

UNIGUAÇU- UNIÃO DE ENSINO SUPERIOR DO IGUAÇU LTDA
FACULDADE UNIGUAÇU
ENGENHARIA AGRONÔMICA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

DAYANE CARVALHO

**MANEJO DE SOLUÇÕES NUTRITIVAS EM SISTEMA
HIDROPÔNICO INDOOR PARA A CULTURA DA ALFACE**

SÃO MIGUEL DO IGUAÇU - PR

2024

DAYANE CARVALHO

MANEJO DE SOLUÇÕES NUTRITIVAS EM SISTEMA HIDROPÔNICO INDOOR PARA A CULTURA DA ALFACE

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Agrônoma da Faculdade
UNIGUAÇU.

Orientador: Me. Max Sander Souto

SÃO MIGUEL DO IGUAÇU

- PR2024



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

TERMO DE APROVAÇÃO

DAYANE CARVALHO

MANEJO DE SOLUÇÕES NUTRITIVAS EM SISTEMA HIDROPÔNICO INDOOR PARA A CULTURA DA ALFACE

Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Agrônômica apresentado, sob a orientação do Professor Me. Max Sander Souto, aprovado como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel no curso de Engenharia Agrônômica da Faculdade UNIGUAÇU, pela seguinte banca examinadora:

Professor Orientador Me. Max Sander Souto
Faculdade UNIGUAÇU

Professor Dr. Pablo Coutinho
Faculdade UNIGUAÇU

Professora Me. Karina Kestring
Faculdade UNIGUAÇU

SÃO MIGUEL DO IGUAÇU, 20 DE NOVEMBRO DE 2024

A folha devidamente assinada está sob guarda da secretaria do curso.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por me dar força em toda essa jornada e por Ele ter permitido sempre seguir em frente.

Aos meus professores que sempre me apoiaram e acreditaram no meu potencial, e nunca me deixaram desistir, agradeço a todos pela paciência, dedicação e ensinamentos valiosos.

Ao meu orientador professor Max, agradeço imensamente todas as palavras de motivação, as quais, muitas vezes serviram de alicerce para que eu chegasse até esse momento.

Aos meu amigos e colegas que compartilharam comigo as dificuldades e as alegrias dessa caminhada, suas parcerias tornaram esse trajeto mais leve e divertido.

Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma contribuíram para que eu chegasse até aqui.

RESUMO

Este estudo avaliou o manejo de diferentes soluções nutritivas no cultivo hidropônico de alface em sistema de produção indoor. O objetivo foi otimizar as condições de crescimento da espécie, visando maximizar a produtividade em ambiente totalmente controlado. Foram testados 5 formulações de solução nutritivas. O desempenho das plantas foi avaliado com base em parâmetros de peso de planta inteira (massa verde), peso de raiz, altura e diâmetro de planta, número de folhas. Os resultados indicaram que as formulação das soluções não tiveram influência significativa quanto ao crescimento vegetativo, mas que em relação a variável peso de raiz, pode-se notar diferença significativa. Conclui-se que neste experimento os manejos não influenciaram nas variáveis peso de massa verde, altura e diâmetro de planta, número de folhas.

Palavras-chave: *Produção. Lactuca sativa. Resultados.*

ABSTRACT

This study evaluated the management of different nutrient solutions in the hydroponic cultivation of lettuce in an indoor production system. The objective was to optimize the growth conditions of the species, aiming to maximize productivity in a fully controlled environment. 5 nutrient solution formulations were tested. Plant performance was evaluated based on parameters of whole plant weight (green mass), root weight, plant height and diameter, number of leaves. The results indicated that the solution formulations did not have a significant influence on vegetative growth, but in relation to the variable root weight, a significant difference could be noted. It is concluded that in this experiment, management did not influence the variables green mass weight, plant height and diameter, and number of leaves.

Keywords: Production. *Lactuca sativa*. Results.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	JUSTIFICATIVA	12
3	OBJETIVOS	13
3.1	OBJETIVO GERAL	13
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
4	REVISÃO DE LITERATURA	14
4.1	ASPECTOS AGRONÔMICOS DA CULTURA DA <i>Lactuca sativa</i>	14
4.1.1	Sistema de cultivo hidropônico	14
4.1.2	Cultivo indoor	15
4.1.3	Solução nutritiva	16
5	MATERIAL E MÉTODOS	20
5.1	LOCAL DO EXPERIMENTO	20
5.1.1	Cultivar e condução do experimento	23
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
7	CONCLUSÃO	27
	REFERÊNCIAS	28

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Contêiner UTFarm de produção indoor	27
Figura 2	Baldes individuais com soluções nutritivas	28
Figura 3	Perfis da bancada hidropônica	28
Figura 4	Iluminação com LED rosa; espectomêtro	29
Figura 5	- Avaliação morfométrica de alface, após 21 dias de plantio	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - A tabela apresenta os 5 manejos, o tempo sem irrigação (IR); as concentrações de condutividade elétrica (CE) e o pH de cada manejo.....	22
Tabela 2 - Manejo; IR (tempo de irrigação desligada); CE (condutividade elétrica) e pH para produção de alface.....	24
Tabela 3 - Diâmetro Parte Aérea (DPA), Altura de plantas (ALT), Número de Folhas (NF), Massa Fresca Parte Aérea (MFPA) e Massa Sistema Radicular (MSR), em função das diferentes concentrações nutritivas.....	26

1 INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa*) é uma hortaliça pertencente à família *Asteraceae*, amplamente cultivada por suas folhas macias e crocantes. Possui um sabor suave, sendo um dos principais ingredientes em saladas, assim como em sanduíches e outros preparos culinários. Planta anual, de clima temperado, apresenta variedades que podem ser classificadas com base nas suas características morfológicas, como o formato das folhas, coloração, tipo de cabeça, entre outros (Carvalho; Leite, 2014).

Acredita-se que a alface tenha sua origem na região do Mediterrâneo, com evidências que datam desde 4500 a.C. no Egito Antigo. A vinda da cultura para o Brasil, ocorreu com a vinda dos portugueses no século XVI (Fernandes et al., 2002).

As cultivares de alface têm como características benéficas crescer em climas amenos assim como em climas quentes, onde tem aceleração de crescimento. por essas características, os produtores têm maior facilidade na escolha das cultivares para sua produção. Dentre estas variedades, podemos citar a repolhuda, crespa, lisa, americana, romana e solta, havendo ainda outras (Embrapa, 2009).

Novas cultivares são constantemente desenvolvidas através de melhoramento genético para aumentar a resistência a fatores como doenças, qualidade das folhas, aumento de rendimento, resistência ao pendoamento precoce, entre outros (Santana et al., 2012)). A busca por melhores resultados é constante, pois afinal essa hortaliça possui várias vitaminas como A, B, C, B1, B2, fósforo, potássio e outros tanto quanto importantes.

Os sistemas atuais de cultivo variam de acordo com a região em qual será estabelecida o plantio, podendo ser de 5 formas: convencional onde o plantio é feito diretamente no solo, ainda é o mais utilizado de forma geral no país. Sistema orgânico, com o decorrer dos anos veio ganhando força, por ser ambientalmente mais sustentável e sem uso de agrotóxicos (Morgado; Wellhausen, 2009) Sistema hidropônico, a forma de plantio nesse modelo não utiliza solo como forma de fixação da planta; estas são cultivadas na água, que recebe nutrientes. Produção em estufas, nesse formato, as plantas podem ser cultivadas tanto em solo, quanto em hidroponia, ficam sobre proteção, gerando menos impactos devido as interpéries climáticas. Sistema vertical ou indoor, as plantas permanecem em um ambiente

totalmente controlado, gerido por luz artificial, irrigação automática, controle de gás carbônico e oxigênio, também considerado um sistema sustentável, sem uso de agrotóxicos e controle de pragas eficiente (Casaroli, 2011).

A hidroponia é uma técnica agrícola, na qual são cultivadas plantas sem a necessidade do solo, e como fonte de seu desenvolvimento são utilizados nutrientes (Embrapa, 2022). Cada variedade implantada neste sistema tem suas especificidades em relação aos nutrientes, assim como pH (potencial Hidrogeniônico) e CE (condutividade elétrica), os quais devem sempre estar balanceados.

Segundo Costa et al. (2001) “a variação da CE da solução nutritiva altera a absorção de água e nutrientes pelas plantas, interferindo no metabolismo e, conseqüentemente na produção das mesmas”. O controle precisa estar adequado para obtenção de melhores resultados. A interação entre pH e CE podem influenciar em resultados negativos quanto à produção, por isso sua regulação diária é significativa.

A produção indoor, tema a que este trabalho se reportará, tem ganhado destaque na forma inovadora de produção. Com um sistema altamente controlado, pode ser instalado em pequenos espaços, uma boa ideia de empreendimento em grandes centros urbanos. Esse método envolve o cultivo de plantas em ambientes com controle de luz, temperatura, umidade e nutrientes, sendo estes rigorosamente monitorados. A luz é geralmente fornecida por LEDs, simulando a intensidade e espectro solar. A temperatura é controlada na maioria das implantações, por ar condicionado, criando um ambiente ideal para a planta, evitando estresses térmicos (Sabir, 2013).

Os benefícios do cultivo indoor incluem aumento de produtividade, maior controle de qualidade, facilidade de manejo, possibilidade de cultivo em espaços menores, menos mão de obra, aumento no número de ciclos, entre outros (Masterplants, 2023).

Para que se tenha economia de tempo e precisão nas concentrações de formulações nutricionais para as soluções, esse trabalho visa responder qual a melhor concentração de CE e pH que pode ser utilizado na produção de alface em sistema indoor.

2 JUSTIFICATIVA

A justificativa para avaliar diferentes soluções em alface hidropônica em um sistema controlado é garantir a maximização da produtividade e qualidade das plantas, além de otimizar o uso de recursos. As diferentes soluções tem ligação direta no crescimento, desenvolvimento, sabor e valor nutricional da alface. O trabalho realizado com cultivo protegido, elimina o contato com o exterior, diminuindo as chances de perdas por fatores climáticos e pragas, constantemente encontradas a campo, garantindo uma análise precisa dos efeitos de cada solução. Além do mais, essa forma de avaliação pode identificar a solução nutritiva mais eficaz, sustentável, e econômica para o cultivo, promovendo melhores práticas agrícolas e contribuindo para uma produção de alta qualidade.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar diferentes soluções nutritivas para o sistema hidropônico com concentração de CE e pH distintas, determinando assim qual o conjunto de operações que pode ser aplicado tendo em vista seu efeito benéfico na produção de alface.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar cada concentração de solução nutritiva a fim de se obter as características morfológicas da cultura:

A) Altura de planta. Determinar a média da altura das plantas de alface para avaliar o impacto de variações no manejo de irrigação com soluções nutritivas, sobre o crescimento vertical.

B) Diâmetro de copa. Medir o diâmetro médio da copa das plantas, para analisar a capacidade de desenvolvimento lateral.

C) Peso de massa verde de planta. Medir o peso da massa verde após a colheita para verificar a influência dos diferentes tratamentos com soluções nutritivas.

D) Peso de sistema radicular. Medir o peso médio das raízes de alface em diferentes tratamentos de cultivo para identificar a relação entre a nutrição hidropônica e o desenvolvimento radicular.

E) Número de folhas total. Quantificar o número de folhas por planta após a colheita para observar o impacto de práticas de manejo na formação foliar.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 ASPECTOS AGRONÔMICOS DA CULTURA DA *Lactuca sativa*

Da família Asteraceae e gênero *Lactuca*, a alface necessita de temperaturas amenas para seu pleno crescimento. Planta herbácea anual, com folhas delicadas e grandes que crescem em rosetas. O sistema radicular é bastante ramificado e superficial. A faixa ideal de temperatura é entre 15,5°C e 18,3°C, tolerando até 29°C. As tonalidades das folhas podem variar dependendo da cultivar; pode-se encontrar folhas verdes-claras, verdes-escuras e roxa.

Nos últimos anos os produtores brasileiros têm cultivado mais expressivamente as variedades repolhuda, crespa e americana, mas podemos encontrar lisas, roxas e de cabeça. A escolha por estas duas principais cultivares deriva do melhoramento genético, sendo que estas apresentam características como resistência ao vírus do mosaico da alface (*Lettuce mosaic virus*), resistência ao pendoamento precoce e o florescimento precoce em regiões quentes ou com dias longos (Henz; Suinaga, 2009).

Por ser uma planta delicada, a alface é sensível a adversidades climáticas como umidade e temperatura, sendo também exigente nutricionalmente. No Brasil é uma das folhosas mais consumida pela população segunda a Associação Brasileira do Comércio de Sementes e Mudas (ABCSEM), necessitando de produção em larga escala (Santos, 2016).

4.1.1 Sistema de cultivo hidropônico

A hidropônia é um sistema de plantio onde não se usa solo como forma de cultivo. Se caracteriza pelo uso de canaletas distribuídas em bancadas elevadas, onde a água com nutrientes é responsável pelo crescimento da planta. Essa solução percorre essas canaletas, levando nutrientes até as raízes (Revista Agropecuária, 2023).

O alto consumo dessa hortaliça trouxe novas formas de pensar em produção, e dessa necessidade surgiu a forma de produzir em hidropônia. Esse sistema se adequa de maneira facilitada aos pequenos produtores, por não necessitar de muito espaço, e por ter um alto índice de resultados. Se torna diferente de uma produção

em campo aberto, por necessitar de alguns cuidados mais rigorosos com a temperatura, o ambiente, água e nutrição. É necessário cuidado com a escolha do local para a implantação do sistema; muitos produtores optam por montar estufas que tornam o ambiente mais protegido. A escolha do substrato para a produção de mudas também é outro fator importante, uma vez que ele precisa ser poroso para que as raízes se desenvolvam adequadamente na água e receba em sua totalidade os nutrientes dispostos na solução (Revista Agropecuária, 2023).

O sistema mais utilizado para produções comerciais, em instalação hidropônica, é conhecido como NFT (Nutrient Film Technique). Segundo Souza (2019), alguns pesquisadores mostram que este sistema é de fácil manuseio, proporcionando limpeza mais leve, custo mais baixo e durabilidade. O NFT apresenta benefício, como o menor gasto com fertilizante, sendo que a água recircular pelo sistema.

Esse sistema hidropônico é ligado através de bombas, que são responsáveis por levar a água até as canaletas (perfis). São programas para ligar em tempos pré determinados e da mesma forma se manterem desligadas por períodos específicos, sendo que o produtor deve estar atento, monitorando a solução, para que ela permaneça nos níveis esperados para uma boa produção (Revista Agropecuária, 2023).

Essa forma de produção apresenta inúmeras vantagens, tais como baixa mão de obra, aumento na quantidade de colheitas, trabalho mais leve e limpo, não é necessário rotação de cultura, alto índice de produção, economia de água e menor gasto com fertilizantes Souza (2019).

4.1.2 Cultivo indoor

Com a crescente demanda por alimentos e o mundo com pouco espaço geográfico para novos plantios, a produção indoor vem se destacando no mercado há alguns anos. Baseada no cultivo em ambientes totalmente controlados e espaços pequenos, muitos produtores vêm inovando com essa técnica. Esse sistema otimiza a produção, com controle total de temperatura, umidade, Co₂, O₂ e irrigação, assim como controle de pragas (Herculano, 2023).

Esse modelo de sistema, foi idealizado segundo Machado (2023) por Cesare Marchetti, físico italiano em 1979. O físico visava uma forma eficiente de produção para alimentar o crescente aumento populacional, de forma que controlasse os impactos ambientais.

Essa forma de sistema pode ser inserido em grandes centros urbanos, pelo fato de ser um ambiente que se adequa a pequenos espaços. Conhecidos como hortas

verticais, seus índices de produção apresentam excelentes resultados. Segundo Herculano (2023) “esse tipo de cultivo pode ser desenvolvido em barracões, salas comerciais ou contêiner tendo em vista a dimensão do projeto proposto”

Esse sistema é montado em bancadas dispostas uma acima da outra, formando andares espaçados, onde, dependendo das cultivares, podem ser prateleiras assim como hidropônia com torres. Porém toda a nutrição que as plantas precisam lhes são dadas através de soluções nutricionais, que variam de acordo com a necessidade de cada espécie instalada no ambiente (Herculano, 2023).

Como o cultivo indoor é feito em um ambiente controlado isso quer dizer que ele não precisa de luz solar, nesse caso a luz é artificial, fundamental para o crescimento das plantas. Atualmente é possível encontrar lâmpadas próprias para instalação em iluminação artificial. São luzes especiais com espectros direcionados ao que se pretende. No mercado existem inúmeros tipos e tamanhos, então cabe ao produtor fazer um levantamento para determinar qual é o produto necessário para obter seu objetivo. Com a iluminação artificial é possível fazer regulação para identificar como a mesma atinge a parte vegetativa da planta, Machado (2023).

A iluminação artificial conduzida dentro dos sistemas indoor de produção tem função primordial no crescimento das plantas cultivadas. São luzes especiais, na sua grande maioria de coloração rosa, liberando espectros azul e vermelho. Essas duas cores influenciam diretamente nas funções fisiológicas da planta. A luz vermelha emite espectros de 600 a 700 nanômetros (nm) e é de suma importância para a fotossíntese, estimulando o alongamento celular, fazendo com que a planta cresça no sentido vertical, além desta função, ela é responsável pela floração e frutificação da cultura (Barbosa, Oliveira e Reis, 2018).

A luz azul emite espectros entre 400 e 500 nm, sendo indispensável para o crescimento vegetal, e é responsável pela divisão celular, que por conseguinte desenvolve folhas e fortalece as plantas. O espectro azul ainda auxilia na abertura dos estômatos, responsáveis pela absorção de gás carbônico. Geralmente plantas expostas a essa coloração produzem maior quantidade de biomassa (Santos, Silva e Almeida, 2020).

A luz branca abrange todos os espectros de luz visíveis, e é emitida pelo sol, podendo ser emitida também através de luzes fluorescentes no sistema indoor. Para a emissão de luz rosa e azul, são utilizados LEDs, permitindo o controle preciso dos espectros (Rocha, Oliveira e Araújo, 2019).

4.1.3 Solução nutritiva

As plantas cultivadas em ambiente controlado assim como em hidropônia necessita de nutrientes para que seu crescimento aconteça de forma adequada, e para que o produtor obtenha rendimento e lucro. Visando os melhores resultados as soluções nutritivas têm destaque juntamente com outros fatores primordiais. A solução é responsável por levar as raízes das plantas todos os elementos fundamentais, pelas quais serão distribuídas para todo sistema vegetal (Hidrogood,2022).

A solução é composta por fertilizantes e água, lembrando que a água não pode conter muito cloro para não prejudicar a absorção de nutrientes, lembrando que este elemento tem relação com o efeito osmótico e exerce um efeito tóxico que atinge principalmente as raízes da planta, Veloso (2024).

As formulações variam de acordo com a cultura e sua necessidade. Seu balanceamento é feito utilizando equipamentos medidores de pH e CE. Esses dois fatores são imprescindíveis para a solução, e da concentração dos dois é que vai resultar em uma produção boa ou ruim. Existem dois parâmetros a serem observados quanto à solução e seu equilíbrio: se é uma solução nova, pós colheita e pré início de outro ciclo, ou se é regulação diária de ciclo, quando a solução já está estabelecida, pois dependendo em qual situação a solução se encontra a concentração de nutrientes varia. A maior variação da concentração está quando essa nutrição é nova, de início de ciclo, e menor quando já está estabelecida(Hidrogood, 2022).

Os fertilizantes vêm com recomendações de uso, porém as quantidades necessárias não são fixas e variam. O produtor adquire o insumo separadamente, macronutrientes e micronutrientes, sendo que na hora de preparo, eles devem ser diluídos separadamente, e ao finalizar a diluição pode-se optar por manter ambos separados ou uni-los em apenas um recipiente. Destacando que o excesso de concentração pode causar prejuízos as plantas, como murcha, queima das bordas e baixa produtividade, Cometti (2008).

O balanceamento de solução deve levar em conta que a condutividade elétrica também precisa estar no nível esperado, nesse sentido podemos afirmar que:

Uma solução nutritiva balanceada depende de alguns fatores: temperatura da solução, nível de oxigênio, pH e condutividade elétrica balanceada. Dentre esses fatores, manter a condutividade elétrica (CE) balanceada é tão importante quanto qualquer outro passo, pois ela determina a quantidade de íons na solução nutritiva e, quanto mais íons, maior a condutividade elétrica (Hidrogood, 2019).

Para definir a quantidade de sais que precisa ser adicionada, deve-se considerar a condutividade elétrica da solução nutritiva recém preparada e a proporção de nutrientes usada, para assim fazer a reposição em proporções adequadas e balanceadas a fim de atingir a concentração (CE) ideal. Precisa-se saber que a temperatura tem ligação direta com o CE, a cada 1°C que aumenta a temperatura, a concentração se eleva em 2%, ocasionando o aumento de sais da solução, que é prejudicial para o sistema radicular da alface e de outras cultivares (Hidrogood, 2019).

Outro fator importante na produção de hortaliça em sistema de hidropônia é o pH, sendo que este afeta diretamente no crescimento das culturas. Para a produção de alface o pH deve estar entre 6,0 e 6,5, quando este item está acima do indicado ocorre sintomas de deficiência de micronutrientes, afetando o desenvolvimento da planta. Assim como a CE, o pH deve ser regulado constantemente utilizando um equipamento chamado de peagômetro. Sua regulação pode ser feita com ácidos ou fertilizantes quelatados. Porém se o pH se encontrar ácido é necessário fazer uso de uma base para equilibrá-lo novamente. O estado ácido não é benéfico para a planta, ele acarreta em deficiência de Molibdênio e Cloro, micronutrientes importantes para o crescimento da planta (Hidrogood, 2018).

Pode-se afirmar que há plantas que podem ser cultivadas em soluções alcalinas e ácidas, desde que estejam balanceadas de acordo com a necessidade:

Um dado importante a ser levantado é qual a faixa de adequação da cultura ao pH da solução nutritiva, uma vez que existem plantas mais adaptadas em soluções nutritivas mais ácidas e outras em soluções hidropônicas mais básicas, como é o caso da rúcula, que necessita ser cultivada em soluções cujo pH esteja na faixa de 6,2 [...] A correção do pH em águas com altos teores de carbonatos e bicarbonatos de cálcio é de fundamental importância (Hidrogood, 2018).

O pH resulta da ação dos íons (+) sobre a membrana das raízes, quando se encontra o pH ácido ocorre um comprometimento na permeabilidade das membranas, retardando o crescimento radicular. Quando ocorre a alcalinidade o

Funcionamento das células é afetado, alterando o funcionamento eletroquímico entre as membranas. O ph controla a disponibilidade de nutrientes para as plantas, sendo que a circulação da solução nutritiva feita pelo bombeamento, causa aeração para as raízes, sendo assim, raramente há a necessidade de se utilizar solução alcalina (hidróxido de sódio) para aumentar o ph, por que esse aumento já se dá normalmente com a absorção radicular dos nutrientes presentes na solução (Embrapa, 2006).

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 LOCAL DO EXPERIMENTO

O experimento foi realizado dentro do contêiner de produção indoor, nomeado de UTFarm, localizado no Campus da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) no município de Santa Helena conforme (Figura 1).

Figura 1- Contêiner UTFarm de produção indoor



Foto: autor, 2024

Foi utilizado delineamento inteiramente casualizado (DIC), contando com 5 tratamentos, com 5 repetições. Sendo necessário pela homogeneidade presente, onde o ambiente não apresenta variação significativa que possa influenciar o resultado. A avaliação dos 5 manejos de fertirrigação na hidroponia para a produção de alface, e sendo instalado no dia 02 de abril de 2024.

Cada manejo foi aplicado individualmente dentro de um balde de 18 litros de solução, sendo que cada balde irriga um perfil da bancada, totalizando 6 baldes. Cada perfil recebe adubação, tempo sem irrigação e concentração de CE e pH distintos (Figura 2)

Figura 2- Baldes individuais com soluções nutritivas



Foto: autor, 2024

Cada perfil tem o comando de uma bomba individual, responsável por mandar a solução até as plantas. O tempo de irrigação para todos os perfis é de 1 minuto, sendo o tempo sem irrigação variável conforme (tabela 1).

Tabela 2 A tabela apresenta os 5 manejos, o tempo sem irrigação (IR); as concentrações de condutividade elétrica (CE) e o pH de cada manejo.

MANEJO	IR	CE	pH
1	34	1,6	6,0
2	25	2,2	6,0
3	25	1,7	5,8
4	25	1,5	5,5
5	35	1,0	5,5

Fonte: Autor, 2024

Os perfis possuem um comprimento de 6 metros cada, com espaçamento entre plantas de 30 centímetros (cm), e entre linhas de 15 cm, com parcelas medindo 150 x 0,80 cm, conforme (Figura 3).

Figura 3 Perfis da bancada hidropônica



Foto:autor, 2024

A iluminação artificial utilizada foi instalada com LEDs cor de rosa, para melhor aproveitamento dos espectros, influenciando beneficemente na produção da cultivar. A figura 4 mostra a bancada iluminada e o respectivo aparelho (espectômetro) utilizado para avaliar a intensidade luminosa

Figura 4 Iluminação com LED rosa; espectômetro

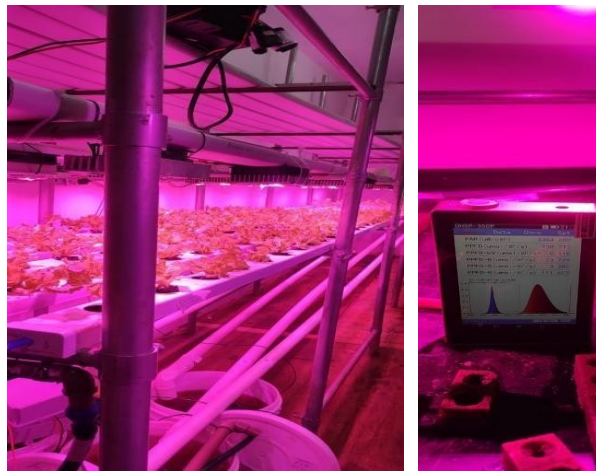


Foto: autor, 2024

O ciclo teve a duração de 21 dias, e após esse período foi avaliado os seguintes aspectos morfométricos: peso total de massa verde (folhas e raiz), peso de raiz, altura e diâmetro de planta e número total de folhas por planta.

5.1.1 Cultivar e condução do experimento

A cultivar de alface implantada é BS055 (Bluesseds) adquirida de viveiro comercial no município. Esta cultivar possui características como folhas crespas e soltas, com bordas frisadas e de coloração verde intensa, apresenta crescimento rápido e alta produtividade, sendo excelente para produção em sistema hidropônico, possui melhoramento genético que a tornou resistente a pragas e doenças.

Para a solução foi utilizado macro e micronutrientes, sendo a formulação para 108 litros (lt) de água, aplicando-se a quantidade necessária para cada balde. Os macronutrientes utilizados foram Nitrato de Cálcio (92g), Nitrato de Potássio (45g) Fosfato Monoamônico (18,7g), Sulfato de Magnésio (46,8g). Para a solução de micronutrientes foi utilizado ferro quelatado (63g), ácido bórico (9g), sulfato de cobre (3g) e molibdato de sódio (0,4g). Os macro e micronutrientes foram concentrados em 10 vezes na sua formulação.

Para o ciclo foi aplicado as variáveis conforme a tabela 1 abaixo, sendo: o manejo, número do perfil onde as plantas estão alocadas; IR tempo de irrigação desligada; CE e pH.

Tabela 2 - Manejo; IR (tempo de irrigação desligada); CE (condutividade elétrica) e pH para produção de alface.

MANEJO	IR	CE	pH
1	34	1,6	6,0
2	25	2,2	6,0
3	25	1,7	5,8
4	25	1,5	5,5
5	35	1,0	5,5

Fonte: autor, 2024

As plantas foram avaliadas individualmente, sendo 5 plantas por parcela. Para cada planta foi avaliado peso de massa verde e raiz com auxílio de balança eletrônica; para avaliação de altura e diâmetro de planta foi utilizado régua de 30 cm, como pode ser visto abaixo (Figura 5).

Figura 5 - Avaliação morfológica de alface, após 21 dias de plantio

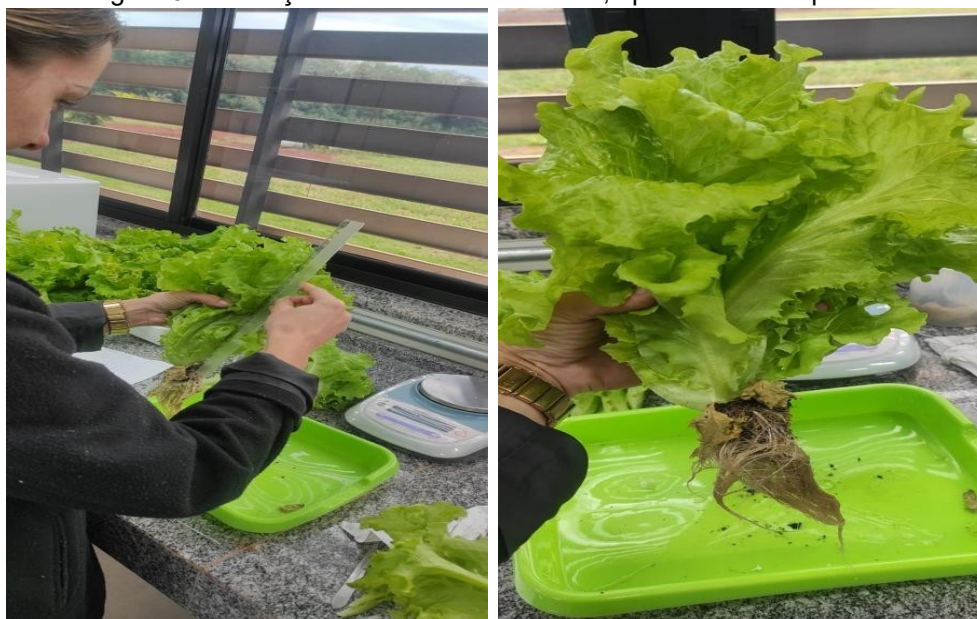


Foto: autor, 2024

Os valores resultantes das características encontradas foram submetidos a análise de variância, utilizando o programa estatístico SISVAR, um *software* de programa estatístico utilizado pela comunidade científica que permite apurar resultados de pesquisas (Ferreira, 2008), aplicando em sequência a comparação de média pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos com a aplicação de diferentes concentrações de soluções nutritivas neste experimento, podem ser observadas na tabela 2.

Tabela 3 - Diâmetro Parte Aérea (DPA), Altura de plantas (ALT), Número de Folhas (NF), Massa Fresca Parte Aérea (MFPA) e Massa Sistema Radicular (MSR), em função das diferentes concentrações nutritivas.

TRATAMENTOS	DPA	ALT	NF	MFPA	MSR
	cm			g	
1	17,00 a	18,60 a	13,40 a	51,20 a	5,20 b
2	14,20 a	18,00 a	15,20 a	50,60 a	8,60 ab
3	19,80 a	22,80 a	13,60 a	76,00 a	8,00 ab
4	21,24 a	19,60 a	13,40 a	87,20 a	13,20 a
5	17,40 a	17,20 a	12,20 a	57,60 a	10,80 ab
DMS	9,61	8,25	4,66	43,57	7,39

*Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A variável diâmetro de parte aérea não apresentou diferenciação devido as concentrações de soluções nutritivas aplicadas, sendo o tratamento 4 levemente superior apresentando 21,24 centímetros (cm), porém não resultando média significativa quando comparado aos demais tratamentos. Segundo Andriolo (2009), as concentrações dispostas nos tratamentos influenciam o crescimento de parte aérea foliar, sendo que esta, é modificada pela demanda por água.

A altura da planta demonstrou resultado não significativo, sem diferenciação entre os tratamentos, sendo o tratamento 3 apresentado com média 22,80 cm, sendo um pouco superior aos demais. Schmidt (2001), descreve que algumas espécies têm a capacidade de ajustar sua absorção de nutrientes de acordo com sua disponibilidade, sendo assim, a altura da planta, parâmetro diretamente relacionado ao crescimento básico, pode não sofrer impactos significativos.

Quando avaliado o número de folhas em consequência das soluções aplicadas não percebe-se diferenças entre os tratamentos, sendo o 3 levemente superior, com média de 15,20 folhas. Em experimentos, as soluções nutritivas testadas contêm níveis adequados de nutrientes essenciais, garantindo que o número de folhas não seja um parâmetro limitante. Por exemplo, em cultivo de alface hidropônica, foi observado que diferentes formulações, não resultaram em diferenças no número de folhas, desde que suprissem as necessidades básicas da planta Schmidt (2001).

A variável matéria fresca de parte aérea, quando submetida aos tratamentos,

segue o mesmo padrão de não diferenciação entre si, tornando os tratamentos não distintos, não apresentando resultado significativo. Sendo o tratamento 4 a apresentar resultado mais elevado, com 87,20 gramas de massa, enquanto o tratamento 2 apresenta 50,60 gramas. De acordo com Alves (2008), a variável matéria fresca pode não apresentar diferenças pela adaptação dos mecanismos fisiológicos, que se ajustam para a absorção de nutrientes. Desde que a solução atenda os níveis mínimos exigidos pela cultura, a matéria fresca pode permanecer constante.

A variável peso de raiz (massa do sistema radicular) apresentou diferença significativa no experimento, afirmando que o tratamento 4 foi superior aos outros, não se diferenciando entre si, identificando-se o 14 gr, sendo que os tratamentos 2, 3 e 5 não diferenciaram-se entre si, e o tratamento 1 teve o menor desempenho perante aos outros, apresentando peso de 5,20 gr. Em soluções balanceadas, sem excesso de sais, observou-se o melhor desenvolvimento radicular, gerando assim, maior peso de massa radicular, provando que as raízes são altamente sensíveis á soluções salinas, não tolerando Schmidt (2001).

O experimento não apresentou variação significativa entre os tratamentos 1 a 5, quanto a DAP, ALT, NF E MFPA, verificando alteração no MSR. Alguns trabalhos citam que existe uma ligação direta entre tempo de irrigação/repouso e crescimento vegetativo, como é o caso do trabalho apresentado por Zanella et al (2007), que citam a frequência de relatos, principalmente no centro sul do Brasil, onde os intervalos de irrigação ficam em torno de 15 minutos, sendo as soluções absorvidas de forma padronizada pelas plantas.

O peso médio dos tratamentos que não obtiveram variação significativas ficou em 8,15 gr, dando destaque para os tratamento 4 que obteve média de 13,6 gramas.

No tratamento 1, que dispunha de pH 6, CE 1,6, o resultado obtido foi inferior aos demais, podendo ter sido influenciado por fatores como iluminação, ou algum estresse não observado.

7 CONCLUSÃO

Neste trabalho, observou-se que os tratamentos aplicados não interferiram significativamente quanto as variáveis de Diâmetro de Parte Aérea (DPA), Altura de plantas (ALT), Número de Folhas (NF), Massa Fresca de Parte Aérea (MFPA), porém 2 tratamentos (1 e 4) interferiram de forma significativa no peso de raiz.

REFERÊNCIAS

ALVES, Adriana U *et al.* **Desenvolvimento e estado nutricional da beterraba em função da omissão de nutrientes.** Horticultura Brasileira [online]. 2008, v. 26, n. 2 [Acessado 21 Novembro 2024], pp. 292-295. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0102-05362008000200033>>. Epub 08 Ago 2008. ISSN 1806-9991. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362008000200033>.

ANDRIOLO, J. L. *et al.* **Concentração da solução nutritiva no crescimento da planta, na produtividade e na qualidade de frutas do morangueiro.** Ciência Rural, v. 39, n. 3, p. 684–690, maio 2009.

BARBOSA, F. S., OLIVEIRA, M. F., & REIS, M.V. **Utilização de luzes LED de diferentes espectros no crescimento de alface (*Lactuca sativa*) em cultivo indoor.** Revista Brasileira de Agricultura Irrigada 12 (2), 2400-2048, 2018.

CASAROLI, D., & FARIA, R. T. **Hidroponia: soluções nutritivas e manejo.** Guaíba: Agropecuária, 2011.

COMETTI, Nilton Nélio *et al.* **Efeito da concentração da solução nutritiva no crescimento da alface em cultivo hidropônico-sistema NFT.** Horticultura Brasileira, v. 26, p. 262-267, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/HsH735SySknvSv8QyBbFJXs/>. Acesso em: 05 de novembro de 2024.

COSTA, Paulo Cesar *et al.*, **Condutividade elétrica da solução nutritiva e produção de alface em hidroponia.** Scientia Agricola, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sa/a/kBJNL9GdzX8kF6yYqzSC9Hb/?lang=pthttps://doi.org/10.1590/S0103-90162001000300023>. Acesso em: 25 de Setembro de 2024.

CULTIVO INDOOR: o que é, por onde começar e muito mais aqui. MASTER PLANTS. Disponível em: <https://masterplants.com.br/cultivo-indoor-o-que-e-como-iniciar-e-muito-mais/>. Data de acesso: 13 de setembro de 2023.
Data de acesso: 18 de setembro de 2023.

DE ARAÚJO, Charles *et al.* **Níveis de ph e substâncias húmicas em solução nutritiva de alface hidropônica.** Profiscientia, n. 13 p. 126- Editora UFV. 2018.

EMBRAPA. **Efeitos do ph da solução nutritiva no crescimento das plantas.** Embrapa hortaliças, 2019. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/664148/1/Efeito-do-pH-da-solucao-nutritiva-sobre-o-cultivo-hidroponico-de-capim-elefante.pdf>. Acesso em 26 de Agosto de 2024.

FERREIRA, Daniel Furtado. **Sisvar: a computer statistical analysis system.** Ciência e Agrotecnologia (UFLA), v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011. link: artigo Ciência e Agrotecnologia.

FILGUEIRA, F. A.R. **Novo Manual de Holericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças.** P 7-8. UFV, 2020.

HENZ, Gilmar Paulo; SUINAGA, F. A. **Tipos de alface cultivadas no Brasil.** 2009. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/783588>

HERCULANO, Anny C. A.,. **Cultivo Indoor: o método contemporâneo em potencial para a produção de alimentos**. Engenharia 360, 2023. Disponível em: <https://engenharia360.com/metodo-contemporaneo-alimentos-cultivo-indoor>. Acesso em :18 de setembro de 2023.

HIDROGOOD. **Efeitos do ph da solução nutritiva no crescimento das planta**. 2018 Disponível em: <https://hidrogood.com.br/artigos/fertilizantes/efeitos-do-ph-da-solucao-nutritiva-no-crescimento-das-plantas/>.

HIDROGOOD. **Como preparar a solução nutritiva para a hidroponia**. 2022. Disponível em: <https://hidrogood.com.br/artigos/hidroponia/como-preparar-a-solucao-nutritiva/> Acesso em:24 de agosto de 2024.

HORTICULTURA MODERNA, 2022. Disponível em: <https://hidrogood.com.br/noticias/agronegocio/como-preparar-a-solucao-nutritiva>.

MACHADO, Luís Eduardo da Rosa. **Sistema para cultivo indoor de hortaliças com suplementação luminosa**. 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/32966>. Acesso em: 05 de novembro de 2024.

MORGADO, L.B., & WELLHAUSEN, H. **Agricultura orgânica e sustentável: princípios e técnicas**. São Paulo: Nobel, 2009.

OLIVEIRA, M. C. *et al.* **O Crescimento da Agricultura Orgânica no Brasil: a produção de hortaliças**. Revista Agroecologia e Desenvolvimento Rural, 10 (1), 45-46, 2020.

REZENDE, F. V., *et al.* **Cultivo de alface em sistema orgânico de produção**. Brasília, ;DF: Embrapa Hortaliças, 2007. 16p. (Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 56).

ROCHA, J. C., OLIVEIRA, L. G., & ARAÚJO, T. A. **Impacto da iluminação LED no crescimento de hortaliças em sistema hidropônico**. Agricultura Tropical e Subtropical, 48 (1), 102-110, 2019.

SABIR, N., & Singh, B. (2013). **Protected cultivation of vegetables in global arena: A review**. The Indian Journal of Agricultural Sciences, 83(2). disponível em: <https://epubs.icar.org.in/index.php/IJAgS/article/view/27974>

SANTANA, C. T. C. DE . *et al.*. **Desempenho de cultivares de alface americana em resposta a diferentes doses de torta de filtro**. Revista Ciência Agronômica, v. 43, n. 1, p. 22–29, jan. 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rca/a/6fnWKsRK76xtkpNz7wXfrR/?lang=pt#>

SANTOS, ANNA P. R. **Características Agronômicas e Qualidade da Alface (*Lactuca sativa L.*) sob Fertilização Orgânica e Mineral**. Universidade de Brasília programa de pós-graduação em Agronomia, 2016. Disponível em: https://www.realp.unb.br/jspui/bitstream/10482/34372/1/2016_AnnaPaulaRodriguesdosSantos.pdf.

SANTOS, R. C., SILVA, A. M., & ALMEIDA, C. R. **Efeitos da luz vermelha e azul no desenvolvimento de mudas de tomate em sistema de cultivo protegido**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 55, 1-9, 2020.

SCHMIDT, Denise *et al.* **Desempenho de soluções nutritivas e cultivares de alface**

em hidroponia. Horticultura Brasileira [online]. 2001, v. 19, n. 2 [Acessado 21 Novembro 2024], pp. 122-126. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0102-05362001000200005>>. Epub 03 Maio 2007. ISSN 1806-9991. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362001000200005>.

SILVA, E. F. F. *et al.* “**Cultivo de alface: Sistemas de produção e práticas sustentáveis**”. Revista Brasileira de Horticultura, 38 (2), 123-130, 2022).
SOUZA, MARINA. Sistema de Cultivo Hidropônico: Controle. São José: IFSC, 2019. Disponível em: https://wiki.sj.ifsc.edu.br/images/c/cd/Projeto_de_TCC_MARINA_SOUZA.pdf. Acesso em: 05 de novembro de 2024.

VELOSO, Cristiano. **Entenda como o excesso de cloro pode prejudicar as raízes das plantas.** Disponível em: <https://blog.verde.ag/pt/nutricao-de-plantas/excesso-de-cloro-para-plantas/> Acesso em: 05 de novembro de 2024.

ZANELLA, F. *et al.* **Crescimento de alface hidropônica sob diferentes intervalos de irrigação.** Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542008000200003>. 2007. Acesso em: 15 de Outubro de 2024.

