

Produção hidropônica de alface com iluminação artificial e diferentes parâmetros nutricionais da irrigação

Hydroponic lettuce production with artificial lighting and different nutritional irrigation parameters

Oneir Molina¹, Dayane Carvalho², Ana Raquel Ribeiro e Souza³, Glauco Vieira Miranda⁴

RESUMO

A produção hidropônica de alface indoor é uma ruptura tecnológica no sistema de produção em solo e em hidroponia, sendo um sistema que busca a sustentabilidade, usando de recursos naturais, reaproveitamento das águas das chuvas, energia solar e reciclagem completa dos insumos. Assim, o objetivo deste trabalho foi determinar o manejo da produção hidropônica indoor de plantas da alface, iluminado artificialmente com diferentes parâmetros nutricionais e de irrigação. Assim, foram comparados diferentes intervalos de irrigação das alfaces, potencial hidrogeniônico (pH) e condutividade elétrica (CE) da solução nutricional representando diferentes combinações de manejos. Os experimentos foram conduzidos em container e refrigerado em bancadas de hidroponia com filme de água sendo que para cada perfil da bancada era utilizado um manejo diferenciado com sistema de irrigação individualizado. As mudas foram transplantadas com 10 dias e as alface colhidas com 21 dias após o transplântio. Os manejos ideais para diferentes combinações de IR, CE e pH foram de 16 minutos, 1,6 dS m⁻¹ e 6,10 respectivamente, com a produtividade média de 138 g/planta; IR 34 minutos, CE 1,9 dS m⁻¹ e pH 6,20 com a produtividade média de 120 g/planta; IR de 22 minutos, CE 2,2 dS m⁻¹ e pH 6,0 com a produtividade média de 127 g/planta. Conclui-se que: o manejo sustentável ideal é aquele que ao diminuir o intervalo de irrigação deve-se reduzir a condutividade elétrica como IR de 16 minutos, CE 1,6 dS m⁻¹ e pH 6,10; o manejo com maior intervalo de irrigação exige maior condutividade elétrica; o pH deve estar próximo de 6,10.

PALAVRAS-CHAVE: agricultura urbana; fazenda vertical; ambientes agrícolas controlados; ambiente protegido.

ABSTRACT

The hydroponic production of indoor lettuce is a technological break in the soil and hydroponics production system, being a system that seeks sustainability, using natural resources, reusing rainwater, solar energy and complete recycling of inputs. Thus, the objective of this work was to determine the management of indoor hydroponic production of lettuce plants, artificially illuminated with different nutritional and irrigation parameters. Thus, different lettuce irrigation intervals, hydrogen potential (pH) and electrical conductivity (EC) of the nutritional solution were compared, representing different management combinations. The experiments were carried out in containers and refrigerated on hydroponics benches with a film of water, with different management using an individualized irrigation system for each profile of the bench. The seedlings were transplanted 10 days ago and the lettuce was harvested 21 days after transplanting. The ideal managements for different combinations of IR, EC and pH were 16 minutes, 1.6 dS m⁻¹ and 6.10 respectively, with an average productivity of 138 g/plant; IR 34 minutes, EC 1.9 dS m⁻¹ and pH 6.20 with an average productivity of 120 g/plant; IR of 22 minutes, EC 2.2 dS m⁻¹ and pH 6.0 with an average productivity of 127 g/plant. It is concluded that: the ideal sustainable management is that when reducing the irrigation interval, the electrical conductivity must be reduced, such as IR of 16 minutes, EC 1.6 dS m⁻¹ and pH 6.10;

¹ Bolsista da UTFPR. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Santa Helena, Paraná, Brasil. E-mail: oneirmolina@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes: 7377522865146108

² Bolsista CNPQ, UNIGUAÇU. São Miguel do Iguçu, Paraná, Brasil. E-mail: dayane.dayah89@gmail.com
ID Lattes: 1811532798075540

³ Engenheira Agrônoma, araquelsouza1@gmail.com ID Lattes: 9481967576383996

⁴ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Santa Helena, Paraná, Brasil. E-mail: glaucovmiranda@utfpr.edu.br ID Lattes: 1581269691451530.

management with longer irrigation intervals requires greater electrical conductivity; the pH should be close to 6.10.

KEYWORDS: urban agriculture; vertical farm; controlled agricultural environments; protected environment.

INTRODUÇÃO

Os ambientes fechados com iluminação artificial na agricultura (Controlled Environment Agriculture, CEA) com monitoramento e controle automatizados estão sendo utilizados na produção de plantas como fazendas verticais e gerando novos modelos de negócios (Lucena et al., 2016). O CEA é uma forma interna, avançada e intensiva de sistema de produção hidropônica que maximiza a produção e não permite o desperdício de recursos, em que o ambiente de cultivo é controlado em tempo real e apresenta fatores de produção favoráveis como maiores quantidades de CO₂ que estimulam as plantas a produzirem mais.

Os ambientes controlados em agricultura com monitoramento e controle automatizados e habilidade de prever o crescimento e o desenvolvimento das plantas estão sendo utilizados na produção de plantas em fazendas verticais e gerando novos modelos de negócios (Lucena et al., 2014) e também para acelerar o ciclo das plantas reduzindo o tempo para a obtenção de cultivares conhecidas como speed breeding (Watson et al., 2018). Nesses ambientes, a hidroponia (técnica para cultivar plantas sem a presença de solo, transferindo os nutrientes que a planta necessita somente por meio de solução aquosa) se mostra altamente sustentável pela redução do uso da água, energia eficiente e alta produção quando protocolos de produção e medidas de sanidade são desenvolvidas para tal.

Em sistemas de cultivos da alface, o hidropônico apresenta maiores vantagens para obtenção de maiores produções, podendo ser controlado diariamente as soluções nutritivas. Dentro desta solução nutritiva, a condutividade elétrica (CE) que tem seus valores em função da concentração de íons na solução, é uma propriedade importante que deve ser controlada frequentemente. Sendo que para a alface a CE da solução nutritiva utilizada é entre 1,6 a 2,5 dS m⁻¹. Não existe uma formulação considerada ideal, pois estão envolvidas variáveis, como temperatura, luminosidade e umidade do ar (Resende et al., 2007).

Vários autores têm produzido alface em condição de iluminação artificial e conseguido bons resultados experimentais. MATYSIAK et al. (2022) produziram alface romana mais pesadas em diferente intensidade de luz em ambiente controlado com fotoperíodo de 20 horas e densidade do fluxo de fótons fotossintético (PPFD) de 240 μmol m⁻² s⁻¹.

O objetivo foi desenvolver o manejo da produção hidropônica indoor de plantas da alface em ambiente indoor, iluminado artificialmente com diferentes parâmetros nutricionais e da irrigação.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos na Universidade Tecnológica Federal (UTFPR) Câmpus Santa Helena durante os meses de abril a setembro de 2023. No local, há um container de navio com isolamento térmico na dimensão de 12 m (C) x 2,39 (L) x 2,90 (A)

onde funciona o Laboratório Agroindoor. No seu interior não há penetração de luz natural, é refrigerado com ar condicionado de 30 mil BTUs e a umidade relativa é mantida pela exaustão. Neste ambiente de produção indoor, as temperaturas ficam entre 25° C com a iluminação artificial e 19° C sem iluminação artificial.

No container, os parâmetros do ar e luminosidade são monitorados por sensores e formado pela qualidade de luz no crescimento vegetativo com luzes vermelhas e azuis na proporção 3 para uma com intensidade de luz, PPF de 200 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ medida por um espectrômetro analisador do espectro, modelo OHSP-350C e monitorado semanalmente.

A umidade relativa com $50 \pm 10\%$ e temperatura do ar foram monitoradas em tempo real pelo sensor AM2302 DHT22 construído em arduino e visualizado em monitor digital.

O fotoperíodo de 18 horas de luz e 6 horas de escuro foi controlado por temporizador.

A temperatura da solução de fertirrigação foi mantida a 20°C e a saturação de oxigênio na solução a 80%. Os parâmetros de temperatura, CE, pH e oxigênio dissolvido na solução nutritiva foram monitorados diariamente pelo sensor multiparâmetros Akso, AK 88.

Os experimentos foram instalados em bancadas hidropônicas de 6 m de comprimento x 0,80 m de largura, contendo 6 perfis hidropônicos com espaçamento entre plantas de 12,5 cm e profundidade de 3 cm. Cada perfil é isolado, contendo reservatório individual para depositar a solução nutritiva com diferentes concentrações de CE e pH de acordo com o manejo aplicado.

Em cada perfil da bancada de hidroponia, foram aplicados os tratamentos combinando o intervalo de irrigação, o pH e a CE de acordo com as tabelas 1, 2 e 3. A irrigação foi controlada por um temporizador e mantida ligada por um minuto com o fluxo de 1 litro/minuto/perfil e desligada de acordo com o tratamento.

A solução de fertirrigação foi ajustada para cada CE e adaptada de Furlani et al. (1999) para cada 100 L com 19,9 de nitrogênio, 3,9 de fósforo, 18,3 gramas de potássio, 17,0 g de cálcio, 5,3 g de enxofre, 4,1 g de magnésio, 0,04 g de manganês, 0,1 grama de boro, 0,021 g de zinco, 0,252 g de ferro, 0,010 g de molibdênio e 0,05 g de cobre.

Em cada perfil ou tratamento foram avaliadas 40 plantas. As quatro repetições foram realizadas no tempo, considerando cada época de transplante uma repetição ou bloco experimental.

A cultivar de alface foi a BS 055 e a colheita das plantas foi realizada aos 21 dias após o transplante e avaliada a matéria fresca da planta.

A análise de variância e o teste de Tukey a 5% de probabilidade foram realizadas.

RESULTADO E DISCUSSÃO

No primeiro conjunto experimental, foi fixado a CE em $1,6 \text{ dS m}^{-1}$ e foram avaliadas em combinação o intervalo de irrigação variando de 14 a 42 minutos com o pH variando de 5,70 a 6,30 (Tabela 1). A produtividade de gramas/planta foi para a combinação de 16 minutos de IR com 6,10 de pH, seguido por intervalo de 34 com pH de 6,30. As menores produtividades foram com os menores e os maiores pH combinadas com os menores ou maiores IR. No manual de produção de alface em ambientes controlados, Brechner e Both (2012) citaram que o pH de 5,8 é considerado ótimo para o sistema de cultivo de

alface, porém uma faixa de 5,6-6,0 é aceitável. Aqui com a combinação do IR, o ideal é mais alto 6,10, sendo o limite inferior próximo ao pH 6,0 e o superior à 6,2.

Tabela 1: Matéria fresca de plantas de alface cultivadas com diferentes tempos de intervalo de irrigação (IR) e pH e condutividade elétrica de 1,6

Manejos	Intervalo de irrigação minutos	pH	Produção g/planta
Manejo 1_IR_pH	14	5,90	82 C*
Manejo 2_IR_pH	16	6,10	138 A
Manejo 3_IR_pH	34	6,00	94 B
Manejo 4_IR_pH	34	6,30	85 C
Manejo 5_IR_pH	42	5,70	82 C

* Os manejos que possuem letras diferentes são diferentes estaticamente pelo teste de Tukey a 5%.

Ao combinar o intervalo da CE de 1,6 até 1,9 com o pH de 6,0 até 6,40, se obtém o ótimo da produtividade/planta com o maior CE e o pH intermediário (Tabela 2). Também é possível notar que com o pH acima de 6,20 mesmo, a produtividade é reduzida. À medida que aumenta o CE ocorre aumento da produtividade desde que o pH não seja superior a 6,20. Estes resultados são concordantes com aqueles encontrados nos experimentos que combinam IR e pH.

Pode-se também concluir que o pH ótimo é fundamental para que o IR e a CE sejam impactantes na produtividade por planta.

Tabela 2 Matéria fresca de plantas de alface cultivadas com diferentes condutividade elétrica e pH com intervalo de irrigação constante de 34 minutos

Manejos	Condutividade elétrica	pH	Produção g/planta
Manejo 1_CE_pH	1,6	6,30	85 BC

Manejo 2_CE_pH	1,6	6,00	94 B
Manejo 3_CE_pH	1,7	6,40	74C
Manejo 4_CE_pH	1,9	6,20	120 A

* Os manejos que possuem letras diferentes são diferentes estaticamente pelo teste de Tukey a 5%.

No terceiro conjunto experimental, o IR variou de 22 a 41 e a CE de 1,3 a 2,2 (Tabela 3). A combinação de IR com a CE indica que IR maiores produzem plantas mais pesadas desde que a CE também seja aumentada considerando a faixa ideal de pH. Isto demonstra que para aumentar o IR é necessário aumentar a CE havendo uma compensação da disponibilidade de nutrientes para a planta uma vez que a irrigação é a única maneira da planta receber os nutrientes.

Assim, considerando que o pH esteja no ótimo, ocorre um balanço entre o IR e a CE com um compensando o outro para otimizar a produtividade.

Tabela 3 Matéria fresca de plantas de alface cultivadas com intervalos de irrigação e condutividade elétrica com ph constante de 6,00.

Manejos	Intervalo de irrigação minutos	Condutividade Elétrica	Produção g/planta
Manejo 1_IR_CE	22	2,2	127 A
Manejo 2_IR_CE	34	1,6	94 B
Manejo 3_IR_CE	35	1,3	65 C
Manejo 4_IR_CE	41	1,9	125 A

* Os manejos que possuem letras diferentes são diferentes estaticamente pelo teste de Tukey a 5%.

Os manejos ideais para diferentes combinações de IR, CE e ph foram IR de 16 minutos, CE 1,6 e ph 6,10; IR 34 minutos, CE 1,9 e pH 6,20; IR de 22 minutos, CE 2,2 e pH 6,0.

CONCLUSÃO

O manejo ideal mais sustentável é aquele que ao diminuir o intervalo de irrigação deve-se reduzir a condutividade elétrica como IR de 16 minutos, CE 1,6 e ph 6,10.

O manejo com maior intervalo de irrigação exige maior condutividade elétrica.
O pH deve estar próximo de 6,10.

Agradecimentos

Agradeço ao CNPQ pela concessão da bolsa e a UTFPR pela infraestrutura e apoio operacional para a realização deste trabalho.

Conflito de interesse

Não há conflito de interesse.

REFERÊNCIAS

BRECHNER, M. Both AJ Cornell Controlled Environment Agriculture: Hydroponic Lettuce Handbook. Cornell: CornellUniversity, 2012.

COSTA, P.C et al. Condutividade elétrica da solução nutritiva e produção de alface em hidroponia. **Scientia Agricola**, v.58, n.3, p.595-597, 2001.

FURLANI, P. R. et al. Cultivo hidropônico de plantas. Campinas: IAC, 1999. 52p. **Boletim técnico**, v. 180.

GONDIM, Ancélio Ricardo de Oliveira et al. Condutividade elétrica na produção e nutrição de alface em sistema de cultivo hidropônico NFT. **Biosci. j.(Online)**, p. 894-904, 2010.

LUCENA, LP de. Fazendas Urbanas I-Alternativa à segurança alimentar (Vol. 1). Curitiba: Editora Prismas Agro, 2016.

LUCENA, L.P et al.Avaliação multicriterial das fazendas verticais canadenses como modelos sustentáveis de agricultura urbana. **Revista de Administração e Inovação**, São Paulo, v. 11 , n.1, p. 181-202, jan./mar. 2014.

MATYSIAK, B. et al. Yield and Quality of Romaine Lettuce at Different Daily Light Integral in an Indoor Controlled Environment. **Agronomy** **2022**, *12*, 1026. <https://doi.org/10.3390/agronomy1205102>

MOGHARBEL, Assuan DI; MASSON, Maria Lucia. Perigos associados ao consumo da alface,(Lactuca sativa), in natura. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara-SP, v. 16, n. 1, p. 83-88, 2005.

REZENDE, Roberto et al. Diferentes soluções nutritivas aplicadas em duas vazões na produção hidropônica da cultura da alface. **Irriga**, v. 12, n. 3, p. 354-363, 2007.

WATSON, Amy et al. Speed breeding is a powerful tool to accelerate crop research and breeding. **Nature plants**, v. 4, n. 1, p. 23-29, 2018.