

459- REPIDISCA

T248198

ESTUDO DAS CONDIÇÕES DE
DESENVOLVIMENTO
DE CULTURAS PELO PROCESSO
HIDROPÔNICO

Túlio Magnani Júnior

DEDALUS - Acervo - EESC



31100013579

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, área de Hidráulica e Saneamento.

ORIENTADOR : Prof. Dr. Arthur Mattos



São Carlos
1998

Class.	TESE/EESC
Cutt.	3214
Tombo	T248/98

31100013579

st 0994988

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca - EESC-USP

M196e Magnani Júnior, Túlio
Estudo das condições de desenvolvimento de
culturas pelo processo hidropônico / Túlio Magnani
Júnior. -- São Carlos, 1998.

Dissertação (Mestrado) -- Escola de Engenharia
de São Carlos-Universidade de São Paulo, 1998.
Área: Hidráulica e Saneamento.
Orientador: Prof. Dr. Arthur Mattos.

1. Hidroponia. 2. Cultivo sem solo.
3. Plasticultura. 4. Estufa. I. Título.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Candidato: Engenheiro **TULIO MAGNANI JUNIOR**

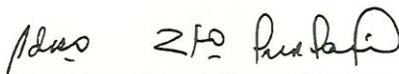
Dissertação defendida e aprovada em 06.08.1998
pela Comissão Julgadora:



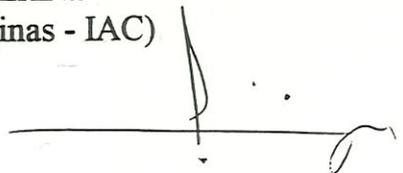
Prof. Assoc. **ARTHUR MATTOS (Orientador)**
(Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo)



Prof. Dr. **EDSON JOSÉ DE ARRUDA LEME**
(Universidade Federal de São Carlos - UFSCar)



Dr. **PEDRO ROBERTO FURLANI**
(Instituto Agrônomo de Campinas - IAC)



Prof. Titular **FAZAL HUSSAIN CHAUDHRY**
Coordenador da Área de Hidráulica e Saneamento



JOSÉ CARLOS A. CINTRA
Presidente da Comissão de Pós-Graduação da EESC

**À memória de
meu pai,**

OFEREÇO

**À minha mãe e
irmãos,**

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Arthur Mattos, pela amizade, compreensão e orientação dedicados ao longo do curso.

Ao professor Pedro Roberto Furlani, do Instituto Agronômico de Campinas, pela colaboração fornecida durante o desenvolvimento dos experimentos.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento - CNPq, pela bolsa de estudo concedida.

A todos os colegas, professores e funcionários da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, pela amizade e colaboração.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	i
LISTA DE TABELASA	ii
LISTA DE ABRERVIATURAS E SIGLAS	iii
LISTA DE SÍMBOLOS	iv
RESUMO	v
ABSTRACT	vi
1 . INTRODUÇÃO	1
2 . HISTÓRICO	3
3 . OBJETIVO	6
4 . REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
4 . 1 . A Solução Nutritiva	7
4 . 2 . Distribuição dos Nutrientes	13
4 . 2 . Fatores Ambientais	17
4 . 3 . A Estrutura Hidropônica	27
4 . 4 . Controle Fitossanitário	31
4 . 5 . A Eficiência Do Sistema Hidropônico	33

5 . MATERIAIS E MÉTODOS	35
5 . 1 . Instalações e Materiais Utilizados	35
5 . 2 . Procedimento Experimental	40
6 . RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
6 . 1 . Transplantes Da Maternidade para Pré-Crescimento . .	43
6 . 2 . Transplantes do Pré- Crescimento para Produção	49
6 . 3 . Condições Ambientais	56
6 . 4 . Viabilidade Técnico-Economica	56
7 . CONCLUSÕES	61
8 . BIBLIOGRAFIA	63

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 – Alguns tipos de cobertura com “lanternim”	20
FIGURA 02 – Vista frontal da estufa	36
FIGURA 03 – Vista lateral da estufa	36
FIGURA 04 – Dimensões da estufa	38
FIGURA 05 – Esquema do circuito	39
FIGURA 06 – Vista das bandejas da maternidade – Solução A	41
FIGURA 07 – Vista das bandejas da maternidade – Solução B	41
FIGURA 08 – Vista do primeiro transplântio para o pré-crescimento .	45
FIGURA 09 – Vista do segundo transplântio	45
FIGURA 10 – Vista do dispositivo de aspersão	47
FIGURA 11 – Vista do dispositivo de aspersão	47
FIGURA 12 – Detalhes do dispositivo de aspersão	48
FIGURA 13 – Transplântio para produção	51
FIGURA 14 – Fase final da produção	51

LISTA DE TABELAS

TABELAS DAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

TIMER - Temporizador

CNPH - Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças

**EMBRAPA-DF - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária do
Distrito Federal**

NFT - Nutrient Film Technique

PA - Pró-Análise

Parc. Nubl. - Parcialmente Nublado

pol. - polegada

PVC - Cloreto de Polivinila

LISTA DE SÍMBOLOS

B - Boro

°C - Graus Celcius

Ca - Cálcio

Cl - Cloro

cm - centímetro

CO₂ - Dióxido de Carbono (Gás Carbônico)

Cu - Cobre

Fe - Ferro

g - grama

K - Potássio

l - litro

m - metro

Mg - Magnésio

ml - mililitro

Mn - Manganês

Mo - Molibdênio

mS/cm - mili Siemens por centímetro

N - Nitrogênio

P - Fósforo

ppm - partes por milhão

S - Enxofre

T - temperatura de bulbo seco

Tb - temperatura de bulbo úmido

Tmax - temperatura máxima

Tmin - temperatura mínima

UR(%) - umidade relativa do ar em porcentagem

Zn - Zinco

RESUMO

MAGNANI, T. J. (1998). *Estudo das condições de desenvolvimento de culturas pelo processo hidropônico*. São Carlos, 1998, 65 pg. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

A hidroponia, termo concebido à técnica de cultivo sem solo, apesar de ter seu emprego comercial iniciado a um tempo relativamente pequeno (aproximadamente 50 anos), atualmente se encontra difundida pelos mais variados países de todos os continentes. No Brasil, talvez por possuir uma das mais favoráveis condições climáticas e de solo para o cultivo tradicional (cultivo de campo), essa nova técnica de cultivo apenas recentemente começou a receber atenção, e no momento ainda se encontra em fase de experimentação. O presente trabalho visa a uma introdução geral acerca do processo hidropônico, abordando aspectos técnicos-climáticos que interferem no desenvolvimento das culturas, e comenta sobre a viabilidade econômica para se obter um investimento de baixo risco.

Palavras-chave: hidroponia; cultivo sem solo; plasticultura; estufa.

ABSTRACT

MAGNANI, T. J. (1998). *Stud of development conditions of cultures for the process hidroponic*. São Carlos, 1998, 65 pg. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

The hydroponics, term conceived to the cultivation technique without soil, in spite of having its commercial use initiated in a time relatively small (approximately 50 years), now one finds diffused by the more varied countries of all the continents. In Brazil, perhaps for possessing one of the most favorable climate and soil conditions for the traditional cultivation (field cultivation), that new cultivation technique just began recently to receive attention, and in the moment it still is in an experimentation phase. The present work seeks to a general introduction concernning the hydroponic process, aproaching climatic-technical aspects that interferes in the development of the cultures, and it comments about the economic viability to obtain one investment of low risk.

Word-key: hydroponics; soilless cultivation; green house.

1-INTRODUÇÃO

A agricultura convencional depende fundamentalmente das condições climáticas e das condições de solo, que podem trazer grandes vantagens, como também gerar problemas. Quanto às condições climáticas, podem ser citados os problemas de umidade com o excesso de chuva, ou de seca com a ausência da mesma, os extremos da temperatura ambiente, a radiação solar, o vento, entre outros.

No que se refere ao solo, compete a ele fornecer às plantas seis condições para o seu completo desenvolvimento: água, oxigênio, calor, permeabilidade, pH, e nutrientes. Devido à complexidade do solo, em si, ainda hoje há dificuldades em se conseguir um equilíbrio entre o que é necessário para o desenvolvimento da planta e o que é fornecido pelo solo ou através dele. Pode-se dizer que é difícil manter o solo como fornecedor dos fatores vitais para a planta de um modo contínuo e permanente. No decorrer do uso agrícola, surgem problemas como: compactação, salinidade, lixiviação, acidez, fixação de íons, imobilização e volatilização de nutrientes, sinergismo, redução, impedimento de drenagem e incrustação. E até quando o solo poderá suprir com nutrientes as necessidades das plantas? Segundo Bernardes (1997), sabe-se que as reservas mundiais de fosfato são suficientes para aproximadamente mais 150 anos e as de potássio para mais 200 anos, além das reservas de zinco e cobre, que deverão se exaurir em cerca de 60 anos. Com base nesse quadro, é imprescindível que as novas tecnologias agrícolas venham a dar ênfase em sistemas que visem a uma perfeita otimização na utilização de nutrientes, com o mínimo desperdício possível.

Com relação a água, diversos indicadores mostram o quanto esse precioso recurso está cada vez mais escasso a nível mundial. Mesmo o Brasil, que detém a maior reserva mundial de água potável superficial, já vem apresentando problemas com o abastecimento, como racionamentos periódicos em diversas cidades, mesmo com um bom regime de chuvas. A crescente

poluição dos mananciais hídricos pode ainda piorar bastante esse quadro em um espaço relativamente curto de tempo.

Quanto ao fator social, pode-se verificar a necessidade de se desenvolver novas tecnologias, devido ao grande aumento populacional brasileiro, para permitir que a produção de alimentos possa atender a demandas cada vez maiores por produtos vegetais de boa qualidade.

Matsuoka (1985), citado por Martins, apresenta três questões sociais básicas que estão causando grande preocupação atualmente, que são:

1-Nas regiões metropolitanas é cada vez maior o número de miseráveis e marginalizados da sociedade, com o conseqüente aumento da fome e das favelas.

2-As perspectivas de se agravar ainda mais essa situação são maiores, visto que a aplicação generalizada, crescente e irreversível das novas tecnologias de informática e micro eletrônica à produção de bens e serviços está justamente expulsando a mão de obra, sem a necessária compensação de novos postos de trabalho, ou seja, está se criando cada vez mais maiores condições de desemprego.

3-O modelo agrícola atual está favorecendo a verticalização das propriedades rurais, ficando cada vez mais difícil para o pequeno produtor obter renda condigna, levando-o a se desfazer da propriedade e se mudar para as cidades onde, por falta de qualificação para o trabalho, tende a se tornar um marginalizado, aumentando ainda mais o problema social urbano já mencionado.

Comparativamente, a hidroponia representa uma alternativa atraente, visto que, através de uma solução nutritiva, eliminam-se as dificuldades que impedem a manutenção do equilíbrio entre os diversos fatores de crescimento fornecidos pelo solo, além de oferecer um emprego bastante racional na utilização da água e de nutrientes, e usando-se o sistema de plasticultura pode-se garantir um melhor condicionamento climático. Favorece também a questão social pela fixação da mão de obra no campo e proporciona melhores condições para o pequeno proprietário rural.

2-HISTÓRICO

Desde o final do século XVII John Woodward já vinha testando o desenvolvimento de certas plantas em águas de rios, da chuva e de torneiras, para tentar descobrir se estas eram nutridas pela água ou pelas partículas sólidas presentes no solo. Seu progresso foi pequeno devido à falta de equipamentos adequados na época.

A partir do século XIX já havia conhecimentos fundamentais relacionados à nutrição das plantas. Dessas descobertas concluiu-se que cerca de 90% da matéria seca de quase todas as plantas é constituída de 3 elementos químicos (carbono, oxigênio e hidrogênio), elementos esses provenientes da água e do ar. Os outros elementos que fazem parte da constituição das plantas (nitrogênio, cálcio, potássio, magnésio, etc) são retirados da terra.

Estando comprovada a função da terra como provedora de certos elementos químicos para a nutrição das plantas, deu-se o início de experiências colocando-se esses elementos na água.

Desde então, diversos pesquisadores como De Saussure, Boussingault, Von Sachs e Knops realizaram experiências que contribuíram para a determinação da essencialidade de certos elementos químicos para a nutrição das plantas. Em 1930, Willian F. Gericke popularizou o cultivo de plantas em ausência de terra e batizou essa nova técnica de hidroponia que quer dizer trabalhar com água (hydro=água+ponos=trabalho).

Logo depois, durante a segunda guerra mundial, houve um grande impulso para a consagração prática da hidroponia devido às condições ambientais que impossibilitavam o cultivo de verduras e legumes destinados à alimentação dos soldados. Após a ocupação do território japonês, ao final da guerra, as forças americanas se viram forçadas a adotar o método devido à repulsão que os soldados sentiam em consumir alimentos produzidos em solos fertilizados com fezes humanas, que é prática milenar na agricultura do extremo oriente.

Posteriormente essa nova técnica de cultivo se espalhou por diversas regiões da Terra devido às condições climáticas desfavoráveis (Deserto do Saara, Península Arábica, Espanha, Israel, e outras). Atualmente a hidroponia está amplamente difundida em diversos países de todos os continentes do mundo não só devido às condições ambientais desfavoráveis, mas também pelos excelentes resultados obtidos na produção de verduras, legumes, frutas, flores e outros vegetais.

No Brasil, a hidroponia foi introduzida pelo engenheiro japonês Shigeru Ueda em meados dos anos 80, que trouxe essa técnica do Japão e a implantou em um sítio em Vargem Grande Paulista-SP. Apesar desse método ter sido implantado há bem pouco tempo, os primeiros resultados obtidos demonstram ser essa técnica muito eficiente em termos de produtividade, deixando assim seus empreendedores muito entusiasmados.

Várias são as técnicas que podem ser utilizadas para a nutrição das plantas em meio hidropônico. No sistema designado de NFT (nutrient film technique), as raízes da planta ficam submersas diretamente na solução nutritiva que escoia pausada ou continuamente pelo canal onde as plantas se apoiam. Os outros sistemas utilizam como meio de cultura substratos inertes (areia, cascalho, pedra, vermiculita, argila expandida, lã de rocha, entre outros) aos quais as raízes das plantas se fixam e por onde escoia a solução nutritiva. Cada espécie de planta possui um sistema de cultivo ao qual melhor se adapta, sendo no caso específico da alface o sistema NFT. Todos os sistemas podem ainda ser classificados como aberto ou fechado ou seja, a solução nutritiva é aplicada apenas uma vez ou é reciclada para posterior aplicação.

Atualmente diversos fatores dão à hidroponia uma importância fundamental para a sua consagração no contexto social, tais como: maior produtividade em menor área e em menos tempo, colheitas o ano todo devido ao sistema independer das condições climáticas locais e temporais (plasticultura); preservação dos mananciais hídricos pela não poluição dos solos e cursos d'água e baixo consumo de água; eliminação das operações com o solo, que se apresentam no cultivo tradicional, reduzindo-se em muito a mão de obra; evita

transmissão de doenças por águas contaminadas; melhor qualidade dos produtos com mínimo consumo de agrotóxicos; aplicação no tratamento de resíduos domésticos e industriais; utilização de águas com alto grau de pureza, como de aquíferos profundos, e portanto pobre de nutrientes, já que estes são fornecidos em dosagens balanceadas conforme as necessidades da cultura.

3-OBJETIVO

No Brasil, as unidades hidropônicas existentes utilizam-se das técnicas desenvolvidas no exterior, principalmente dos Estados Unidos, o que não é totalmente compatível para com as condições climáticas de nosso território, pois a melhor formulação dos nutrientes depende do tipo de clima, do tipo de cultura, do tipo de cultivo, da altitude, etc. todos esses produtores estão sempre testando novas formulações a partir das já existentes até conseguirem resultados melhores, mas carecem de conhecimentos científicos sobre a questão.

O presente trabalho tem por objetivo estudar o processo hidropônico e a influência climática, utilizando o sistema de estufa (plasticultura) com duas composições de nutrientes usualmente empregadas no comércio brasileiro, utilizando a cultura da alface como referência (duas variedades) e analisando a viabilidade econômica técnica e social.

4-REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1-A SOLUÇÃO NUTRITIVA

Os sais minerais, essenciais à nutrição das plantas, são constituídos por diversos elementos químicos, divididos em macronutrientes e em micronutrientes. Essa distinção na classificação está apenas em suas concentrações exigidas pelas plantas, que chega a ser de 10 a 5000 vezes superior de macronutrientes em relação aos micronutrientes.

De Salssure, von Sachs e Knop, por volta de 1860, já haviam determinado que Ca, Fe, Mg, N, P e S eram essenciais para o desenvolvimento das plantas.

Foi durante o período de 1850 a 1955 que quase todos os elementos minerais essenciais ao desenvolvimento das plantas (nutrientes) foram descobertos (quadro 1). A maioria, senão todos, foram descobertos utilizando-se de alguma forma de cultivo sem solo (Castellane & Araújo, 1994).

Quadro 1. Cronologia do estabelecimento de essencialidade aos elementos minerais, para o crescimento das plantas (Adaptado de Jones Jr. por Castellane & Araújo, 1994).

MACRONUTRIENTES			MICRONUTRIENTES		
Elemento	Ano	Pesquisador	Elemento	Ano	Pesquisador
N	1750	Desconhecido	Fe	1843	Gris
P	1839	Liebig	Mn	1897	Bertrand
S	1860	Knop	B e Zn	1927	Sommer
Ca	1860	Knop	Cu	1931	Sommer
Mg	1860	Desconhecido	Mo	1954	Broyer, Carlton, Johnson & Stout
K	1866	Birner & Lucanus	Cl	1954	Broyer, Carlton, Johnson & Stout

Em cultivo sem solo, a qualidade da água é fundamental, pois nela estarão dissolvidos os minerais essenciais, formando a solução nutritiva que será a única forma de alimentação das plantas, e portanto, podem ser utilizadas águas de diversas origens, principalmente as de poços artesianos e captadas da chuva, que não possuem nutrientes, evitando-se o uso de águas contaminadas de córregos urbanos.

A utilização da condutividade elétrica é uma maneira bastante prática de se obter a concentração total de sais na água, mas não informa sobre as concentrações individuais de cada nutriente, sendo portanto necessário o emprego de análises químicas periódicas para o conhecimento de tais concentrações. As unidades de medida da condutividade elétrica normalmente são dadas em miliSiemens ou microSiemens por centímetro (mS/cm ou μ S/cm)

(Castellane & Araújo, 1994). Outros autores preferem trabalhar com unidades diferentes,, como micro mhos/cm ($\mu\text{mhos/cm}$), para se obter uma relação direta entre a condutividade e a concentração em mg/l, e a pressão osmótica em bar, como nas relação a seguir:

$$C(\text{mg/l}) = 0,64 * CE(\mu\text{mhos/cm})$$

$$PO(\text{bar}) = 0,36 * CE(\mu\text{mhos/cm})$$

onde:

C = Concentração em mg/l

CE = Condutividade Elétrica em $\mu\text{mhos/cm}$

PO = Pressão Osmótica em bar

(adaptado de Schilfgaarde, 1974).

Como regra geral, toda água tratada, ou para ser utilizada para irrigação de estufas, é ideal para hidroponia. Há de se considerar, contudo, que sua condutividade elétrica deve ser inferior a 0.5 mS/cm, com uma concentração total de sais inferior a 350 ppm (Hanger in Castellane, 1994).

A presença prévia de nutrientes na água deve ser considerada quando do preparo da solução nutritiva (Castellane & Araújo, 1994).

É importante esclarecer que cada cultura exige uma determinada faixa de variação da condutividade elétrica. Benoit, in Teixeira (1996), relata valores ideais de 1,5mS/cm para o morango, 2,5mS/cm para a alface, e 4,0mS/cm para tomate e pepino.

Outro fator de grande importância na hidroponia é o valor do pH da solução nutritiva. Segundo Castellane & Araújo (1994), as plantas podem tolerar maiores variações de pH em hidroponia, quando comparado com o cultivo em solo. Contudo, recomenda-se valores de pH entre 6.0 e 6.5. Valores de pH abaixo de 5.0 e acima de 7.0 pode reduzir significamente o crescimento das

plantas, e valores mais elevados provocarão a precipitação de alguns nutrientes, como os micros metálicos. O controle do pH da solução nutritiva deve ser freqüente (até mesmo diariamente), adicionando-se base ou ácido para diminuí-lo ou aumentá-lo respectivamente, conforme as necessidades.

Quanto à formulação dos nutrientes, pode-se dizer que não existe uma fórmula ideal, pois esta depende de uma série de fatores como condições climáticas do local, tipo de cultura, tipo de cultivo, altitude, etc. Dentre as inúmeras fórmulas publicadas em todo o mundo, praticamente todas estão enquadradas nos seguintes parâmetros:

Nitrogênio	100 a 300	Boro	0,008 a 1,000
Fósforo	35 a 70	Manganês	0,250 a 1,000
Potássio	150 a 400	Zinco	0,050 a 1,000
Magnésio	40 a 140	Cobre	0,010 a 0,100
Cálcio	150 a 400	Molibdênio	0,001 a 0,050
Enxofre	50 a 100	Ferro	0,800 a 10,000

Os parâmetros estão em ppm (partes por milhão). Obs: 1ppm = 1mg/l.

Quanto aos sais utilizados no processo hidropônico, há de se considerar a sua boa qualidade para que apresente uma boa solubilidade em água, fornecendo os íons necessários que as plantas absorvem para o seu perfeito desenvolvimento. No entanto não é necessário a utilização de produtos químicos de alta pureza (conhecidos no mercado como PA), pois o seu elevado custo o torna inviável economicamente para uma produção comercial. Existem no mercado diversos sais (adubos químicos) que nos dão uma boa garantia, desde que sejam de empresas idôneas, a um custo bem mais acessível, e com bons resultados para o sucesso do empreendimento.

Furlani, in Moraes (1997), apresenta uma listagem dos principais fertilizantes utilizados no preparo de soluções nutritivas, com as porcentagens de cada elemento componente do produto, encontrados facilmente no mercado:

Sais Fertilizantes	Nutriente fornecido/Concentração
Nitrato de Potássio	36% K e 13% N-NO ₃
Nitrato de Cálcio Hydro	19% Ca e 15,5% N-NO ₃
Nitrato de Magnésio	9,5% Mg e 11% N-NO ₃
Sulfato de Amônio	21% N e 24% S-NH ₄
Monoamoniofosfato (MAP)	11% N e 21% P-NH ₄
Diamoniofosfato (DAP)	18% N e 20% P-NH ₄
Nitrato de Amônio	33% N e 16,5% NO ₃ e NH ₄
Fosfato Monobásico de Potássio	29% K e 23% P
Cloreto de Potássio	52% K e 47% Cl
Sulfato de Potássio	41% K e 17% S
Sulfato de Magnésio	10% Mg e 13% S
Cloreto de Cálcio	22% Ca e 38% Cl
Sulfato ferroso	20% Fe e 11% S
EDTA-dissódico	complexante para o Ferro
Ácido Bórico	17% B
Borax	11% B
Sulfato de Cobre	24% Cu e 12% S
Sulfato de Manganês	25% Mn e 21% S
Cloreto de Manganês	27% Mn e 35% Cl
Sulfato de Zinco	22% Zn e 11% S
Cloreto de Zinco	45% Zn e 52% Cl
Molibdato de Sódio	39% Mo
Molibdato de Amônio	54% Mo
Trióxido de Molibdênio	66% Mo

Deve-se ainda levar em consideração que as plantas necessitam de concentrações diferentes de solução nutritiva conforme as fases de

desenvolvimento. Maroto in Castellane & Araújo (1994), diz que nas primeiras fases de desenvolvimento, as plantas necessitam de soluções mais diluídas (cerca de 25 a 50% do total de sais utilizados na fase de pleno desenvolvimento).

Outra consideração importante de Castellane & Araújo (1994), é que em todo sistema hidropônico fechado, toda água consumida (absorção e transpiração das plantas, e evaporação direta) tenha seu volume repostado freqüentemente, pois, caso não haja a reposição da água, os nutrientes se concentrarão, o que poderá causar problemas de salinidade e prejudicar o desenvolvimento das plantas

Castellane & Araújo (1994), afirmam ainda que a vida útil da solução nutritiva de um sistema hidropônico fechado é de três a quatro semanas, dependendo da fase de desenvolvimento da planta, uma vez que a mesma vai consumindo a solução, e da estação do ano. Uma maior eficiência na decisão sobre a renovação ou reposição de nutrientes, está em se conhecer a marcha de absorção de nutrientes pela cultura, o que permitirá a determinação de qual nutriente estará limitando o desenvolvimento da planta. O ideal seria que análises semanais fossem feitas para um melhor ajuste da solução. Há de se considerar também, que em termos de quantidade de solução nutritiva, esta deve ser de, no mínimo, 1 litro de solução por planta para que as concentrações dos sais dissolvidos não se alterem com muita rapidez. Quanto maior for a capacidade do tanque de solução e, conseqüentemente, maior a quantidade de solução à disposição das plantas, menor será a necessidade de correções, pois as concentrações de cada nutriente permanecerão mais tempo sem alterações significativas.

4.2. - DISTRIBUICAO DOS NUTRIENTES

Segundo Furlani (1995), os nutrientes são transportados da raiz para a parte aérea das plantas através do xilema, e entre os órgãos da planta através do floema. Essa mobilidade pelo floema levou a uma classificação dos nutrientes em:

-MÓVEIS: nitrogênio, fósforo, potássio, magnésio, molibdênio e cloro.

-POUCO MÓVEIS: enxofre, cobre, ferro, manganês e zinco.

-IMÓVEIS: cálcio e boro.

Essa classificação é importante na identificação dos sintomas de deficiência nutricional de acordo com a parte afetada da planta, pois os nutrientes imóveis apresentam sintomas de deficiência nas partes mais novas das plantas, enquanto que os sintomas de deficiência dos nutrientes móveis se mostram mais evidentes nas partes mais velhas.

Quanto a essencialidade de cada elemento para o desenvolvimento das plantas, Bernardes (1997), apresenta uma relação entre esses elementos e a influência de cada um deles no desenvolvimento fisiológico das plantas:

NITROGÊNIO: Essencial na formação de proteínas, além de fazer parte de importantes compostos como a clorofila, os alcalóides, e diversos hormônios, enzimas e vitaminas. Quando há insuficiência de nitrogênio, as plantas se tornam raquíticas e a frutificação é insignificante. Por outro lado, o excesso de nitrogênio provoca um crescimento desproporcional da parte aérea das plantas em relação às raízes, e conseqüentemente estas não atenderão bem as necessidades da parte aérea, tornando as plantas mais sensíveis à seca. Além disso, tal excesso torna os tecidos muito tenros, facilitando o ataque de pragas e moléstias.

FÓSFORO: Este elemento atua na respiração e produção de energia, intensifica as divisões celulares e faz parte da composição de certas substâncias de reserva, como o amido e albuminóides. As plantas se tornam mais resistentes a moléstias, facilita a floração, aumenta a frutificação e apressa o amadurecimento. O excesso de fósforo pode reduzir a assimilação de nitrogênio e provocar sintomas de deficiência deste último. A insuficiência de fósforo não é tão perceptível quanto a de nitrogênio e torna os tecidos das plantas aquosos e pouco resistentes, além de diminuir as ramificações e restringir o desenvolvimento do sistema radicular.

POTÁSSIO: Participa na elaboração dos açúcares e amido, é indispensável à formação e amadurecimento dos frutos, aumenta a rigidez dos tecidos e o desenvolvimento do sistema radicular. Esse elemento possui uma relação muito importante com o nitrogênio, pois um se apresenta como antagonista do outro, ou seja, o excesso de um deles apresenta sintomas de deficiência do outro, e vice-versa, e para se fazer correções, pode-se eliminar o excesso de um através da adição do outro.

CÁLCIO: Além de possuir grande importância para as plantas, influi também no meio, pois atua no equilíbrio entre a acidez e alcalinidade da solução nutritiva. É um elemento estrutural, integrante dos tecidos vegetais e os sintomas de deficiência se apresentam inicialmente nos tecidos mais novos das plantas, devido a esse elemento ser de difícil translocação pelos vasos lenhosos.

ENXOFRE: Associado ao nitrogênio, participa na composição das proteínas, e sua insuficiência apresenta sintomas semelhantes aos da carência de nitrogênio.

MAGNÉSIO: A maior parte deste elemento se encontra em solução na seiva das plantas. Atua na composição da clorofila, da protoclorofila, da pectina e da fitina. Acredita-se que o magnésio desempenhe importantes funções físico-coloidais.

FERRO: Atua na formação da clorofila, e sendo um elemento de difícil mobilidade pelo interior das plantas, seus sintomas de deficiência se apresentam inicialmente nos tecidos mais novos.

BORO: É muito encontrado nos tecidos mais novos e em franco desenvolvimento, e possui grande importância na multiplicação das células, na floração, frutificação e desenvolvimento das raízes.

MANGANÊS: Outro elemento necessário à formação da clorofila, age também, em alguns casos, como catalisador.

COBRE: É essencial para a oxidação e redução, aparece em várias proteínas funcionando como enzimas, porém, pouco se sabe ainda sobre a influência de tal elemento para os vegetais.

ZINCO: Outro elemento cuja função ainda é um tanto incerta, mas deve ser de grande importância para o metabolismo vegetal, visto que a sua falta provoca diversas moléstias fisiológicas, como pouco crescimento, folhas pequenas e diminuição do tamanho dos cloroplastos.

MOLIBDÊNIO: Contribui para a assimilação dos nitratos e a fixação do azoto atmosférico. Esse elemento deve ser utilizado em quantidades bastante reduzidas, sendo o seu excesso prejudicial mesmo em plantas bastante jovens.

CLORO: Um dos mais recentes elementos a serem utilizados na nutrição vegetal. Pouco se sabe ainda sobre o cloro, como sua participação na fotossíntese.

A seguir, Furlani (1995) apresenta uma diagnose visual sobre os sintomas de deficiência dos diversos elementos para a cultura de alface:

NITROGÊNIO: amarelecimento da folhagem, palidez e queda das folhas mais velhas e denso sistema radicular.

FÓSFORO: plantas achatadas e em forma de roseta, podendo as folhas apresentarem coloração verde-escura, purpúrea ou vermelho-bronseada.

POTÁSSIO: as folhas são verde-escuras e menos crespas que o normal, com manchas cloróticas desenvolvendo-se em suas extremidades e posteriormente tornando-se necróticas.

CÁLCIO: folhas com crescimento aberto em roseta, folhas mais novas, mais enrugadas que o normal, apresentando lesões, de coloração marrom a cinza, que se distribuem de maneira irregular nas margens das folhas mais novas, que as levam a morrerem de fora para dentro.

MAGNÉSIO: folhas mais velhas com coloração amarelada, que se espalha das margens para dentro, entre as nervuras.

ENXOFRE: coloração amarelo-esverdeada, folhas mas crespas, mais grossas e firmes que o normal, mais escuras e opacas.

BORO: ocorre o aparecimento de necrose e o enrugamento das nervuras das folhas, muito similar às deficiências de cálcio. A necrose se torna mais intensa para o ponto de crescimento, o qual fica completamente enegrecido, causando falha na formação da cabeça, ficando com aspecto de roseta. As folhas novas são deformadas, quebradiças e apresentam nervura central proeminente.

COBRE: as folhas são alongadas e cloróticas, curvadas nas margens. As folhas novas são deformadas, mantendo-se as margens cloróticas curvadas para baixo. Num estágio mais avançado, as folhas murcham a partir das margens laterais e extremidades. Em cultivares com cabeça, esta não se forma.

FERRO: as folhas novas apresentam clorose internerval, sendo que em casos extremos de deficiência, tais folhas podem surgir totalmente destituídas de cor verde.

MANGANÊS: a planta toda e especialmente as folhas velhas apresentam coloração verde-pálido, podendo, em estágios mais avançados, ocorrer clorose internerval com pontuações necróticas.

ZINCO: as plantas deficientes são pequenas e em forma de roseta, com áreas maiores finas, e com margens espessas entre nervuras.

MOLIBDÊNIO: plantas novas com coloração verde-pálido, podendo, em casos extremos, apresentarem de início coloração amarelo-castanha, que vai perdendo a intensidade e termina por secar a folha.

CLORO: sintomas de deficiência de difícil ocorrência, sendo mais comum o excesso, que se apresenta pela queima das margens das folhas extremas.

4.3-FATORES AMBIENTAIS

A técnica hidropônica de cultivo possibilita um ótimo aproveitamento de água e nutrientes a serem fornecidos às plantas, proporcionando assim um rápido desenvolvimento, bom estado sanitário e altas produções. Porém o fator nutricional deve ser considerado em conjunto com os fatores ambientais que também fazem parte do crescimento das plantas, para o êxito econômico da hidroponia. Segundo Penningsfielp & Kursmann (1975), a ordem de importância desses fatores é: temperatura, luminosidade, disponibilidade de CO₂, umidade e oxigenação das raízes.

TEMPERATURA

Segundo Douglas (1983), a maioria das plantas prefere temperaturas amenas sem grandes variações. As plantas melhoram o seu desenvolvimento com o aumento da temperatura até um valor ótimo, enquanto que a diminuição da temperatura normalmente reduz o crescimento. Sganzerla (1995) cita faixas de variação de temperatura para alface de 18 a 25°C para o desenvolvimento, e 20°C como temperatura ótima para a germinação. Deve-se ressaltar que a influência da temperatura varia conforme a espécie de alface cultivada. Hesh (1992) diz que variedades européias de alface requerem temperaturas noturnas de 18°C, e diurnas de 17 a 19°C em dias nublados, e de 21 a 24°C em dias ensolarados. Já outras espécies como o tipo Grandes Lagos 659 suportam temperaturas diurnas de até 28°C. Portanto, para que se assegure uma boa produção, é necessário um manejo adequado da temperatura no interior das estufas, onde as plantas se desenvolvem.

Diversos equipamentos são utilizados para o controle ambiental da temperatura, tanto para aquecimento, quanto para resfriamento. Moraes (1997) descreve alguns desses equipamentos de aquecimento e de resfriamento.

-EQUIPAMENTOS DE AQUECIMENTO:

-Caldeiras: baseia se na condução de calor que circula através de uma tubulação pelo interior da estufa e efetua por convecção as trocas gasosas. Seu custo inicial é elevado, porém as despesas de operação e funcionamento são reduzidas devido ao baixo custo da matéria prima a ser consumida.

-Aquecedores Elétricos: são resistores elétricos acoplados ao sistema de ventilação, forçando a passagem do ar em seu interior e o aquecendo. É mais eficiente que a caldeira, porém seu custo operacional é mais elevado, requerendo uma maior demanda de energia elétrica.

-Tubos de Polietileno com água: São plásticos pretos em forma de tubos preenchidos com água e dispostos longitudinalmente às estufas. Esses tubos recebem radiação solar durante o dia e a água de seu interior armazena o calor recebido, que é liberado ao ambiente durante a noite. Seu funcionamento básico é semelhante ao das caldeiras, porém com aproveitamento de energia luminosa natural, o que torna seu uso mais barato e com maior proteção ambiental.

-EQUIPAMENTOS DE RESFRIAMENTO:

-Ventiladores: Promovem a circulação do ar pelo interior da estufa diminuindo a temperatura pela evaporação da água na superfície das folhas e pela troca de calor com o ar externo. Age favoravelmente também no processo de polinização das flores.

-Exaustores: São ventiladores instalados estrategicamente nas estufas de forma que retirem o ar quente de seu interior. Apresentam boa eficácia no

controle da temperatura ambiente, e são úteis também no controle da umidade relativa do ar.

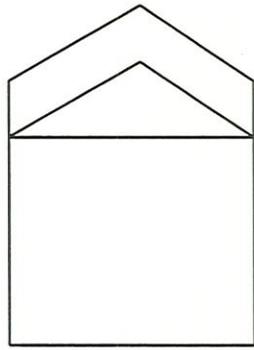
-Micro-Aspersores: São equipamentos utilizados para aspersão de água no interior da estufa. É uma operação eficaz no controle da temperatura ambiente, tomando-se a precaução de não umedecer demasiadamente o meio, favorecendo o desenvolvimento de pragas, principalmente fúngicas.

Sistema Pad-Fan: Seu princípio de funcionamento consiste na passagem forçada do ar externo através de uma superfície úmida, instalada em uma parede de uma das extremidades da estufa, para o meio interno. Esse deslocamento do ar externo para o meio interno é provocado pela sucção realizada por exaustores localizados na extremidade oposta à superfície úmida. Tal superfície pode ser a própria parede da estufa, feita com telas laterais de sustentação preenchidas com argila expandida ou palha, e por onde escoar água proveniente de sua parte superior.

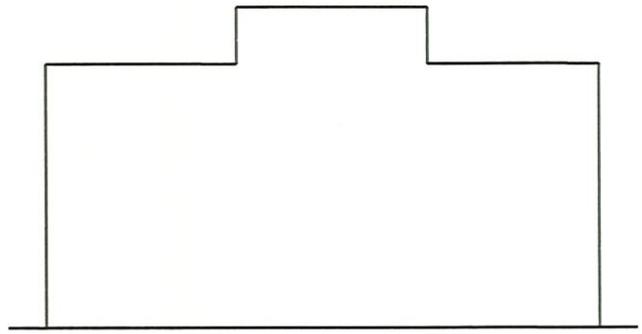
É um sistema sofisticado desenvolvido para estufas com grande controle de climatização, e apresenta grande eficácia no controle de temperatura, umidade relativa e renovação do ar do meio interno.

Em países de clima predominante quente como é o caso do Brasil, a principal preocupação dos produtores hidropônicos é com a diminuição da temperatura no interior das estufas. Bernardes (1997) cita em seus estudos que uma altura mínima de 2,50m no pé direito da estufa é recomendável para proporcionar uma melhor ventilação natural interna com uma conseqüente diminuição da temperatura em seu interior.

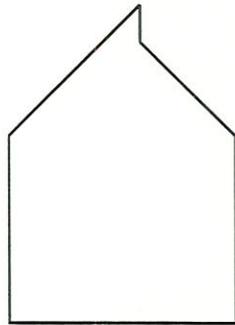
Além da altura da cobertura das estufas, uma boa maneira para facilitar a ventilação e a redução da temperatura do meio, seria a utilização de estruturas de cobertura dotadas de aberturas em sua parte mais alta (tipo “lanternim”), para a exaustão do ar quente, que por ser menos denso tende a subir por convecção. A figura 1 a seguir detalha alguns desses tipos de cobertura:



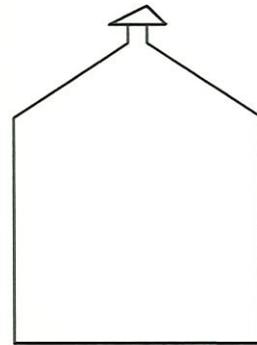
Vista frontal



Vista lateral



Vista frontal



Vista frontal

FIGURA 1 - Alguns tipos de cobertura com “lanternim”.



Diversos produtores utilizam-se de telas de sombreamento para conseguirem uma diminuição da temperatura, porém esse método pode diminuir consideravelmente a incidência de luz natural e provocar uma perda na produção.

Um sistema bastante eficiente, segundo Bernardes (1997), capaz de controlar com sucesso, não só a temperatura interna, mas também a umidade e luminosidade do meio, é o Mist Cooling System (ou simplesmente, sistema Mist). Este sistema, que é um tipo de nebulizador sob alta pressão, injeta no ambiente uma nuvem de minúsculas partículas de água na forma de névoa que se distribui uniformemente pelo interior da estufa. Essas partículas de água ao se evaporarem, absorvem calor do ambiente interno proporcionando assim uma queda na temperatura do meio em questão. Esse sistema, pelo seu próprio princípio, também ajuda a elevar a umidade do ambiente, e permite aos produtores trabalharem com os níveis ideais de luminosidade devido à redução praticamente total das telas de sombreamento. Segundo Bernardes (1997), estudos comparativos demonstram que o sistema Mist apresentou eficiência muito superior aos sistemas “Pad-Fan” e “Pad-House”, com um consumo menor de água e energia.

Penningsfield e Kursmann (1975) citam a utilização da técnica do acolchoado (mulching) para a redução da temperatura nas regiões tropicais. Para as regiões de clima frio, o pré-aquecimento da solução nutritiva é recomendado quando a temperatura se encontra abaixo dos níveis exigidos para o bom desenvolvimento das plantas.

Gericke e Tavernetti, citado em Penningsfielp & Kursmann (1975), obtiveram um sensível aumento na produção de tomate hidropônico aquecendo a solução a cerca de 27 °C. Favilli, citado em Penningsfielp & Kursmann (1975), após numerosos ensaios realizados na Itália, considera que um aquecimento da solução a 20-25 °C é bastante apropriado. Penningsfielp & Kursmann (1975) alertam, porém, que um aquecimento demasiadamente alto da solução nutritiva poderá provocar a cristalização de alguns nutrientes, o que causará alteração da

composição da solução, além de diminuir a capacidade de absorção de oxigênio desta.

Entretanto, para regiões de clima quente como o Brasil, pode-se fazer o procedimento contrário, ou seja, o resfriamento da solução nutritiva quando a temperatura do ar atingir valores extremamente altos. Jensen (1997) comenta que o resfriamento da solução nutritiva para 20°C, quando a temperatura do ar passar de 32°C, reduz drasticamente a formação do talo floral (pendoamento) em cultivos de alface, além de diminuir a incidência de fungos, como o pythium.

LUMINOSIDADE

Também, de vital importância para o perfeito desenvolvimento das plantas, é a quantidade de radiação solar recebida, pois esta é a fonte de toda a energia a ser usada em seus processos fotossintéticos. Em regiões de alta latitude, durante os meses de inverno, a iluminação natural geralmente é insuficiente para o perfeito desenvolvimento das plantas, o que pode ser complementado usando-se iluminação artificial. Segundo Penningsfield & Kursmann (1975), o uso de iluminação artificial é útil principalmente para a obtenção de plantas jovens, visto que em uma pequena área pode-se obter uma elevada quantidade de espécies, proporcionando assim uma boa rentabilidade mesmo com gastos elevados de energia elétrica. Ainda segundo Penningsfield e Kursmann (1975), caso não haja possibilidade do uso de iluminação artificial, pode-se aumentar o aproveitamento da iluminação natural, modificando-se a composição da solução nutritiva. Já durante os meses de verão, principalmente nas regiões tropicais, muitas plantas devem ser protegidas dos intensos raios solares, através da técnica de sombreamento, porém tomando-se o cuidado para que a iluminação não se torne deficiente, afetando o desenvolvimento, principalmente das plantas mais exigentes em iluminação para o seu metabolismo. Esra Negrin in Araújo & Castellane (1991), recomenda a utilização de telas plásticas para sombreamento da cultura na forma de estufas e

túneis. A localização da estufa também é fator determinante para a iluminação, pois deve-se tomar o cuidado para que o local escolhido não apresente nenhuma forma de eventual sombreamento. Cermaño, in Castellane e Araújo (1994), comenta que a estufa orientada na direção leste-oeste recebe maior luminosidade que na direção norte-sul, porém, nesta última a luz se distribuirá com maior uniformidade no interior da estufa. Porém, para a escolha definitiva da orientação da estufa, Moraes (1997) determina que a prioridade seja com relação aos ventos predominantes, que podem trazer prejuízos muito mais sérios. Sganzerla (1995) diz que a orientação das linhas de plantio também influencia na iluminação, sendo que para os locais de pouca insolação e altas latitudes, devido à inclinação da trajetória do sol, as linhas de plantio devem estar dispostas na direção norte-sul para que umas plantas não façam sombra às outras, enquanto que em locais de muita insolação e baixas latitudes, com o sol percorrendo uma trajetória mais perpendicular, este fator não tem tanta importância.

DISPONIBILIDADE de CO₂

Sabe-se que o carbono é o principal elemento constituinte das plantas. Bernardes (1997) comenta que cerca de 45% da matéria seca das plantas é constituído por esse elemento, e que todo o carbono existente nos tecidos vegetais provém do CO₂ atmosférico. No interior de estufas o conteúdo de CO₂ pode, em muitas ocasiões ser insuficiente para alcançar uma elevada assimilação e crescimento. Isso se deve ao fato de não ser possível arejar suficientemente as estufas nos meses de inverno. Grandes esforços tem sido feitos para aumentar a produção de CO₂ através de grandes quantidades de esterco e compostos orgânicos, e com isso tem-se conseguidos bons resultados. Penningsfielp e Kursmann (1975) destaca que para um fornecimento complementar de CO₂ são necessários os seguintes itens: O conhecimento do conteúdo de CO₂ segundo as necessidades das plantas cultivadas e em relação com os demais fatores de

crescimento; Uma fonte apropriada e não onerosa de CO₂; E um aparelho para a determinação da concentração de CO₂ no interior da estufa. Assim é possível determinar a duração e intensidade da aplicação do gás, para manter durante o dia, a concentração desejada de CO₂. No caso do território nacional, devido ao clima tropical em sua maior parte, as preocupações com a falta de CO₂ não chega a ser significativa, a não ser que não haja uma adequada renovação do ar do interior da estufa, visto que temperaturas baixas ocorrem apenas em alguns dias por ano e em poucas regiões. Bernardes (1997) cita que recentes estudos apresentam um aumento considerável na produção de hortaliças com a injeção de CO₂ tanto no ambiente interno da estufa, quanto na própria solução nutritiva. Moraes (1997) diz que a fertilização carbônica é largamente empregada na Europa e nos Estados Unidos, não só em cultivos protegidos, mas também em campo aberto. Este autor comenta que a concentração de gás carbônico presente na atmosfera é da ordem de 300 a 350 ppm e que as plantas apresentam um potencial maior para absorver e transformar o CO₂ existente na atmosfera. Com base nessas informações, é teoricamente possível obter ganhos na produtividade com complementação artificial de CO₂ no interior das estufas. Moraes (1997) comenta que algumas publicações mostram acentuados ganhos na produtividade com a fertilização carbônica.

UMIDADE RELATIVA

Outro importante fator a ser considerado é a umidade do ambiente, visto que esta exerce uma influencia direta no trabalho realizado pelos estômatos, pois, sem umidade suficiente não seria possível a absorção de CO₂ e, conseqüentemente não haveria condições de assimilação (Penningsfield & Kursmann, 1975). Em condições de baixa umidade e alta temperatura é necessário ventilar o interior da estufa, porém esse processo tenderá a baixar ainda mais a umidade e devido a isso, uma das maneiras mais usuais de se conseguir o controle da umidade é feito por meio de regas sobre as folhas das

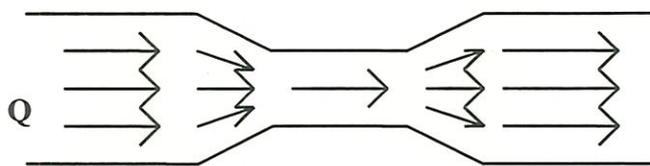
plantas. Pode-se usar também aparelhos nebulizadores. Em regiões de alta temperatura e baixa umidade, como a maior parte do Brasil Central e do Sertão Nordestino, o sistema Mist exposto no parágrafo sobre temperatura, pode ser o mais apropriado para tal situação, pois proporciona ao mesmo tempo uma elevação da umidade e uma redução da temperatura do interior da estufa. Já em situações com excesso de umidade e altas temperaturas, um método que apresenta boa eficiência para tal controle é através do uso de exaustores. Normalmente, nas estufas com calefação, a umidade ambiente deve permanecer numa faixa de 75 a 90 % (Penningsfield & Kursmann, 1975). No caso da alface, Sganzerla (1995) diz que a faixa ótima de variação da umidade relativa do ar para o desenvolvimento, está entre 60 a 80%. Convém lembrar que se a falta de umidade no ar é prejudicial ao desenvolvimento da cultura, o seu excesso também o é, pois pode causar a propagação de doenças provocadas por fungos e bactérias (Douglas, 1983).

AERAÇÃO das RAÍZES

A aeração das raízes também é uma importante condição para o êxito dos cultivos hidropônicos. As raízes devem receber oxigenação adequada, não só para a respiração das células vivas, mas também para outras funções como a absorção de nutrientes (Stoughton, 1969). Segundo Bliska Jr. (1995) a alface responde bem acima de $7,82 \times 10^{-5}$ moles de O_2 por litro de solução nutritiva. Para os métodos de cultivo, no qual se utilizam substratos granulares com boa porosidade, a perfeita drenagem da solução nutritiva é fundamental para o não encharcamento das raízes, permitindo assim uma aeração suficiente (Douglas, 1983). Já o sistema NFT não apresenta problemas com aeração, visto que 2/3 do sistema radicular da planta permanece parcialmente submerso na solução retirando os nutrientes, enquanto que o 1/3 restante desenvolve-se ao ar livre, absorvendo oxigênio (Fossati in Castellane & Araújo, 1994). Porém, na prática esta teoria não vem se mostrando muito adequada, como pode ser comprovado

em algumas unidades hiropônicas comerciais visitadas, onde a não aeração da solução nutritiva provocou o apodrecimento das raízes, levando as plantas a murcharem e posteriormente provocando a sua morte. Este processo de aeração é relativamente simples, e pode ser feito com a instalação de um compressor que bombeia ar para o fundo do tanque de solução próximo à tomada da bomba de recalque, tomando-se o cuidado para que não entre bolhas de ar no interior da bomba provocando cavitação e causando falhas no bombeamento da solução, podendo levar todo o sistema de produção ao colapso. Para sistemas hidropônicos pequenos (produção de até 100 plantas/dia de alface) um pequeno compressor de ar utilizado em aquários ornamentais já seria suficiente para tal aeração.

Quando a bomba de abastecimento da solução nutritiva possuir uma sobra de potência, torna-se necessário a instalação de um conduto de retorno para o excesso do volume de solução nutritiva para a tanque, logo após a saída da bomba. Nesse conduto de retorno pode ser feito um estrangulamento da seção transversal (diminuição da seção), e uma perfuração transversal neste local. Segundo a teoria de Bernoulli (Ueda, 1990), com a passagem da solução por essa seção menor, a velocidade de escoamento aumenta e a pressão interior diminui e fica inferior à pressão externa (pressão atmosférica), provocando uma sucção de ar do ambiente externo para o interior da solução nutritiva, e com isso tem-se um sistema de aeração bastante simples e com boa eficiência. A ilustração a seguir detalha o processo:



Teoria de Bernoulli

$$V^2/2g + P/\rho + Z = \text{cte}$$

4.4-A ESTRUTURA HIDROPÔNICA

Para que se tenha um perfeito resultado quando se trabalha com cultivo hidropônico, é necessário que toda a implantação do sistema seja executada de maneira apropriada de modo a oferecer as melhores condições para o bom desenvolvimento da cultura, assim como, garantir um perfeito funcionamento de todo o processo.

Segundo Castelane & Araújo (1994), geralmente, toda exploração hidropônica, deve ser abrigada das intempéries climáticas, no interior de estufas, cuja estrutura de apoio deve ser de madeira, metal ou cimento. Wolmer, citado por Martins (1997), relata alguns modelos de estufas conhecidas, tais como:

-Capela: estrutura de madeira ou metal com disposição em duas águas, dando a opção de construções geminadas ou independentes. Trata-se do principal modelo de estufa empregado no início da plasticultura no Brasil, devido à sua facilidade de construção e por empregar materiais mais baratos como madeira. Possui o inconveniente de exigir terrenos planos para a sua localização.

-Em Arco: Adapta-se com facilidade a qualquer terreno, e segundo o autor, trata-se do mais complexo modelo de estufa. Sua estrutura, normalmente é feita em arcos metálicos apoiados sobre mourões de madeira, concreto ou metálicos. Apesar de possuir um custo mais elevado que o modelo Capela, esse tipo de estufa está sendo largamente utilizado no Brasil pela sua maior resistência e durabilidade.

-Londrina: Esse modelo de estufa apresenta sua parte aérea plana e é o mais utilizado na região de Almeria-Espanha, por ser um local de baixíssimo

índice pluviométrico (aproximadamente 200mm/ano). No Brasil, devido às maiores precipitações pluviométricas, esse tipo não é muito recomendado sendo considerado uma estrutura de alto risco. Apresenta dificuldades para a renovação do ar de seu interior pela sua baixa altitude e por ser totalmente fechada, e também é muito suscetível a ventos fortes.

No que diz respeito à cobertura das estufas, esta deve ser de material transparente como polietileno, vidro ou telhas translúcidas. Pesquisadores do Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças-CNPH/EMBRAPA-DF (citado em Araújo & Castellane, 1991), apresentaram resultados de pesquisa, para algumas variedades de cultura, da utilização de diversos tipos de plásticos em cobertura de estufas, e concluíram que os que apresentaram melhor eficiência na produtividade, foram os plásticos brancos, de espessuras 100, 250, 300 e 200 micra, respectivamente. Já Basso & Bernardes (1993), recomendam o uso de plástico tipo UV, um plástico especial que contém aditivos contra os raios ultravioletas.

Quanto à localização, a estufa deverá estar sempre em situação exposta ao sol e protegida dos ventos predominantes. Cermaño (citado em Castellane & Araújo, 1994) afirma que a orientação geográfica da estufa, com seu eixo longitudinal na direção leste-oeste, é a que recebe a maior luminosidade; já com a orientação na direção norte-sul, a luz se distribuirá com maior uniformidade em seu interior. Segundo Moraes (1997), já citado anteriormente, o fator determinante na escolha definitiva da orientação da estufa é a direção dos ventos predominantes. A estufa deve estar orientada na posição frontal ao vento para que os esforços provocados por este sejam melhor distribuídos pela estrutura. Vale também dizer que em locais totalmente protegidos de ventos fortes, pode-se ter a alternativa do uso de estruturas de bambu, que pode apresentar uma vida útil considerável em condições favoráveis, possibilitando com isso uma drástica redução no custo do empreendimento.

Além dos cuidados relacionados à correta utilização da solução nutritiva e do meio de cultura, não menos importante são a escolha do método de cultivo e o correto dimensionamento do sistema hidráulico.

Os materiais básicos para a construção de um sistema hidropônico, segundo Castellane & Araújo (1994), são: reservatórios, canalizações, conjunto moto-bomba, peagâmetro para determinação do pH, e condutivímetro para determinação da condutividade elétrica, materiais esses utilizados todos em função da solução nutritiva. Pode-se também automatizar a operação do sistema com a instalação de um "timer" para o acionamento do conjunto moto-bomba, com uma programação pré determinada.

Quanto aos métodos de cultivo, há os que se utilizam de substratos para a sustentação das raízes, e o sistema designado por NFT (Nutrient Film Technique), no qual as raízes da planta ficam submersas diretamente na solução nutritiva.

Nos sistemas que utilizam substratos, são necessários recipientes ou cochos impermeabilizados, dentro dos quais se encontra o substrato, por onde escoar a solução nutritiva. A irrigação se dá por inundação, permanecendo por cerca de 30 minutos e drenada em seguida, ocorrendo de 2 a 3 vezes ao dia (Basso & Bernardes, 1993). Os materiais utilizados como substratos podem ser inorgânicos como areia, cascalho, pedra, vermiculita, lã de vidro, entre outros, ou orgânicos como casca de arroz carbonizada, acículas de pinus, turfa, entre outros, ou uma mistura de materiais orgânico e inorgânico (Castellane & Araújo, 1994). Segundo Douglas (1983), a vermiculita é um mineral classificado como silicato hidratado de alumínio e magnésio. Suas folhas (placas) são ligadas por água, e quando esse material é aquecido à uma temperatura de 1094 °C, a água de seu interior se vaporiza, provocando uma expansão do material em até 15 vezes o seu volume original, o que resultará em um material inerte, leve e com grande capacidade de absorção de água e ar, o que lhe conferem grande utilidade na prática hidropônica. Convém ressaltar que devido à sua grande capacidade de retenção de água, a vermiculita deve, normalmente, ser utilizada com uma mistura de materiais mais finos, reduzindo assim essa sua capacidade,

e possibilitando uma melhor aeração para o sistema radicular. Nesses sistemas, que se utilizam substratos, pode-se intercalar as irrigações apenas com água para evitar o acúmulo de sais no meio de cultura (Castellane & Araújo, 1994).

Quanto ao sistema designado por NFT, a cultura fica apoiada diretamente sobre os canais por onde escoa a solução nutritiva, com suas raízes submersas na solução. Esta técnica (NFT), foi criada por Alan Cooper, na década de setenta, e mais tarde foi aprimorada pelos japoneses que a definiram como TSaF (Técnica da Seiva Artificial Fluente), necessária ao cultivo de qualquer planta (Castellane & Araújo, 1994). Os canais utilizados neste sistema devem ser de material inerte, ou então receber uma camada protetora impermeabilizante em sua superfície interna, para evitar contato direto com a solução nutritiva, caso não for inerte. Esta preocupação com o tipo de material dos canais, está relacionada com o alto grau de corrosão da solução nutritiva (Castellane & Araújo, 1994). Os tipos mais utilizados de canais são, normalmente, feitos por tubos de PVC ou polietileno, telhas de fibrocimento, chapas de ferro galvanizadas, madeira, entre outros. As dimensões dos canais deve ser apropriada ao tipo de cultura que se deseja explorar. Para culturas que apresentam sistemas radiculares desenvolvidos, como tomate, pepino, pimentão, melão, morango, e outras, a largura média do canal deve ser de aproximadamente 25cm; já culturas com sistemas radiculares reduzidos, como é o caso da alface, a largura média é de 15cm; em ambos os casos, o comprimento dos canais poderá ser de 10 a 20m, segundo Benoit (citado em Castellane & Araújo, 1994). Estes canais deverão possuir uma inclinação de 2% para uma boa drenagem da solução nutritiva, impedindo que haja encharcamento das raízes. Para exploração comercial, no caso específico do alface, são utilizadas telhas de fibrocimento, cujas ondulações formam os canais; sobre as telhas são colocadas placas de isopor com linhas de perfurações, sobre os canais, onde são apoiadas as plantas (Castellane & Araújo, 1994). Já o produtor Pivotto (Informativo Coopercitrus, 1993) passou a utilizar tubos de PVC, que apesar de um investimento maior, é mais simples de ser implantado e de maior durabilidade. Convém alertar que todo material utilizado na condução e

armazenamento da solução nutritiva, que não seja inerte, como as telhas e caixas d'água de fibrocimento, deve ser muito bem isolados com plásticos ou pinturas impermeabilizantes para que não sejam corroídos pela solução nutritiva, provocando sua própria contaminação com impurezas provenientes da degradação dos materiais em questão. Sob esse aspecto, a utilização de materiais inertes, como tubos de PVC e caixas d'água plásticas, pode facilitar bastante a operacionalidade pela grande redução do trabalho de manutenção do sistema e gerando maiores vantagens a curto e médio prazo.

4.5- CONTROLE FITOSSANITÁRIO

Em cultivos protegidos, como é o caso da hidroponia, a ocorrência de pragas e doenças dentro do sistema é bastante reduzida em comparação com os métodos tradicionais de cultivo, pois não existe o contato direto com o solo e com a chuva, que são fontes naturais de microorganismos, porém, isto não significa que as plantas estão livres das contaminações por fungos, vírus e bactérias (Bernardes, 1997).

Moraes (1997) fala que, mesmo com a baixa incidência das pragas e doenças em cultivos protegidos, o produtor não deve se despreocupar com a questão, pois quando ocorre o aparecimento, os danos causados podem até superar os apresentados em cultivo de campo. Quando há a incidência de alguma praga, esta pode encontrar no interior do ambiente protegido, condições favoráveis à proliferação, podendo se disseminar com muita facilidade por todo o sistema.

Segundo Bernardes (1997), as doenças que podem aparecer em sistemas de cultivo protegido são as mesmas que aparecem em cultivos de campo, e as principais são:

- Doenças Fúngicas: Septoriose (*Septoria lactucae* Passerini), Tombamento (*Rhizoctonia solani* Kühn, *Pythium* spp.), Podridão de Esclerotínia (*Sclerotinia sclerotiorum* De Bary, *Sclerotinia minor* Jagger),

Queima da Saia (*Rhizoctonia solani* Kühn), Mildio (*Bremia lactucae*), Mildio Pulvurulento (*Erysiphe cichoracearum*), Mofo-Cinzento (*Botrytis cinerea*), Antracnose (*Microdochium panattonianum*), Murcha de Fusarium (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lactucum*), entre outras.

- Doenças Bacterianas: Mancha ou Crestamento Bacteriano (*Pseudomonas cichorii*), Podridão Mole (*Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*), Mancha ou Murcha Bacteriana (*Xanthomonas campestris* pv. *Vitians*) e Galha em Coroa (*Agrobacterium radiobacter* biótipo 1).

- Doenças Virulentas: Vírus do Mosaico da Alface (LMV), Vírus do Mosqueado da Alface (VMoA), Vírus do Mosaico do Pepino (CMV), Vírus do Mosaico do Nabo (TuMV), Vírus do Vira-Cabeça do Tomateiro (TSWV) e Vírus do Amarelado da Beterraba (BWYV). Todos esses vírus são transmitidos por insetos afídeos, como pulgões, trips, e outros.

Para se obter um bom controle no aparecimento de pragas, uma das melhores soluções é a prevenção. Bernardes (1997), recomenda a limpeza periódica e desinfecção do sistema através do uso de hipoclorito de sódio ou cálcio, como também a diluição desses produtos diretamente na solução nutritiva a cada 5 ou 7 dias para prevenir o aparecimento de bactérias e fungos, principalmente o *Pythium*.

Outros tipos de controle fitossanitário são descritos por Moraes (1997), que compreendem o controle químico, por meio da utilização de defensivos agrícolas, e o controle ambiental, pela variação da temperatura e da umidade relativa, retirando-se assim as condições ambientais favoráveis à proliferação e disseminação das pragas.

Uma recente pesquisa sobre esse assunto está sendo desenvolvida por especialistas em ozônio da base de Brisbane, Austrália – (Watertec Engineering Pty Ltd), Carruthers (1997), que consiste na utilização do gás ozônio no tratamento da água. Trata-se de um poderoso agente oxidante e desinfectante,

usado para combater organismos patogênicos. Porém, seu uso deve ser feito de maneira correta, respeitando-se um intervalo de variação de 0,1 a 0,2 ml por litro de solução nutritiva. Taxas baixas não apresentam eficiência no tratamento, enquanto que taxas excessivas pode causar sérios danos à solução nutritiva, como a perda de alguns micro-elementos como Fe e Mn. Esse tipo de tratamento consiste na injeção periódica do gás na solução nutritiva, e vem apresentando resultados positivos bastante significativos.

4.6-A EFICIÊNCIA DO SISTEMA HIDROPÔNICO

A técnica hidropônica está amplamente difundida pelo mundo, e tem recebido grande atenção dos pesquisadores, além de alcançar grandes incrementos de tecnologia e áreas cultivadas, pela sua eficiência em garantir produções em regiões com sérios problemas de solo, condições climáticas adversas, ou área limitada para produção agrícola. No Brasil, a exploração hidropônica de flores e hortaliças, comercial ou por “hobby”, vem se tornando cada vez mais popular (Castellane & Araújo, 1994).

Em hidroponia, deve-se levar em consideração que a maturação será mais rápida que nos cultivos convencionais de campo, e portanto, as altas produtividades são típicas, já que as culturas apresentam precocidade quando cultivadas nesse sistema. Na Índia, onde a hidroponia vem se tornando cada vez mais freqüente, uma área de meio hectare pode suprir 1800 pessoas diariamente, com uma refeição de 1,5 kg de verduras, durante o correr do ano. Essa produção corresponde a mais de 800 toneladas por ano por meio hectare, o que mostra o grande potencial do cultivo hidropônico (Douglas, 1983).

Martins Filho (1997), expõe algumas vantagens do sistema hidropônico, tais como: maior rendimento por área; melhor qualidade do produto; menor incidência de pragas e doenças; maior facilidade de execução dos tratamentos culturais; melhor programação da produção; ciclos mais curtos em função de melhor controle ambiental; eliminação de perdas de nutrientes por lixiviação,

escorrimento, volatilização, fixação e retrodegradação, possibilitando inclusive o uso mais racional de fertilizantes.

Outras vantagens do sistema hidropônico são citadas por Moraes (1997), entre as quais pode-se destacar: eliminação da necessidade de rotação de culturas; melhor eficiência no controle nutricional, permitindo a reposição rápida e fácil dos nutrientes absorvidos pelas plantas; operações simples para reiniciar nova lavoura; utilização de menor quantidade de mão de obra; maior adensamento das plantas, possibilitando maior produtividade; grande redução na aplicação de defensivos; possibilidade de instalar lavouras em locais impróprios ao cultivo tradicional; qualidade superior dos produtos devido ao controle ambiental e nutricional eficientes.

Com relação às desvantagens, Moraes (1997) fala do alto investimento inicial quando comparado com os sistemas tradicionais, dos riscos de contaminação das plantas em sistemas hidropônicos fechados, e da necessidade de um conhecimento técnico suficiente para se operar um sistema hidropônico.

Quanto ao valor nutricional, os produtos hidropônicos, nos seus aspectos extremos, são superiores aos que se encontram no cultivo tradicional.

Douglas (1989), menciona que é possível obter tomates mais ricos em cálcio, recomendados para a alimentação de bebês, e mais ricos em ferro, recomendados para anêmicos, o trigo hidropônico tem se mostrado de melhor qualidade para a confecção de pães, e que o sabor dos alimentos tem sido considerados, unanimemente, como saborosos e substanciais.

No Brasil, devido ao risco do cólera, a alface hidropônica oferece maior segurança que a cultivada tradicionalmente, e com isso, sua cotação é, normalmente maior, além de possuir uma durabilidade pós-colheita maior (Castellane & Araújo, 1994).

5-MATERIAIS E MÉTODOS

5.1-INSTALAÇÕES E MATERIAIS UTILIZADOS

Os experimentos foram realizados em uma estufa com dimensões de aproximadamente 2,00 x 3,50m e altura média de 2,35m (figura 4), com estrutura em arco de PVC de 1 pol. e colunas de bambu amarelo; na cobertura foi utilizado filme plástico tipo UV de 100 micras e as laterais eram abertas para proporcionar uma melhor ventilação; tudo está ilustrado nas figuras 2 e 3.

Os canais de cultivo foram feitos com tubos de PVC cortados ao meio longitudinalmente, com diâmetros de 4 pol., tanto para o sistema de cultivo da produção, quanto para o de pré-crescimento, compondo um total de 8 canais de 2,50 m de comprimento, comportando um total de 80 plantas. Esse conjunto de canais foi dividido em dois sistemas independentes, cada qual com 4 canais de cultivo, uma bandeja para formação de mudas, um tanque de 45 litros, e uma bomba de recalque, sendo abastecido com uma solução nutritiva com concentração própria para cada sistema; figura 5.

Tais tubos eram cobertos com tiras de isopor de 1,0 cm de espessura e largura igual ao diâmetro do próprio tubo (4 pol.). Essas tiras de isopor possuíam linhas de perfurações por onde eram introduzidas as raízes das plantas, sendo de 2 pol. o diâmetro dos furos da produção, e de 1 pol. para o pré-crescimento. A declividade dos canais de cultivo era de aproximadamente 1,5 % (0,015 m/m). O espaçamento utilizado foi de 25 cm entre plantas para o sistema de produção e de 12,5 cm para o sistema intermediário.

Tanto os canais de cultivo da produção quanto os do pré-crescimento pertenciam ao mesmo sistema de abastecimento e utilizavam a mesma solução nutritiva, e a vazão em cada canal era de aproximadamente 1,5 l/min.



FIGURA 02 - Vista frontal da estufa



FIGURA 03 - Vista lateral da estufa

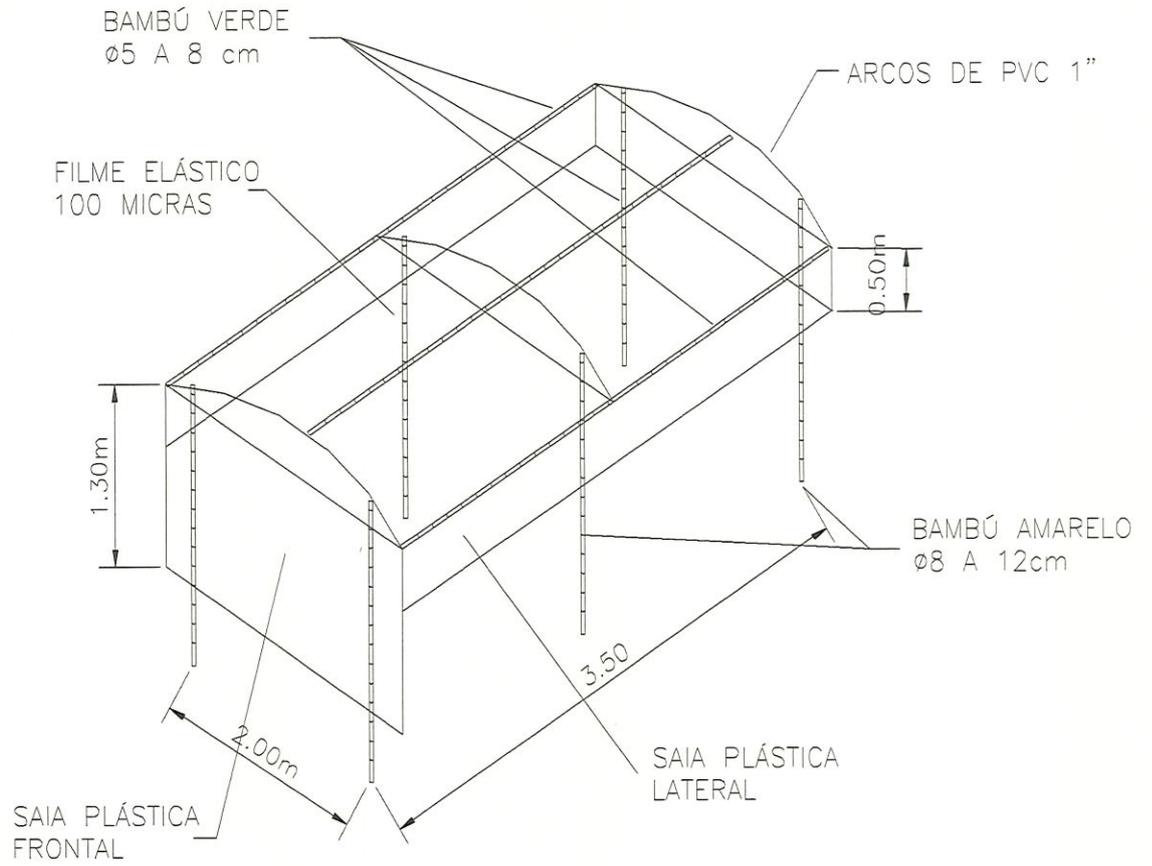
Os efluentes dos canais de cultivo desaguavam em uma pequena piscina dividida ao meio, revestida com filme de polietileno preto, com cerca de 4cm de lâmina d'água onde flutuavam as bandejas para formação das mudas. Da piscina, a solução nutritiva retornava aos tanques de onde era novamente bombeada para as cabeceiras dos canais completando o ciclo.

Todo o sistema de circulação da solução nutritiva foi montado com materiais plásticos inertes, o que possibilitou um melhor isolamento às contaminações provocadas por materiais corrosivos. Os reservatórios, em número de dois, eram de "caixas plásticas" revestidas com filme de polietileno preto, com uma capacidade de 45 litros cada.

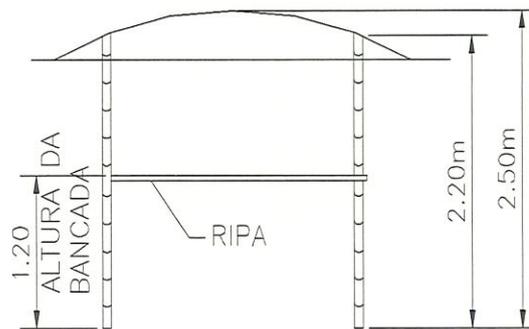
O abastecimento foi feito por meio de mangueiras plásticas e tubos de PVC de ½ pol., com bombas utilizadas em lavadoras de roupa da marca "Enxuta", com uma vazão medida de cerca de 27 litros por minuto, recalando a 70cm de altura (convém ressaltar que tais bombas já se encontravam com cerca de 1 ano de utilização em outra unidade hidropônica). As bombas eram acionadas por um TIMER, com um ciclo temporal de 10min.

A aeração das soluções nutritivas era proporcionada por um compressor de aquário ligado em conjunto com as bombas de recalque ao timer, e portanto, só entravam em operação com as bombas em funcionamento.

Para o controle da solução nutritiva foi utilizado um condutivímetro com unidades em mS/cm, não se recorrendo à análises químicas, e o pH era medido com peagâmetro de papel colorido, porém não foram feitas correções com a utilização de ácidos ou bases, e para as medidas dos fatores climáticos foram utilizados termômetros com registros de temperaturas máximas e mínimas diárias e termômetros de bulbo seco e bulbo úmido para a obtenção da umidade relativa do ar.



PERSPECTIVA



VISTA FRONTAL

FIGURA 04 – Dimensões da estufa

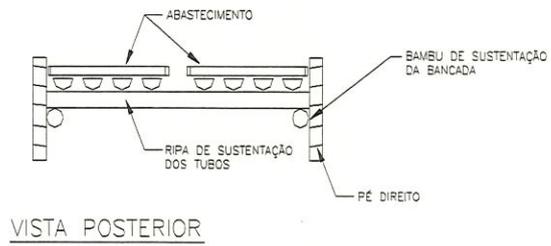
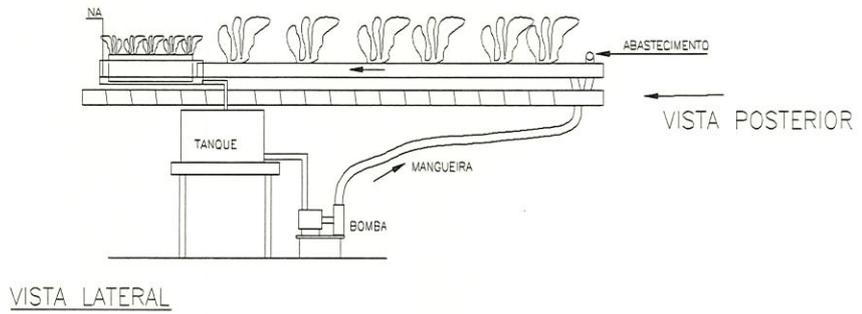
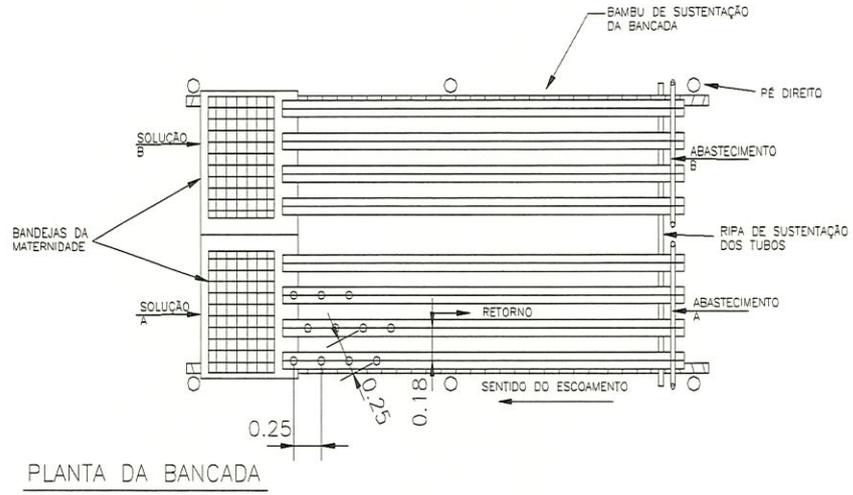


FIGURA 05 – Esquema do circuito

5.2-PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Os experimentos consistiram na análise de desenvolvimento de duas variedades distintas de alface (Verônica e Simpson), utilizando-se duas soluções diferentes (A e B), e diversas fases de transplântio para ambas as variedades; para a formação das mudas foram utilizados dois materiais bastante conhecidos no mercado (vermiculita de granulação média e espuma fenólica).

As bandejas utilizadas eram de tamanho grande (128 covas, próprias para mudas de plantas arbustivas como tomate, pepino, berinjela, entre outras), visando conseguir um tempo maior de permanência na maternidade, sem que as mudas chegassem ao pendoamento; figuras 6 e 7.

As soluções utilizadas eram provenientes de duas formulações desenvolvidas por Furlani (1995), tendo como principal diferença entre si a presença do composto Cloreto de Potássio na solução A, e a ausência do mesmo na solução B. As composições das duas soluções são as seguintes:

Macronutrientes	Solução A	Solução B
Nitrato de Cálcio	1000g	750g
Nitrato de Potássio	600g	500g
Sulfato de Magnésio	250g	400g
Monoamoniofosfato	150g	150g
Cloreto de Potássio	150g	---
Micronutrientes		
Ácido Bórico	2,04g	2,04g
Sulfato de Manganês	2,34g	2,34g
Sulfato de Zinco	0,88g	0,88g
Sulfato de Cobre	0,20g	0,20g
Sulfato de Molibdênio	0,26g	0,26g
Fe EDTA	500ml	500ml

Todas essas quantidades de nutrientes para 1000/l de solução.





FIGURA 06 - Vista das bandejas da maternidade - Solução A



FIGURA 07 - Vista das bandejas da maternidade - Solução B

A semeadura inicial foi realizada em 19/05/97, com concentrações de 2,4 e 1,8 mS para as soluções A e B respectivamente, num total de 80 sementes de cada variedade, com germinação em torno de 88%.

As etapas de transplantio foram de 23/37, 28/39 e 32/41 dias , sendo o primeiro número relativo ao período de transplantio da maternidade para o pré-crescimento, e o segundo, do pré-crescimento para a produção.

6-RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 - TRANSPLANTES DA MATERNIDADE PARA PRÉ-CRESCIMENTO:

Primeiro Transplântio - 11/06 - (23/37):

Variedade Simpson apresentou um desenvolvimento muito maior que a Verônica, em relação ao tamanho, embora com mesmo número de folhas (4 a 5); visualmente sem diferenças quanto ao desenvolvimento entre as soluções A e B.

Segundo Transplântio - 16/06 - (28/39):

A variedade Simpson prestes a iniciar o pendoamento, e com desenvolvimento bem maior que a Verônica; mudas transplantadas em 11/06 com desenvolvimento normal, porém a Simpson maior que a Verônica.

Terceiro Transplântio - 20/06 - (32/41):

A variedade Verônica bem desenvolvida com 6 a 7 folhas, e a Simpson iniciando pendoamento.

As demais plantas já transplantadas anteriormente com rápido desenvolvimento, principalmente a Simpson, nas duas soluções; figuras 8 e 9.

Devido às baixas temperaturas, como é apresentado nas tabelas de dados ambientais para este período (19/05 a 20/06), ausência quase total de insetos e nenhum uso de agrotóxico ou fungicida.

Todas as mudas foram transplantadas sem remoção da vermiculita das raízes, o que possibilitou uma melhor adaptação pós transplântio sem que houvesse murchamento das folhas mais velhas.

Primeiro ajuste das soluções (20/06) - realizado após 32 dias de uso, essa grande durabilidade das soluções deve-se ao fato de o sistema nesta fase estar trabalhando apenas com pequenas mudas ainda na maternidade. Essas correções foram realizadas sem auxílio de análises químicas, e com a reposição de nutrientes na mesma proporção das concentrações iniciais, mantendo-se as condutividades sempre em 2,4 mS/cm para a solução A, e 1,8 mS/cm para a solução B. O pH de ambas as soluções nunca saiu fora dos limites de 5 a 7, o que pode demonstrar que as concentrações dos nutrientes das soluções não apresentaram grandes variações.



FIGURA 08 - Vista do primeiro transplântio para o pré crescimento



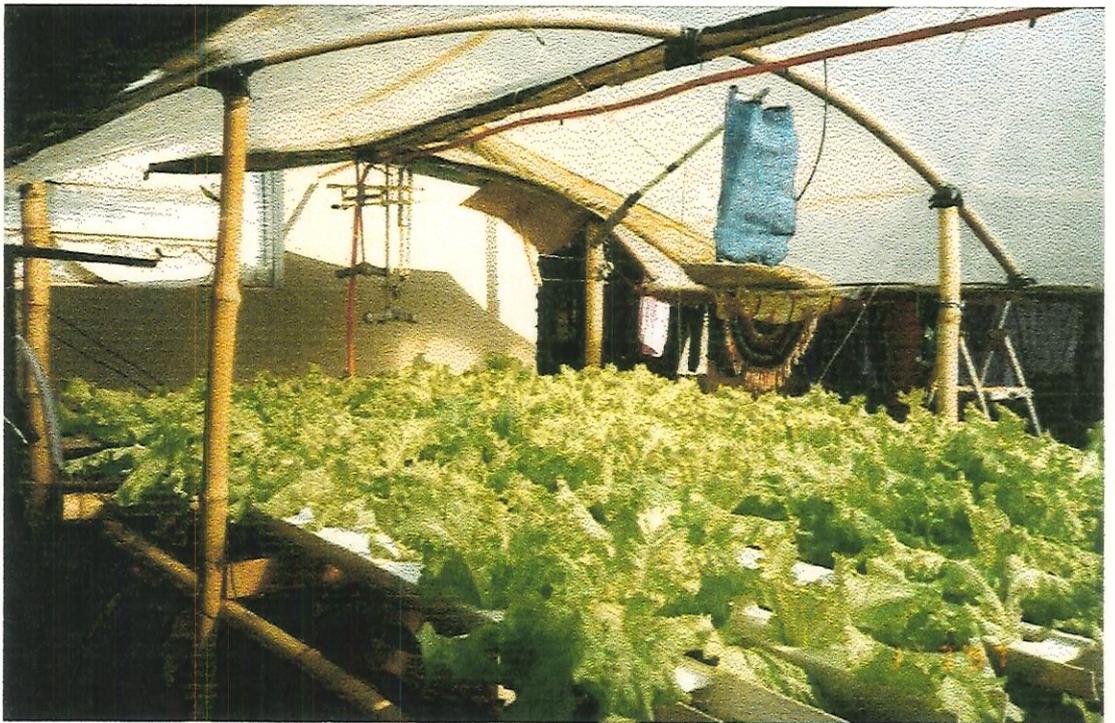
FIGURA 09 - Vista do segundo transplântio

A partir de 18/06 as temperaturas começaram a subir excepcionalmente para a época do ano, provavelmente devido à influência do fenômeno El Niño (ver tabelas de dados ambientais para o período), o que começou a influenciar no desenvolvimento das mudas, principalmente a Simpson, provocando o endurecimento e murchamento das folhas e a queima de borda.

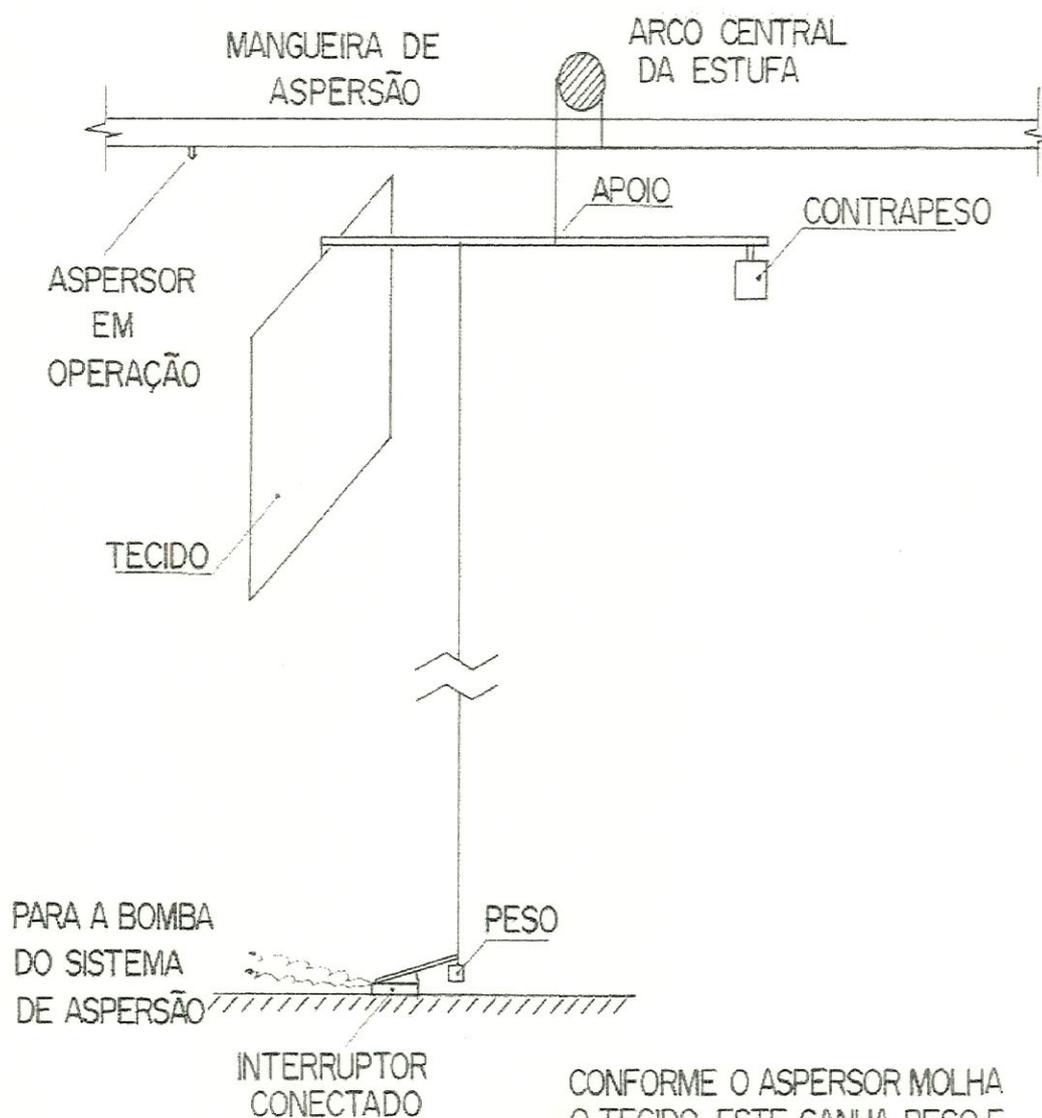
Em 23/06 foi instalado um sistema de micro aspersão, o que solucionou o problema de murchamento, mas não o de endurecimento das folhas. Tal sistema era controlado por uma haste equilibrada com um pedaço de tecido em uma das extremidades. Quando este tecido estava seco, ele ficava mais leve e se deslocava para cima acionando o sistema que entrava em operação de aspersão. Essa aspersão umedecia o tecido e este deslocava-se para baixo desligando o sistema (figuras 10, 11 e 12).

O ciclo temporal de aspersão variava conforme a temperatura e umidade do ar ao longo do dia, sendo de cerca de 20 minutos nos horários mais quentes, a cerca de duas horas nos períodos nublados. O tempo médio de aspersão foi de cerca de 40 segundos, e o consumo médio de aproximadamente 5 litros de água por dia.

O problema de queima de borda foi solucionado pela lavagem das raízes com a reposição da água evapotranspirada da solução nutritiva sendo feita através das cabeceiras dos canais de cultivo, realizadas nos finais de cada dia.



FIGURAS 10 e 11 – Vista do dispositivo de aspersão



CONFORME O ASPERSOR MOLHA O TECIDO, ESTE GANHA PESO E DESCE, DESCONECTANDO O INTERRUPTOR. AO SECAR, O TECIDO SOBEE E CONECTA O INTERRUPTOR LIGANDO NOVAMENTE O SISTEMA DE ASPERSÃO, E A OPERAÇÃO SE REPETE.

FIGURA 12 – Detalhes do dispositivo de aspersão

6.2 - TRANSPLANTES DO PRÉ-CRESCIMENTO PARA PRODUÇÃO:

Primeiro Transplântio - 25/06 - (23/37):

Todas as mudas com bom desenvolvimento (a Simpson com massa média igual a 50g, e a Verônica igual a 40g); figura 13.

Segundo Transplântio - 27/06 - (28/39):

Praticamente o mesmo desenvolvimento do transplântio anterior; desenvolvimento da Simpson sempre maior que o da Verônica, porém o endurecimento das folhas devido às altas temperaturas afetou mais a Simpson.

Segundo ajuste das soluções (27/06) - realizado quando as concentrações sofriam uma redução de 25% em relação aos seus valores iniciais, mantendo-se o volume máximo de solução para a capacidade de cada tanque (45 litros).

Terceiro Transplântio - 29/06 - (32/41):

A Verônica com bom desenvolvimento, embora com algumas folhas endurecidas; a Simpson continuou com pendoamento já iniciado anteriormente, porém ainda com algum aproveitamento comercial.

Terceiro ajuste das soluções (03/07) - o mesmo procedimento do reajuste anterior.

Colheita - 08/07 - Para todas as fases de transplântio, figura 14:

Tempo total de cultivo igual a 50 dias; todas as plantas com bom e homogêneo desenvolvimento (massa média da variedade Simpson igual a 305g e

Verônica igual a 250g) com exceção da Simpson pendoadada; Verônica com aspecto melhor devido a um endurecimento maior das folhas da Simpson.

Ambas as soluções (A e B) apresentaram praticamente o mesmo resultado quanto ao desenvolvimento, porém as plantas cultivadas na solução A mostraram um gosto um tanto amargo, provavelmente devido à maior concentração de sais na respectiva solução, que combinado com as altas temperaturas provocou a produção de látex pelas plantas, o que corrobora com os experimentos desenvolvidos pelo professor Pedro Roberto Furlani no Instituto Agronômico de Campinas.



FIGURA 13 - Transplântio para produção



FIGURA 14 - Fase final da produção

A seguir são apresentadas as tabelas com os dados das condições climáticas atuantes durante a fase experimental:

Dia	19/05		20/05		21/05		22/05		23/05	
Hora									12	18
T									22,8	20,4
Tb									19,4	18
UR(%)									73	78
Tmax	34		33,5		25		27		30,5	
Tmin	14,2		15		15		14,4		14,5	
Atmosfera	Sol		Sol		Sol		chuva		Nublado	

Dia	24/05		25/05		26/05		27/05		28/05	
Hora	6	18	9	18	8	12	10	13	12	18
T	15,2	23	18	20,8	17	25,4	23,7	30	17,9	22,2
Tb	14,6	20,4	17,4	18	16	21,4	19,4	23	17,4	20,2
UR(%)	91	80	94	80	90	70	69	55	95	83
Tmax	20,5		29,4		28,8		31		24,2	
Tmin	14,5		14,8		12,2		10,2		14,1	
Atmosfera	nublado		Nublado		parc. nub		nublado		Sol	

Dia	29/05		30/05		31/05		01/06		02/06	
Hora	7	18	12	18	16	18	6	12	11	14
T	16,6	19,2		25,2	25,2	23	10,7	27,2	25	29,5
Tb	16,2	18,4		19,9	19,9	17,4	9,8	20,2	19,2	21,5
UR(%)	93	91		58	58	58	89	52	51	50
Tmax	21,3		27,7		28,2		29,4		30,4	
Tmin	15		10,2		10		9,8		9,3	
Atmosfera	nublado		Sol		Sol		Sol		Sol	

Dia	03/06		04/06		05/06		06/06		07/06	
Hora	8	14	8	13	8	18	9	12	7	20
T	13	28,8	18,8	28	18,6	15,8	18,8	20	14,8	16,2
Tb	12	20,5	18,2	23	18	15,3	18	18,7	14,4	13,6
UR(%)	89	49	92	65	94	95	92	90	95	76
Tmax	30,6		31,2		21,2		22,5		26,5	
Tmin	10,1		14,1		15,8		14,8		14	
Atmosfera	Sol		Chuva		chuva		nublado		Parc. nub.	

Dia	08/06		09/06		10/06		11/06		12/06	
Hora	8	17	10	12	9	16	8	14	8	12
T	7,8	16,2	15,9	20	12,2	24	9	30,4	15,8	26
Tb	6,5	11,9	14,2	16,3	11,6	16	8,4	21,3	15,5	21,8
UR(%)	84	60	83	62	92	43	93	44	96	64
Tmax	22		24,5		28		30,5		28	
Tmin	6,8		4,2		5,5		7,6		14,6	
Atmosfera	Sol		Sol		Sol		Sol		chuva	

Dia	13/06		14/06		15/06		16/06		17/06	
Hora	8	13	7	12	7	12	10	12	7	13
T	17,6	30	15,4	24	15,2	19,8	18,6	21,5	10,4	21,2
Tb	16,7	24,1	14,9	22	15	18,3	16,6	18,6	9,9	18,4
UR(%)	90	61	95	84	96	87	82	75	94	76
Tmax	31		27		20		25,5		24,8	
Tmin	12,7		14,4		13,8		12,9		8,5	
Atmosfera	Sol		Chuva		chuva		parc.nub.		Nublado	

Dia	18/06		19/06		20/06		21/06		22/06	
Hora	8	15	9	13	8	13	7	13	7	14
T	16,2	28,6	21,1	30,8	19,8	30,2	17,4	32,4	16,6	33
Tb	15,2	22,4	19,2	23,5	18,3	23,4	16,6	23,4	15,9	23,2
UR(%)	90	59	82	54	87	56	90	51	93	43
Tmax	31		31,2		31		32,9		33,5	
Tmin	14,4		14,2		14,3		15,5		15,4	
Atmosfera	Sol									

Dia	23/06		24/06		25/06		26/06		27/06	
Hora	8	13	7	13	8	14	14	17	8	13
T	15,6	31,9	14	31,2	15	30,9	30,8	25,1	14	30,7
Tb	14,8	23,1	13,3	23,1	14,3	22,2	22,2	19,8	13,2	22,2
UR(%)	90	47	93	51	93	45	47	61	92	48
Tmax	33,4		32,6		33,5		31,6		31,4	
Tmin	13,9		13,6		12,6		12,2		12,8	
Atmosfera	Sol									

Dia	28/06		29/06		30/06		01/07		02/07	
Hora	8		7	18	9	14	11	14	13	
T	15,9		14,6	24	23,4	27,4	20,3	29	29,3	
Tb	15		13,9	18,6	20,5	20,7	18,8	23	20,9	
UR(%)	90		91	59	76	56	78	60	45	
Tmax	30,6		31,2		31,7		31,6		31,4	
Tmin	13,9		12,8		12,5		13,6		13,3	
Atmosfera	sol		sol		sol		nubl./sol		sol	

6.3 - CONDIÇÕES AMBIENTAIS

Comparando os resultados obtidos no experimento, com as condições climáticas ambientais, apresentadas nas tabelas a seguir, ficou evidente que as condições críticas para o desenvolvimento das plantas ocorria nos períodos mais quentes do dia, com as temperaturas máximas superando os 30 graus centígrados, e a umidade relativa do ar apresentando índices bastante baixos para o tipo de cultura adotado. Com isso, para que uma produção hidropônica tenha sucesso, é necessário que haja uma interferência, de maneira a propiciar um bom controle climático para que as necessidades metabólicas das plantas sejam satisfeitas. Tais controles devem ser feitos por sistemas automatizados para que funcionem apenas nos períodos críticos, para que se possa garantir uma boa otimização do sistema, reduzindo os custos operacionais e permitindo a viabilidade econômica do sistema.

6.4 - VIABILIDADE TÉCNICO-ECONÔMICA

As vantagens do sistema hidropônico de cultivo, como já visto anteriormente, são muitas, principalmente para a possibilidade de conseguir produções em períodos de entre-safra, porém a realidade sócio-político-econômica brasileira não tem contribuído muito para esse fim, visto que mesmo com a utilização de uma tecnologia bastante apropriada, as dificuldades para o sucesso de um empreendimento comercial são bastante grandes.

Este fato se deve, em grande parte, a uma política que beneficia apenas os grandes produtores, que com altíssimas produções conseguem vender seus produtos a preços abaixo do custo de produção dos pequenos e médios produtores. A poucos anos atrás, produtos como alface, por exemplo, alcançavam preços bastante atraentes nos períodos de entre-safra.

Com o interesse crescente dos produtores pela plasticultura, mais especificamente no estado de São Paulo, as produções começaram a ser direcionadas para esses períodos de escassez, fazendo com que a oferta do

produto aumentasse muito nesses períodos, derrubando os preços e ocasionando sérios prejuízos para os pequenos e médios produtores. Isso ocorre porque não há nenhum incentivo, por parte dos governantes, para a agricultura de pequena ou média escala, como fixação de preços mínimos ou algum tipo de subsídio, e com isso, só os grandes produtores é que conseguem se estabelecer no mercado e crescerem cada vez mais.

Com relação aos custos de implantação do sistema, normalmente esses são bastante elevados para a maioria dos agricultores brasileiros. Ueda (1987) cita que investiu cerca de US\$ 18 mil para uma área de 1000 m², sendo US\$ 1000 para a estufa e US\$ 8000 para as instalações gerais do sistema. Essas quantias fornecem um custo unitário de implantação de US\$ 18.00/m² (US\$ 10.00/m² para a estufa e US\$8.00/m² para o sistema). Teixeira (1996) fala em um custo entre R\$ 10,00 e R\$ 20,00 por m² de área construída. Publicação da revista Manchete Rural de março de 1988 relata que Octávio Jardim gastou US\$ 8 mil em uma área de 600 m², o que fornece uma cifra de US\$ 13.33/m². Portanto podemos concluir que na melhor das hipóteses tem-se um custo de, no mínimo, R\$ 10,00/m², o que é bastante elevado, visto que para um investimento a nível comercial de 1000 m², tem-se um custo inicial de implantação de R\$ 10 mil.

O presente trabalho mostra que tais custos podem ser bastante reduzidos, como mostram os cálculos a seguir:

CUSTO DA ESTUFA

Tubo 1 pol. - 12metros lineares	R\$ 7,00
Plástico - 12m ²	R\$ 5,40
Arame 16 - ½ kg	R\$ 1,75
Bambu (transporte e mão de obra)	R\$ 2,50
Pregos	R\$ 1,50
Total	R\$ 18,15

Como já visto anteriormente que a estufa possui 7,00 m² (2,00 x 3,50m), então o custo unitário da referida estufa é de aproximadamente R\$ 2,60/m²

CUSTO DO SISTEMA HIDRAÚLICO

Tubo 4 pol. - 10 metros lineares	R\$ 10,00
Tubo ½ pol. - 4 metros lineares	R\$ 1,00
Polietileno preto - 4m ²	R\$ 1,60
Madeira	R\$ 4,00
Isopor	R\$ 4,25
Bandeja	R\$ 4,50
Total	R\$25,35

Contribuição da bomba e do “timer” no custo do sistema hidráulico

Comentando que cada bomba é suficiente para abastecer dois sistemas de 2,00 x 10,00m, e que cada “timer” possui capacidade para operar quatro bombas, tem-se que:

Uma bomba \Rightarrow 40 m²

Para 7 m² \Rightarrow 0,175 bomba

Um “timer” \Rightarrow 4 bombas

Para 0,175 bomba \Rightarrow 0,04375 “timer”

Então as contribuições serão:

Bomba (c/ conexões) - 0,175 * R\$ 30,00.....R\$ 5,25

“Timer” - 0,04375 * R\$ 80,00.....R\$ 3,50

Portanto o custo total do sistema hidráulico será:

$\text{R\$ } 25,35 + \text{R\$ } 5,25 + \text{R\$ } 3,50 = \text{R\$ } 34,10$, com um custo unitário de aproximadamente $\text{R\$ } 4,87/\text{m}^2$.

Assim, o custo total unitário será de $\text{R\$ } 4,87 + \text{R\$ } 2,60 = \text{R\$ } 7,47/\text{m}^2$, o que já mostra uma redução bastante considerável com relação aos sistemas conhecidos.

Jensen (1997) comenta sobre sistemas hidropônicos que utilizam tanques longitudinais de cerca de 30cm de profundidade, onde as plantas flutuam sobre placas de plástico (Hidroponia de fluxo profundo). Tais sistemas, por não empregarem canais de cultivo (tubos de PVC ou telhas de fibrocimento), podem baratear ainda mais os custos de implantação, visto que os canais de cultivo representam a parcela mais onerosa do investimento. Esse sistema não necessita de bombeamento, e se a operação de oxigenação da solução nutritiva for manual (agitações periódicas), além de propiciar a implantação hidropônica em regiões onde não há fornecimento de energia elétrica, pode-se ainda reduzir o custo de produção aumentando consequentemente o lucro.

No tocante à viabilidade técnica, muitas são as dificuldades para se conseguir uma constância de boas produções, visto que o processo ainda se encontra em fase de adaptação às condições climáticas brasileiras, e muito pouca coisa tem sido feita em termos de pesquisa relacionada ao assunto em questão. O que já pode ser adiantado é que, para o sucesso do empreendimento, três condições básicas devam ser satisfeitas e monitoradas com o máximo de prioridade:

- Controle constante da solução nutritiva - para satisfazer as condições nutricionais das plantas durante todo o ciclo de produção.

- Controle das condições ambientais - que quando satisfeitas podem proporcionar grandes aumentos na produção, porém, caso contrário reduz em muito o resultado esperado e em casos extremos pode acarretar a perda total da produção.

- Limpeza e Desinfecção periódicas do sistema - visto que a prevenção é a maneira mais eficaz para se evitar problemas fitossanitários, uma vez que após instaladas, a tendência de proliferação e disseminação de pragas e doenças é bastante elevada, superando, em praticamente todos os casos, os cultivos tradicionais de campo.



7-CONCLUSÕES

Comparando-se todas as etapas de transplântio, ficou comprovado que, para a variedade Verônica, todas apresentaram bons resultados, demonstrando que para o terceiro transplântio (32/41) obteve-se um tempo de cultivo na área de produção, menor (9 dias), o que nos fornece um menor gasto de materiais para instalação da referida área de cultivo.

Para a variedade Simpson, a etapa de transplântio que apresentou melhores resultados foi a segunda (28/39), visto que a terceira etapa provocou pendoamento das plantas ainda na fase de maternidade devido ao espaçamento não ter sido suficiente ao desenvolvimento das mudas. Portanto, a etapa mais adequada (28/39) possibilita uma área de produção para 11 dias, um pouco maior que para a variedade Verônica.

Quanto às condições ambientais de temperatura, ficou comprovado que a variedade Simpson apresenta bom desenvolvimento apenas sob temperaturas amenas, visto que após a colheita, realizada em 08/07, novos testes foram desenvolvidos com tal variedade e com as temperaturas cada vez mais elevadas os problemas de endurecimento das folhas e de pendoamento mostraram-se cada vez mais evidentes.

A variedade Verônica se comportou melhor diante das altas temperaturas, apresentando apenas uma pequena tendência ao endurecimento das folhas devido à baixa umidade relativa do ar, porém facilmente solucionado com a aspersão.

Com relação aos materiais empregados, pode ser notado claramente que o sistema de tubos horizontais inter-espaçados apresentou melhor desempenho que o sistema de telhas ou qualquer outro sistema sem espaçamento, pela melhor ventilação proporcionada às plantas.

Outra vantagem também é verificada quanto à facilidade de trabalho e durabilidade do material em questão, que por ser inerte, não se corrói e nem contamina a solução nutritiva (no sistema de telhas, por exemplo, o plástico de

proteção destas, fura freqüentemente, o que faz com que a solução corroa as telhas e se contamine).

Também o revestimento de neutrol em tanques de fibrocimento se desgastam com o tempo ou pelo manuseio, contaminando também a solução nutritiva, demonstrando-se com isso, que os tanques plásticos são mais apropriados.

No tocante aos materiais empregados na formação das mudas, a vermiculita média apresentou uma germinação mais eficiente e mais rápida que a espuma fenólica. Uma das principais vantagens da referida espuma é que a muda não apresenta murchamento após o transplântio, mesmo se ocorrer falta de escoamento, por algum motivo, durante algum tempo. Com a vermiculita, esse problema pode ser aparentemente resolvido pelo transplântio das mudas feito com a vermiculita aderida às raízes, ou seja, não se lavando as raízes durante o transplântio.

Quanto ao material empregado na estrutura da estufa, o bambu amarelo, utilizado como pilares de sustentação, se mostrou razoavelmente seguro e durável (aproximadamente 3 anos de vida útil) para locais protegidos de ventos fortes, além de ser bastante versátil e de fácil utilização.

Já os arcos de tubos de PVC para a cobertura não são recomendados por se tornarem ressecados e quebradiços em menos de 1 ano, além de possuírem baixa resistência aos esforços provocados pelo vento.

8-BIBLIOGRAFIA

ARAUJO, J. A. C., CASTELLANE, P. D. Plasticultura. Jaboticabal, FUNEP, 1991

BASSO, E. N., BERNARDES, L. J. L. Hidroponia - Técnicas e implantação comercial do cultivo do alface. Estação experimental de hidroponia, Charqueada, 1993.

BERNARDES, L. J. L. Hidroponia - Alface - Uma História de Sucesso. Estação experimental de hidroponia, Charqueada, 1997.

CARRUTHERS, S. (1997). Practical Hydroponics and Greenhouses, sept/oct.

CASTELLANE, P. D., ARAUJO, J. A. C. Cultivo sem solo - Hidroponia. Jaboticabal, FUNEP, 1994.

DOUGLAS, J. S. Hidroponia - Cultura sem terra. São Paulo, Ed. Nobel, 1985.

FARIA, K. de , 1990, "Construção da estufa", Informativo Técnico de Plasticultura da Cooperativa Agrícola de Cutia - CAC - São Paulo.

FURLANI, P. R. Cultivo de alface pela técnica de hidroponia, IAC - Instituto Agronômico de Campinas, 1995.

Informativo Coopercitrus - Hidroponia - Verduras limpas o ano todo. Ano VII - N 84 - Bebedouro, 1993.

JENSEN, M. H. (1997). Principales sistemas hidropónicos: Principios, ventajas y desventajas. Conferencia internacional de hidroponia comercial. Una la Molina – Lima, Peru.

MARTINS FO., C.A . de S., 1997, “O uso do plástico na agricultura com ênfase aos cultivos protegidos”, Departamento de Biotecnologia Vegetal - centro de Ciências Agrárias de Araras da UFSCar.

MORAES, C. A. G. Hidroponia - Como cultivar tomates em sistema NFT (técnica do fluxo laminar de nutrientes)/Carlos A. G. Moraes, Jundiaí: DISQ Editora, 1997.

NOGUEIRA, I. (1988). Palavra de produtor: cultivo na água é um bom negócio. *Manchete Rural*, n. P.4-6, mar.

PENNINGSFIELP, F., KURSMANN, P. Cultivos hidropónicos y en turba. Madrid, Mundi-Prensa, 1975.

RESH, H., M. Cultivos Hidroponicos - Nuevas técnicas de producción. Madrid, Mundi-Prensa, 1992.

SCHILFGAARDE, J. V. Drainage for agriculture. American Society of Agronomy Nomograph. N° 17, 1974.

SGANZERLA, E. Nova Agricultura - A fascinante arte de cultivar com os plásticos. Livraria e Editora Agropecuária, 1995.

STOUGHTON, R. H. Soilless cultivation and its application to commercial horticultural crop production. Rome, FAO, 1969.

TEIXEIRA, N. T. Hidroponia - Uma alternativa para pequenas áreas. Livraria e Editora Agropecuária, 1996.

UEDA, S. Hidroponia: Guia prático. Agroestufa Implementos Agrícolas Ltda. São Paulo, Dez/1990.

UEDA, S. (1989). Cultura hidropônica. *O Estado de São Paulo*. São Paulo, 20 dez. Suplemento Agrícola, p.4.

UEDA, S. (1987). Cultura hidropônica. *O Estado de São Paulo*. São Paulo, 09 dez. Suplemento Agrícola, p.15.

UEDA, S. (1992). A arte de cultivar sem terra. *A Granja*, n. 526, p.20, jul.