-40, 2007.

FAQUIN, V.; ANDRADE, A.T.; **Nutrição mineral e diagnose do estado nutricional de hortaliças**. Lavras: UFLA/ FAEPE, 2004. 88p.

FERNANDES, A.A.; MARTINEZ, H.E.P.; PEREIRA, P.R.G.; FONSECA, M.C.M. Produtividade, acúmulo de nitrato e estado nutricional de cultivares de alface, em hidroponia, em função de fontes de nutrientes. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, n.2, p.195-200, 2002.

FILGUEIRA F.A.R. **Novo manual de olericultura**. Viçosa: UFV, 2000. 402p.

FOYER C.H.; VALADIER M.H.; MIGGE A.; BECKER T.W. Drought-induced effects on nitrate reductase activity and mRNA and on the coordination of nitrogen and carbon metabolism in maize leaves. **Plant Physiology,** v.117, p.283-292, 1998.

FURLANI, P.R.; SILVEIRA, L.C.P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. Cultivo Hidropônico de plantas. **Boletim Técnico**, n.180. Instituto Agronômico de Campinas. 52 p. 1999.

HIRONDEL, J.I.; HIRONDEL, J.L. **Nitrate and man: toxic, harmless or beneficial?** New York: CAB Publishing. 2001. 168p.

KROHN, N.G.; MISSIO, R.F.; ORTOLAN, M.L.; BURIN, A.; STEINMACHER, D.A. LOPES, M.C. Teores de nitrato em folhas de alface em função do horário de coleta e do tipo de folha amostrada. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.21, n.2, p. 216-219, 2003.

MANTOVANI, J.R., CRUZ, M.C.P.; FERREIRA, M.E.; BARBOSA, J.C. Comparação de procedimentos de quantificação de nitrato em tecido vegetal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.1, p.53-59, 2005a.

MANTOVANI J.R.; FERREIRA M.E.; CRUZ M.C.P. Produção de alface e acúmulo de nitrato em função da adubação nitrogenada. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, p.758-762, 2005b.

MARCELIS, L.F.M. **Fruit growth and dry matter partitioning in cucumber**. Wageningem, 1994. 173f. (Tese de Doutorado), Wageningen.

McCALL, D.; WILLUMSEN F. Effects of nitrate, ammonium and chloride application on the yield and nitrate content of soil-grown lettuce. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, Kent, v.73, n.5, p.698-703, 1998.

MONTEZANO, E.M. **Eficiência no uso da água e dos nutrientes e relações de contaminação de cultivos de alface em sistema hidropônico***.* 2003. 60f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

OHSE S. **Rendimento, composição centesimal e teores de nitrato e vitamina c em alface sob hidroponia**. 1999. 103f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Piracicaba.

OTTO, R.F.; REGHIN, M.Y.; SÁ, G.D. Utilização do ‘não tecido’ de polipropileno como proteção da cultura de alface durante o inverno de Ponta Grossa -PR. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.19, n.1, p.49-52, 2001.

PILAU, F.G.; SCHMIDT, D.; SANTOS, O.S.; MANFRON, P.A. Teores de nitrato em cultivares de alface sob hidroponia, na primavera. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.18, p.276-277, 2000.

ROORDA VAN EYSINGA, J.P.N.L. Nitrate and glasshouse vegetables. **Fertilizer Research**, v.5, p.149-156, 1984.

SEDIYAMA, M.A.N.; PEDROSA, M.W.; SALGADO, L.T.; PEREIRA, P.C. Desempenho de cultivares de alface para cultivo hidropônico no verão e no inverno. **Científica,** Jaboticabal, v.37, p.98-106, 2009.

SILVA, M.L.; VILLELA JR, L.V.E.; COLOVATTO, G.F.; SARTORI, R.A. Produção hidropônica de quatro cultivares de alface em Garça (SP). **Revista científica Eletrônica de Agronomia**, v.11, 2007.

TOSTA, M.S.; BORGES, F.S.P.; REIS, L.L.; TOSTA, J.S.; MENDONÇA, V.; TOSTA, P.A.F. Avaliação de quatro variedades de alface para cultivo de outono em Cassilândia-MS. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, Patos, v.5, 30-35, 2009.

WEIMIN, Z.; SHIJUN, L.; LIHONG, G.; ZHONGYANG, H.; DABIAO, Z. Genetic diversity of nitrate accumulation in vegetable crops. **Acta Horticulturae**, n.467, p.119-126, 1998.

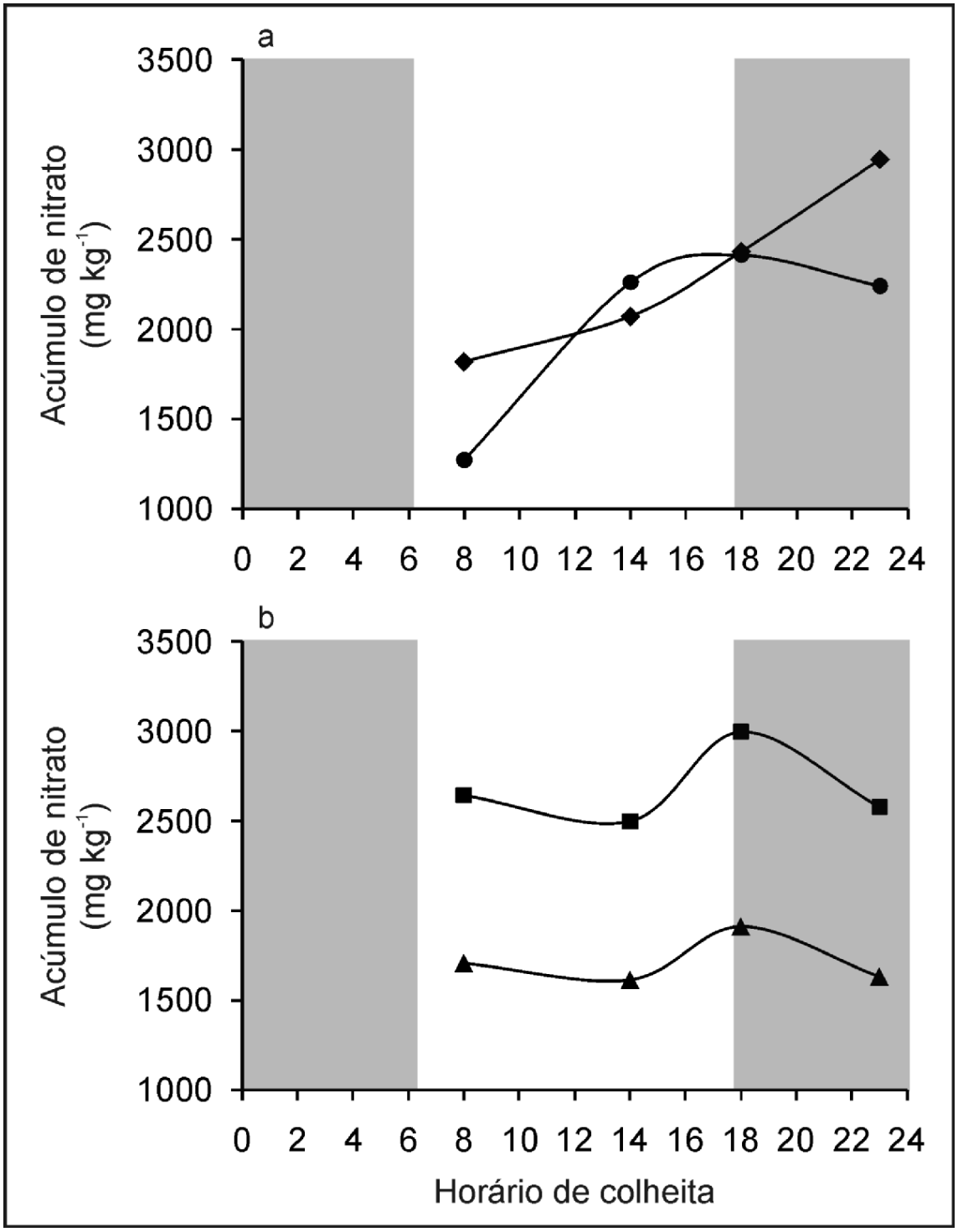


Figura 1. Acúmulo de nitrato (mg kg^{-1} de massa fresca) em folhas de cultivares de alface em função do horário de colheita em dias de inverno: 08/09/2009 (a) e 17/09/2009 (b). (■) Crespa Vera, (▲) Americana Great Lakes, (◆) Mimosa Verde, (●) Mimosa Roxa, (Área sombreada) Período antes do nascer e depois do pôr do sol. Pelotas, UFPel, 2009.

Tabela 1. Produção de massa seca das folhas, do caule, das raízes e do total da planta de quatro cultivares de alface em sistema hidropônico, no ciclo de inverno. Pelotas, UFPel, 2009**.**

Cultivar	Massa Seca de Folhas (g planta^{-1})	Massa Seca de Caule (g planta^{-1})	Massa Seca de Raízes (g planta^{-1})	Massa Seca Total (g planta^{-1})
Americana (Great Lakes)[2]	9,94 a[1]	1,09 a	2,09 a	13,12 a
Mimosa Roxa[3]	7,21 b	1,27 a	1,61 b	10,09 a
Mimosa Verde[3]	9,29 ab	1,29 a	1,96 ab	12,54 a
Crespa (Vera)[2]	7,26 b	1,11 a	1,72 ab	10,09 a
CV	18,22	18,69	19,79	13,88

[1.] Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem significativamente pelo teste DMS de Fisher (p<0,05);

[2.] Colheita aos 56 dias após o transplante;

[3.] Colheita aos 65 dias após o transplante.

Tabela 2. Partição de biomassa (dada pelas relações de massa seca), área foliar (AF), área foliar especifica (AFE) e conteúdo de massa seca de folhas (CMSF) de quatro cultivares de alface em sistema hidropônico, no ciclo de inverno. Pelotas, UFPel, 2009.

Cultivar	Partição de Biomassa			AF (cm^2)	AFE[1] (cm^2 g^{-1})	CMSF (%)
	Folha/ Planta	Caule/ Planta	Raiz/ Planta			
Americana (Great Lakes)[3]	0,76 a[2]	0,08 b	0,16 a	1184,4 ab	122,5 b	2,50 b
Mimosa Roxa[4]	0,71 b	0,13 a	0,16 a	1187,8 ab	163,9 ab	3,27 a
Mimosa Verde[4]	0,74ab	0,10ab	0,16 a	1692,8 a	182,3 a	3,19 a
Crespa (Vera)[3]	0,72 b	0,11 a	0,17 a	1070,7 b	148,2 ab	3,14 ab
CV	2,29	11,41	7,51	20,33	14,53	10,96

[1.] AFE corresponde à relação área foliar/peso seco de folhas;

[2.] Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem significativamente pelo teste DMS de Fisher (p<0,05);

[3.] Colheita aos 56 dias após o transplante;

[4.] Colheita aos 65 dias após o transplante.

Tabela 3. Massa fresca de planta, produtividade, número de folhas, diâmetro de planta e altura de caule em quatro cultivares de alface em sistema hidropônico, no ciclo de inverno. Pelotas, UFPel, 2009.

Cultivar	Massa Fresca de Planta (g planta^{-1})[1]	Produtividade[4] (g m^{-2})	Número de folhas	Diâmetro de Planta (cm)	Altura de Caule (cm)
Americana (GreatLakes)[2]	472,0 a	5590,1 a	19,7 b	30,1 b	10,1 b
Mimosa Roxa[3]	302,4 b	3615,1 b	20,4 b	44,8 a	15,1 a
Mimosa Verde[3]	390,2 ab	4580,6 ab	26,3 a	47,4 a	12,8 ab
Crespa (Vera)[2]	303,5 b	3610,1 b	18,8 b	34,4 b	10,4 b
CV	12,57	13,14	8,49	6,72	12,98

1. Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem significativamente pelo teste DMS de Fisher ($p<0,05$);

2. Colheita aos 56 dias após o transplante;

3. Colheita aos 65 dias após o transplante;

4. Parte aérea.

CONCLUSÕES GERAIS

De acordo com os resultados obtidos e nas condições em que o trabalho foi realizado, pode-se concluir que:

1. O menor acúmulo médio de nitrato ocorre no outono (1559 mg kg^{-1}), seguido pelo inverno (2189 mg kg^{-1}) e, depois pela primavera (2526 mg kg^{-1});

2. Na primavera-verão, ocorre um menor acúmulo de nitrato às 18 e às 23 horas, sendo o período do final da tarde o mais indicado para a colheita. No outono e em dias de inverno com variação da nebulosidade, ocorre menor acúmulo de nitrato nas folhas às 8 horas, sendo o período do início da manhã o mais indicado para a colheita. No inverno, em condições de alta nebulosidade ao longo do dia, o período entre a manhã e o início da tarde é o mais indicado para colheita;

3. Diferentes cultivares de alface apresentam diferentes acúmulos de nitrato e diferentes padrões de crescimento;

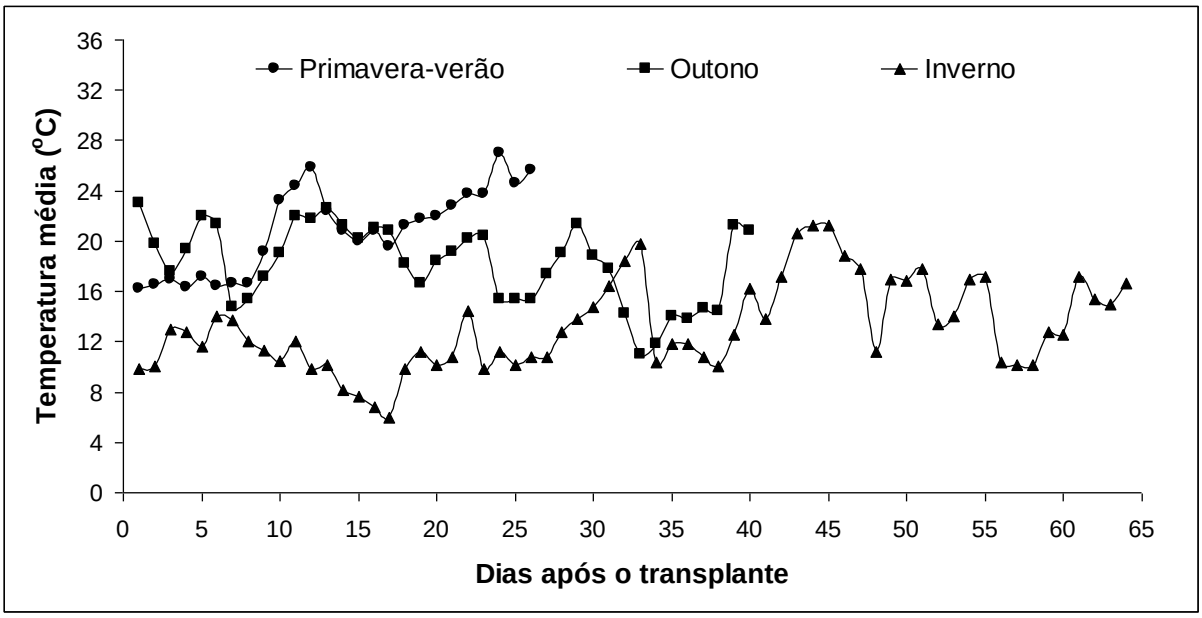
4. A cultivar Crespa Vera apresenta os maiores acúmulos médios de nitrato independentemente da estação de cultivo. A cultivar Americana Great Lakes é a menos acumuladora;

5. Na primavera-verão, a cultivar Americana Great Lakes apresenta menor tendência de acumular nitrato nas suas folhas, enquanto as cultivares Crespa Vera e Mimosa Verde apresentam maior tendência. No outono, as cultivares Mimosa Roxa e Americana Great Lakes apresentam menor tendência, enquanto que a cultivar Crespa Vera maior tendência de acumular nitrato nas

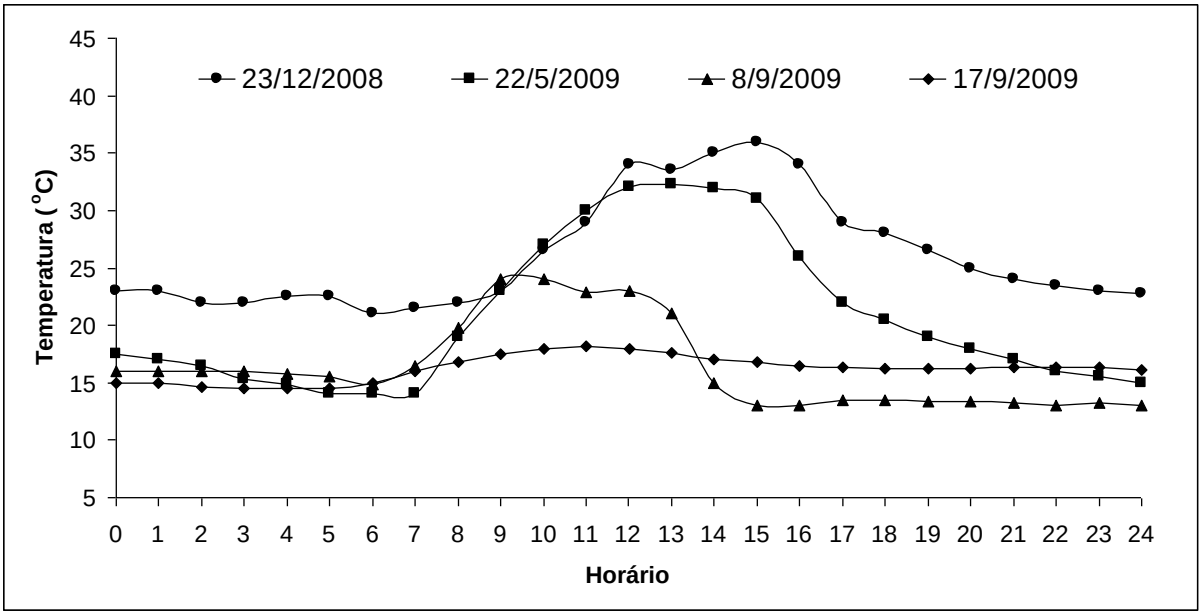
folhas. Já, no inverno, as cultivares Mimosa Verde e Mimosa Roxa apresentam acúmulos de nitrato similares, em dias com variação da nebulosidade, e a cultivar Americana Great Lakes apresenta menor acúmulo de nitrato nas folhas que a cultivar Crespa Vera em condições de alta nebulosidade ao longo do dia;

6. Todas as cultivares estudadas apresentam conteúdos de nitrato dentro dos valores limites recomendados para consumo pela União Européia, independentemente da época de cultivo. Na primavera, a cultivar Crespa Vera apresenta adequado crescimento e produtividade e menor tendência ao pendoamento. A cultivar Americana Great Lakes não apresenta boa formação de cabeças nesta época de cultivo. No outono, a cultivar Americana Great Lakes apresenta maior crescimento e as melhores respostas relacionadas à produtividade. Já, no inverno, as cultivares Mimosa Verde e Americana Great Lakes apresentam maior crescimento e as melhores respostas relacionadas à produtividade, as tornando opções interessantes para o cultivo em hidroponia.

APÊNDICES



Apêndice 1. Temperatura média diária durante o período pós-transplante em três ciclos de cultivo de alface em sistema hidropônico. Pelotas, UFPel, 2008/2009.



Apêndice 2. Temperatura horária nos dias de colheita de alface hidropônica em três ciclos de cultivo (Obs.: no ciclo de inverno foram realizadas colheitas em dois dias distintos). Pelotas, UFPel, 2008/2009.

REFERÊNCIAS

ANDRIOLO, J.L. **Fisiologia das culturas protegidas**. Santa Maria: UFSM, 1999. 142p.

AQUINO L.A.; PUIATTI M.; ABAURRE M.E.O.; CECON P.R.; PEREIRA P.R.G.; PEREIRA F.H.F.; CASTRO M.R.S.. Produção de biomassa, acúmulo de nitrato, teores e exportação de macronutrientes da alface sob sombreamento. **Horticultura Brasileira,** v.25, p.381-386. 2007.

BACCHI, S. **Crescimento, eficiência no uso da água e dos nutrientes e relações de contaminação do meloeiro cultivado em substrato de casca de arroz**. 2004. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

BEHR, U.; WIEBE, H.J. Relation between photosynthesis and nitrate content of lettuce cultivars. **Scientia Horticulturae**, v.49, p.175-179, 1992.

BENINNI, E.R.Y.; TAKAHASHI, H.W.; NEVES, C.S.V.J.; FONSECA, I.C.B. Teor de nitrato em alface cultivada em sistemas hidropônico e convencional. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, p.183-186, 2002.

BIASI, L.A., LIMA, M.R., GABARDO, N.P., SCHMID, M.L., MARTHAUS, P.S., ZAMBON, F.R.A. Competição de cultivares de alface na região metropolitana de Curitiba. **Horticultura Brasileira**, v.9, p.14-15, 1991.

BLOM-ZANDSTRA, M.; Nitrate accumulation in vegetables and its relationship to quality. **Ann. Appl. Biol.,** v.115, p.553-561, 1989.

BONNECARRÈRE, R.A.G.; LONDERO, F.A.A.; SANTOS, O.S.; MANFRON, P.A. Teores de nitrato em cultivares de alface em hidroponia. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.18, suplemento, p.288-2899, 2000a.

BONNECARRÈRE, R.A.G.; SCHMIDT, D.; MANFRON, P.A; SANTOS, O.S. Teores de nitrato em plantas hidropônicas de alface em função de cultivares e soluções nutritivas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.18, suplemento, p. 286-287, 2000b.

BREMNER, J.M.; KEENEY, D.R. Exchangeable ammonium, nitrate and nitrite by steam-distillation methods. In: BLACK, C.A. (Ed.). **Methods of soil analysis**: chemical and microbiological properties. Madison: American Society of Agronomy; Soil Science Society of America, 1965. p.1191-1206.

CALLENBACH, E. **Ecologia**. São Paulo: Petrópolis, 2001. 220p.

CANTLIFFE, D.J. Nitrate accumulation in spinach grown under different light intensities. **Journal of the American Society for Horticulture Science**, v.97, p.152-154, 1972a.

CANTLIFFE, D.J. Nitrate accumulation in vegetable crops as affect by photoperiod and light duration. **Journal of the American Society for Horticulture Science**, v.97, p.414-418, 1972b.

CAMPBELL, W.H. Nitrate reductase structure, function and regulation: bridging the gap between biochemistry and physiology. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.50, p.277-303. 1999.

CARDENAS-NAVARRO, R.; ADAMOWICZ, S.; ROBIN, P. Nitrate accumulation in plants: a role for water. **Journal of Experimental Botany**, Lancaster, v.50, p.613-624, 1999.

CARRASCO, G.A.; BURRAGE, S.W. Diurnal fluctuations in nitrate accumulation and reductase activity in lettuce (*Lactuca sativa* L.) grown using Nutrient Film Technique. **Acta Horticulturae**, v.323, p.51-59, 1992.

CARVALHO, J.E.; ZANELLA, F.; MOTA, J.H.; LIMA, A.L.S. Cobertura morta do solo no cultivo de alface Cv. Regina 2000, em Ji-Paraná/RO. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.29, p.935-939, 2005.

CASTELLANE, P. D.; ARAUJO, J.A.C. **Cultivo sem solo - Hidroponia**. 4ª ed. FCAV-UEP, Jaboticabal: FUNEP, 1995. 43 p.

CAVARIANNI, R.L.; CAZETTA, J.O.; MAY, A.; BARBOSA, J.C.; CECILIO FILHO, A.B. Acúmulo de nitrato em cultivares de alface, cultivadas no inverno, em função do

ambiente de cultivo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.18, suplemento, p.322-323. 2000a.

CAVARIANNI, R.L.; CAZETTA, J.O.; MAY, A.; BARBOSA, J.C.; CECILIO FILHO, A.B. Acúmulo de nitrato em cultivares de alface, cultivadas na primavera, em função do ambiente de cultivo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.18, suplemento, p.324-325. 2000b.

CAVARIANNI, R.L.; CAZETTA, J.O.; MAY, A.; BARBOSA, J.C.; CECÍLIO FILHO, A.B.; CORRADI, M.M**.** Concentrações de nitrogênio na solução nutritiva e horário de colheita no teor de nitrato em rúcula. **Revista Caatinga**, v.21, p.44-49, 2008.

CENTRAIS DE ABASTECIMENTO DO RIO GRANDE DO SUL – CEASA/RS. **Cotações**. Disponível em www.imaginis.com.br/desenvolvimento/ceasa. Acessado em 02 outubro de 2010.

COOPER, A.J. Rapid crop turn-round is possible with experimental nutrient film technique. **Grower**, v.79, p.1048-1952, 1973.

COSTA C.C.; CECÍLIO FILHO A.B.; REZENDE B.L. A.; BARBOSA J.C.; GRANGEIRO L.C. Viabilidade agronômica do consórcio de alface e rúcula, em duas épocas de cultivo. **Horticultura brasileira**, v.25, p.34-40, 2007.

DUARTE, T. S. **Crescimento do meloeiro cultivado em substrato de casca de arroz com solução nutritiva recirculante***.* 2006. 85f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

FAQUIN, V.; ANDRADE, A.T.; **Nutrição mineral e diagnose do estado nutricional de hortaliças**. Lavras: UFLA/ FAEPE, 2004. 88p.

FERNANDES, A.A.; MARTINEZ, H.E.P.; PEREIRA, P.R.G.; FONSECA, M.C.M. Produtividade, acúmulo de nitrato e estado nutricional de cultivares de alface, em hidroponia, em função de fontes de nutrientes. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, p.195-200, 2002.

FILGUEIRA F.A.R. **Novo manual de olericultura**. Viçosa: UFV, 2000. 402p.

FOYER C.H.; VALADIER M.H.; MIGGE A.; BECKER T.W. Drought-induced effects on nitrate reductase activity and mRNA and on the coordination of nitrogen and carbon metabolism in maize leaves. **Plant Physiology,** v.117, p.283-292, 1998.

FURLANI, P.R.; SILVEIRA, L.C.P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. Cultivo Hidropônico de plantas. **Boletim Técnico**, n.180. Instituto Agronômico de Campinas. 52 p. 1999.

HIRONDEL, J.I.; HIRONDEL, J.L. **Nitrate and man: toxic, harmless or beneficial?** New York: CAB Publishing. 2001. 168p.

KANAAN, S.S.; ECONOMAKIS, C.D. Effect of climatic conditions and time of harvest on growth and tissue nitrate content of lettuce in nutrient film culture. **Acta Horticulturae,** p.323, p.75-80, 1992.

KROHN, N.G.; MISSIO, R.F.; ORTOLAN, M.L.; BURIN, A.; STEINMACHER, D.A. LOPES, M.C. Teores de nitrato em folhas de alface em função do horário de coleta e do tipo de folha amostrada. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.21, p. 216-219, 2003.

LAMBERS, H.; STEINGROVER, E. Growth respiration of a flood-tolerant and flood-intolerant Scenecio species: correlation between calculatedand experimental values. **Physiol. Plant.,** v.43, p.219-224, 1978.

LONDERO, F.A.A.; AITA, A. Comercialização de alface hidropônica. In: SANTOS, O. **Hidroponia da Alface**. Santa Maria: UFSM, 2000. p.145-152.

LUO, J.; LIAN, Z.; YAN, X. Urea transformationand the adaptability of three leafy vegetables tourea as a source of nitrogen in hydroponic culture. **Journal of Plant Nutrition**, v.16, p.797-812, 1993.

MACÊDO, J.A.B.de. **Águas & águas**. São Paulo: Varela, 2001. 505p.

MANTOVANI, J.R., CRUZ, M.C.P.; FERREIRA, M.E.; BARBOSA, J.C. Comparação de procedimentos de quantificação de nitrato em tecido vegetal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, p.53-59, 2005a.

MANTOVANI J.R.; FERREIRA M.E.; CRUZ M.C.P. Produção de alface e acúmulo de nitrato em função da adubação nitrogenada. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, p.758-762, 2005b.

MARCELIS, L.F.M. **Fruit growth and dry matter partitioning in cucumber**. Wageningem, 1994. 173f. (Tese de Doutorado), Wageningen.

MAYNARD, D.N.; BARKER, A.V. Nitrate content of vegetable crops. **HortScience**, v.7, p.224-226, 1972.

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

MIYAZAWA, M.; KHAUTONIAN, C. A.; ODENATH-PENHA, L. A. Teor de nitrato nas folhas de alface produzidas em cultivo convencional, orgânico e hidropônico. **Agroecologia Hoje***.* Ano II, n.7, fev./mar. 2001, p. 23

McCALL, D.; WILLUMSEN F. Effects of nitrate, ammonium and chloride application on the yield and nitrate content of soil-grown lettuce. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, Kent, v.73, p.698-703, 1998.

MONTEZANO, E. M. **Eficiência no uso da água e dos nutrientes e relações de contaminação de cultivos de alface em sistema hidropônico***.* 2003. 60f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

MONTEZANO, E.M.; PEIL, R.M.N.; FONSECA, L.A. Aspectos produtivos e de qualidade dos frutos do meloeiro cultivado em casca de arroz. In: Congresso de Iniciação Científica, XIV e Encontro de Pós-Graduação, VII da UFPel, **Resumos** (CD-rom), Pelotas, 2006.

OHSE S. **Rendimento, composição centesimal e teores de nitrato e vitamina c em alface sob hidroponia**. 1999. 103f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Piracicaba.

OTTO, R.F.; REGHIN, M.Y.; SÁ, G.D. Utilização do ‘não tecido’ de polipropileno como proteção da cultura de alface durante o inverno de Ponta Grossa -PR. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.19, p.49-52, 2001.

PEIL, R.M.N.; Boonyaporn S.; Sakuma H. Effect of different media on the growth of tomato seedlings for soilless culture. **Report on Experiments in Vegetable Crops Production**, v.53, p.61-65. Tsukuba International Agricultural Training Centre, Tsukuba, Japan. 1994.

PILAU, F.G.; SCHMIDT, D.; SANTOS, O.S.; MANFRON, P.A. Teores de nitrato em cultivares de alface sob hidroponia, na primavera. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.18, p.276-277, 2000.

PURQUERIO, L.F.V.; CECÍLIO FILHO, A.B. Concentração de nitrogênio na solução nutritiva e número de frutos sobre a qualidade de frutos de melão. **Horticultura Brasileira**, v.23, p.831-836. 2005.

RATH, S.; XIMENES, M.I.N.; REYES, F.G.R. Teores de nitrato e nitrito em vegetais cultivados no Distrito Federal: um estudo preliminar. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v.54, p.126-130, 1994.

RICHARDSON, S.J.; HARDGRAVE, M. Effect of temperature, carbon dioxide enrichment, nitrogen form and rate of nitrogen fertiliser on the yield and nitrate content of two varieties of glasshouse lettuce. **Journal of the Science Food and Agriculture**, v.59, p.345-349, 1992.

ROORDA VAN EYSINGA, J.P.N.L. Nitrate and glasshouse vegetables. **Fertilizer Research**, v.5, p.149-156, 1984.

ROORDA Van EYSINGA, J.P.N.L. Nitrate in vegetables under protected cultivation. **Acta Horticulturae**, v. 145, p.215-256, 1984.

SANTOS, O.S. Conceito, histórico e vantagens da hidroponia. In: SANTOS, O. **Hidroponia da alface**. Santa Maria: UFSM, 2000. p.5-9.

SEDIYAMA, M.A.N.; PEDROSA, M.W.; SALGADO, L.T.; PEREIRA, P.C. Desempenho de cultivares de alface para cultivo hidropônico no verão e no inverno. **Científica,** Jaboticabal, v.37, p.98-106, 2009.

STANGHELLINI, C. **Transpiration of greenhouse crops. An aid to climate management**. 1987. 150f. Tese de Doutorado - Wageningen Agricultural University, Wageningen, Países bajos.

SILVA, M.L.; VILLELA JR, L.V.E.; COLOVATTO, G.F.; SARTORI, R.A. Produção hidropônica de quatro cultivares de alface em Garça (SP). **Revista científica Eletrônica de Agronomia**, v.11, 2007.

TAIZ, L.; ZIEGER, E. **Fisiologia vegetal**. (Trad.). SANTAREM E.R. et al. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

TEDESCO, M.J.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto alegre: Faculdade de Agronomia. Departamento de solos Universidade Federal do Rio Grande do Sul. RS, 1995. 174p.

TOSTA, M.S.; BORGES, F.S.P.; REIS, L.L.; TOSTA, J.S.; MENDONÇA, V.; TOSTA, P.A.F. Avaliação de quatro variedades de alface para cultivo de outono em Cassilândia-MS. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, Patos, v.5, 30-35, 2009.

URRESTARAZU, M.; POSTIGO, A.; SALAS, M.; SÁNCHEZ, A.; CARRASCO, G. Nitrate accumulation reduction using chloride in the nutrient solution on lettuce growing by NFT in semiarid climate conditions. **Journal of Plant Nutrition**, v.21, p.1705-1714, 1998.

VAN Der DIEST, A. **Mens of preventing nitrate accumulation in vegetables an pasture plants**. In: Fundamental, ecological and agricultural aspects of nitrogen metabolism in higer plants. LAMBERS, H.; NEELSON, J.J.; STULEN, I. Martinus Nijhoff. Dordrecht: p.455-471. 1986.

VAN OS, E.A. Closed soilless growing systems in the Netherlands: the finishing touch. **Acta Horticulturae**, v.458, p.279-291, 1998.

WEIMIN, Z.; SHIJUN, L.; LIHONG, G.; ZHONGYANG, H.; DABIAO, Z. Genetic diversity of nitrate accumulation in vegetable crops. **Acta Horticulturae**, n.467, p.119-126, 1998.