

Fizikai és fiziológiai paraméterek vizsgálata a jégsaláta (*Lactuca sativa* var. *capitata*) aeropónikus termesztése esetén

Study of Physical and Physiological Parameters in Aeroponic Cultivation of Iceberg Lettuce (Lactuca Sativa var. Capitata)

Gorliczay Edit^{1,2*}, Montvai Kornélia¹, Tamás János^{1,2}, Szabó András³ és Nagy Attila^{1,2}

¹Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet, Víz- és Környezetinformatikai Tanszék, 4032 Debrecen, Böszörményi út 138.

²Víz- és Vízbiztonsági Nemzeti Laboratórium, Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet, Víz- és Környezetinformatikai Tanszék

³Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Növény- és Talajtudományi Intézet, Növénytermesztési, Tájökológiai és Növénytermesztési Tanszék, 4032 Debrecen, Böszörményi út 138.

*Levelezőszerző: edit.gorliczay@agr.unideb.hu

Összefoglalás: A talaj nélküli növénytermesztési rendszerek, mint az aeropónia, egyre nagyobb figyelmet kapnak. Az aeropónia lehetővé teszi a növények termesztését talaj nélkül, és különösen előnyös a levélzöldegek, például a jégsaláta (*Lactuca sativa* var. *capitata*, 'Great lakes 118') esetében, amelyek gyors növekedést és jó tápanyagellátást igényelnek. Kutatásunk célja a jégsaláta termesztéstechnológiai paramétereinek meghatározása volt aeropónikus termesztés során, különös tekintettel a tápoldatozási intenzitásra. A kísérletben 5 hétig neveltük a jégsalátát zárt klímaszobában, négy különböző tápoldatozási intenzitással: napi 10x15 perc, 8x8 perc, 4x15 perc és 2x30 perc. Hetente mértük a levélszámot, stressz-paramétereket (Fv/Fm, Fv/Fo), SPAD-értéket, valamint a kísérlet végén a fejtömeget, gyökérhosszt és gyökértömeget. Eredményeink szerint a tápoldatozási intenzitás nem befolyásolta jelentősen a levélszámot, de a fotoszintetikus hatékonyság és a relatív klorofilltartalom változott. A nagyobb napi tápoldatozás (napi 10x15 perc) nagyobb fejtömeget, gyökértömeget és gyökérhosszt eredményezett, így a jégsaláta aeropónikus termesztéséhez a nagyobb napi tápoldatozás ajánlott.

Kulcsszavak: aeropónia, talaj nélküli termesztés, jégsaláta

Abstract: Soilless cultivation systems, such as aeroponics, are gaining increasing attention. Aeroponics allows plants to grow without soil and is particularly beneficial for leafy greens like iceberg lettuce (*Lactuca sativa* var. *capitata*, 'Great lakes 118'), which require rapid growth and good nutrient supply. Our research aimed to determine the cultivation parameters for iceberg lettuce in aeroponic systems, focusing on nutrient solution intensity. In our experiment, we grew iceberg lettuce for 5 weeks in a closed climate chamber with four different nutrient solution intensities: 10x15 min/day, 8x8 min/day, 4x15 min/day, and 2x30 min/day. Weekly measurements included leaf number, stress parameters (Fv/Fm, Fv/Fo), SPAD value, and final measurements of head weight, root length, and root mass. Results showed that nutrient solution

intensity did not significantly affect leaf number, but photosynthetic efficiency and relative chlorophyll content varied. Higher daily nutrient solution (10x15min/day) resulted in greater head weight, root mass, and root length. Therefore, higher daily nutrient solution intensity is recommended for the aeroponic cultivation of iceberg lettuce.

Keywords: *aeroponics, soilless crop production, iceberg lettuce*

1. Bevezetés

Napjainkban számos kihívással kell szembenéznie a hagyományos növénytermesztésnek, melyeket a környezeti változások, a népességgrobbanás, a területi korlátok és az agrártechnológia fejlődése jelent. Az extrém időjárási események, például aszályok vagy heves esőzések, jelentős hatással lehetnek a terméshozamra és a termelékenységre, valamint egyre több terület lesz alkalmatlan a hagyományos növénytermesztésre. A népességnövekedés és az urbanizáció további kihívást jelent, ugyanis az egyre növekvő lakosság ellátása élelmiszerrel egyre nagyobb terhelést jelent. Az agrártechnológia fejlődése ugyanakkor lehetőségeket is kínál a hagyományos növénytermesztés számára. Az új technológiák, például a precíziós mezőgazdaság és a gépesítés lehetővé teszik a termelékenység növelését és az erőforrások hatékonyabb kihasználását. Az agrárgazdaságban és az élelmiszeriparban egyaránt növekvő figyelem összpontosul az innovatív növénytermesztési módszerekre, különös tekintettel azokra, amelyek hatékonyan válaszolnak az élelmiszertermelés fenntarthatósági kihívásaira (FAO, 2023).

Ezek a problémák miatt alternatív termesztési módokat kell létrehozni (Butler-Oebker, 1962). Ezen kritikus körülmények miatt lényegessé váltak olyan fejlett technológiák és módszerek kifejlesztése, mint amilyenek a talaj nélküli növénytermesztési rendszerek (hidropónia, akvapónia, aeropónia), melyek a hatékony alkalmazkodás egyik alternatív technológiáit jelentik (Tunio et al, 2021). Ez a módszer nem csupán a hagyományos mezőgazdasági területeket kiegészíti, hanem számos előnnyel is jár, beleértve a kontrollált környezetet, a növények 7 védelmét az időjárás viszontagságaival szemben, valamint az egész évre kiterjedő termelés lehetőségét (Krishna,2022). Az aeropónia (vagy tápködkultúra) egy ilyen modern megközelítést jelent (Gopinath et al, 2017). Jelentős figyelmet kap, mivel lehetőséget kínál a hagyományos talajon történő növénytermesztés alternatívájaként.

Kutatásunk során a célunk az volt, hogy meghatározzuk a 'Great lakes 118' fajtájú jégсалáta termesztésechnológiai paranétereit aeropónikus termesztés esetén, különös tekintettel a tápoldatozási gyakoriságra.

2. Anyag és módszer

A kísérlet beállítása a Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet, Víz tudományi és Környezetinformatikai Tanszék aeropónikus laboratóriumában történt. A kísérlethez 'Great lakes 118' fajtájú jégсалátát választottunk.

A salátamagok csíráztatása 3,6 x 3,6 x 4 cm méretű kőzetgyapot termesztőkockán, zárt Mammoth Lite 80+ típusú beltéri palántanevelő sátorban történt. A csíráztatott növényeket SANLIGHT q5w GEN2 típusú palántanevelő lámpával világítottuk meg 400-780 nm hullámhossz tartományú fénnel. A kőzetgyapot kockát a csíráztatáshoz alkalmazott tápoldattal telítettük, majd minden kőzetgyapotkockába négy darab magot helyeztünk el, végül perlit

takaróanyaggal szórtuk meg a termesztőkockák tetejét. A palántákat az 1. táblázatban feltüntetett tápoldatokkal neveltük a 12 napig.

1. táblázat: A növényneveléshez alkalmazott tápoldatok koncentrációja

	Csíráztatás	Első gyökerek	Első lomb- levelek	Növekedési fázis
A tápoldat	0,25 ml/L*	0,5ml/L	1ml/L	1,8ml/L
B tápoldat	0,25 ml/L	0,5ml/L	1ml/L	1,2ml/L
C tápoldat	0,25 ml/L	0,5ml/L	1ml/L	0,6ml/L

*Megjegyzés: A megadott mennyiségek az 1 liter ioncserélt vízhez adott tápoldat mennyiségeket jelzik a csíráztatástól a növekedés fázisig.

Az alkalmazott tápoldatok esetén az egyes fenofázisokban a következő fajlagos vezetőképesség értékeket kaptuk a tápoldat bekeverésekor: csíráztatás – 0,15-0,2 dS cm⁻¹, első gyökerek – 0,3-0,6 dS cm⁻¹, első lomblevelek – 0,8-1,2 dS cm⁻¹, növekedési fázis – 1,3-1,8 dS cm⁻¹. A 12. napon a BBCH skála (Feller et al. 1995) szerinti 1.3. stádiumban - Levélfejlődés, harmadik igazi lomblevél - a tesztnövények átlagos levélszáma 3,8±0,4 db, átlagos magassága 3,37±0,35 cm volt, ekkor telepítettük be a növényeket a víz- és energiahatékony, teljesen fény-, hő- és páratartalom-kontrollált aeropónikus növénytermesztési rendszerbe. Az aeropónikus rendszerben 16 óra fény/8 óra sötét megvilágítást alkalmaztunk (2. táblázat), a növények fölött 85 cm-re elhelyezett FA-GTR Research Toplight négycsatornás lámpatestekkel.

2. táblázat: Az aeropónikus rendszerben történő növénynevelésekor alkalmazott fényösszetétel

Fényrecept lépésének hossza	Kék (400-500 nm)	Zöld (500-600 nm)	Vörös (600-700 nm)	Távoli vörös (700- 800 nm)	Fényintenzitás összesen
8 óra	0 µmol/s	0 µmol/s	0 µmol/s	0 µmol/s	0 µmol/s
20 perc	7 µmol/s	4 µmol/s	37 µmol/s	0 µmol/s	48 µmol/s
20 perc	15 µmol/s	7 µmol/s	74 µmol/s	1 µmol/s	97 µmol/s
20 perc	18 µmol/s	9 µmol/s	94 µmol/s	1 µmol/s	122 µmol/s
14 óra	22 µmol/s	11 µmol/s	110 µmol/s	1 µmol/s	145 µmol/s
20 perc	18 µmol/s	9 µmol/s	94 µmol/s	1 µmol/s	122 µmol/s
20 perc	15 µmol/s	7 µmol/s	74 µmol/s	1 µmol/s	97 µmol/s
20 perc	7 µmol/s	4 µmol/s	37 µmol/s	0 µmol/s	48 µmol/s

A kísérleti elrendezés öt azonos elrendezésű, felépítésű aeropónikus rendszerből állt (AeroFlo 20, GHE, Fleurance, Franciaország). Mindegyik AeroFlo rendszer egy-egy tartályból állt, amely négy, egyenként öt lyukat tartalmazó természetőegységhez volt csatlakoztatva. A teljes ültetési terület rendszerenként 1 m² volt, 50 l tápoldatmennyiséggel. A tápoldatot egységenként egy Sicce Syncra Silence 1,5 típusú szivattyú folyamatosan keringtette, és a tápoldatot a növényekhez fűvókákon keresztül juttatta el. A négy kísérleti elrendezésben azonos tápoldatozást kaptak a teszt növények, a kezeléseket a tápoldatozási gyakoriságok jelentették (3. táblázat).

3. táblázat: Aeropónikus rendszerben alkalmazott kezelések

Kezelés elnevezése	Szivattyú működés időpontja	Napi szivattyúkapcsolások száma
1. kezelés	2,1 óránként kapcsol (off)/ 15 percig üzemel (on)	10 alkalom
2. kezelés	3 óránként kapcsol/8 percig üzemel	8 alkalom
3. kezelés	6 óránként kapcsol/15 percig üzemel	4 alkalom
4. kezelés	12 óránként kapcsol/30 percig üzemel	2 alkalom

A kísérlet során négy különálló kezelésben termesztettük a növényeket. Egy kezelésben a növények egymástól 10,5 cm távolságra helyezkedtek el. A kísérlet során nem alkalmaztunk semmilyen növényvédelmi technológiát, kizárólag rovarfogó lapokat, melyeket a természetőegység felett helyeztünk el, a növényektől 10 cm-es magasságban.

2.1. Elvégzett vizsgálatok, alkalmazott eszközök

A növényállományban heti rendszerességgel az alábbi méréseket végeztük el: stressz paraméterek (Fv/Fm, Fv/Fo) és a SPAD-érték alakulását. A stresszparaméterek meghatározásához OS30p+ típusú klorofill fluorimétert, még a SPAD-érték meghatározásához Konica-Minolta SPAD-502 Plus mérőműszert használtunk. A növényállományban betakarításkor az alábbi méréseket végeztük el (fentiek mellett): nedves biomassa tömeg (g), gyökérhossz (cm), gyökértömeg (g). Minden vizsgált paraméter meghatározása, mérése ötszörös ismétlésben történt.

A tápoldatozási intenzitások közötti különbségek összehasonlítására egytényezős varianciaanalízist végeztünk 5%-os szignifikancia szint mellett R szoftverben, RStudio felhasználói környezetben.

3. Eredmények

3.1. Növényállományban heti rendszerességgel végzett mérések eredményei

A fluoriméteres eljárás egy fontos módszer a növényi stresszparaméterek meghatározására. Előnye abban rejlik, hogy könnyen használható, gyors kézi eszköz. Két paramétert mértünk, az egyik az Fv/Fm (változó fluoreszcencia/maximális fluoreszcencia) a másik az Fv/Fo (változó fluoreszcencia/alap fluoreszcencia). Az Fv/Fm értéke 0-1 között változik, magasabb érték a fotoszintetikus rendszer optimálisan működését, míg alacsonyabb értékek stresszt jelezhetnek. Az Fv/Fo hányados általában 2,5-4,0 között ingadozik, emellett ez a paraméter sokkal jobban használható a fotoszintetikus rendszert érő stressz meghatározására. A SPAD (Soil Plant Analysis Development) egy olyan technika, amely lehetővé teszi a növények klorofilltartalmának gyors és nem invazív mérését. Ez a módszer fontos szerepet játszik a növények állapotának és fejlődésének monitorozásában.

Ezen paramétereket heti rendszerességgel mértük a növényállományban az aeropónikus rendszerben (4. táblázat).

4. táblázat: Az Fv/Fm, Fv/Fo és a SPAD-érték alakulása a kísérlet első és ötödik hetében

		Fv/Fm hányados	Fv/Fo hányados	SPAD-érték
1. hét	1. kezelés	0,73 ± 0,00 a	2,65 ± 0,05 a	25,24 ± 3,54 a
	2. kezelés	0,72 ± 0,01 a	2,56 ± 0,11 a	25,80 ± 1,94 a
	3. kezelés	0,73 ± 0,01 a	2,68 ± 0,19 a	22,02 ± 1,19 a
	4. kezelés	0,73 ± 0,01 a	2,75 ± 0,09 a	21,00 ± 1,56 a
5. hét	1. kezelés	0,78 ± 0,01 a	3,63 ± 0,27 a	32,90 ± 4,71 a
	2. kezelés	0,78 ± 0,00 a	3,60 ± 0,04 a	38,42 ± 5,78 a
	3. kezelés	0,80 ± 0,01 a	4,01 ± 0,29 a	44,15 ± 5,15 b
	4. kezelés	0,80 ± 0,01 a	3,91 ± 0,17 a	43,10 ± 4,27 b

Az azonos betűvel jelölt kezelések között nincs szignifikáns különbség ($p < 0,05$).

Az Fv/Fm paraméter alakulásáról elmondható, hogy az 1. héten (a betelepítést követően) értéke 0,72-0,73 között alakult, mely értékek nem utalnak a növény PSII rendszerét érő stresszre, azonban az 5. hétre nőttek az értékek. A statisztikai elemzést alapján elmondható, hogy sem a kezelések között, sem pedig a hetek között nem volt szignifikáns különbség ($p < 0,05$), tehát a tápoldatozási gyakoriság változása nem eredményez változást az Fv/Fm és Fv/Fo paraméterek alakulásában.

A SPAD-értékről elmondható, hogy méréseink alapján az 1. és 2. kezelések (a gyakoribb napi tápoldatozásban részesülő növények) magasabb SPAD-értékekkel rendelkeztek (25,24-25,8 SPAD érték). Az 5. hétre nőtt a SPAD-érték (32,90-44,15 SPAD-érték), melynek szakirodalmak alapján is ilyen tendenciát kell követnie, ahogyan a növényállomány öregszik. A statisztikai elemzés eredményei alapján megállapítható, hogy a jégsaláta esetén a különböző tápoldatozási gyakoriságok nem befolyásolták szignifikánsan a relatív klorofilltartalom alakulását.

3.2. Növényállományban felszámolásakor végzett mérések eredményei

A növényállományban felszámolásakor a műszeres méréseken kívül megmértük a teljes növény nedves biomassza tömegének, gyökértömegének és gyökérhosszának alakulását (5. táblázat).

5. táblázat: Kísérlet felszámolásakor mért paraméterek alakulása kezelésenként

	Nedves biomassza tömeg (g)	Gyökérhossz (cm)	Gyökértömeg (g)
1. kezelés	67,04 ± 3,45 a	66,98 ± 8,72 c	36,14 ± 3,88 b
2. kezelés	65,84 ± 10,98 c	65,64 ± 10,08 c	32,53 ± 6,09 b
3. kezelés	51,81 ± 12,25 b	56,20 ± 16,96 b	35,54 ± 14,09 b
4. kezelés	37,72 ± 2,64 a	29,24 ± 9,50 a	19,63 ± 2,21 a

Az azonos betűvel jelölt kezelések között nincs szignifikáns különbség ($p < 0,05$).

Eredményeink alapján elmondható, hogy a magasabb napi tápoldatozás nagyobb nedves biomassza tömeget eredményezett, az 1. és a 4. kezelés között 29,32 g különbséget mértünk. A gyökérhossz és gyökértömeg esetén is hasonló tendencia figyelhető meg: gyökérhossz esetén az 1. és 4. kezelés között 37,74 cm, még a gyökértömeg esetén 16,51 g különbséget mértünk. Mindezek alapján a nagyobb napi tápoldatozás (napi 10x15 perc) nagyobb nedves biomassza tömeget, gyökértömeget és gyökérhosszt eredményezett, így a jégsaláta aeropónikus termesztéséhez a nagyobb napi tápoldatozás ajánlott.

4. Diskusszió

Kutatásunkban a fluoriméteres eljárás és a SPAD-technika hatékonyságát vizsgáltuk a jégsaláta aeropónikus termesztése során, különös tekintettel a tápoldatozási gyakoriság hatásaira.

Az Fv/Fm és Fv/Fo paraméterek alapján a fotoszintetikus aktivitás nem mutatott szignifikáns különbséget a kezelések között, ami a tápoldatozás csekély hatását jelzi ezen paraméterekre.

A SPAD-érték esetén az volt a feltételezésünk, hogy a csökkenő tápoldatozási gyakoriság hatására csökkenni fog a SPAD érték.

A SPAD-értékek idővel növekedtek, ami megfelel a növények öregedésének. Bár a különböző tápoldatozási gyakoriságok között nem volt szignifikáns különbség, a mérések stabilitását és megbízhatóságát alátámasztják. A magasabb napi tápoldatozás jelentősen növelte a növények nedves biomasszáját, gyökértömegét és gyökérhosszát, ami a jégsaláta aeropónikus termesztésében ajánlott stratégiát erősíti meg.

Eredményeink szerint a fluoriméteres eljárás és a SPAD-technika hatékony eszközök a növényi stresszparaméterek és a klorofilltartalom mérésére, míg a gyakori tápoldatozás kedvezően hat a növekedésre.

Köszönetnyilvánítás

A cikkben bemutatott kutatás a Széchenyi Terv Plusz program keretében az RRF-2.3.1-21-2022-00008 számú projekt támogatásával valósult meg.

Irodalom

- Butler, J. D., Oebker, N. F. 1962. Hydroponics as a hobby: growing plants without soil. University of Illinois, College of Agriculture, Extension Service in Agriculture and Home Economics.
- FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO. 2023. The State of Food Security and Nutrition in the World 2023. Urbanization, agrifood systems transformation and healthy diets across the rural–urban continuum. Rome, FAO.
- Feller, C., Bleiholder, H., Buhr, L., Hack, H., Hess, M., Klose, R., Meier, U., Stauss, R., van den Boom, T., Weber, E. 1995: Phänologische Entwicklungsstadien von Gemüsepflanzen. I. Zwiebel-, Wurzel-, Knollen- und Blattgemüse. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* **47** (9), 217–232.
- Gopinath, P., Vethamoni, I., Gomathi, M. 2017: Aeroponics Soilless Cultivation System for Vegetable Crops. 838–849. *Research Quarterly.* **23** (2) 86–93.
- Krishna N. 2022. History of Controlled Environment Horticulture: Greenhouses. *HortScience.* **57** (2) 239–246. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI116160-21>
- Tunio M. H., Gao J., Lakhari I. A., Solangi K. A., Qureshi W. A., Shaikh S. A. 2021. Influence of atomization nozzles and spraying intervals on growth, biomass yield, and nutrient uptake of butter-head lettuce under aeroponics system. *Agronomy.* **11** (1) 97–113. <https://doi.org/10.3390/agronomy11010097>

*This work is licensed under a
Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.*

*A műre a Creative Commons 4.0 standard licenc alábbi típusa vonatkozik:
CC-BY-NC-ND-4.0.*

