Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

Resposta da Cultura do Agrião à Salinidade Utilizando um Sistema
Hidropônico do Tipo NFT

Lucas de Oliveira Gomes

Piracicaba
2009

Lucas de Oliveira Gomes
Engenheiro Agrícola

Resposta da Cultura do Agrião à Salinidade Utilizando um Sistema Hidropônico do Tipo NFT

Orientador:
Prof. Dr. **SÉRGIO NASCIMENTO DUARTE**

Dissertação apresentada para obtenção do título
de Mestre em Agronomia. Área de concentração:
Irrigação e Drenagem

Piracicaba
2009

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Gomes, Lucas de Oliveira

Resposta da cultura do agrião à salinidade utilizando um sistema hidropônico do tipo NFT
/ Lucas de Oliveira Gomes. - - Piracicaba, 2009.
66 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2009.
Bibliografia.

1. Agrião 2. Hidroponia 3. Salinidade da água I. Título

CDD 635.56
G633r

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho:

Aos meus Pais, Antonio Donizeti Gomes e Conceição Aparecida de Oliveira Gomes por me darem educação e ensinarem o que é correto e o que é errado. Também me ensinaram a ser honesto e humilde, sempre respeitando os demais e sendo sempre um amigo verdadeiro.

Aos meus avós, pelo amor, carinho e sabedoria nos seus ensinamentos de vida, e de um modo especial, à memória de meu avô materno, que foi a primeira pessoa que me ensinou a respeitar e amar a terra, e desse amor retirar frutos e sabedoria. Que Deus o tenha sempre com carinho.

Aos meus Irmãos, Gustavo e Patrícia por sempre estarem presentes em minha vida, por sempre confiarem em mim, sendo o irmão mais velho.

À Mônica, minha namorada, por sempre apoiar meus momentos de decisão, nunca me abandonando, mesmo morando sempre longe um do outro.

Ao Sergio Nascimento Duarte, meu orientador por sempre me apoiar na pesquisa e ajudar nas dificuldades.

AGRADECIMENTOS

Antes de tudo, agradeço a Deus por me dar saúde e o dom da sabedoria, pois sem ele nada é possível. Também não posso deixar de agradecer a Nossa Senhora Aparecida, padroeira e protetora do Brasil.

Agradeço aos meus Pais, Antonio Donizeti Gomes e Conceição Aparecida de Oliveira Gomes, por acreditarem em mim e sempre apoiarem meus estudos e decisões. E também por serem minha estrutura financeira em toda minha vida.

A minha namorada, Mônica, pela paciência e compreensão, e que desde minha faculdade, tem me dado apoio e amor, mesmo estando distantes um do outro.

Aos meus padrinhos, Jorge e Gleide, por desde o início de minha vida ter me mostrado os caminhos corretos e explicado que nunca seriam fáceis, mas sim possíveis de serem enfrentados, e a toda minha família, por sempre dar força e apoio durante meus estudos.

Aos professores, que dedicam seus tempos para compartilhar os conhecimentos e nos ensinando muitas coisas. Dentre os professores, agradeço de modo especial, ao Professor Sérgio, meu orientador, por me ensinar muitas coisas e pela paciência sabendo compreender minhas dificuldades em alguns momentos.

Aos meus amigos, que não vou citar nomes para não correr o risco de cometer injustiças com alguém, tanto da faculdade, quanto do mestrado, por estarem sempre juntos nos estudos para as provas e nas realizações de trabalhos.

Dentre aos amigos, me darei o direito de citar um. Ele que me passou uma boa parte do material e de seus conhecimentos, além de ter passado a estrutura praticamente montada do experimento. Então não poderia deixar de agradecer ao Tales Miler Soares.

Aos funcionários da ESALQ, de modo geral do mais simples aos de maior cargo, que de uma forma ou de outra sempre contribuem para nosso bem estar na faculdade.

Às empresas que forneceram os materiais para que o projeto tivesse sucesso: Hidrogood por doar os perfis NFT para a hidroponia e a Metalcorte/Eberle por ter fornecido as eletrobombas.

E ao INCT-EI - Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia e Engenharia de Irrigação.

O Melhor de Você

Dê sempre o melhor.

E o melhor virá...

Às vezes as pessoas são egocêntricas, ilógicas e insensatas...

Perdoe-as assim mesmo.

Se você é gentil, as pessoas podem acusá-lo de egoísta e interesseiro...

Seja gentil assim mesmo.

Se você é um vencedor, terá alguns falsos amigos e alguns inimigos
verdadeiros...

Vença assim mesmo.

Se você é honesto e franco, as pessoas podem enganá-lo...

Seja honesto e franco assim mesmo.

O que você levou anos para construir, alguém pode destruir de uma hora
para outra...

Construa assim mesmo.

Se você tem paz e é feliz, as pessoas podem sentir inveja...

Seja feliz assim mesmo.

O bem que você faz hoje pode ser esquecido amanhã...

Faça o bem assim mesmo.

Dê ao mundo o melhor de você, mas isso pode nunca ser o bastante...

Dê o melhor de você assim mesmo.

E veja você que, no final das contas...

É entre **VOCÊ** e **DEUS**...

Nunca foi entre você e eles!

SUMÁRIO

RESUMO.....	11
ABSTRACT	13
LISTA DE FIGURAS	15
LISTA DE TABELAS	17
1 INTRODUÇÃO	19
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	23
2.1 O uso da hidroponia	23
2.2 Hidroponia e solução nutritiva	24
2.3 Salinidade.....	26
2.4 Qualidade da água	27
2.5 Uso de água salina em hidroponia	28
2.6 A cultura do agrião	28
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	31
3.1 Localização e caracterização da área experimental.....	31
3.2 Estrutura e instalações	32
3.3 Preparo das mudas	37
3.4 Condução do experimento	39
3.5 Análise de crescimento e de rendimento.....	41
3.6 Análise química foliar	42
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	43
4.1 Cultivo Hidropônico	44
4.2 Cultivo Convencional.....	52
4.4 Consumo de água versus salinidade	56
5 CONCLUSÕES	61
REFERENCIAS.....	63

RESUMO

Resposta da Cultura do Agrião à Salinidade Utilizando um Sistema Hidropônico do Tipo NFT

Depois que a agricultura brasileira passou a ser destacada no cenário de das pesquisas científicas, o grande desafio passou a ser a padronização de produtividade em todo território nacional. Um dos principais focos vem sendo a região semi-árida pela sua escassez de água, tanto quantitativa quanto qualitativa, por ser uma região com baixo índice de precipitação e por suas águas subterrâneas normalmente serem águas salobras. Com este desafio nacional, vem se destacando a hidroponia em alguns Estados, pelo uso da água racionalmente. Com este aumento do uso da hidroponia vem aparecendo algumas dificuldades devido à falta de informações sobre este sistema. Contudo, estudos a ser realizados visando aumentar informações sobre uso de águas salobras em hidroponia, e também buscando informação sobre os níveis de resposta das culturas à salinidade, são de fundamental importância para aperfeiçoar os investimentos em produções hidropônicas, principalmente na região Nordeste do Brasil. Tendo em vista a falta de informação para a cultura do agrião hidropônico, o objetivo deste trabalho foi: averiguar a resposta à salinidade da cultura do agrião, em hidroponia e em solo; propor um manejo para a melhor utilização do sistema, com águas salinas. O experimento foi desenvolvido no Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior 'Luiz de Queiroz' ESALQ-USP, em uma casa de vegetação do tipo arco simples. Utilizou-se um sistema de hidroponia composta por 32 unidades experimentais, que já se encontravam instaladas. Cada sistema hidropônico representou uma parcela independente. Para averiguar a resposta aos sais pelo agrião em sistema hidropônico NFT e no solo, foram avaliados oito níveis de salinidade da solução nutritiva produzidos com NaCl, sendo a solução nutritiva e mais sete níveis de salinidade da água. Foi observado, que o níveis menores de sais, o agrião se desenvolveu melhor em relação aos níveis maiores. Foi observado também que a resposta da cultura à salinidade foi melhor nos sistemas hidropônicos. Notou-se também que os principais sintomas da salinidade foram o nanismo, coloração escura das folhas e suas folhas ficaram coriáceas. Após o experimento, conclui-se que os tratamentos salinos influenciaram significativamente todos os parâmetros de rendimento da cultura, tanto na hidroponia quanto no solo; houve melhor desenvolvimento das plantas sob salinidade na hidroponia, quando confrontado ao solo; o consumo de água pelas plantas na hidroponia foi influenciado pela salinidade.

Palavras - Chave: *Barbarea verna*; Hidroponia; Condutividade elétrica

ABSTRACT

Watercress crop to salinity using a NFT hidroponic system

After the Brazilian agriculture started to be outstanding in the scenery of the scientific researches, the great challenge started to be the productivity standardization in whole national territory. One of the main focus is being the semi-arid area for its water scarcity, so much quantitative as qualitative, for being an area with low annual precipitation and for their underground waters be usually salty waters. With this national challenge, it been spreading the soilless in some States, to improve the water use. With this increase soilless use it is appearing some difficulties due the lack of the information on this system. However, studies to be accomplished seeking to increase information on use of salty waters in soilless, and also looking for information on the answer salinity levels crop, are of fundamental importance to improve the investments in productions hydroponics, mainly in the Northeast of Brazil. Tends in view of the information lack for the hydroponic watercress crop, the objective of this work was: determine the threshold salinity of the crop watercress, in soilless and in soil; to propose a handling for the best system use, with saline waters. The experiment was developed in the Department of Rural Engineering of the Superior School 'Luiz of Queiroz' ESALQ-USP, in a greenhouse of the type simple arch. A soilless system was used composed by 32 experimental units, that already installed previously. Each system hydroponics represented an independent portion. To discover the answer to the salts for the watercress in system hydroponics NFT and in the soil, they were evaluated eight salinity levels of the nutritious solution produced with NaCl, being the solution nutritious and more seven salinity levels of the water. It was observed, that in smaller levels of salts, the watercress grew better in relation to the larger levels. It was also observed that the answer crop to the salinity was better in the systems hydroponics. It was also noticed that the main symptoms of the salinity were the nanism, dark coloration leaves and their leaves were coriaceous. After the experiment, it is concluded that the saline treatments influenced significantly all income parameters crop, both in soilless and in soil; there was better development of the plants under salinity in the soilless, compared to the soil; the water consumption peaks plants in the soilless was influenced by the salinity.

Keywords: *Barbarea verna*; Soilless; Electric conductivity

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Casa de vegetação onde foi realizado o experimento.....	31
Figura 2 – Visão interna da casa de vegetação e da malha termorrefletora na parte superior	32
Figura 3 - Desenho do perfil hidropônico dotado de reservatório de abastecimento automático.....	33
Figura 4 – Tela protetora colocada entre os perfis.....	34
Figura 5 – Timer digital junto com disjuntores, utilizado para acionamento das eletrobombas nos horários programados.....	35
Figura 6 – Extração da CEes, utilizando o sistema de vácuo	37
Figura 7 – Mudas de agrião no berçário.....	38
Figura 8 – Bancada onde foi montado o berçário, para produção das mudas	38
Figura 9 – Mudas do agrião após serem transplantadas	39
Figura 10 - Colheita das plantas centrais para realização das análises.....	43
Figura 11 - Medida do diâmetro da planta.....	43
Figura 12 - Gráfico da representação do resultado das medidas dos diâmetros das plantas para o sistema hidropônico.....	44
Figura 13 - Gráfico da representação do resultado do número de ramos das plantas para o sistema hidropônico	45
Figura 14 - Gráfico da representação do resultado do peso da massa verde das plantas para o sistema hidropônico	46
Figura 15 - Gráfico da representação do resultado do peso da massa seca das plantas para o sistema hidropônico	47
Figura 16 - Gráfico da representação do resultado do peso das raízes secas das plantas para o sistema hidropônico	48
Figura 17 - Imagens dos perfis com a Testemunha e tratamento T2.....	49
Figura 18 - Imagens dos perfis com o tratamento T6 e a Testemunha.....	50

Figura 19 - Imagens dos perfis com o tratamento T8 e a Testemunha.....	50
Figura 20 - Plantas do tratamento 8	51
Figura 21 - Diferença do desenvolvimento do sistema radicular	51
Figura 22 - Gráfico da representação do resultado das medidas dos diâmetros das plantas para o sistema convencional	52
Figura 23 - Gráfico da representação do resultado do número de ramos das plantas para o sistema convencional	53
Figura 24 - Gráfico da representação do resultado do peso da massa verde das plantas para o sistema convencional	54
Figura 25 - Gráfico da representação do resultado do peso da massa seca das plantas para o sistema convencional	54
Figura 26 - Sistema convencional, com a planta do tratamento testemunha.....	55
Figura 27 - Plantas do cultivo convencional, uma planta por parcela	55
Figura 28 - Condutividade elétrica da solução (A) e consumo de água (B) ao longo do ciclo da cultura.....	57
Figura 29 - Condutividade elétrica da solução (A) e consumo de água (B) ao longo do ciclo da cultura.....	58
Figura 30 - Temperatura média °C, durante o experimento.....	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição da CEs dos tratamentos aos quais foram submetidas às plantas do agrião	40
Tabela 2 - Composição química da solução nutritiva segundo Furlani (1998)	40
Tabela 3 - Graus de liberdade das fontes de variação da análise de variância	41

1 INTRODUÇÃO

A agricultura brasileira, após passar a desenvolver suas próprias pesquisas, cometeu alguns equívocos, como por exemplo, buscar informações apenas para produtores que cultivam culturas de grande rentabilidade, e muitas vezes esquecendo regiões que realmente precisam de alguma solução para a agricultura, e que podem ser vistas como regiões para a expansão agrícola, como a região semi-árida brasileira, que sofre a escassez de água tanto em quantidade quanto em qualidade. Outro equívoco que também vinha ocorrendo, é o excesso de pesquisas em cultivos convencionais, sempre buscando quase as mesmas saídas; hoje já existem varias pesquisas utilizando o cultivo hidropônico, que vem se mostrando uma ótima alternativa à agricultura brasileira.

A hidroponia surgiu com a descoberta das exigências nutricionais das plantas. Os pesquisadores verificaram primeiro as composições químicas das plantas e depois constataram que é possível cultivá-las em água contendo os elementos químicos encontrados em seus tecidos.

O termo hidroponia significa trabalho em água. É uma técnica de cultivo de planta sem o uso do solo, ou seja, cultivo em água contendo os elementos minerais que a planta necessita para sua nutrição, bom desenvolvimento e produção.

O cultivo hidropônico exige conhecimento das necessidades das culturas a serem exploradas, constante monitoramento do ambiente protegido, da solução nutritiva e do desenvolvimento das plantas, mas também apresenta algumas vantagens, como: É um sistema de cultivo que não sofre os efeitos do solo, diminuindo assim os riscos da ocorrência de doenças comuns nos solos tropicais; não sofre com tanta intensidade como o sistema convencional, os danos provocados pelas variações dos fatores climáticos; permite produzir em qualquer época do ano; permite a obtenção de um maior número de colheitas por ano na mesma área de cultivo; o produto colhido é livre de contaminações causadas pela água de irrigação, porque exige o uso de água limpa e de boa qualidade; o produto colhido é livre de resíduos de agrotóxicos; os tratos culturais são mais fáceis de serem executados e envolvem menor custo de mão-de-

obra porque poucas horas por dia são suficientes para manutenção de um grande número de plantas; pode-se trabalhar nas horas mais frescas do dia, tornando o trabalho mais agradável que o trabalho no campo.

Neste sistema, as plantas são cultivadas em canaletas de PVC, polipropileno (NFT), telhas, etc., a exemplo do agrião, alface, rúcula, cebolinha, entre outras, ou em substratos contidos em caixas ou embalagens plásticas como é o caso do tomate, pimentão, etc. A solução nutritiva é levada ao sistema radicular, em intervalos de tempo programados de acordo com a cultura, fornecendo-lhes assim os nutrientes e a água.

Normalmente para o cultivo hidropônico, é necessário que o produtor tenha casa de vegetação (estrutura de madeira ou metal coberta com plástico e com tela de nylon nas laterais e nas saídas de ar quente no teto, com bancadas de cultivo, sistema hidráulico e elétrico); esta casa de vegetação é importante para proteção de intempéries e doenças. Além disso, o produtor deve receber treinamento sobre o manejo desse sistema antes de iniciar a instalação da casa de vegetação visando assegurar o seu sucesso.

Em casos de hidroponia a céu aberto, os níveis de produção também são favoráveis, mas a produção fica sujeita aos problemas climáticos e a doenças, assim então, levando o produtor a utilizar defensivos em sua produção.

Sabe-se que na hidroponia as plantas não têm contato com o solo, ficando assim isentas do ataque das larvas, insetos e bactérias dele provenientes, podendo assim obter plantas de altíssimo nível de sanidade, sendo ideal para o consumo do ser humano.

Nesta prática de cultivo, pode-se obter o controle dos nutrientes fornecidos a planta ali a ser cultivado, e isso se dá, devido à inspeção diária da qualidade da solução nutritiva.

No entanto, a hidroponia apresenta poucas informações na utilização de água salinas, não se encontrando muitas citações informando os níveis críticos para as culturas nesse tipo de sistema de produção.

O agrião, também é uma cultura com poucas informações tanto em cultivos convencionais (solo), e principalmente em cultivo hidropônico. Encontrando-se uma deficiência grande de informações e trabalhos sobre esta cultura.

Portanto, estudos a serem realizados visando aumentar informações sobre uso de águas salobras em hidroponia, e também buscando informação sobre as respostas das culturas em águas salobras, são de fundamental importância para aperfeiçoar os investimentos em produções hidropônicas, principalmente na região Nordeste do Brasil.

Tendo em vista a falta de informação para a cultura do agrião hidropônico, o objetivo deste trabalho foi:

Averiguar a resposta à salinidade da cultura do agrião, em hidroponia e em solo;

Propor um manejo para a melhor utilização do sistema, com águas salobras.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O uso da hidroponia

Os sistemas hidropônicos de produção de plantas vêm sendo empregados no Brasil para diversas culturas, como hortaliças folhosas (FAQUIN; FURLANI, 1999; SANTOS, 2000c; BENINI et. al., 2002), de frutos (MORAES; FURLANI, 1999; FERNANDES et al., 2002) e de tubérculos (MEDEIROS et al. 2002). Para a maior parte dessas culturas, é empregado o sistema do tipo NFT (técnica de fluxo laminar de nutrientes), com pequeno ou nenhum uso de substratos. A escolha do sistema hidropônico a ser empregado depende, dentre outros fatores, do porte da espécie a ser cultivada e, principalmente, da disponibilidade e custo dos materiais com potencial de uso como substratos.

Os sistemas hidropônicos de produção de plantas atualmente em uso passaram por diversas modificações desde as primeiras experiências realizadas há décadas, para se adaptarem às condições ambientais e sócio-econômicas das distintas regiões de produção. Dentre essas adaptações, destacam-se a opção pela circulação contínua ou intermitente da solução nutritiva, o emprego de diferentes materiais como substratos e a aeroponia (MARTINEZ, 1999; MALFA; LEONARDI, 2001). Na origem dessas modificações, identifica-se o objetivo comum de buscar uma maior adaptação do sistema de cultivo às condições ambientais, visando otimizar o crescimento, o desenvolvimento e/ou a qualidade dos produtos vegetais. Outros fatores como o consumo de energia e as exigências laborais para a condução e o manejo das culturas também podem ser determinantes na escolha do sistema de produção a ser empregado.

O sistema hidropônico predominante na produção de hortaliças folhosas no Brasil é o NFT. Esse sistema se destaca, dentre outros fatores, pela praticidade na implantação da cultura e pela limpeza dos produtos colhidos. Entretanto, em regiões ou períodos quentes do ano, como aqueles que caracterizam a região Sul do País na primavera e no verão, e onde as temperaturas do ar podem atingir freqüentemente valores entre 35 e 40°C durante várias horas do dia, a temperatura da solução nutritiva tem sido um dos entraves para a produção hidropônica de hortaliças. Níveis

excessivamente elevados da temperatura da solução nutritiva estão associados com condições de hipoxia e são uma das causas da redução no crescimento ao longo das calhas de cultivo. Um segundo fator limitante tem sido o elevado consumo de energia elétrica empregada para a circulação da solução nutritiva em intervalos curtos de tempo, geralmente de 15 minutos, por meio de motobombas (NOGUEIRA FILHO; MARIANI, 2000).

Uma das adaptações pelas quais passou o NFT visando aumentar a inércia térmica da solução nutritiva e o suprimento de oxigênio às raízes é o emprego de substratos. Essa técnica apresentou forte expansão nos países mediterrâneos na última década, onde a maior parte dos sistemas hidropônicos de produção empregam algum tipo de substrato (CTIFL, 1995; CAÑADAS, 1999; ALPI; TOGNONI, 1999). No Brasil, o cultivo em substratos foi introduzido em algumas regiões, para o cultivo principalmente de hortaliças de frutos (GEMAINDER; FURLANI, 1999).

2.2 Hidroponia e solução nutritiva

O cultivo hidropônico de plantas, na sua conceituação moderna, é bastante recente e faz parte de uma área maior do conhecimento denominada “cultivos sem solo”. No Brasil, o cultivo hidropônico em escala comercial vem crescendo de forma rápida, destacando-se os estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio Grande do Sul, que vêm desenvolvendo pesquisas pioneiras para a implantação da hidroponia (SANTOS, 2000a).

A alface é a espécie de maior expressão no sistema de cultivo sem solo, possivelmente, por ser a hortaliça folhosa de maior consumo e importância no País, sendo que o principal sistema de produção é o ‘NFT’ (*Nutrient Film Technique*), na qual a solução nutritiva constitui um dos aspectos mais importantes na obtenção de produtos vegetais de alta qualidade. A solução nutritiva é o meio pelo qual os nutrientes previamente dissolvidos na água são colocados à disposição das plantas e, é tida como uma das partes mais importantes de todo o sistema hidropônico, sendo que o mau uso desta pode acarretar sérios prejuízos para as plantas (MARTINEZ; SILVA FILHO, 1997; ANDRIOLO, 1999). Furlani et al. (1999) salientam que muitos cultivos hidropônicos não obtêm sucesso, principalmente devido ao desconhecimento dos aspectos nutricionais

desse sistema de produção, o qual requer formulação e manejo adequados das soluções nutritivas. Segundo Hoagland e Arnon (1950) diversas soluções têm sido usadas com sucesso pela pesquisa, mas nenhuma solução nutritiva é superior a outra no que diz respeito a sua composição, pois as plantas têm acentuada capacidade de se adaptarem em diferentes condições nutritivas. Relatam, ainda, que um adequado fornecimento de nutrientes está diretamente relacionado com o volume de solução, estágio de desenvolvimento das plantas, taxa de absorção de nutrientes e frequência de renovação e reposição de nutrientes na solução nutritiva.

A manutenção e renovação da solução nutritiva são aspectos importantes a serem considerados em hidroponia.

Barbosa e Martinez (1996) consideram que as plantas absorvem mais água que nutrientes, de modo que, se o volume consumido diariamente for repostado com a adição de mais solução, haverá crescente salinização do meio de cultivo, o que prejudicará o desenvolvimento radicular e a absorção de água. Dessa forma, o volume de solução consumido deve ser repostado com água. Com a absorção, ocorre diminuição dos nutrientes na solução nutritiva, até chegar a uma situação em que a capacidade de nutrição da solução se esgota e, nesse ponto, a mesma deve ser renovada.

Resh (1997) considera que a vida útil de uma solução nutritiva depende principalmente da porcentagem de acumulação de íons não utilizados pelas plantas de forma imediata. Esse acúmulo resulta em elevação da concentração osmótica da solução nutritiva. O autor ressalta ainda que não se deve utilizar a solução nutritiva por um período superior a três meses, recomendando a renovação completa da mesma após este período. Já Castellane e Araújo (1995) consideram que, em um sistema fechado, o período útil da solução nutritiva é de três a quatro semanas, enquanto que, para Santos (2000b), o período de utilização da solução está compreendido entre 60 e 90 dias. O período da utilização da solução nutritiva é bem relativo porque depende muito da resposta da cultura ali cultivada.

Vários métodos de reposição de nutrientes são usados em hidroponia e, a adoção de uma forma de reposição de nutrientes na solução nutritiva é sempre

discutível, pela carência de comprovação da eficiência dos diversos métodos em relação à produção e à resposta das plantas cultivadas em solução nutritiva sem reposição, no sistema de fluxo laminar de nutrientes. Um sistema automático de controle de nutrientes na solução nutritiva foi proposto por Nielsen (1984), com base no ajuste do nível de água, da concentração de nutrientes e do pH. Em um nível de água constante, a queda na concentração de nutrientes é altamente correlacionada com a diminuição da condutividade elétrica, a qual pode ser usada para monitoramento do nível de nutrientes na solução.

Em cultivos comerciais, Martinez e Silva Filho (1997) sugerem o uso da relação entre a concentração de nutrientes e a condutividade elétrica para a reposição dos sais na solução nutritiva, quando houver redução da condutividade elétrica a 35% do valor inicial.

2.3 Salinidade

A salinidade é um problema que atinge cerca de 50 dos 230 milhões de hectares da área irrigada do globo terrestre, trazendo sérios prejuízos para a produção agrícola, principalmente nas regiões áridas e semi-áridas, onde cerca de 25% da área irrigada já se encontram salinizados (FAO, 2000). No Brasil, aproximadamente nove milhões de hectares são afetados pela presença de sais, cobrindo sete Estados. A maior área afetada está localizada no Estado da Bahia (44% do total), seguido pelo Estado do Ceará, com 25% da área total do País (GHEYI; FAGERIA, 1997). A presença de sais de sódio no solo provoca redução generalizada do crescimento das plantas cultivadas, com sérios prejuízos para a atividade agrícola. A redução no crescimento é consequência de respostas fisiológicas, incluindo-se modificações no balanço de íons, potencial hídrico, nutrição mineral, fechamento estomático, eficiência fotossintética e alocação de assimilados (FLOWER ET al., 1986; BETHKE; DREW, 1992).

A salinidade na rizosfera acarreta redução na permeabilidade das raízes para a água, dando origem ao estresse hídrico. A componente osmótica resulta das elevadas concentrações de sais dissolvidos na solução do substrato, os quais reduzem o potencial osmótico desta solução, diminuindo, conseqüentemente, a disponibilidade da água para a planta. O efeito iônico, por outro lado, refere-se aos íons absorvidos pelas

plantas, os quais podem provocar desequilíbrio iônico e/ou efeitos tóxicos para o metabolismo da planta (WILLADINO; CÂMARA, 2004). Em consequência, as plantas fecham os estômatos para reduzir as perdas de água por transpiração, resultando em uma taxa fotossintética menor, o que constitui uma das causas do reduzido crescimento das espécies, sob condições de estresse salino (O'LEARY, 1971).

Além deste fato, o NaCl afeta a síntese e a translocação para a parte aérea da planta de hormônios sintetizados nas raízes, indispensáveis para o metabolismo foliar (PRISCO, 1980).

A escassez de água, em algumas localidades, está exigindo que águas de qualidade inferior sejam utilizadas, principalmente, na irrigação. Neste caso, a utilização dessas águas fica condicionada à tolerância das culturas à salinidade e ao manejo de práticas como irrigação e adubação, com vistas a se evitar impactos ambientais, com consequentes prejuízos às culturas e à sociedade.

2.4 Qualidade da água

A qualidade da água é fator a ser considerado na seleção de áreas mais favoráveis para o cultivo hidropônico, é necessário ter conhecimento sobre as propriedades químicas limitantes para o cultivo, tais como: pH, alcalinidade, sais solúveis, cálcio, magnésio, boro, flúor, cloreto, sulfatos, sódio, carbonato e ferro. Sendo que, a análise química e microbiológica da água o primeiro passo a ser dado na elaboração do projeto de cultivo hidropônico (RODRIGUES, 2002).

No preparo de solução nutritiva utilizando água salina, ou seja, aquela que contém cloreto de sódio, Resh (1995) e Schwarz (1968) afirmam que se evite utilizar água que contenha mais de 50 mg.L^{-1} de cloreto de sódio em cultivos hidropônicos.

Por outro lado, informa Rodrigues (2002) que algumas pesquisas realizadas no exterior indicam a possibilidade de utilizar águas salobras com mais de 2.500 mg L^{-1} de sais, desde que a água se movimente livremente no sistema radicular e que haja drenagem.

Os padrões de qualidade da água recomendados por Benoit (1992) incluem ainda: $80,2 \text{ mg L}^{-1}$ de cálcio, $12,2 \text{ mg L}^{-1}$ de magnésio, $48,1 \text{ mg L}^{-1}$ de sulfato, 244 mg L^{-1} de carbonato, $0,0027 \text{ mg L}^{-1}$ de boro, $0,00063 \text{ mg L}^{-1}$ de cobre, $0,00028 \text{ mg L}^{-1}$ de

ferro, 0,00549 mg L⁻¹ de manganês, 0,00327 mg L⁻¹ de zinco, 0,00475 mg L⁻¹ de flúor e condutividade elétrica de 0,5 dS m⁻¹ à 25°C.

2.5 Uso de água salina em hidroponia

Quando o objetivo é aproveitar águas salinas tem-se preferido escolher as culturas que são classificadas como tolerantes e de ciclo curto, para que os efeitos da salinidade na planta sejam menores e não reduzam tanto a produção (SOARES, 2007).

A pressão osmótica provocada pela quantidade de sais solúveis totais também deve ser considerada. Dependendo da concentração total de sais em alta pressão osmótica as raízes têm dificuldade em absorver água, afetando o crescimento e a produção da planta. Pressões osmóticas extremamente altas (acima de 10 atm) em curtos períodos causam menos danos do que pressões moderadamente altas de 4 a 5 atm em períodos prolongados (SCHWARZ, 1968). Segundo o autor, os sintomas por toxicidade por sais apresentados pelas plantas são crescimento raquítico com folhas pequenas que apresentam coloração verde escura e queima das margens das folhas e, finalmente, os tecidos da planta podem apresentar tonalidade azulada ou esbranquiçada.

Para o cultivo hidropônico a qualidade da água é um requisito principal para o sucesso do sistema de cultivo. A salinidade da água pode ser muitas vezes devido à presença de sais, como: sódio, cloreto ou bicarbonatos. O cloreto pode ser tóxico para as plantas e pode induzir ao estresse hídrico (GREENWAY; MUNNS, 1980), desbalanço nutricional (LAUCHI; EPSTEIN, 1980) e reduzindo o crescimento até levar a morte das plantas, especialmente em condições de alta temperatura.

Mesmo com estas informações, o efeito da salinidade sobre o desenvolvimento das plantas em sistema hidropônico ainda carece de mais estudos.

2.6 A cultura do agrião

A hortalica denominada agrião (*Barbarea verna*), na verdade, se constitui de várias espécies distintas, todas pertencentes à família Brassicaceae (Cruciferae), das quais se destacam, o agrião ou agrião d'água (*Nasturtium officinale* R. Br. = *Rorippa nasturtium-aquaticum* (L.) Hayek), o agrião-dos-jardins ou agrião de terra (*Barbarea verna* (Mill.) Aschers.), com sabor mais forte, e o agrião-do-seco (*Lepidium sativum* L.) (BRASIL, 2002), sendo este cultivado para brotos (NUEZ; HERNÁNDEZ BERMEJO,

1994; ISLA S.A., 2001). Todas estas três espécies têm ótimas qualidades alimentares e medicinais (EMBRAPA, 2007; FAO/LATINFOODS, 2007).

O agrião tem como centro de origem a Europa; é uma planta freqüente nas ribeiras e lugares úmidos do continente e das ilhas européias. É utilizada desde os tempos remotos, desde a época das civilizações grega e romana, como desintoxicante e restauradora. Hoje, possui varias propriedades medicinais. Ele é usado como diurético, adstringente, antidiabético, laxativo e vermífugo e, ainda, para o tratamento de tuberculose pulmonar, das bronquites, das doenças de pele, do fígado, dos rins, entre outras (PORTAL DO FAZENDEIRO, 2009).

Assim como a maioria das verduras de folha, o agrião é um vegetal de baixo teor calórico. Fornece 28 calorias em cada 100 gramas. Ele é considerado uma das principais fontes de vitamina A, essencial para a boa visão e para manter a saúde da pele. Apresenta ainda vitaminas do Complexo B(responsáveis pelo crescimento), além de grande quantidade de vitamina C (CANAL RURAL, 2009).

Tem alto potencial de sais minerais como Enxofre, Fósforo e Ferro. Eles são importantes para o funcionamento da glândula tireóide, ajudam na formação de ossos e dentes, evitam a fadiga mental e estão ligados à produção de glóbulos vermelhos do sangue.

É uma planta herbácea, semiperene e semiaquática, que emite ramos de até 50cm de comprimento. Haste ramosa, espessa, succulenta, verde e rasteira. Emite numerosas raízes adventícias. As folhas são alternadas, de coloração verde-escura e levemente arroxeadas. As flores, hermafroditas, são pequenas, regulares e de cor branca, agrupadas em inflorescências do tipo rácemo. O fruto é seco, do tipo siliqua, deiscente, e as sementes têm endosperma seco e consistente (PORTAL DO FAZENDEIRO, 2009).

Devido a grande riqueza de nutrientes, os agricultores que já dominam a técnica da hidroponia, têm buscado alternativas de cultivos em outras espécies e, entre estas a hortaliça folhosa agrião d'água (*Rorippa nasturtium-aquaticum*) pode se destacar como uma boa opção.

Com um mercado bastante aberto, os produtores de agrião têm sido muito bem sucedidos na sua comercialização. Segundo eles, a partir do momento em que o consumidor começar a reconhecer o agrião hidropônico, com certeza ele optará pelo produto (CANAL RURAL, 2000).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi desenvolvido no Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior 'Luiz de Queiroz', ESALQ-USP, na cidade de Piracicaba, Estado de São Paulo, em casa de vegetação do tipo arco simples com 17,80 m de comprimento, 7,10 m de largura, pé-direito de 4,30 m (incluindo 1,35 m de altura do arco) e orientação leste-oeste, localizada nas coordenadas geográficas 22° 42' 89,4" latitude Sul, 47° 37' 46,2" de longitude Oeste, 540 m de altitude.

Figura 1 – Casa de vegetação onde foi realizado o experimento

Para a proteção do ambiente, foi utilizado no teto um filme transparente de polietileno de baixa densidade com 0,10 mm de espessura e aditivo anti-ultravioleta; para um sombreamento nas laterais, usou-se telas de sombreamento de 50%, havendo cortinas laterais feitas com o mesmo filme de polietileno as quais podiam ser abaixadas em dias frios ou chuvosos. O piso da casa de vegetação foi coberto por geotêxtil de poliéster, coloração preta, visando aumentar a vida útil do sistema de bombeamento e melhorar as condições fitossanitárias.

O clima da região é do tipo CWA, subtropical úmido, com verão chuvoso e inverno seco. As temperaturas médias mensais variam de 24,8° C no verão e 17,1° C no

inverno, sendo a média anual igual a 21,4° C. Segundo Sentelhas (1998), as chuvas são da ordem de 1278 mm anuais, ocorrendo cerca de 1000 mm de outubro a março e 278 mm de abril a setembro.

Buscando amenizar altas temperaturas no interior da casa de vegetação, principalmente em dias quentes, foi colocado a uma altura de 2,70 m, aluminet 50-I, que é uma malha termorrefletora, que fornece um sombreamento de 50 a 54%. Também ajudando na retirada do ar aquecido, a casa de vegetação continha duas janelas nas extremidades de cada lado localizada no arco da casa de vegetação.

Figura 2 – Visão interna da casa de vegetação e da malha termorrefletora na parte superior

3.2 Estrutura e instalações

Utilizou-se uma estrutura de hidropônica composta por 32 unidades experimentais, que já se encontravam instaladas, sendo que cada sistema hidropônico representou uma parcela independente.

O sistema hidropônico foi do tipo NFT (técnica do fluxo laminar de nutrientes), constituindo-se de: um reservatório plástico com capacidade para 60 L de solução nutritiva; uma eletrobomba de circulação Metalcorte/Eberle, autoventilada, modelo EBD250076 (acionada por motor monofásico, 120 V de tensão, 60 Hz de frequência, corrente nominal de 2 A, isolamento classe B, 130° C); e um perfil hidropônico Hidrogood

feito em polipropileno com aditivo anti-ultravioleta, de tamanho médio, diâmetro comercial de 100 mm, comprimento de 2,8 m e orifícios espaçados em 0,30 m com 2,5 cm de raio. Na estrutura hidropônica, os perfis foram instalados a uma altura média de 0,85 m, possuindo quatro pontos de apoio e uma inclinação de 3,3 %. Cada dois perfis formava uma bancada de sistema hidropônico; entre os perfis da bancada foi colocado uma tela com aberturas da malha de 19 mm, tela essa, feita de plástico para não ter problema de oxidação. Esta tela foi colocada para formar um apoio às plantas do agrião, para não ocorrer o risco de que as plantas tombassem com ventos. Em uma das extremidades do perfil onde se dá a admissão da solução nutritiva, instalou-se um tampão visando evitar a entrada de luz e eventuais perdas de solução. Com os mesmos objetivos, e também para direcionar o retorno da solução, foi adaptado um frasco plástico branco na outra extremidade do perfil.

Figura 3 - Desenho do perfil hidropônico dotado de reservatório de abastecimento automático

Legenda da figura: 1 – perfil hidropônico; 2 – tubo PVC condutor da solução até o sistema injetor; 3 – tubo PVC condutor da solução não injetada até o reservatório; 4 – eletrobomba de circulação; 5 – reservatório de solução nutritiva; 6 – torneira-bóia; 7 – sistema de abastecimento automático; 8 – mangueira transparente graduada (SOARES, 2007).

Figura 4 – Tela protetora colocada entre os perfis

A solução nutritiva era bombeada do reservatório até a parte mais alta da bancada, por tubulações de PVC, onde a solução era injetada no perfil hidropônico. A solução injetada percorria o perfil em declive (3,3%), sendo a gravidade a única força motriz. A diferença de nível entre a eletrobomba, afixada em uma estaca, e o sistema injetor foi de 0,76 m. O sistema injetor foi composto por dois emissores que saíam da tubulação e se prolongavam por mangueiras flexíveis até o perfil hidropônico, apresentando em média uma vazão de 1,60 L por minuto. O excedente não injetado no perfil voltava ao reservatório mediante tubulação de PVC, em cuja extremidade se conectou um curva de 90° visando favorecer a aeração da solução nutritiva.

A eletrobomba de circulação funcionava apenas 'afogada', sendo sua vazão dependente da altura de recalque requerida e também da lâmina mantida no reservatório.

Também foram montados sistemas de abastecimento automático individualizados para cada parcela e construídos com tubulação de PVC de seção contínua e diâmetro de 200 mm. Este tipo de sistema permitiu a saída automática de água para o reservatório de solução nutritiva mediante uma torneira-bóia, possibilitando

a manutenção do volume contido naquele. O depósito de abastecimento foi dotado de uma régua graduada, fixada junto a uma mangueira transparente, o que permitia verificar o consumo de água diário.

A rede elétrica foi dimensionada para operar todas as parcelas simultaneamente. No painel de controle, foi instalado um contador CWM50 (220V) que tem saída para três disjuntores de 30 A. Cada disjuntor energizava uma linha (com dois fios de 4mm), a qual acionava um conjunto de 13 ou 14 eletrobombas (110 V) mediante derivações de linhas de 2,5 mm providas com terminais tipo fêmea. No painel também foi instalado um temporizador digital (220 V) programável para até 720 eventos que permitiu armar e desarmar o contador em intervalos mínimos de 1 minuto. Durante o experimento foi montado a seguinte programação diária de irrigação: irrigações a cada 15 minutos das 06:00 às 11:00; irrigação constante das 11:00 às 14:00; irrigações a cada 15 minutos, das 14:00 às 19:00; irrigações de 15 minutos às 21:00, 23:00, 02:00. Para garantir a programação informada, em virtude de eventual falta de energia elétrica, diariamente foram feitas verificações no horário registrado pelo temporizador.

Figura 5 – Timer digital junto com disjuntores, utilizado para acionamento das eletrobombas nos horários programados

Para avaliar a resposta do agrião à salinidade em solo sob as mesmas condições de cultivo que na hidroponia foram utilizadas plantas cultivadas em vasos. O solo utilizado foi oriundo da camada superficial (< 20 cm) de um perfil classificado como Latossolo Vermelho Amarelo Álico fase arenosa, proveniente do campus da ESALQ e denominado Série “Sertãozinho”.

Em vasos de 12 L, foi colocado uma camada de 2 cm de brita, protegida por uma manta geotêxtil. Por cima desta camada foi colocado o solo seco e peneirado.

Para permitir a drenagem, o fundo dos vasos era perfurado; uma tinta prateada foi passada do lado de fora dos vasos, para reduzir o aquecimento e na parte superior do solo foi colocado mulch plástico de 25 micras de espessura, dupla face sendo prateado/preto com 25% de refletividade.

Descontada a camada de brita e após sua reestruturação mediante irrigações, o solo passou a ocupar cerca de 11,1 L do vaso. A média da densidade do solo a partir de 8 amostras foi estimada em $1,452 \text{ kg dm}^{-3}$. A condutividade hidráulica do solo saturada foi estimada em $14,65 \text{ cm hora}^{-1}$, sendo classificada como alta. O solo foi salinizado via gotejamento (4 L hora^{-1}) com oito soluções nutritivas contendo NaCl à semelhante proporção dos tratamentos usados no ensaio em hidroponia nesse mesmo experimento. As soluções nutritivas salinizantes foram usadas em cinco eventos de salinização para superar o poder tampão do solo e se atingir o equilíbrio dinâmico entre as salinidades do solo e da própria solução (SOARES, 2007).

A pasta saturada para determinação da CEes foi preparada utilizando-se 0,3 L de solo, ao qual foi sendo adicionando gradualmente água destilada até se atingir o ponto de saturação. O ponto de saturação foi estabelecido quando as amostras passaram a apresentar aspecto brilhante, além de escorregar facilmente pela espátula. As pastas foram colocadas em repouso por um período de 20 horas dentro de câmaras úmidas. Em seguida foram retirados os extratos de saturação por meio de sucção

Figura 6 – Extração da CEEs, utilizando o sistema de vácuo

No ensaio com solo, cada planta cultivada em vaso foi considerada uma unidade experimental. Os oito tratamentos foram dispostos em delineamento aleatorizado em oito blocos, havendo uma repetição por bloco.

As plantas foram colhidas e processadas junto com a colheita hidropônica.

3.3 Preparo das mudas

Foi utilizado sementes da cultivar de agrião de folha larga da marca ISLA, semeado em espuma fenólica (2x2x2 cm), em orifícios com 0,3 cm de diâmetro e formato cônico, 0,6 cm de profundidade, feitos com a ponta de uma caneta esferográfica. Após semeadura as sementes ficaram 36 horas em ambiente protegido sem receber luz; após este período foram levadas para casa de vegetação, onde a irrigação era manual com água até a germinação. Depois de germinadas, as plantas foram levadas ao berçário, recebendo solução nutritiva recomendada por Furlani et. al. (1999), diluída em 50%. Aos 12 dias após a semeadura (DAS), foi feito o desbaste, ficando uma plântula por célula. Com a emissão da sexta à sétima folha, incluindo as cotilédones, que ocorreu aos 30 dias após semeadura, as mudas foram transplantadas para os perfis definitivos.

Figura 7 – Mudanças de agrião no berçário

Figura 8 – Bancada onde foi montado o berçário, para produção das mudas

Figura 9 – Mudas do agrião após serem transplantadas

3.4 Condução do experimento

Para averiguar a resposta aos sais pelo agrião em sistema hidropônico NFT e no solo, foi avaliado a solução nutritiva conformados mediante a oito níveis de salinidade das águas com os seguintes valores de condutividade elétrica: testemunha (0,0); 3,50; 4,50; 5,50; 6,50; 7,50; 8,50; 9,50 dS m^{-1} . Os níveis resultantes de salinidade na solução nutritiva preparada são apresentados na Tabela 1, estando em conformidade com a composição baseada em Furlani (1998). Foi utilizado também o sistema de abastecimento automático, o qual forneceu um fluxo de água instantâneo ao consumo pelas plantas. A água foi provida com a salinidade estipulada para cada tratamento. O cultivo em NFT foi contrastado com o convencional, seguindo o esquema fatorial com dois fatores (Tabela 3) e quatro repetições, aleatorizadas em blocos.

Tabela 1 - Composição da CE dos tratamentos aos quais foram submetidas às plantas do agrião

	CE _{nutrientes}	NaCl	CE _{NaCl}	CE _{resultante}
	dS m ⁻¹	g L ⁻¹	dS m ⁻¹	dS m ⁻¹
Ag	2,50	0,00	0,00	2,50
T2	2,50	2,05	3,50	6,00
T3	2,50	2,63	4,50	7,00
T4	2,50	3,22	5,50	8,00
T5	2,50	3,80	6,50	9,00
T6	2,50	4,39	7,50	10,00
T7	2,50	4,97	8,50	11,00
T8	2,50	5,56	9,50	12,00

Tabela 2 - Composição química da solução nutritiva segundo Furlani (1998)

Fertilizante	g/1.000 L
Nitrato de Cálcio Especial	750
Nitrato de Potássio	500
Fosfato Monoamônico	150
Sulfato de Magnésio	400
Sulfato de Cobre	0,15
Sulfato de Zinco	0,3
Sulfato de Manganês	1,5
Ácido Bórico	1,8
Molibdato de sódio	0,15
Dissolveine (FeEDTA-13% Fe)	16

Tabela 3 - Graus de liberdade das fontes de variação da análise de variância

FONTE DE VARIAÇÃO	GL
Salinidade da água	7
Tipo de cultivo	1
Salinidade da água x Tipo de cultivo	7
Resíduo	48
Total	63

3.5 Análise de crescimento e de rendimento

Do transplante até a colheita, foram medidos todos os dias o consumo de água de cada parcela, tendo assim o consumo diário das parcelas. Também foram medidos a cada 7 dias a salinidade, em cada perfil, acompanhando assim, o crescimento da salinidade conforme o consumo de cada perfil.

Aos 30 DAT, mediu-se o número de folhas e o diâmetro da parte aérea. As plantas foram colhidas, separadas em parte aérea e raízes e pesadas em balança de precisão (0,01 g) para obtenção da massa de matéria fresca. A parte aérea e as raízes foram submetidas à pré-secagem e, posteriormente, levadas a estufa com circulação de ar à temperatura de 60°C durante 168 horas, para obtenção das respectivas massas de matéria seca.

Os valores de massas de matéria fresca e seca da parte aérea, do sistema radicular e de toda a planta foi determinado em balança de precisão. Os resultados foram processados no programa "SAS" (SAS INSTITUTE, 1999) para análise de variância e de regressão.

3.6 Análise química foliar

Para verificar os níveis de nutrientes e possíveis acúmulos de elementos em níveis fitotóxicos ou capazes de comprometer a segurança alimentar, foram realizadas análises químicas das folhas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos dois tipos de cultivo, hidropônico e convencional, foram colhidas as plantas de modo normal, e realizadas todas as medidas propostas.

Com os dados em mãos, foram realizadas as análises estatísticas utilizando o programa SAS, sendo os dados submetidos ao teste de regressão.

Figura 10 - Colheita das plantas centrais para realização das análises

Figura 11 - Medida do diâmetro da planta

4.1 Cultivo Hidropônico

As plantas de agrião tiveram grande variação conforme a salinidade submetida a cada tratamento, o crescimento foi altamente influenciado conforme o aumento da salinidade na solução para o sistema hidropônico.

Conforme as análises de regressão, houve efeito altamente significativo entre os tratamentos, principalmente pela testemunha (Ag) que se destacou em todas as observações.

Para a primeira observação, a de medidas médias do diâmetro das plantas, foi obtido um resultado linear em sua regressão. Nesta avaliação, foi observado nas plantas testemunhas e as com menores níveis de salinidade, um maior desenvolvimento em seu diâmetro, tendo suas ramificações com um comprimento maior.

Já para as plantas com maiores níveis de salinidade, foi observado que as plantas ficaram pequenas, com ramificações curtas.

Figura 12 - Gráfico da representação do resultado das medidas dos diâmetros das plantas para o sistema hidropônico

Após a colheita e a medida do diâmetro, foram contados todos os ramos da planta, para observar o número de ramificações e desenvolvimento das plantas.

Observou-se que os tratamentos menos salinos obtiveram um maior número de ramificações com melhor qualidade, como, maior comprimento do perfilho e melhor coloração. Já os tratamentos que receberam os tratamentos com uma maior salinidade, o número de ramificações foram menores e seus perfilhos com tamanhos inferiores e com coloração escura.

Figura 13 - Gráfico da representação do resultado do número de ramos das plantas para o sistema hidropônico

Outros próximos dois resultados analisados, foram, massa de matéria fresca e a massa de matéria seca das plantas; após a contagem dos ramos, foi feita a pesagem das plantas para obter a massa de matéria fresca, e em seguida essas plantas foram levadas a estufa para secagem. Depois das plantas secas todas foram pesadas uma a uma para que fosse obtido a massa de matéria seca.

Foi observado que a testemunha, por receber apenas os sais da solução nutritiva, obteve resultado mais elevado, mas para os tratamentos T2 e T3, apesar de seus valores serem menores, visualmente ficaram bem parecidas com as plantas

testemunhas. Para os demais tratamentos, o efeito mais elevado da salinidade foram observados visualmente, sendo que suas folhas ficaram menores, com uma coloração mais escura.

Para massa de matéria seca, os resultados observados foram bem semelhantes aos resultados da massa de matéria fresca, onde os três primeiros tratamentos obtiveram resultados melhores, e os demais tratamentos apresentaram resultados com valores menores.

Nesta avaliação em todos os valores encontrados da massa de matéria fresca e massa de matéria seca, foram analisados diferenças estatísticas.

Figura 14 - Gráfico da representação do resultado do peso da massa verde das plantas para o sistema hidropônico

Figura 15 - Gráfico da representação do resultado do peso da massa seca das plantas para o sistema hidropônico

Paulus em 2008 comentou que para a cultura da alface a fitomassa da parte aérea é decorrente da alocação de fotoassimilados nas diferentes partes da planta (raiz, caule e folhas). Os resultados da produção da massa de matéria fresca da parte aérea da alface variedade cultivada Verônica em função das águas salinas foram decorrentes das reduções das massas das folhas, do caule, da área foliar e do teor de água dos tecidos, o que se verificou com os resultados obtidos com a utilização de águas salinas (SOARES, 2007). Por serem olerícolas folhosas, acredita-se que a resposta do agrião ao efeito da salinidade, possa ter obtido a mesma resposta que a cultura da alface.

A redução na massa da matéria seca das plantas nos níveis mais elevados de salinidade da água pode ser atribuído à redução da área foliar. Greenway e Muns (1980) sugerem que a salinidade exerce efeito direto sobre a expansão ou divisão da célula, onde o efeito principal da salinidade ocorre sobre a redução da área foliar.

Considera-se que no sistema hidropônico a disponibilidade de água para o crescimento da alface não é limitante, à medida que o gradiente de potencial hídrico favorece a absorção, devido a osmoregulação. Portanto, a redução na área foliar, como consequência do estresse salino, pode representar a inabilidade das plantas para

discriminar entre os estresses hídrico e salino (BINZEL et al., 1985) ao invés de um mecanismo de adaptação (GREENWAY; MUNNS, 1980).

O último fator observado no experimento envolvendo a hidroponia, foi o desenvolvimento das raízes das plantas. Após a colheita, as raízes das plantas colhidas foram também levadas a estufa para secagem, e depois pesadas. E novamente como nos resultados anteriores foi obtido um resultado linear.

Nesta avaliação, foi observado o desenvolvimento das raízes antes de serem levadas à estufa, verificou-se que a salinidade afetou as raízes não possibilitando as mesmas de desenvolver.

Figura 16 - Gráfico da representação do resultado do peso das raízes secas das plantas para o sistema hidropônico

As figuras abaixo mostram o desenvolvimento das plantas que foram obtidas durante o experimento hidropônico. Na figura 17, mostra o tratamento que foi usado como testemunha ao lado direito da imagem, e ao lado esquerdo o tratamento T2, que foi o tratamento com o menor valor de salinidade na água utilizada para fazer a solução.

Na figura 18, é mostrada a bancada com a testemunha ao lado esquerdo e ao lado direito é mostrado o tratamento T6, que já aparenta diferença visual entre as

plantas. Para a figura 19, é mostrada a mesma observação que a 18, mas com o tratamento T8 no lugar da T6. E para a figura 20, é apresentado apenas o tratamento T8, para ser observado a coloração mais escura das plantas e com um aspecto de folhas mais grossas.

Finalizando as figuras da hidroponia, é colocado na figura 21, a diferença das raízes antes de serem levadas para estufa, o tratamento T8 que obteve a raiz menor esta colocado ao lado esquerdo, e a planta com raízes maiores colocada ao lado direito é uma planta da testemunha.

Figura 17 - Imagens dos perfis com a Testemunha e tratamento T2

Figura 18 - Imagens dos perfis com o tratamento T6 e a Testemunha

Figura 19 - Imagens dos perfis com o tratamento T8 e a Testemunha

Figura 20 - Plantas do tratamento 8

Figura 21 - Diferença do desenvolvimento do sistema radicular

4.2 Cultivo Convencional

Para o cultivo convencional, foram observados resultados parecidos com os obtidos pelo cultivo hidropônico.

Para a primeira observação, a de medidas do diâmetro das plantas, foi obtido um resultado linear em sua regressão. Nesta avaliação, foi observado nas plantas testemunhas e as com menores níveis de salinidade, um maior desenvolvimento em seu diâmetro, tendo suas ramificações com um comprimento maior.

Já para as plantas com maiores níveis de salinidade, foi observado que as plantas ficaram pequenas, com ramificações curtas.

Figura 22 - Gráfico da representação do resultado das medidas dos diâmetros das plantas para o sistema convencional

Para o número de ramos, também com resultados lineares em sua regressão, observou-se que os tratamentos menos salinos obtiveram um maior número de ramificações com melhor qualidade, como, maior comprimento do perfilho e melhor coloração. Já os tratamentos que receberam os tratamentos com uma maior salinidade,

o número de ramificações foram menores e seus perfilhos com tamanhos inferiores e com coloração escura.

Figura 23 - Gráfico da representação do resultado do número de ramos das plantas para o sistema convencional

Os resultados encontrados na massa de matéria fresca e massa de matéria seca, se apresentaram da mesma forma que os demais resultados. Nas duas análises foi obtida uma regressão linear, com valores significativos.

Figura 24 - Gráfico da representação do resultado do peso da massa verde das plantas para o sistema convencional

Figura 25 - Gráfico da representação do resultado do peso da massa seca das plantas para o sistema convencional

Novamente a redução nas massas das plantas nos níveis mais elevados de salinidade do solo pode ser atribuída à redução da área foliar. Segundo Greenway e

Muns (1980), a salinidade exerce efeito direto sobre a expansão ou divisão da célula, sendo que o efeito principal ocorre sobre a redução da área foliar.

Figura 26 - Sistema convencional, com a planta do tratamento testemunha

Figura 27 - Plantas do cultivo convencional, uma planta por parcela

Em relação aos dois experimentos, tanto em hidroponia quanto convencional, não foram encontradas outras resposta nenhuma a não ser o nanismo, coloração mais escuras das folhas e folhas coriáceas.

Também foi observado, que a hidroponia se sobressaiu em relação ao cultivo convencional com o uso de águas salobras; com isto, visando a expansão agrícola em regiões com águas salobras, podemos dizer que a hidroponia, seja uma alternativa de grande valor.

4.4 Consumo de água versus salinidade

Durante a condução do experimento, ficou claro a alteração do consumo de água conforme a alteração da salinidade da água.

A salinidade foi acompanhada semanalmente através da análise da condutividade elétrica, pois com a elevação da salinidade ocorre a elevação da condutividade elétrica.

Cada tratamento iniciou em um nível de salinidade da água mais a solução nutritiva. A partir deste valor inicial, a reposição de água foi feita com água salobra ao mesmo nível de salinidade da água existente; por isso, com o decorrer do experimento, a salinidade foi crescente de modo linear, e no caso da testemunha a salinidade foi decrescente por não receber água salina e haver o consumo de nutrientes.

Nos dois gráficos abaixo, observa-se, a testemunha (Ag) e os demais tratamentos (T2, T3 e T4), podendo ser vista a testemunha com uma salinidade baixa, que é a base da solução nutritiva que decresce lentamente, conforme o consumo dos nutrientes desta solução. Com isto, não houve nenhum tipo de interferência a seu desenvolvimento, e seu consumo de água foi crescente.

Para os tratamentos seguintes, esta salinidade foi crescente, conforme o consumo de água, havendo então, interferência no desenvolvimento das plantas, levando assim um consumo de água moderado mas pouco crescente.

Figura 28 - Condutividade elétrica da solução (A) e consumo de água (B) ao longo do ciclo da cultura

Nos próximos tratamentos mostrados a seguir, a condutividade elétrica já começou relativamente alta e ainda foi crescente, chegando a pontos bem altos. No tratamento T5, o consumo de água inicial foi o mesmo consumo do final do experimento, mostrando um baixo desenvolvimento da planta com isso um baixo

consumo. Para os demais tratamentos, T6, T7 e T8, o consumo final de água foi menor que o consumo inicial. Isso foi devido ao crescimento muito alto da salinidade, afetando o desenvolvimento celular das plantas, assim então, afetando o consumo de água; isso ajuda a explicar o baixo desenvolvimento de todas as plantas submetidas à salinidade no experimento.

Figura 29 - Condutividade elétrica da solução (A) e consumo de água (B) ao longo do ciclo da cultura

O que ocorreu durante o experimento, é que na primeira semana, houve o estresse das plantas devido ao transplante e a adaptação ao novo ambiente, com isso um baixo consumo de água; a partir deste período o consumo passa a ser crescente para todas as plantas; mas na terceira semana, ocorreram dias chuvosos e com isso houve baixa radiação solar, assim as plantas não consumiram tanta água; foi possível observar que na testemunha, o consumo foi constante e nos demais tratamentos chegou a ser decrescente. Na última semana, a radiação voltou a ficar normal, e o consumo voltou a ficar normal. Este fator ocorreu por igual em toda estufa, não diferenciando para nenhum tratamento. Este fator da radiação solar, não foi possível ser mostrado graficamente devido a problemas ocorridos com o datalogger.

Apesar da radiação solar ter sofrido alterações devido as chuvas, a temperatura não sofreu grandes alterações, mantendo-se pouco variável durante o experimento. Este fator pode ser observado na figura 30.

Figura 30 - Temperatura média °C, durante o experimento

5 CONCLUSÕES

1. Os tratamentos salinos influenciaram significativamente todos os parâmetros de rendimento da cultura, tanto na hidropônica quanto no solo.
2. Houve melhor desenvolvimento das plantas sob salinidade na hidroponia, quando confrontado ao solo.
3. O consumo de água pelas plantas da hidroponia foi influenciado pela salinidade.

REFERENCIAS

- ALPI, A.; TOGNONI, F. **Cultivo en invernadero**. 3 ed. Madrid: Mundi-Prensa., 1999. 347 p.
- ANDRIOLO, J.L. **Fisiologia das culturas protegidas**. Santa Maria: UFSM, 1999. 142 p.
- BARBOSA, J.G.; MARTINEZ, H.E.P. **O cultivo hidropônico do crisântemo**. Viçosa: UFV, 1996. 9 p.
- BENINI, 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.
- BENOIT, F. **Practical guide for simple culture techniques**. Sint-Katelijne-Water: European Vegetable RED Centre, 1992. 72 p.
- BETHKE, P.C.; DREW, M.C. Somatal and non-stomatal components to inhibition of photosynthesis in leaves of *Capsicum annum* during progressive exposure to NaCl salinity. **Plant Physiology**, Rockville, v.99, p.219-226, 1992.
- BINZEL, M.L.; HASEGAWA, P.M.; HANDA, A.K.; BRESSAN, R.A. Adaptation of tobacco cells to NaCl. **Plant Physiology**, Rockville, v. 79, p. 118-125, 1985.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Apoio Rural e Cooperativismo, Serviço Nacional de Proteção de Cultivares, Registro Nacional de Cultivares – Inclusões. Atualizado em 16/12/02. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/snpc/lst1100_7.htm> Acesso em: 22 out. 2007.
- CAÑADAS, J.J.M. Sistemas de cultivo em substrato: a solución perdida y com recirculación del lixiviado. In: MILAGROS, M.F.; GÓMEZ, I.M.C. (Ed.). **Cultivos sin suelo II**. Curso Superior de Especialización. Almería: DGIFA-FIAPACaja Rural de Almería. 1999. p.173-205.
- CANAL RURAL. Da Estação. Disponível em: <http://mediacenter.clicrbs.com.br/templates/player.aspx?uf=1EcontentID=66581Echannel=98>. Acesso em: 30 jun.2009.
- CANAL RURAL Hidroponia de Agrião. Uberlândia. 08 agosto. 2000. Disponível em: <http://www.zaz.com.br/rural/tecnica/2000/08/01/000.htm>. Acesso em: 14 abril 2008.
- CASTELLANE, P.D.; ARAÚJO, J.A.C. **Cultivo sem solo-hidroponia**. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 43 p.
- CTIFL. CENTRE TECHNIQUE INTERPROFESSIONEL DÈS FRUITS E DES LÉGUMES. **Maîtrise de la conduite climatique**. Paris: CTIFL, 1995. 127 p.
- EMBRAPA – Tabela de composição nutricional das hortaliças. Disponível em : <<http://www.cnph.embrapa.br/util/tabelahortalicas.htm>>. Acesso em: 22 nov. 2007.

FAO. Global network on integrated soil management for sustainable use of salt-affected soils. 2000. <<http://www.fao.org/ag/AGL/agll/spush/intro.htm>>. Acesso em: 10 maio 2008.

FAO/LATINFOODS – Tabla de composición de alimentos de América Latina. Disponível em: <<http://www.rlc.fao.org/bases/alimento>> Acesso em: 11 dez. 2007.

FAQUIN, V.; FURLANI, P.R. Cultivo de hortaliças de folhas em hidroponia em ambiente protegido. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.20, n.200/201, p.99-104, 1999.

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.

FLOWER, T.J.; HAJIBAGHERI, M.A.;CHIPSON, N.J.W. The mechanism of salt tolerance in halophytes. *Annual Review of Plant Physiology*, Palo Alto, v.28, p. 89-121, 1986.

FURLANI, P.R. **Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia - NFT**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1998. 30 p. (Documentos IAC; 168).

FURLANI, P.R.; SILVEIRA, L.C.P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas: IAC, 1999. 52p. (Boletim técnico, 180).

GREENWAY, H.; MUNNS, R. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. *Annual Review of Plant Physiology*, Palo Alto, v. 31, p. 149-190, 1980.

GEMEINDER, C.A.; FURLANI, P.R. Cultivo de hortaliças de frutos em hidroponia em ambiente protegido. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.20, n.200/201, p.105-113, 1999.

GHEYI, H. R.; FAGERIA, N. K. Efeito dos sais sobre as plantas. In: **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande, PB: UFPB,1997. p.125-131.

HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.L. **The water culture methods for growing plants without soil**. Berkeley: University of California, 1950. 32 p.

ISLA S.A., IMPORTADORA DE SEMENTES PARA LAVOURA. Porto Alegre, 2001. CATALOGO.

LAUCHI, A.; EPSTEIN, E. Plant responses to saline and sodic conditions. In: TANIJ, K.K. (Ed.). **Agricultural salinity assessment and management-Manuals and reports on engineering practice**. New York: American Society of Civil Engineering. 1980. p.113-117.

MALFA, G.L.; LEONARDI, C. Crop practices and techniques. **Acta Horticulturae**, Leuven. v.559, p.31- 39, 2001.

MARTÍNEZ, F.C. Sistemas de cultivos hidropónicos. In: MILAGROS, M.F.; GÓMEZ, I.M.C. (Ed.). **Cultivos sin suelo II**. Curso Superior de Especialización. Almería: DGIFA-FIAPACaja Rural de Almería. 1999. p. 207-228.

MARTINEZ, H.E.P.; SILVA FILHO, J.B. **Introdução ao cultivo hidropônico de plantas**. Viçosa: UFV, 1997. 52 p.

MEDEIROS, C.A.B.; ZIEMER, A.H.; DANIELS, J.; PEREIRA, A.S. Produção de sementes pré-básicas de batata em sistemas hidropônicos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, n.1, p.110- 114, 2002.

MORAES, C.A.G.; FURLANI, P.R. Cultivo de hortaliças de frutos em hidroponia em ambiente protegido. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.20, n.200/201, p.105-113, 1999.

NIELSEN, N.E. Crop production in recirculating nutrient solution according to the principle of regeneration. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON SOILLESS CULTURE, 6., 1984. , Lunteren, The Netherlands. **Proceedings...** Lunteren: International Society for Soilless Culture, 1984. p. 421-446.

NOGUEIRA FILHO, H.; MARIANI, O.A. Estruturas para produção de alface hidropônica. In: SANTOS, O. (Ed.). **Hidroponia da alface**. Santa Maria: UFSM, 2000. p.102-110.

NUEZ, F. E HERNÁNDEZ BERMEJO, J.E. Neglected horticultural crops. In: HERNÁNDEZ BERMEJO, J.E. E LEÓN, J. (Ed.). *Neglected Crops: 1492 from a Different Perspective*. Rome:Fao, 1994. p.303-332. (FAO, Plant Production and Protection Series,26)

O'LEARY, J.W. High humidity overcomes lethal levels of salinity in hydroponically grown salt-sensitive plants. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.42, p.717- 721, 1971.

PAULUS, D. **Produção, qualidade e parâmetros fisiológicos e bioquímicos de alface sob hidroponia com águas salinas**. 2008. 106 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

PORTAL DO FAZENDEIRO. Valor Rural. Disponível em: <http://www.fazendeiro.com.br/GuiaProd/GuiaProduto.asp?codigo=58&item=2>. Acesso em: 30 jun.2009.

PRISCO, J.T. Alguns aspectos da fisiologia do "stress" salino. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.3, p. 85-94, 1980.

RESH, H.M. **Hydroponic food production: a definitive guidebook of soilless food-growing methods**. 5th ed. California: Woodbridge Press, 1995. 527 p.

RESH, H.M. **Cultivos hidroponicos: nuevas técnicas de producción**. 4th ed. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1997. 509 p.

RODRIGUES, L.R.F. **Técnicas de cultivo hidropônico e de controle ambiental no manejo de pragas, doenças e nutrição vegetal em ambiente protegido**. Jaboticabal: FUNEP, 2002. 762 p.

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

SANTOS, O.S. Soluções nutritivas para alface. In: SANTOS, O. **Hidroponia da Alface**. Santa Maria: UFSM, 2000b. p. 90-101.

SANTOS, O.S **Hidroponia da alface**. Santa Maria: UFSM, 2000c. 160 p.

SAS INSTITUTE. SAS: user's guide statistics: version 8.0 edition. Cary, 1999. 956 p.

SCHWARZ, M. **Guide to commercial hydroponics**. Jerusalem: Israel Universities Press, 1968. 148 p.

SOARES, T.M. **Utilização de águas salobras no cultivo da alface em sistema hidropônico NFT com alternativa agrícola condizente ao semi-árido brasileiro**. 2007. 267 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

WILLADINO, L.G.; CAMARA, T.R. Origen y naturaleza de los ambientes salinos. In: REIGOSA, M.J.; PEDROL, N.; SANCHES, A. (Ed). **La Ecofisiologia Vegetal**. Thomson, Madrid. 2004. p.303-330.