

SZAKDOLGOZAT

Lovász Orsolya

2024

MAGYAR AGRÁR- ÉS ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM
KERTÉSZETTUDOMÁNYI INTÉZET
BUDAPEST

Mikroözöldek termesztése: borsó, retek és mustár összehasonlítása

Lovász Orsolya
Kertészmérnök BSc

Készült a Zöldség- és Gombatermesztési Tanszéken

Tanszéki konzulens: Dr. Geösel András
Külső konzulens: Szücs Endre

Bírálok: _____

Budapest, 2024.11.10.

tanszékvezető/szakirányfelelős

konzulens

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	1
2. Célkitűzés	2
3. Irodalmi áttekintés	3
3.1. Az indoor farm definíciója	3
3.2. Az indoor farming története	3
3.3. A beltéri precíziós növénytermesztés előtérbe kerülése	4
3.3.1. Alkalmazott mesterséges megvilágítás	4
3.3.2. A beltéri növénytermesztésben alkalmazott talaj nélküli termesztőrendszerek	6
3.3.3. Alkalmazott termesztő közegek	7
3.4. A hidropónia definíciója	8
3.4.1. A hidropónia története	9
3.5. Mikrozöld fogalma	9
3.5.1. Mikrozöldek beltartalma	10
3.5.2. A mikrozöldek gazdasági jelentősége	11
3.6. A borsó (<i>Pisum sativum</i> L.)	11
3.7. A retek (<i>Raphanus sativus</i> L.)	12
4. Anyag és módszertan	14
4.1. A termesztéshez használt infrastruktúra	14
4.2. A termesztési folyamat felépítése	14
4.3. A mikrozöldek szedése, mérése és csomagolása	19
4.4. A higiéniai szabályok	21
5. Eredmények	23
5.1. A bedrock.farm Mezőgazdasági Kft. bemutatása	23
5.2. Az eredményekhez használt adatok	24
5.3. A napok elteltével eladásra szedhető zöldtömeg	25
5.4. Az összesen leszedett borsó, retek és mustár mikrozöld zöldtömege havi bontásban	28
5.5. Az összesen csomagolt egyendoboz mennyiség mikrozöldeből havi bontásban	29
5.6. A csomagolt borsó, retek, mustár mikrozöldek egyendobozonkénti átlagos grammja havonta	31
5.7. A havi árbevételek borsó, retek és mustár mikrozöldekből	32
6. Következtetések	33
7. Összefoglalás	35
8. FELHASZNÁLT IRODALOM	36

1. Bevezetés

A belvárosokban élő emberek életében egyre nagyobb szerepet kap az egészséges életmód és ezáltal egyre többen törekszenek arra, hogy saját maguk és gyermekeik számára tápláló és biztonságos élelmiszert biztosítsanak. Ennek az egyik alapvető feltétele a megfelelő mennyiségű és minőségű zöldség rendszeres fogyasztása. Az otthoni termesztés nem megoldható egy teljes család ellátására, hiszen kevés lakáshoz tartozik kert és azok sem elég nagyok vagy épp nem ezt a célt szolgálják.

Az egyre kiszámíthatatlanabb időjárás, az újabbnál újabb kórokozók és kártevők, valamint a munkaerőhiány nem könnyíti meg a gazdák helyzetét, hogy a vevői igényeket ki tudják szolgálni. Ennek az egyik megoldása lehet a beltéri, kontrollált növénytermesztés, ahol nem kell aggódni az időjárási tényezők miatt, a növénykárosítók megjelenésétől, ennek köszönhetően nincs szükség különböző növényvédőszerekre. A folyamat jól automatizálható, így sokkal kevesebb emberi munkaerőt igényel.

A gasztronómia folytonos fejlesztésének, újdonságra való törekvésének és a szakácsok kreativitásának köszönhetően az egyik újszerű irányzat a mikrozöldek alkalmazása, melyek nem csak megjelenés szempontjából, hanem ízben is megkoronázzák a tényezőket.

A szakácsokkal való beszélgetések során kiderült, hogy jelenleg az éttermek nagymértékű importra szorulnak, mert a hazai piacról nem jutnak hozzá a szükséges termékekhez. Ez zöldségfélék esetében kifejezetten kockázatos, hiszen a szállítás során rengeteg kár keletkezhet bennük, veszítenek tartásukból és nem megfelelő hűtés, valamint tárolás mellett az eltarthatóságuk is számottevően csökkenhet.

Magyarországon egyre több vállalkozás indul mikrozöldek termesztésére. A legtöbb ilyen hely nem az éttermek közelében helyezkedik el, így számukra is meg kell oldani a megfelelő körülmények között történő szállítást. Ennek eredményeképp termesztőközeggükkel együtt viszik a növényeket az adott vendéglátó egységbe, ami legtöbb esetben termőföld vagy kókuszrost, esetenként közetgyapot. Ezek az anyagok törvényileg nem megengedettek a konyhákban, de a szakácsok mégis erre kényszerülnek, mert ha vágott és mosott formában kerülnének kiszállításra, az eltarthatóságuk minimálisra csökkenne. A napi rendelés a távolsággal járó költségek és a logisztikai nehézségek miatt nem megoldható. A szakácsok számára elengedhetetlen a kiszámíthatóság és a megbízhatóság, hogy mindig ugyanolyan minőségű termékekhez juthassanak hozzá, még akkor is, ha váratlanul egy nagy rendezvényre kell felkészülni.

2. Célkitűzés

A dolgozat célja a mikrozöldek – különösen a borsó, retek és mustár – termesztésével kapcsolatos kulcsfontosságú kérdések vizsgálata a cég 2021. január 1. és 2021. szeptember 1. közötti termesztési eredményei alapján, amelyek hozzájárulnak a városi mezőgazdaság fejlődéséhez és a fenntartható élelmiszer-termeléshez. A kutatás során az alábbi problémákra és kérdésekre keresünk választ, hogy átfogó képet kapjunk ezen fajok termesztési sajátosságairól és gazdasági szerepéről:

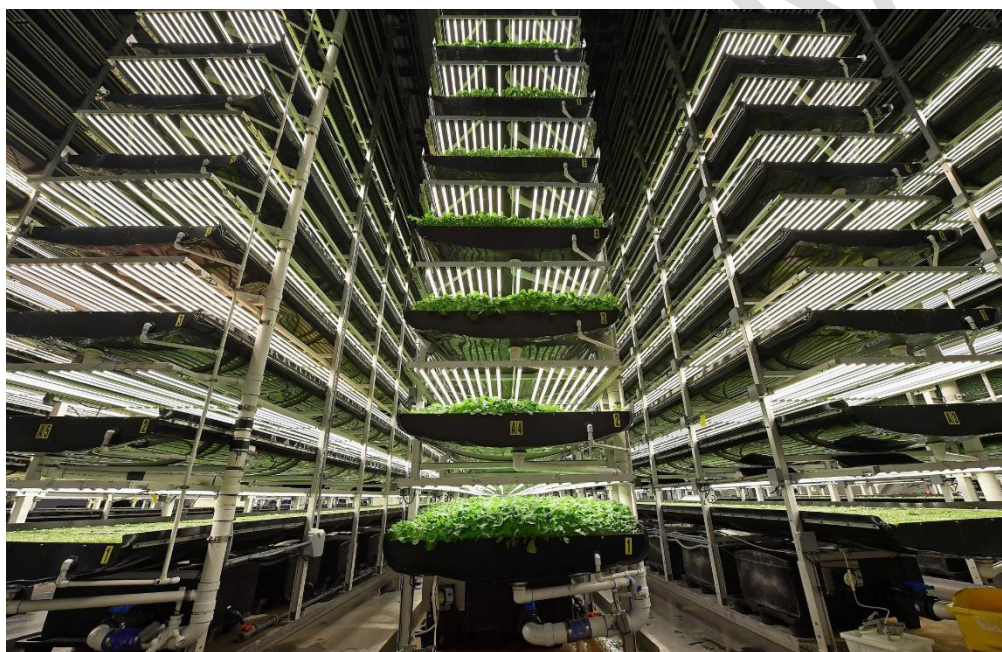
- Hogyan működik a bedrock.farm Mezőgazdasági Kft.?
- Milyen terméshozamot lehet elérni a borsó, retek és mustár mikrozöldek termesztése során?
- Milyen környezeti feltételek mellett valósítható meg egy helyen és időben a termesztés?
- Az alkalmazott termesztési körülmények megfelelnek a növények igényeinek?
- Mennyire gazdaságos a borsó, retek és mustár mikrozöldek termesztése városi környezetben?
- Milyen költséghatékonysági és piaci szempontok befolyásolják a termesztést, illetve az értékesítést?
- Hány gramm csomagolásokra van igénye a vevőknek?
- Milyen kihívások merülhetnek fel a mikrozöldek beltéri termesztése során?
- Milyen piaci trendek és vásárlói igények támogatják a mikrozöldek népszerűségének és elterjedésének növekedését, és milyen szerepet játszanak ebben az éttermek és más vendéglátóipari egységek?

A dolgozat ezekre a célkitűzésekre válaszolva igyekszik alátámasztani a mikrozöldek termesztésének jelentőségét, kihívásait és jövőbeli potenciálját a városi gazdálkodásban, valamint irányt mutatni a fenntartható és gazdaságos termesztési módszerek alkalmazására.

3. Irodalmi áttekintés

3.1. Az indoor farm definíciója

Az indoor farm egy olyan növények számára felépített rendszer, ami egy teljesen zárt teret jelent elszigetelve a külvilágtól, ezáltal a külső tényezőktől függetlenül folyhat a termesztés. A növények nevelése több szintes termesztőpolcokon zajlik, a helyiség magasságát maximálisan kihasználva. Ezeknek a szinteknek mindegyike mesterséges megvilágítással rendelkezik a növények megfelelő fejlődése érdekében (1. ábra). A szükséges körülmények megteremtése érdekében elengedhetetlen a légkondicionáló berendezés, a levegő keringetésére szolgáló ventilátorok és a tápanyag ellátó egységek (Ting & Li, 2016).



1. ábra
Indoor farm
(Fotó: Angela Weiss/AFP via Getty Images)

3.2. Az indoor farming története

A folyamatosan növekvő városok ellátása a növénytermesztés számára folyamatos kihívást jelentett, ezért találták ki az indoor farmingot. Az első, kereskedelmi célra kialakított ilyen rendszert alkalmazó cég Japánban jött létre 1983-ban Miura Nouen néven. Ezt követően sok országban egyértelművé vált, hogy a növénytermesztésre használt területeket nem a hagyományos horizontális síkon kell növelni, hanem sokkal inkább vertikális formában. Az 1980-as években az Egyesült Államok, a japánokkal egy időben megkezdte az ilyen irányú törekvéseit. Az első amerikai cég Chicago nyugati részén alakult meg. Jelenleg a világ legnagyobb indoor farming létesítménye nagyjából 2300 négyzetméteren nyújt gazdálkodásra alkalmas területet. Itt 17500 LED fénycső került telepítésre, mely naponta 10000 fej saláta betakarítását teszi lehetővé és ez a szám a folyamatosan fejlődő technológiának köszönhetően évről évre növekvő tendenciát mutat (Fang, 2016).

3.3. A beltéri precíziós növénytermesztés előtérbe kerülése

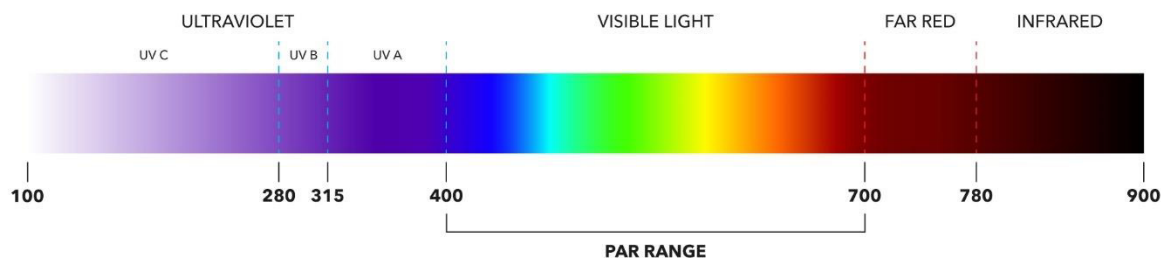
A folyamatosan növekvő populáció, a városiasodás, az ivóvízkészlet csökkenése és az éghajlatváltozás fokozódása az egy főre jutó művelhető terület csökkenéséhez vezet. Ezen tényezők okozta problémák megoldása egyre sürgetőbb feladat az emberiség számára. A Föld lakossága 2050-re a becslések szerint elérheti majd a 9,7 milliárdot. Emiatt az utóbbi években számos kutatás és fejlesztés született a fenntarthatóság érdekében. Az élelmiszer jobb minősége és nagyobb mennyiségének előállítása érdekében megszületett a vertikális gazdálkodás. Ez a fajta termesztési módszer is mutatja a problémák megoldására való törekvést magasfokú automatizálhatóságával, fejlettebb technológiával és az optimális területkihasználtság lehetőségével. A városok klimatizált magas épületeiben történő gazdálkodás lehetőséget kínál az ökológiai lábnyom csökkentésére. A beltéri növénytermesztés céljai között szerepel a teljes higiéniai tisztaság, ellenőrizhető növényi élelmiszer előállítása, illetve a biológiai biztonság, a kártevőktől való mentesség, valamint a szállítás és a fosszilis tüzelőanyagok használatának csökkentése (Benke & Tomkins, 2017).

3.3.1. Alkalmazott mesterséges megvilágítás

A növények fejlődéséhez az egyik legfontosabb környezeti tényező a megfelelő fényminőség és mennyiség. Ezt ma már nem csak a napsugarak által tudjuk biztosítani a növények számára, hanem mesterséges megvilágítással is. Különböző lámpatípusok léteznek már a megfelelő hullámhosszú fények szolgáltatására a növények számára az indoor farming típusú rendszerekben. Napjainkban leginkább LED lámpákat alkalmaznak stabil teljesítményük, kompakt méretük és költséghatékony, hosszú élettartamú működésük miatt. A növények számára a legjelentősebb pozitív tulajdonsága a LED lámpáknak, hogy egyidejűleg különböző fényhullámok kibocsátására képes, így változatosabb és a növények számára hasznosabb spektrumú fényt tudunk kijuttatni számukra. Említésre méltó még, hogy ezek a fényforrások a többihez képest viszonylag alacsony felületi hőmérséklettel rendelkeznek, így a termesztőtér hőmérséklete könnyebben szabályozható (Koza, 2016).

A fotoszintetikus aktív sugárzás (Photosynthetic Active Radiation) a napenergia spektrumának azon tartománya, amely a 400–700 nm közötti hullámhosszú fényt foglalja magában (2. ábra). Ez a tartomány kulcsszerepet játszik a fotoautotróf szervezetek, például a növények, algák és ciánobaktériumok fotoszintetikus folyamataiban, mivel ezen a spektrális sávon belül találhatóak azok a fényhullámok, amelyeket a klorofill pigmentek hatékonyan elnyelnek. A PAR tehát alapvető fontosságú a növények növekedéséhez és fejlődéséhez, mivel lehetővé teszi számukra az energia hasznosítását, amelyet a szén-dioxid és a víz szerves anyaggá átalakításához használnak. A fotoszintézis folyamata nem csupán a PAR-ra épít, hanem számos egyéb környezeti tényező is befolyásolja, mint például a levegő hőmérséklete, a víz rendelkezésre állása, valamint a légköri szén-dioxid (CO_2) koncentrációja. Az elmúlt néhány év kísérletei és kutatásai bebizonyították, hogy ezen a tartományon kívül is található a fotoszintézis aktivitására pozitívan ható hullámhosszú fényspektrumok, például a

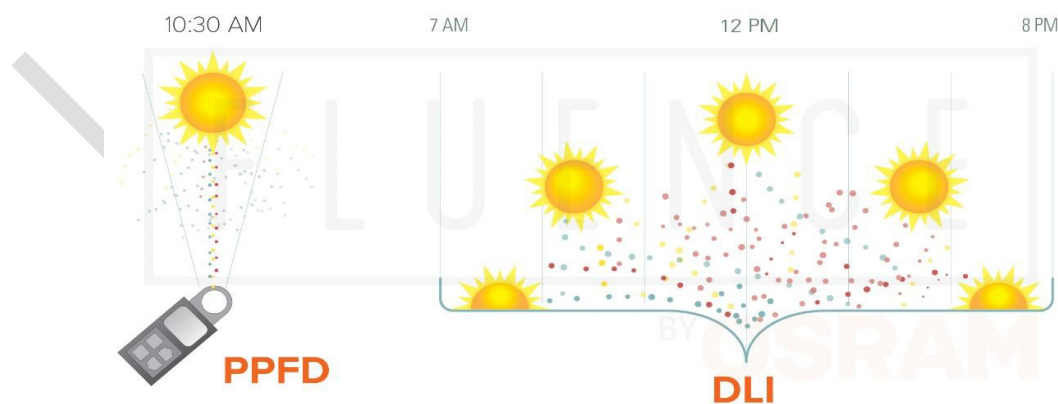
vörös és infravörös spektrum, szintén képesek elősegíteni a fotoszintézist, ami új lehetőségeket nyit meg a növénytermesztésben és a termesztési technológiák fejlesztésében. (Möttus et al., 2012).



2. ábra
Fotoszintetikus aktív sugárzás ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)
(Fotó: NextLight Commercial Series PAR Charts)

A másik gyakran alkalmazott mértékegység a fény mérésére a DLI (Day Light Intensity, magyarul napi fényintenzitás). Ez gyakorlatilag egy egységnyi felületre becsapódó fotonok napi mennyiségét határozza meg. Ez egy kvantitatív jellemző. A DLI egy számított mennyiség, ami a PPFD (Photosynthetic Photon Flux Density, magyarul fotoszintetikus fotonfluxus sűrűség)-ből és a megvilágítás hosszából kiszámítható mértékegység. (3. ábra) A DLI számítása során a PPFD-t ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) megszorozzuk a megvilágítás hosszával (s), így megkapjuk a DLI-t (mol/m^2). A mikrozöldek, leveleszöldek és az ehető dísznövények napi DLI igénye széles skálán mozog, és általában $9 \text{ mol}/\text{m}^2$ és $63 \text{ mol}/\text{m}^2$ közé tehető (Filatov & Olonin, 2023).

Ezen információk figyelembevételével a termesztők jobban tudják optimalizálni a növények fényigényét, ezáltal elősegítve azok egészséges növekedését és tápanyagértékének maximális kihasználását. A DLI mérése különösen fontos a növénytermesztésben, mivel a fény intenzitása közvetlenül befolyásolja a fotoszintézis hatékonyságát és a növények növekedési ütemét. A megfelelő DLI biztosítása hozzájárul a magasabb hozamok eléréséhez, valamint a növények egészségének megőrzéséhez. Ezen kívül a DLI figyelembevétele lehetővé teszi a termesztési környezet optimalizálását, így a különböző növényfajok igényeihez igazítható a megvilágítás, ami segít a fenntartható mezőgazdasági gyakorlatok alkalmazásában (Kozai, 2016).

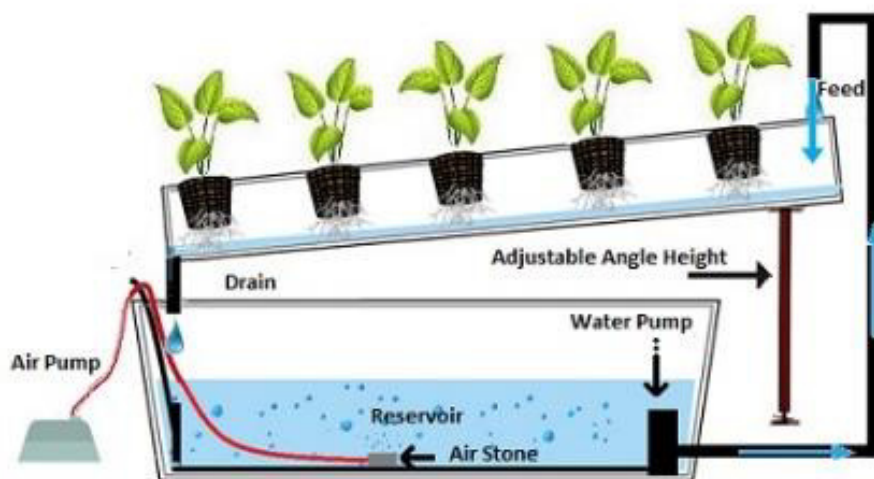


3. ábra
Fotoszintetikus fotonfluxus sűrűség és a napi fényintenzitás közötti különbség
(Fotó: Fluence by OSRAM)

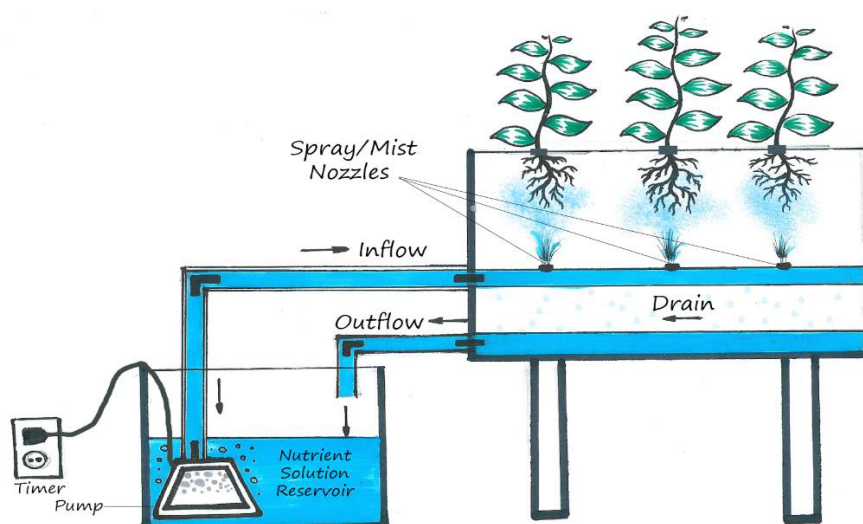
3.3.2. A beltéri növénytermesztésben alkalmazott talaj nélküli termesztőrendszerek

A termesztő közegek közül a legelterjedtebb és legismertebb választás a termőföld, amely hagyományosan a mezőgazdasági termelés alapját képezi. A termőföld természetes tápanyagforrásként szolgál a növények számára, elősegíti a gyökerek fejlődését és tartóközeget biztosít a növény számára. Ennek az alkalmazását indoor farming esetében érdemes elkerülni, mivel ennek a maradéktalan fertőtlenítése szinte lehetetlen és a különböző megoldások magas pluszköltséggel járnak. Ezen közegen történő termesztés esetében gyakorta utókezelések alkalmazására van szükség, ami megnehezíti az élelmiszerhigiéniai előírásoknak való megfelelést, valamint növényorvos szakvéleményére és drága növényvédőszerek használatára is szükség lehet (Barrett et al., 2016).

A talaj nélküli rendszerek közül a két legismertebb típus a hidropónika és az aeropónika, amelyek innovatív megoldásokat kínálnak a mezőgazdaságban. A hidropóniás termesztés esetében a növények gyökerei a tápoldatba lógnak, így közvetlen úton képesek hozzájutni a fejlődéshez szükséges tápanyagokhoz (4. ábra). Az aeropóniás termesztésben az a lefontosabb különbség, hogy a növények tápködben fejlődnek, melyet úgy állítanak elő, hogy a tápoldatot ködképző segítségével nagyon apró vízcseppekké bontanak (5. ábra). Több korábbi kísérlet bebizonyította, hogy mindkét termesztési módszer eredményesebben alkalmazható kedvező tulajdonságaiknak köszönhetően, mint a hagyományos termesztési módszerek. A kísérletek alapján az aeropóniás termesztéssel lehet a legnagyobb termésátlagokat elérni. A hidrokultúrák termesztés esetében fontos tényező lehet a víz csírámentesítése. Ezen eljárás nemcsak a termesztési folyamatban hozhat jobb eredményeket, hanem az élelmiszerhigiéniai értékek szempontjából is kedvezőbb mutatókat eredményezhet. (Christie & Nichols, 2020).



4. ábra
Hidropóniás rendszer
(Fotó: Pure Greens, 2019)



5. ábra

Aeropónikus rendszer

(Fotó: medium.com; What Is Aeroponics Farming & Why You Should Care?, 2020)

3.3.3. Alkalmazott termesztő közegek

A hatékony, talaj nélküli termesztőközegnek olyan fizikai szerkezettel kell rendelkezni, amely az egészséges gyökérfejlődéshez hozzájárul a levegő, valamint a víz megfelelő egyensúlyával. Ezt az egyensúlyt szükséges fenntartani egy teljes növénytermesztési szakasz alkalmával, amely több héttől akár több mint egy évig is eltarthat. A termesztőközeg szerkezetét a részecskék mérete, formája, állaga, valamint fizikai elrendezése determinálja (Bilderback, 2005).

A szerves és a szervetlen anyagok a két fő csoportja a termesztőközegeknek. A szerves anyagok közé a kókuszrost, tőzeg, fűrészpor, rizspelyva, fenyőkéreg komposzt és az istállótrágya, míg a szervetlen anyagok közé a perlit, vermikulit, agyagkavics, homok, cseréptörmelék, kőgyapot, tűzőhab tartozik. A szerves termesztőközegek jó vízmegtartó képességűek, viszont használatuk nehezebb, mivel több felügyeletet és munkát igényelnek. Általában maximum két évente szükséges a teljes lecserélésük, mivel a fertőtlenítésük sokba kerülne és sok munkát igényelne. A szervetlen termesztőközegek nem biztosítanak tápanyagokat a növényeknek, de kiváló vízelvezetést és levegőztetést nyújtanak. Ezeket gyakran használják hidropóniás rendszerekben, ahol a tápanyagokat közvetlenül a víz biztosítja (István, 2015).

A kókuszrost a kókuszdió feldolgozása során keletkezett melléktermék egyike, mely a kókusz külső héjából és annak rövid rostjaiból áll össze. Kiemelkedő víztartó képessége miatt a saját tömegének akár a nyolcszoros mennyiségét is képes felvenni vízből vagy tápoldatból. Nem hajlamos penészedésre, jó vízelvezető és légáteresztő képessége miatt kedvező a használata hidrokultúras termesztés során. Érdeemes odafigyelni rá, hogy a tengerpart mellett fejlődött kókusz fitotoxikus szintű nátrium- és káliumszintekkel rendelkezhet, ezért pufferelés, illetve vizes átmosás javasolt (Barrett et al., 2016).

A fenyőkéreg általában nagy légtartó képességgel rendelkezik, ami lehetővé teszi a gyökerek megfelelő szellőzését, és segít megelőzni a túlzott vízviasszatartásból eredő gyökérrothadást. Ezen tulajdonsága miatt különösen hasznos olyan növények esetében, amelyek jól tűrik vagy igénylik a gyors vízelvezetést. A fenyőkéreg azonban gyakran más összetevőkkel, például tőzeggel keverik össze, hogy javítsák a vízmegtartó képességét. A tőzeg nedvességet köt meg, így egyensúlyba hozza a keverék levegőzöttségét és víztartó képességét (Bilderback, 2005). A kókuszrosthoz hasonlóan a fenyőkéreg sem kifejezetten termesztőközegkénti felhasználásra készül és általában változó fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságokkal rendelkezik. A termelők követelményeinek kielégítése érdekében a termesztőközeg gyártók általában valamilyen másodlagos feldolgozást vállalnak, például komposztálják (Gaches et al., 2011).

A tőzeg kifejezés minden olyan növényi eredetű közeget magába foglal, amely anaerob körülmények között részben lebomlott. Ez az anyag egyaránt rendelkezik olyan kiváló fizikai, kémiai, és biológiai tulajdonságokkal, amelyek miatt hazánkban és világszerte egyaránt rendkívül népszerű. Egyedüli hátránya az egységes minőségű tőzeg előállításánál merül fel, mert nagyon sokféle előállítási módja ismeretes, például egy fiatalabb, kevésbé lebomlott tőzeg víztartó képessége lényegesen magasabb, mint az öregebb, jobban lebomlott anyagé (Barrett et al., 2016).

A talaj nélküli termesztés során különféle szemcseméretű perliteket (0,3 - 5,0 mm) alkalmaznak szubsztrátként. A perlit főleg porózus magmás kőzetből áll, amelyet felmelegítenek, habosítják és megfelelő részecskeméretűre őrölnek. Szerkezetéből és előállításából kifolyólag könnyű, steril, nem bomlik és könnyen kezelhető. Fokozott a víztartóképessége és jól levegőzik (Asaduzzaman et al., 2013).

A kőgyapot jó víztartó képességgel rendelkezik, és sokáig megtartja a szerkezetét, ami ideálissá teszi a hosszú távú termesztés során. Ez az egyik legelterjedtebb tartóközeg a talaj nélküli termesztésben, különösen a hidropónikus és az aeropónikus rendszerekben. A bazalt szálakból készül, melyeket speciális műgyantával rögzítenek, így stabil szerkezetet biztosítanak, amely ellenáll a bomlásnak és az időjárás viszontagságainak. A kőgyapot további előnye, hogy könnyű, jól szellőzik, és képes a felesleges víz elvezetésére, ami csökkenti a túllöntözés veszélyét. Ezen tulajdonságai miatt kiválóan alkalmas a gyökérzóna megfelelő oxigénellátására, ami elengedhetetlen a növények optimális fejlődéséhez. Emellett kémiaileg semleges, így nem befolyásolja a tápanyagok pH-értékét, ami lehetővé teszi a termesztők számára, hogy precízen szabályozzák a növények tápanyagellátását. Az újrafelhasználhatósága és környezetre gyakorolt hatása miatt azonban fontos figyelmet fordítani a megfelelő kezelésére, mivel a kőgyapot nem komposztálható, így újrahasznosítása és ártalmatlanítása külön figyelmet igényel (Kovács & Tóth, 2016).

3.4. A hidropónia definíciója

A hidropónia magyar megfelelője a vízkultúrák termesztés. Ennél a termesztési módszernél nem alkalmaznak gyökérrögzítő közeget. A gyökerek egy néhány milliméter vastagsággal rendelkező tápoldatba merülnek, ahol egy szinte szivacszerű szöveteket tudnak képezni. Az NFT (Nutrient Film Technology) a legismertebb termesztési módszer, aminek az a lényege, hogy a tápkockákban előnevelt palántákat egy legalább

1%-os lejtésű, maximum 20 méter hosszúságú csatornába helyezik át, ahol gravitációs úton tud áramolni a tápoldat a csatorna felső végére rögzített csapból. Fontos a tápoldat oldottoxigén-tartalma, aminek minimum 5-8 ppm érték szükséges, hogy a növények gyökérműködése optimális legyen. A talaj nélküli termesztésben nem az NFT módszer a leggyakoribb, viszont megfelelően alkalmazva a zöldségnövények esetében is nagy termésátlagok érhetők el (Terbe & Slezák, 2008).

3.4.1. A hidropónia története

A hidropónia a kertészet egyik ága, amely a hagyományos talaj helyett tápoldatot alkalmaz. A hidropónia legkorábbi példái több mint négyezer évvel ezelőtt, a Deir El Bahari egyiptomi templom falán található festményeken figyelhetők meg. Az i.e. VI. században, Babilonban a hidropóniát főként dísznövények termesztésére használták. A Kolumbusz előtti Amerikában, az i.sz. X. és XI. század környékén, a mexikói azték kultúra a úszó kertet a Mexikó-völgy sekély tómedreiben való termesztésre fejlesztette ki, amelyet úgy vélik, hogy Közép-Amerika egész területén alkalmaztak. A Dél-Mexikóváros külvárosában található Xochimilco kerület egy ezeréves csatornákból és mesterséges szigetekből álló rendszere az azték emberek találékonyságát tükrözi, akik képesek voltak fenntartható élőhelyet létrehozni egy vizes élőhelyből. Ez a rendszer megtestesíti a hidropóniában rejülő lehetőséget, mint fenntartható élelmiszerforrást, valamint a társadalmi és környezeti jólét fontos elemét. Az UNESCO ezt a hidrosziget-rendszert a Világörökség részeként ismerte el. A hidropónia fejlődése szoros összefüggésben állt a növényélettani ismereteink bővülésével. 1600-ban Jean Baptiste Van Helmont belga tudós kísérleteket végzett annak bizonyítására, hogy a növények bizonyos tápanyagokat a vízből képesek felvenni. Kilencvenkilenc évvel később John Woodward brit tudós tápoldatban termesztett növényeket, és felfedezte, hogy a növények jobban fejlődnek műtrágyával dúsított oldatokban. Ezt követően, 1800-ban De Saussure és Boussingault francia tudósok megállapították, hogy a növények számára elengedhetetlen a szén, hidrogén, oxigén és nitrogén az egészséges növekedéshez. 1860-ban a németországi Sachs és Knop hozzátette a foszfort, kén, káliumot, kalciumot és magnéziumot De Saussure és Boussingault listájához és ezeknek az elemeknek a sóit tartalmazó tápoldatban neveltek növényeket. Azóta a növényfiziológia területén elért tudományos előre lépések azt mutatták, hogy az egészséges növekedéshez más elemekre is szükség van, például mangánra, molibdénre, klórra, vásra, cinkre, rézre és bórra, amelyeket mikrotápanyagoknak nevezünk. Ezen kívül a tápoldat összetétele szorosan korrelál a növények élettani reakcióival, beleértve a méretet, a színt és a termés egyéb jellemzőit (Velazquez-Gonzalez et al., 2022)

3.5. Mikrozöld fogalma

A mikrozöldek fiatal, gyenge, ehető zöldek, amiket zöldségek és gyógynövények magjából állítanak elő. Fejlettségét tekintve két teljesen kifejlett sziklevelel vagy már néhány kezdetleges valódi levélből áll (6. ábra). A csíráknál idősebbek és fejlettebbek, viszont a „fiatal zöldségeknél” kisebbek, zsebébbek. A mikrozöld szó első használatát 1998-ban dokumentálták. Ezek a növények általában 3-8 cm magasak és a vágás 7-14 napos korukban következik be. Az vágást követően a száruk és a levelek kerülnek értékesítésre. Apró termetük ellenére

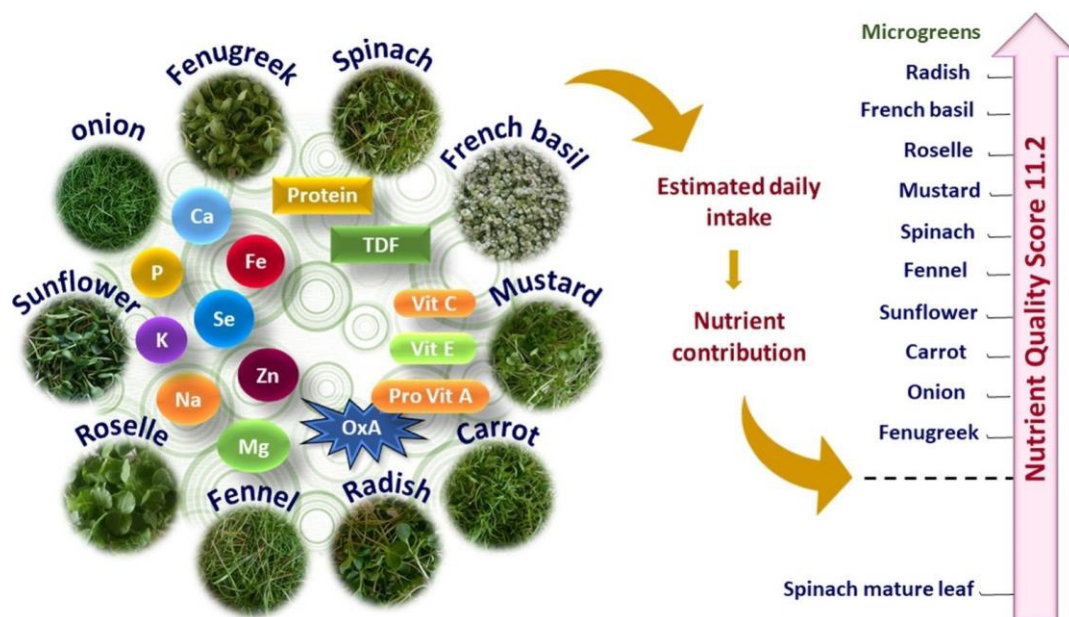
intenzív ízekkel, színekkel és gyengéd textúrával rendelkeznek. Néhány éve új kulináris trendként váltak népszerűvé. Az éttermekben a szakácsok előszeretettel alkalmazzák díszítésre, ízesítésre vagy akár köretként. A mikrozöldek táplálkozási szempontból is előnyösnek bizonyultak (Xiao et al., 2013)



6. ábra
Napraforgó mikrozöld
(Fotó: Saját kép, 2021)

3.5.1. Mikrozöldek beltartalma

A mikrozöldek tápanyagtartalma kiemelkedően magas, és ezek a növények jó forrásai a fehérjének és az élelmi rostoknak, ami különösen értékesé teszi őket az emberek étrendjében. Az NQS 11.2 (Nutrient Quality Score) mérés alapján szolgáló tápanyagok között tizenegy kívánatos tápanyagot határoztak meg, amelyek közül kettőt először sikerült megállapítani és nyilvánosságra hozni a mikrozöldek esetében. Az eredmények azt mutatták, hogy a mikrozöldek oxálsavtartalma viszonylag alacsony, ami pozitív tényező, mivel az oxálsav túlzott fogyasztása káros hatással lehet az egészségre. Ezekben a fiatal növényekben különösen magas mennyiségben találhatóak fontos vitaminok, mint például az E-vitamin, a béta-karotin és az aszkorbinsav. Ezek a tápanyagok az átlagos napi vitaminbevitel jelentős részét képesek biztosítani, például az E-vitamin 28–332%-át, a béta-karotin 24–72%-át, míg az aszkorbinsav 28–116%-át is kitevő mennyiségben van jelen. E tanulmány során a retek mikrozöldet azonosították a leggazdagabb tápanyagtartalmú mikrozöldként (7. ábra), ami különösen figyelemre méltó. A kutatás során azt is sikerült kimutatni, hogy a mikrozöldek fejlettségi állapotában 2-3-szor több található a mért tápanyagokból, mint azokban a növényekben, amelyek hasonló körülmények között teljesen kifejlett állapotban nevelkedtek. Ez a tápanyagtartalom különösen szembetűnő a spenót esetében, ahol a mikrozöldek állapotban a tápanyagok mennyisége akár ötszöröse is lehet a végleges formájának. Ez a megfigyelés hangsúlyozza a mikrozöldek fontos szerepét a modern étrendben, mint olyan táplálékforrást, amely gazdaságos és tápanyagokban gazdag alternatívát kínál a hagyományos zöldségekhez képest (Ghooraa et al., 2020).



7. ábra
A mikrozöldek beltartalmi értékeik szerinti összehasonlítása
(Fotó: Ghooraa et al., 2020)

3.5.2. A mikrozöldek gazdasági jelentősége

A mikrozöldek termesztésével leggyakrabban üvegházakban találkozhatunk, de egyre inkább elterjedt a helyi kisgazdaságokban való alkalmazásuk is. Ezek a fiatal növények, amelyek néhány hét alatt kifejlődnek és fogyasztásra alkalmassá válnak, gyors és jövedelmező alternatívát kínálnak a hagyományos mezőgazdasági termelési módszerek mellett. A mikrozöldek népszerűsége folyamatosan növekvő tendenciát mutat, amely mögött több tényező áll. Az emberek egyre inkább keresik az egészségre gyakorolt pozitív hatásokat, és a mikrozöldek, mint új kulináris összetevők, számos ételben való felhasználásukkal figyelmet kaptak. A mikrozöldek termesztése számos módszerrel megvalósítható, beleértve a vékony talajréteg használatát, a hidropóniás rendszereket, valamint egyéb különböző tartóközegeket. A különböző tartóközegek használata lehetőséget ad arra, hogy a termesztők a számukra legmegfelelőbb módszert válasszák, figyelembe véve a helyi környezeti feltételeket. (Mir et al., 2017).

A mikrozöldek termesztésére és értékesítésére jelenleg nincs hatályos jogszabály, amely szabályozná ezt a szektort. Ez a jogi űr jelentős kihívásokat jelent, mivel nem áll rendelkezésre megfelelő keretrendszer a nem megfelelő körülmények között termesztett és beltartalmi értékeik szerint fogyaszthatatlan növények kiszűrésére. A jogszabályi keretek hiánya nemcsak a fogyasztók bizalmát csökkentheti, hanem a mikrozöldek iránti keresletet is befolyásolhatja (Di Gioia et al., 2016).

3.6. A borsó (*Pisum sativum* L.)

A borsó, latin nevén *Pisum sativum* a *Fabaceae* család tagja. Kúszó egyéves életformája van (Udvardy et al., 2000).

A borsónak hipogeális csírázása van, tehát ez a folyamat a föld alatt történik. Orsó alakú főgyökézzel rendelkeznek, valamint sok oldalgyökeret fejleszt. Szárazság esetén 180-200 cm mélységbe is képesek lehatolni a gyökerek, hogy hozzájusson a növény a szükséges vízhez. Dudva szárral rendelkezik, hosszúsága 20-200 cm között változik kisebb nagyobb elágazásokkal. A borsó levele párosan, szárnyasan összetett, nóduszonként egy levél fejlődik ki (8. ábra). Megtalálhatóak rajta pálhalevelek is. Fehér vagy lilásvörös pillangós virágzattal rendelkezik, amelyeknek a megtermékenyülése önbeporzó módon történik. Egy növény virágzása 10-21 napig tart. A hüvelytermésében 5-11 szem mag található meg. A magok átmérője 3-10 mm között változik, amik 3-5 évig őrzik meg a csírázókéességüket. A borsó ezermagtömege 100-500g (Balázs, 1994).



8. ábra
Borsó hajtás
(Fotó: Saját kép, 2021)

A borsó Markov-Haev szerinti hőigénye közepes, $16^{\circ}\text{C} \pm 7^{\circ}\text{C}$. Termesztéshez az optimális fényigény tekintetében közepes fényigényű növény. Vízigény szempontjából a vízfelvevő és hasznosító képessége magas, csírázáskor nagy mennyiségű vízre van szüksége. Közepes tápanyagigénye van és a közepes minőségű talaj is megfelelő a termesztésére. Jó elővetemény más növények számára, viszont az adott termesztői területre 3-4 évig nem ültethető önmaga után (Kormánya, 2014).

3.7. A retek (*Raphanus sativus* L.)

A retek, latin nevén *Raphanus sativus* a *Brassicaceae* család tagja. Egy- vagy kétéves életformája van (Udvardy et al., 2000).

A reteknek a szárgumóját fogyasztjuk. Levelei szeldelten tagoltak, szélei lehetnek simák vagy enyhén fogazottak. A levelek ráfutnak a vastag levélnyélre. A szára 80-100 cm magas. Levéltelen fűrt virágzata van a többi káposztaféléhez hasonlóan. A virágszín lehet fehér, rozsaszín vagy ibolya színű fajtától függően. A virágzat színe összefüggésben van a gyökér színével. Fajtától függően a leggyakoribb az idegenbeporzó fajták, de

lehetnek önmeddőek vagy önbeporzóak is. Fel nem nyíló becő terméssel rendelkeznek. Ezeknek a terméseknek a hossza 3-6 cm, vastagsága 0,5-0,8 cm. A külső felülete barázdált és a hegye csőrben végződik. Világosbarna magja van, aminek alakja enyhén tojásdad vagy kerekded. Csírázókéességét 4-5 évig tartja meg, az ezermagtömege 6-8 g (Balázs, 1994).



9. ábra
Retek két szikleveles fejlettségi szinten
(Fotó: Saját kép, 2021)

Erősen fényifényes növény, hosszúnappalos, a magszárképzéshez 12 óránál tovább tartó megvilágításra van szüksége. Ha ezt nem kapja meg, nem fejleszt generatív részeket. A gumó fejlődéséhez is szükség van az erős fényre és a hosszú megvilágításra mivel, ha ezt a fénymennyiséget nem kapja meg, megnyúlt szárú, gyorsan növekvő lombozatot fejleszt, így nem koncentrálna a gumó fejlesztésére. Markov-Haev szerinti hőigénye kicsi, $13^{\circ}\text{C} \pm 7^{\circ}\text{C}$. Hidegtűrő növény, csírázáskor -3°C -ot, kifejlett növényként a -6°C -ot is elviseli károsodás nélkül. Csírázása már $2-3^{\circ}\text{C}$ között megindul, a hőoptimuma 20°C . Szikleveles állapotban $5-6^{\circ}\text{C}$ -on fejlődik a leggyorsabban. Nappal és erős napfényben a gumó fejlődéséhez $15-20^{\circ}\text{C}$ -ra, este és fényszegény időben $6-8^{\circ}\text{C}$ -ra van szüksége a növénynek. Csírázáskor és gumóképződéskor magas a vízigénye. Ha a talaj 65%-os víztelítettségénél magasabb, az kevesebb kárt okoz a növényben, mint ha ez az érték alá csökken. Tápanyag igénye közepes, a talaj nitrogéntartalmára érzékeny, valamint a talaj magas EC-értéke késlelteti a csírázást (Gliits, 2005).

4. Anyag és módszertan

4.1. A termesztéshez használt infrastruktúra

A termesztés salgó polcokon zajlik, amelyek szélessége 150 cm, mélysége 80 cm, és a magasságuk a helyiség belmagasságától függ. A salgó polcokon található a speciálisan kifejlesztett medencék, amelyek mérete 30x80 cm. A medencék kialakítása lehetővé teszi, hogy minden egyes medencébe két darab 30x40 cm nagyságú tálca helyezhető el, amelyek szintén egyedi fejlesztésűek és optimalizáltak a termesztési folyamatokhoz. A medencék anyaga műanyagból készült, amely könnyű, tartós és vízálló, míg a tálcák rozsdamentes acélból készültek, így biztosítva a hosszú élettartamot és a higiénikus körülményeket. A rendszerben egy termesztőszinten összesen 5 darab medence és 10 darab tálca helyezhető el, ami maximális helykihasználást és termelési kapacitást tesz lehetővé.

A növények optimális vízszinttartását és tápanyag-keringetését egy keringető szivattyú, egy 1000 literes IBC tartály, mikrocsovek, mikrocsopek és PVC csövek segítségével valósítják meg. Ez a keringetési rendszer hatékonyan biztosítja a víz és tápanyagok folyamatos áramlását a medencékhez, így hozzájárulva a növények a friss tápoldathoz.

A légtechnika szempontjából a rendszer klímaberendezést, páralecsapót, PC ventilátorokat és egy 40 cm lapátátmérőjű ventilátort tartalmaz. A klíma biztosítja a megfelelő hőmérsékletet és a páralecsapóval együttesen a levegő alacsony páratartalmát, míg a ventilátorok a levegő áramlását segítik elő a mikroklima kialakulása elkerülése érdekében. Ez a kombinált légtechnikai megoldás elengedhetetlen a beltéri termesztés sikeréhez.

A magok csíráztatása egy egyedi fejlesztésű csíráztató kamrában történik, amely zárt rendszerben, hidegköd segítségével működik. Ez a módszer biztosítja a magok számára az ideális környezeti feltételeket a csírázáshoz, minimalizálva a vízvesztést és a külső környezeti hatásokat, valamint maximalizálva a csírázási arányt.

A termesztéshez a lehető legolcsóbb, funkcióját ellátó infrastruktúra van használatban, hogy a nagyobb összegeket olyan fejlesztésekre lehessen fordítani, amikre nem elégséges a boltokban megvásárolható termékek.

4.2. A termesztési folyamat felépítése

A vetőmagok két külföldi cégtől származnak, azonban azok pontos megnevezése üzleti titoknak minősül, így a dolgozatban nem kerül közlésre. A vetőmagok rendeléséhez elengedhetetlen ismerni a vevői igényeket, az azokhoz tartozó vetőmag mennyiségeket, valamint a tartalékkal is számolni kell, amennyiben válatlan probléma merülne fel a termesztésben. A vevők esetleges új növényfajok és növényfajták iránti igényeit szintén szem előtt kell tartani. A mikrozöldek esetében havi és heti bontásban kell számolni a vetőmagszükségleteket.

A vetőmagok megérkezésekor azok leltári felvétele történik meg, majd ezt követően az előre meghatározott grammos mennyiségekbe kerülnek kiadagolásra és csomagolásra. A csomagolás precíziós adagolóval történik, amely lehetővé teszi a pontos adagolást. Az adagolt vetőmagokat zárható tasakokba helyezik, amelyeket lezárnak, és egy matricával látnak el. A címkén szerepel a növényfajta azonosító száma és vonalkódja, a fajta neve, a csomagolás dátuma, valamint a tasakban található vetőmag mennyisége. A vetőmag helyes mennyiségének alkalmazása kulcsfontosságú mivel, ha túl sok mag kerül egy tálcára, azok elnyomhatják egymást, ami a lassabban fejlődő növények fényhez jutását akadályozza, továbbá a nem megfelelő légáramlás sárgulást és gombásodást eredményezhet. Az azonos méretű magokból egységes mennyiséget kell alkalmazni egy adott tálcán, amit szemrevételezéssel állapítanak meg, de az ezermagtömeg is segítségül szolgál. A különböző fajták között eltérések mutatkozhatnak, ezért ezekre mindig nagy figyelmet kell fordítani.

Miután egy növény vetőmagját kiadagolták, a gépet alaposan meg kell tisztítani, hogy a következő vetőmagtípus közé ne kerüljön idegen mag. Az azonos típusú vetőmagokat dobozokban gyűjtik össze, majd a csomagolás végén a vetőmagtárolóra (10. ábra) helyezik fel. A tárolón egy rúdra csak azonos fajta és azonos csomagolási dátummal rendelkező vetőmag kerülhet. A vetőmagtároló egy fénytől elzárt fémszerkezet, amelybe a rudakat be lehet akasztani. A rudak elhelyezkedése és sorrendje folyamatosan változik a készletfogyás, a beérkezések, valamint az alkalmazási gyakoriság függvényében.



10. ábra
Vetőmagtároló
(Fotó: Saját kép, 2021)

A mikrozöldek vetése grammonként tálcára, a kifejllett növények vetése szemenként, kőzetgyapot kockába történik. A mikrozöldek vetéséhez szükség van tálcára, tálca azonosító matricára, vetőmagra, fertőtlenítő szerre, tiszta alátámasztásra, gumikesztyűre és egy számítógépre.

Bizonyos növények vetőmagjait vetés előtt minimum 4, de legfeljebb 12 órával korábban be kell áztatni. Ez a folyamat különösen hasznos olyan növények esetében, ahol a vetőmag mérete és alakja lehetővé teszi,

hogy vizes állapotban is könnyen elosztható legyen a tálcán, mint például a borsó vagy a kukorica. Az áztatásnak köszönhetően ezek a magok egyenletesebben fejlődnek. Amennyiben kisebb, laposabb magok áztatásáról van szó, a vetés nem, vagy csak nagyon nehezen válik egyenletessé, és túl nagy időráfordítást igényelne, ezért ilyen magok esetében általában nem alkalmazzák ezt a módszert. Az áztatás további előnye, hogy a folyamat során a magok felületén lévő szennyeződés lemosódik, így a termesztésre használt berendezések tisztábbak maradnak.

A vetési terv elkészítése az egyik legösszetettebb, ugyanakkor legfontosabb lépés a termesztés során. A vetési terv kidolgozásakor figyelembe kell venni, hogy milyen lyukméretű szabad tálcák állnak rendelkezésre, mivel a vastagabb szárú és gyökerű növények fejlődését gátolja a túl kicsi nyílás. A vékony szárú és gyökerű növények esetében a túl nagy lyukméret pedig a magok és a szárak beeséséhez vezethet, amelyeknek így jelentős részük értékesíthetlenségéhez, valamint a központi keringető rendszer eltömődéséhez vezethet. A teljes helykihasználás érdekében fontos szempont, hogy hány szabad hely van a csíráztató kamrában, az adott növény hány napot tölt benne, mikor és milyen mennyiségben lett utoljára vetve, valamint, hogy amikor a csíráztató kamrából kikerülve megvilágítás alá kerül, lesz-e számára megfelelő szabad hely. A rögzített megrendeléseknek mindenképp eleget kell tenni, hogy megbízható beszállítói maradjanak az éttermeknek. Amennyiben ezt nem teljesül, gyorsan a vevők elvesztéséhez vezethet. Új partnerek keresése jelentős idő- és energiabefektetést igényel. Az állandó megrendelések mellett alkalmi vásárlók is előfordulnak; számukra nem mindig lehet teljes biztosítékot nyújtani a folyamatos elérhetőségről, de amennyiben előzetesen rendelnek, az általuk választott mikroöledek bevonhatók a termesztésbe. A mikroöledek termesztési ideje 14 és 60 nap között változik.

A vetési folyamat során ki kell választani a megfelelő lyukméretű tálcát, majd egyedi tálcáazonosítóval ellátott matricát kell ráhelyezni, ami alapján nyomon követhetők a tálcáról származó adatok például, hogy mennyi időt töltött a csíráztató kamrában, illetve a későbbi beazonosítás során segítséget nyújt abban, hogy milyen növény található a tálcán, és hogy mikor, illetve mennyi vetőmag került rá. A kiválasztott tálcát tiszta alátámasztásra kell helyezni, majd egyenletesen rászórni a vetőmagot, hidrogén-peroxiddal (H_2O_2) fertőtleníteni, a csíráztató kamrába helyezni, végül elvégezni az adminisztrációs feladatokat. Az adminisztráció elengedhetetlen része a folyamatnak, mivel ezek az adatok szolgálnak alapul a termesztés és fejlesztés későbbi elemzéséhez. Az adatokat számítógépes rendszerek segítségével rögzítik és tárolják. A vetési folyamat végén bezárják a csíráztató kamrát és beindítják a ködképzőket.

A csíráztató kamrában történik a magok csíráztatása. A csíráztató kamra felépítése salgó polcból, vastag fekete fóliából, kétoldalú ragasztóból, egy medencéből, egy kifolyóból, egy összefolyó dobozból, egy szivattyúból, két ultrahangos ködképzőből és két ködbevezetőből áll. A salgó polc biztosítja a vázszerkezetet, amely fekete fóliával van bevonva kétoldalú ragasztó segítségével (11. ábra).



11. ábra
Csíráztató kamra
(Fotó: Saját kép, 2021)

A fólia lehetővé teszi a magok számára, hogy egy teljesen sötét és elszigetelt közegben legyenek, ahol egyenletes ködben fejlődhetnek. A medence feladata, hogy összegyűjtse a kicsapódott ködöt, ami lecsöpög a magokról, tálcákról és magáról a szerkezetről. A kifolyó biztosítja, hogy a medence soha ne teljen meg, így annak elzáródása pangó vizet eredményez, mely fertőzésveszélyes a fejlődő csírák számára. Az ultrahangos ködképzők annyira apró vízcseppeket állítanak elő, hogy a csíráztatás során nincs szükség nagy mennyiségű vízre. Az összefolyó doboz létfontosságú, mivel a szivattyú élettartama jelentősen csökkenne, ha folyamatosan működne anélkül, hogy víz áramlana rajta keresztül. Ezért biztosítani kell, hogy a csíráztató kamrán kívül nagyobb mennyiségű víz gyűlhessen össze. A szivattyú szerepe, hogy a víz közvetlen úton eljusson az összefolyó dobozból a csatornába, így megakadályozva a szivattyú motorjának túlmelegedését és meghibásodását.

A csíráztató kamrában általában a magok 4-8 napot töltenek mire elérik a gyökereik azt a megfelelő fejlettségi állapotot, hogy át lehessen őket rakni a medencékbe úgy, hogy a gyökerek beleérjenek a tápoldatos vízbe és tovább tudjanak megvilágítás alatt növekedni. Ha egy növény túl sok ideig marad a csíráztató kamrában, megnyúlik a szára melynek következtében vékony lesz, nem lesz megfelelő tartása a növénynek és lassabban fejlődik tovább. A csíráztató kamra takarítására mindig nagy figyelmet kell fordítani, hiszen ebben a zárt térben nagyon könnyen fel tudnak szaporodni különböző gombák. A hőmérséklet nem lehet magasabb bent 20 foknál, amit a termekben lévő klímaberendezésekkel lehet szabályozni.

A csíráztató kamrából való kivételkor egy szabad medencébe, mesterséges megvilágítás alá kerül a tálca (12. ábra). Ilyenkor is elengedhetetlen a pontos adminisztráció. Néhány növény esetében kihelyezés előtt

előnyös átmosni a tálcát, hogy a ki nem kelt magok ne biztosítsanak megfelelő környezetet a különböző gombák elszaporodásához.



12. ábra
Termesztő szekrény
(Fotó: Saját kép, 2021)

A megvilágításra alkalmazott lámpákat külön, egyedi kérésre gyártották Kínában. Egy termesztő szint felett 3 darab LED lámpa van. Ezeknek a lámpáknak nincs nagy teljesítménye, a mikrozöldek fejlődéséhez pont elegendő mennyiségű fényt bocsátanak ki magukból. Erősebb lámpákkal lehetne növelni a mikrozöldek fejlődési sebességét, viszont nem feltétlenül érné meg a nagyobb áram használat miatt, valamint nem utolsósorban az erősebb lámpák használata a klímakontroll eszközeinek működtetését is megdrágítaná és nagy valószínűséggel több eszközre is szükség lenne. Vegyesen van piros-kék fényű és teljes spektrumú lámpa a növények felett. A tapasztalatok alapján nincsen számottevő különbség a növények fejlődésének szempontjából, viszont a teljes spektrumú LED lámpák előnye, hogy látható a növények színe, így szedéskor a beazonosításhoz nem kell minden esetben használni a számítógépes adatbázist. A 12 órás megvilágítást időzítő segítségével lehet pontosan tartani.

A légkeringetés szerepe, hogy a növények között ne alakuljon ki egy meleg, párás környezet, ami rothadáshoz és gombásodáshoz vezet. Ezt szintenként 2 darab 10x10 cm-es ventilátor segíti. A mesterséges megvilágításhoz használt lámpák melegét a klíma segít kompenzálni, ennek köszönhetően folyamatosan 18-20 fok között van a terem hőmérséklete. A levegő magas páratartalmát 2 páralecsapó tartja 50% körül, valamint a klímaberendezés is nagyon sok vizet von ki a levegőből. A megfelelő páratartalom szinten tartására azért van szükség, mert a növények annál több tápoldatot vesznek fel, minél alacsonyabb a levegő páratartalma, így tehát

a több felvett tápanyagnak köszönhetően gyorsabban tudnak fejlődni. Ezeknek az eszközöknek az összegyűjtött vize visszaforgatásra kerül a keringető rendszerbe. Ennek köszönhetően nagyrészt csak annyi vízvesztéssel kell számolni, amennyit a növények beépítenek magukba növekedésük során. A teremben található egy 40 cm lapátátmérőjű ventilátor is, ami a klímából érkező hideg levegőt oszlatja el a teremben.

A keringetés szerepe, hogy a tápoldat lassabban, kisebb mértékben algásodjon, megtartsa az állandó vízszintet a növények alatt, megfelelő legyen a tápoldat oldottoxigén-tartalma és a tápanyag egyenletes eloszlását biztosítja. Szükséges hozzá egy szivattyú a beághoz és egy szivattyú a drén ághoz. A beág szivattyúja folyamatos működésben van. Efölött van egy szűrő, ami tisztítja a vizet az algamennyiség csökkentése érdekében viszont, ha ez a szűrő kezd megtelni, akkor nincs megfelelő nyomás a csövekben és nem jut el mindenhol a víz, tehát ezt a szűrőt sűrűn kell takarítani. A csövekbe bele van szűrve egy mikrocsap, amivel szabályozni lehet a víz beáramlásának sebességét a medencékbe. Amikor használaton kívülre kerül vagy épp takarítás alatt áll egy medence, ennek a csapnak köszönhetően el is lehet zárni a vízutánpótlást úgy, hogy ne az egész keringetés álljon le. A mikrocsapokra rögzítve van egy-egy mikrocső, ami azt segíti elő, hogy vezetett úton tudjon eljutni a víz a medencébe. A medence másik felén található egy kifolyó, ez szabályozza a vízszint magasságát. Ha elérte a víz a megfelelő magasságot, lefolyik egy PVC csőbe, ami végül egy kisebb tartályban végződik, ahol a megfelelő vízszint elérésével bekapcsol a bűvárszivattyú, így a víz visszajut a központi tartályba.

A tápoldat előállításnál szem előtt kell tartani, hogy a növények megkapják a számukra szükséges tápanyagokat. Szűrt vízbe történik a tápoldat keverése, hogy a növények számára csak a szükséges tápelemek legyenek a vízben. A mikrozöldeknek igen alacsony a tápanyagigényük, hiszen a magban raktározott tápanyagok miatt nincsen szükségük nagy mennyiségű utánpótlásra. Általánosságban minél nagyobb a mag mérete, annál kevesebb tápanyagutánpótlásra van szüksége a növénynek a kezdeti szakaszban az egészséges fejlődéshez. A legtöbb növénynek a 0,4 mS/cm EC érték megfelelő, de egyes növényfajoknak, mint például a mustárnak ennél többre van szüksége. A mustárnak 0,6-0,8 mS/cm a minimum érték, hogy ne jelentkezzenek rajta tápanyaghiány tünetek.

4.3. A mikrozöldek szedése, mérése és csomagolása

A beérkezett megrendelések alapján a növények levágása a rendelés teljesítési napján történik, hogy garantálni lehessen a frissességet és a minőséget. A vágás és a kiszállítás közötti időszakban a már ledobozolt mikrozöldeket terményhűtőben tárolják, így a vevő a lehető legfrissebb állapotban kapja meg a termékeket.

A szedési folyamat reggel kezdődik, mivel a legtöbb partner a délelőtti vagy koradélutáni időszakra kéri a kiszállítást. A hatékony munkavégzéshez szükséges eszközök közé tartozik az olló, a zöldhulladék tárolására alkalmas vödör, egy fém gurulós polc, létra, valamint a csomagoló dobozok. Elvárás, hogy a szedők ismerjék a növényfajtaikat, de ha bizonytalanok, az egyedi tálcazonosító segítségével könnyen ellenőrizhetik az adatbázisban, vagy konzultálhatnak a csoportvezetőjükkel a megfelelő azonosítás érdekében.

Az eladás nem grammra, hanem dobozra történik egységesen, ami megkönnyíti az értékesítést a különböző termesztési igényekkel rendelkező növények esetében, függetlenül azok termesztési idejétől és

vetőmagárától. Ez a rugalmas és ügyfélbarát értékesítési rendszer hozzájárul a vásárlói elégedettség növeléséhez és a bizalom kialakításához a cég iránt (13. ábra).



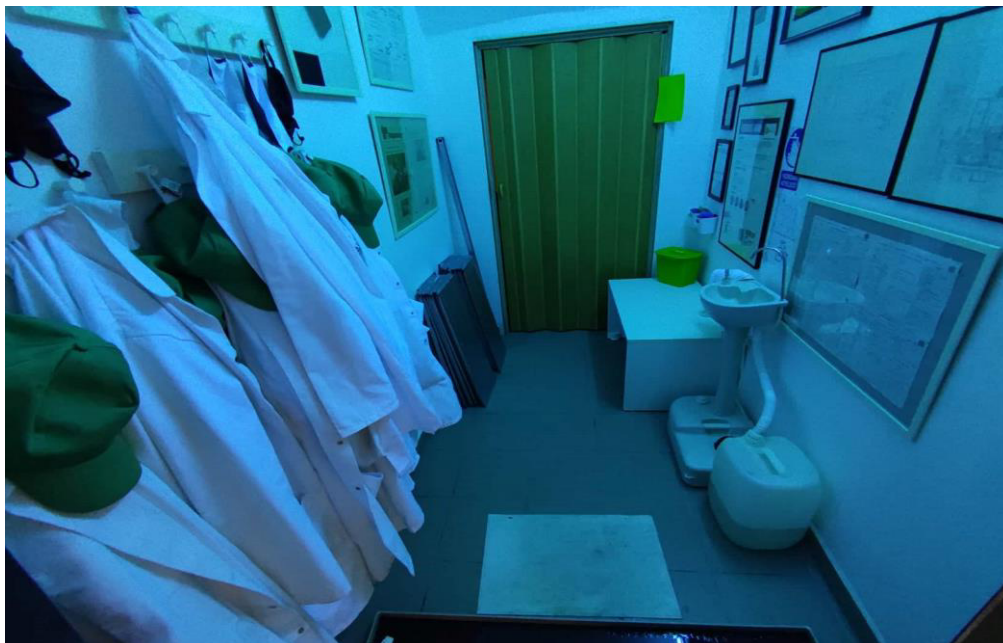
13. ábra
Mikrozöldek csomagolása
(Fotó: Saját kép, 2021)

A mikrozöldek mérése két fő módszerrel történhet, attól függően, hogy milyen mennyiségre van szükség az adott növényfajtából. Az első módszer alkalmazásakor egy akkumulátoros kézi fűnyíró olló segítségével az egész tálcán lévő növényállomány levágható. Ezen eljárás során a levágott növények egy tiszta tartóedénybe hullanak, ahol a következő lépés a mennyiség lemérése. Ezt követően a levágott növények a csomagoló dobozokba kerülnek és a végén az adatbázisba bejegyzésre kerül, hogy hány gramm növény került az egyen dobozokba. A második módszer abban az esetben kerül alkalmazásra, amikor aznap nincs szükség az egész tálcányi növényre. Ilyenkor a szedés közvetlenül a csomagoló dobozokba történik. A szedési folyamat befejeztével a dobozok mennyisége és tartalma kerül lemérésre. A két módszer közötti különbség, hogy az első módszerrel a teljes növényállomány levágásra kerül, míg a második módszerrel csak egy kisebb mennyiség, így a megmaradt állomány tovább tud fejlődni.

A mérési folyamatot követően minden dobozra matrica kerül, amely tartalmazza a növény fajtáját, a minőségmegőrzési időtartamot, egy vonalkódot, valamint minden lényeges információt, amely szükséges a termék azonosításához és nyomon követéséhez. Ezzel egy időben történik az áruk megrendelések szerinti összeválogatása, valamint a számla kiállítása.

4.4. A higiéniai szabályok

A higiénia fenntartása a cégen belül mindenki felé elvárás. Ezeket a szabályokat be kell tartani és a vendégekkel is be kell tartatni. A pincébe való belépéskor közvetlenül jobbra található egy kis szoba, ez a külső iroda, a folyosón tovább haladva szintén jobbkéz felé van a zsilipszoba (14. ábra).



14. ábra
Zsilipszoba
(Fotó: Saját kép, 2021)

Ebben a térben folyamatos UV-C fényű LED világítás van a bent lévő ruházatok fertőtlenítésének érdekében. Itt található egy mobil kézmosó és egy alkoholos kézfertőtlenítő, hogy kintről ne kerülhessen be semmilyen szennyeződés a növényekhez az emberek kezein. A lábzsák használata kötelező olyan személyek számára, akiknek nincsen benti cipőjük. A benti cipők használata miatt van a lábmosó, amiben hypo oldat van. A természetközeli belépéskor kötelező a köpeny és a sapka vagy hajháló használat, hogy a ruházatról se kerülhessen a növényekre semmilyen nem kívánatos szennyeződés. A maszk hordása sem elhanyagolható a növények közvetlen közelében tartózkodásakor.

A növények szedése csak köpenyben, sapkában, maszkban és kesztyűben engedélyezett. Ez nem csak a szedésre, hanem mindenfajta érintkezésre vonatkozik a növényekkel kapcsolatban.

Az eszközök, a levegő és a tápoldat is folyamatos tisztítás alatt áll. Azok az eszközök, amik a növényekkel közvetlen úton találkoznak, tisztításuk után egy fertőtlenítő dobozba kerülnek, amiben UV-C megvilágítás van. A légtisztítás érdekében az UV-C lámpák egy 3D nyomtatóval készített műanyag szerkezetben vannak, aminek a két végén ventilátor helyezkedik el. Ez a szerkezet biztosítja, hogy a növények ne károsodjanak a kiszűrődő fény által. Tapasztalatok alapján ezeknek a lámpáknak a fénye a fehérre festett plafonról visszaverődve is nagy mértékben visszafogja a növények fejlődését. A légtisztításhoz használatban van egy ózon generátor is, amit naponta egyszer, amikor már nem megy senki a terembe, 40 másodpercig üzemel.

Az általános felmosást és porszívózást robotporszívó-felmosó végzi, de ezen felül elengedhetetlen a napi szintű fertőtlenítő felmosás. A termesztőtérben lévő berendezéseket és eszközöket 2 naponta alkoholos fertőtlenítéssel tisztítják. A csíráztató kamrában van a legideálisabb környezet a kórokozók felszaporodásához, ezért ennek folyamatos takarítása elengedhetetlen fertőtlenítő atmoszással, valamint üres állapotban az ózon generátor használatával.

Ezeknek a higiéniai szabályoknak köszönhetően tovább eltarthatók a mikroözledek.

Lovász Orsolya

5. Eredmények

5.1. A bedrock.farm Mezőgazdasági Kft. bemutatása

A cég egyik fő célja, hogy mindenki számára elérhető, tápláló és egészséges mikrozöldeket, zöldség-, gyógy- és fűszernövényeket, valamint ehhez virágokat állítson elő. Ennek érdekében egy innovatív rendszer fejlesztése van folyamatban, amely lehetővé teszi, hogy bárki, még szakmai tapasztalat nélkül is, könnyedén elő tudja állítani ezeket a növényeket. Ez a megközelítés nemcsak a fenntartható mezőgazdaság előmozdítását célozza, hanem a közösség tudatosabb, egészségesebb táplálkozásának támogatását is. A rendszerfejlesztés sikeressége érdekében elengedhetetlen, hogy a cég saját, személyes tapasztalatokkal alátámasztott kutatásokat végezzen. E kutatások során a kísérletezés és a mért adatok gyűjtése segít abban, hogy optimális kezelési tapasztalatokat szerezzenek a különböző növényfajok és növényfajták termesztésében. Ez a tudományos megközelítés biztosítja, hogy a kifejlesztett rendszerek valós igényekre épüljenek és hatékony megoldásokat kínáljanak a felhasználók számára.

A jövőbeni tervek között szerepel a komplett rendszerek értékesítése, amelyek minden mérési eredménnyel és egy részletes működtetési leírással rendelkeznek. E leírásoknak meg kell felelniük annak a magas minőségnek, amit a cég képvisel. A cél az, hogy a felhasználók ne csupán termeljenek, hanem megértsék a folyamatokat, és a legjobb gyakorlatokat alkalmazzák a termesztés során. A rendszerek központi mérésvezérléssel fognak rendelkezni, ami lehetővé teszi a valós idejű adatok megfigyelését és a folyamatos optimalizálást.

Ezen kívül a cég célja, hogy a bedrock.farm közössége folyamatosan fejlődjön, megossza tudását és tapasztalatait minden más telephellyel. Ez a közös tudásmegosztás nemcsak a termelési folyamatok javítását segíti, hanem erősíti a közösségi érzést is a felhasználók között. A magas minőség a növények termesztése során az egyik legfontosabb szempont, ezért különösen nagy figyelmet kell fordítani az élelmiszerhigiéniai szabályokra. A cég elkötelezett amellett, hogy nemcsak a növényeket, hanem a termelés környezeti hatásait is figyelembe vegye. A fenntartható mezőgazdasági gyakorlatok alkalmazásával biztosítják, hogy a mikrozöldek és egyéb növények termesztése során minimalizálják a környezeti terhelést, miközben maximális tápanyagtartalmat és minőséget kínálnak a fogyasztók számára. Mindezek a törekvések összhangban állnak a cég filozófiájával, amely a tápláló, egészséges és fenntartható élelmiszertermelés előmozdítására irányul.

A folyamatosan használatban lévő termesztői felület 45.6 m^2 -a vertikális termesztésnek köszönhetően. Ennek a teremnek az alapterülete 28.35 m^2 , melyben 2021 augusztus hónapjában a mikrozöld termesztés közel 1.500.000 Ft-os árbevételt eredményezett. A következő, jelenleg kiépítés alatt álló teremben 136.8 m^2 termesztőfelület áll majd rendelkezésre, így összesen 182.4 m^2 -en történik majd a termesztés. A bővítés nemcsak a termelési kapacitás növelését célozza, hanem azt is, hogy a cég képes legyen megfelelni a növekvő piaci igényeknek, miközben továbbra is biztosítja a magas minőségű élelmiszereket. A vertikális termesztés előnyeinek maximális kihasználásával a vállalat hosszú távon fenntartható növekedést és versenyképességet kíván elérni a dinamikusán változó piacon. A vásárlók első sorban éttermek, hotelek, kávézók, koktélbárok és

néhány delikátesz. A higiénia előírásoknak köszönhetően az eladott növények eltarthatósága sokkal nagyobb, mint amivel találkozni lehet a boltok polcain. Például a borsó mikrozöld bontatlan dobozban, hűtőben tárolva akár egy hónapig is megőrzi minőségét, nem kezd el sárgulni, levet engedni, rothadni.

5.2. Az eredményekhez használt adatok

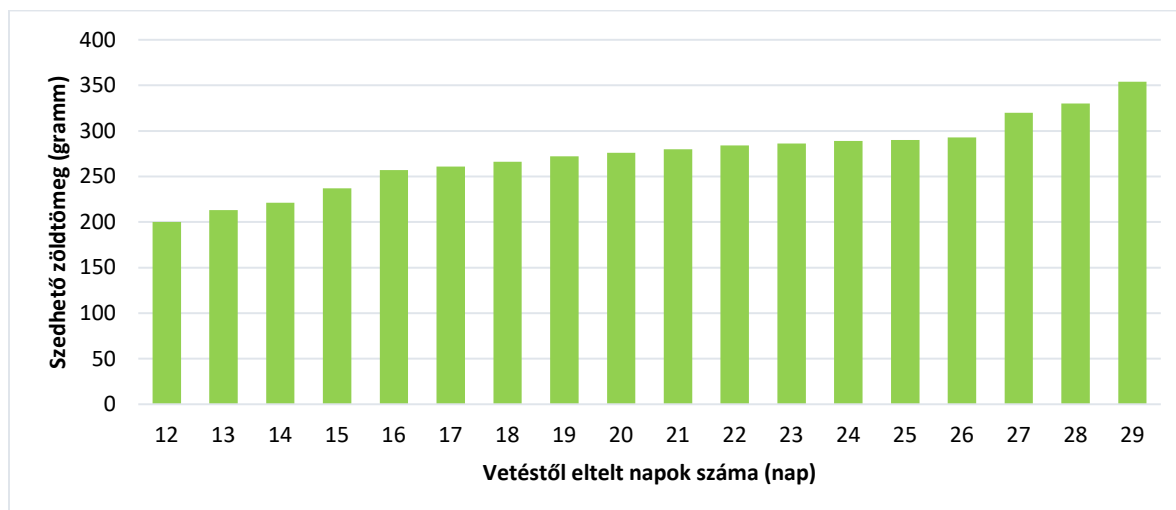
A dolgozatom során a bedrock.farm Mezőgazdasági Kft. által termesztett borsó, retek és mustár mikrozöldek, valamint az összesen termesztett növények adataiból készítettem táblázatokat és grafikonokat az Excel segítségével. Ezek az adatok és ábrázolásuk szemléltetik ennek a termesztési módszernek az eredményességét és a vizsgált növények gazdasági szerepét. Az adatok 2021 január 1. és 2021 szeptember 1. közötti időszak mérési eredményeiből származnak. Összesen 987 adatsorból dolgoztam, ebből borsó 377 db, retek 329 db, mustár 281 db. A szedhető zöldség esetében az adatok egy egységnyi tálcára vetítve vannak megadva, aminek mérete 30x40 cm. Egy egységnyi tálcára 125 gramm borsó, 7,5 gramm retek és 5 gramm mustár vetőmag került. A vetés előtt a borsó vetőmaga 4-12 órán át vízben volt áztatva. A csíráztató kamrában a borsó és retek 5, a mustár 7 napot töltött. A mérési időszakban a tápoldat EC értéke 0,6 mS/cm volt. A fény alá helyezést követően minden nap 12 órás LED lámpás megvilágítás alatt voltak a növények. A levegő páratartalma 50% körül alakult. A csomagolási adatok egyendoboz méretekre vannak vetítve, ami 250 ml űrtartalmat jelent.

	Borsó	Retek	Mustár
Adatsor (darab)	377	329	281
Vetőmag (gramm)	125	7,5	5
Áztatás (óra)	4-12	-	-
Csíráztatás (nap)	5	5	7
Termesztési felület (cmxcm)	30x40	30x40	30x40
Tápoldat koncentráció (mS/cm)	0,6	0,6	0,6
Megvilágítás (óra)	12	12	12
Levegő páratartalma (%)	~50%	~50%	~50%

1. táblázat
Az eredményekhez használt adatok

5.3. A napok elteltével eladásra szedhető zöldtömeg

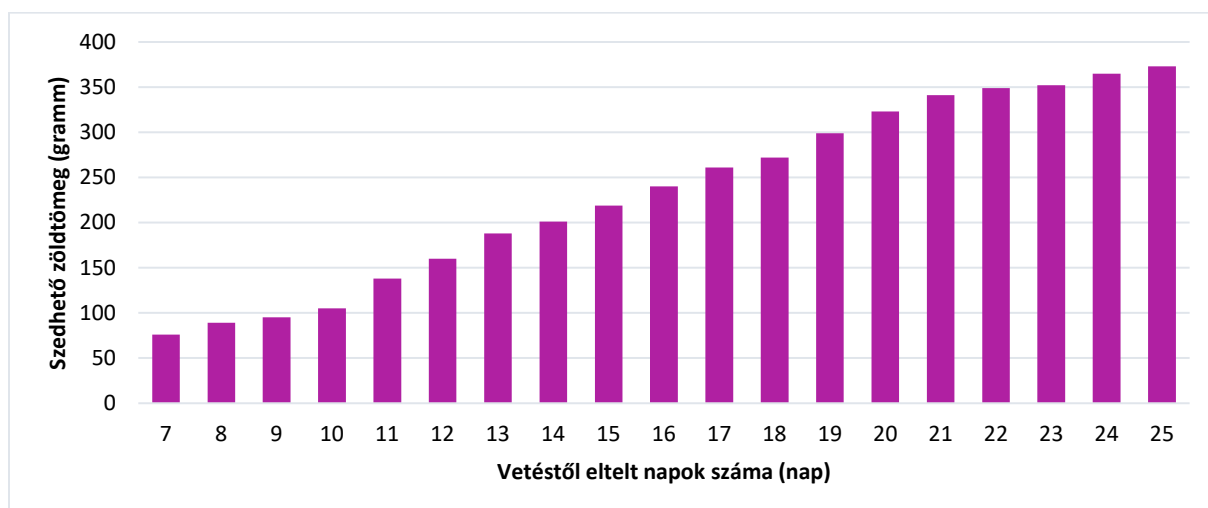
Az első grafikonon (15. ábra) az látható, hogy a borsó mikrozöldnek mekkora a szedhető zöldtömege tálcánként, grammban mérve a vetéstől számított feltüntetett napokon. A legfiatalabb fejlettségi állapotban lévő adatok 12 napos, a legidősebb 29 napos korban lettek levágva és mérve. Az ábrán jól látható, hogy a borsó esetében a 12. és 16. nap között egy folyamatos fejlődés tapasztalható, majd a 16. és 26. nap között nem várható nagy tömegnövekedés, de a 26. és 29. nap között ismét egy nagyobb léptékű gyarapodás látható.



15. ábra

A borsó szedhető zöldtömegének változása fejlődése során

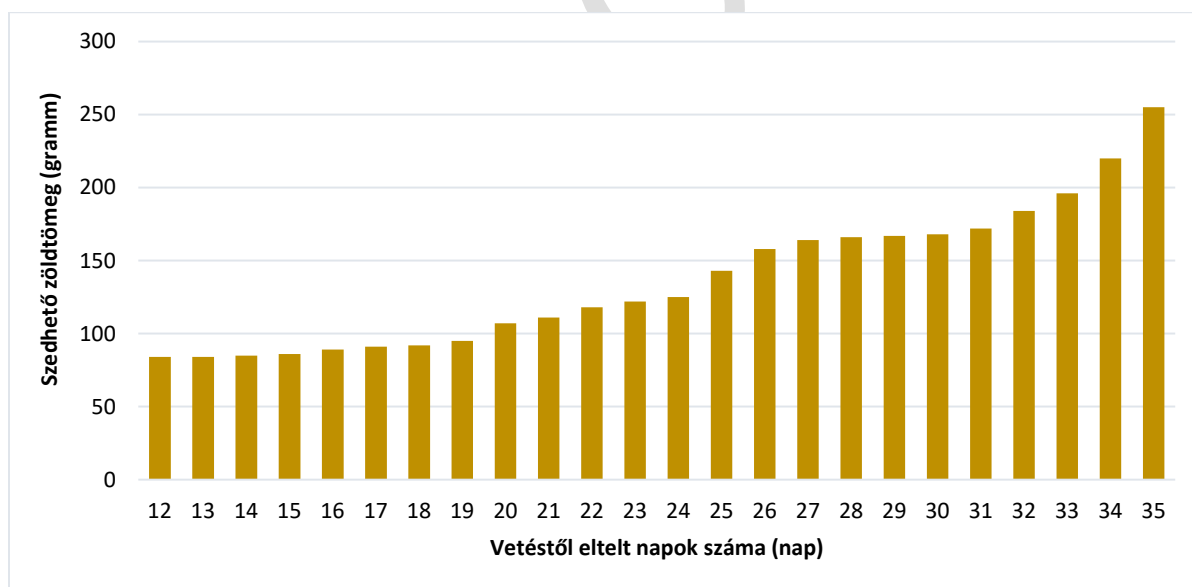
A második grafikonon (16. ábra) az látható, hogy a retek mikrozöldnek mekkora a szedhető zöldtömege tálcánként, grammban mérve a vetéstől számított feltüntetett napokon. A legfiatalabb fejlettségi állapotban lévő adatok 7 napos, a legidősebb 25 napos korban lettek levágva és mérve. Az ábra szemlélteti, hogy a retek esetében a zöldtömeg növekedése egyenletesnek tekinthető.



16. ábra

A retek szedhető zöldtömegének változása fejlődése során

A harmadik grafikonon (17. ábra) az látható, hogy a mustár mikrozöldnek mekkora a szedhető zöldtömege tálcánként, grammban mérve a vetéstől számított feltüntetett napokon. A legfiatalabb fejlettségi állapotban lévő adatok 12 napos, a legidősebb 35 napos korban lettek levágva és mérve. Az ábra szemlélteti, hogy a 31. napig a mustár növekedése lépcsőzetes, majd ezt követően a zöldtömeg exponenciálisan gyarapodik.

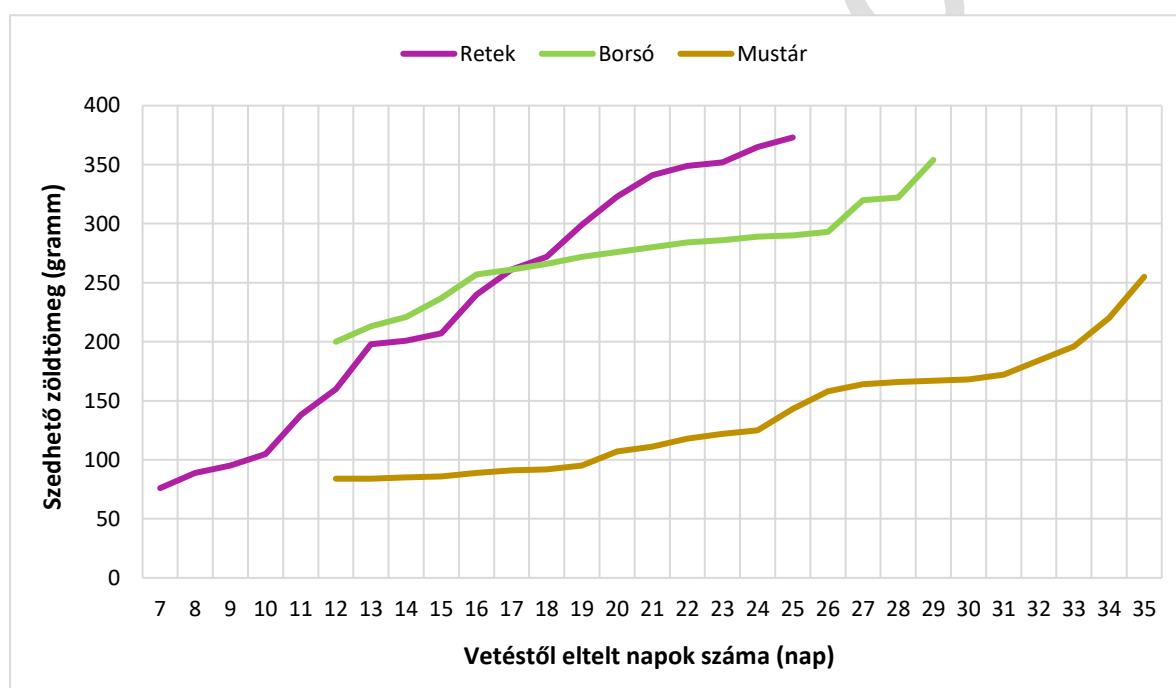


17. ábra

A mustár szedhető zöldtömegének változása fejlődése során

Ennek a grafikonnak (18. ábra) a segítségével a borsó, a retek és a mustár szedhető zöldtömegének változását tudjuk összehasonlítani napokra lebontva.

Az eredmények alapján a retek szedhető a legkorábban, már a vetéstől számított 7. napon. Növekedése a 25. napig folyamatosan emelkedik, ahol átlagosan 373 grammot tetőzik. A borsó és a mustár mikrozöld a 12. napon válik szedhetővé. A borsó esetében a zöldtömeg növekedése viszonylag fokozatos és a 29. napon éri el a maximumot egy nagyobb növekedéssel, amely átlagosan tálcánként 354 grammot jelent. A mustár esetében a növekedés jóval lassabb, és csak a 20. nap után kezd el jelentősen emelkedni a zöldtömeg, ekkor már 107 grammot lehet szedni egy tálcáról. A mustár a 31. napjától számítva gyorsan növekedik a korábbi napokban mért adatoknál, így a 35. napra a zöldtömege eléri az átlagosan 255 grammot. A mustár esetében lassabb a kezdeti növekedés, azonban a növény hosszabb ideig folyamatos hozamot biztosít. Mindezek alapján elmondható, hogy a retek a gyors növekedése és korai hozama miatt rövidebb termesztési ciklusokhoz lehet ideális választás, míg a borsó és a mustár a hosszabb távú, későbbi szedésű termesztési stratégiákhoz illeszkednek jobban.



18. ábra
A mikrozöldek szedhető zöldtömegének összehasonlítása

5.4. Az összesen leszedett borsó, retek és mustár mikrozöldek havi bontásban

A táblázat (2. táblázat) a borsó, retek és mustár mikrozöldek havi össztömegének alakulását mutatja januártól augusztusig. A borsó esetében a legnagyobb hozam májusban volt, 11 676 grammal, míg a legkisebb hozam januárban jelentkezett 4643 grammal. A retek esetében szintén májusban volt a legmagasabb hozam 7994 grammal, míg a legalacsonyabb februárban, amikor 4102 grammot termelt. A mustár hozama lényegesen kisebb a borsóhoz és a retekhez képest, de az augusztusi hónapban, 4115 grammal, jelentős növekedést mutatott az év eleji 977 grammhoz képest. Az összesített adatok alapján a legnagyobb hozam augusztusban volt, amikor az összes mikrozöld tömege elérte a 23050 grammot, míg a legkisebb hozam februárban 10 598 gramm volt. A márciustól júniusig terjedő időszakban folyamatos növekedés figyelhető meg mindhárom növény esetében, különösen a borsónál, amely márciusban hirtelen nagy növekedést mutatott. Az összesített hozam 11 079 grammról augusztusra 23 050 grammra növekedett. Az össztömegekben lévő különbségekből az állapítható meg, hogy az adott hónapokban az adott növényekből mekkora volt a vevői kereslet.

A borsó, retek és mustár mikrozöldek havi össztömege (gramm)				
Hónap	Borsó	Retek	Mustár	Összesen
január	4643	5460	977	11 079
február	5606	4102	890	10 598
március	10 645	5288	2060	17 993
április	8712	4430	2055	15 197
május	11 676	7994	1689	21 359
június	9525	7837	2536	19 898
július	6397	4516	3740	14 652
augusztus	10 624	8311	4115	23 050

2. táblázat

A borsó, retek és mustár mikrozöldek havi össztömege (gramm)

5.5. Az összesen csomagolt egyendoboz mennyiség mikroözledekből havi bontásban

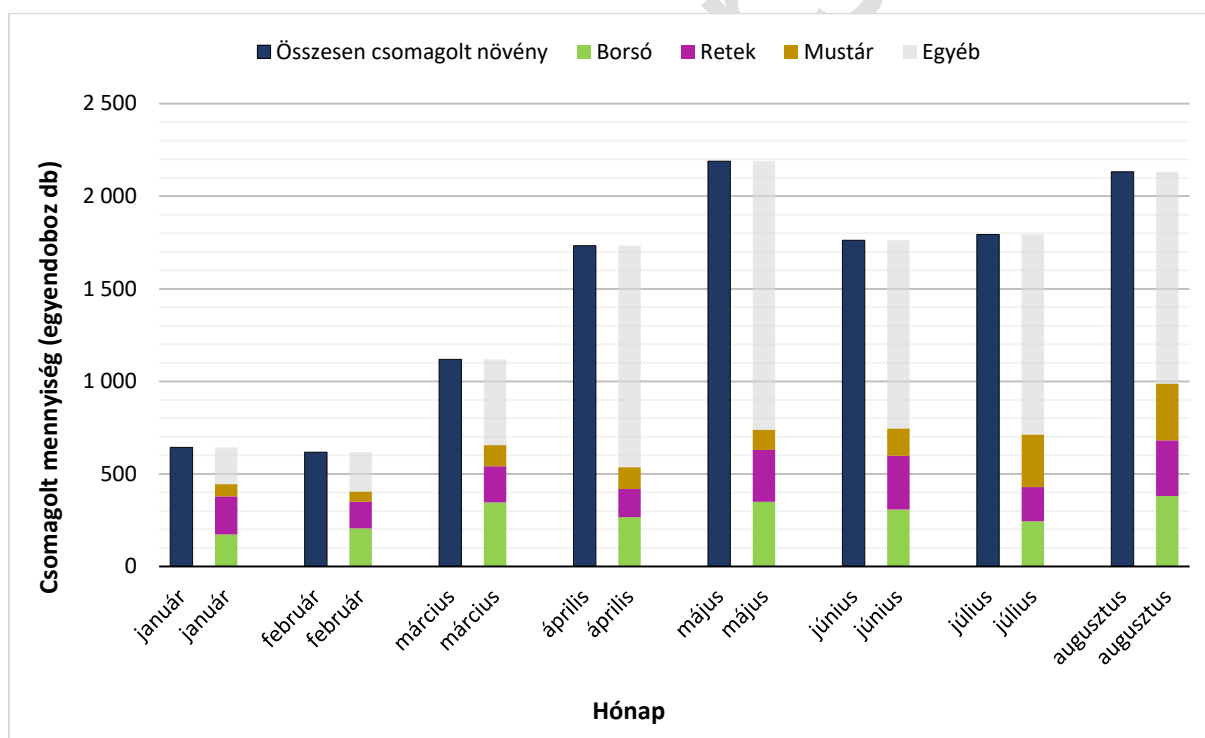
A táblázat (3. táblázat) a borsó, retek és mustár mikroözledekből előállított egyendobozok havi alakulását mutatja januártól augusztusig. A borsó esetében a legtöbb doboz augusztusban került megtöltésre, összesen 381 darab, míg a legkevesebb januárban, 173 darab volt. A retekéből szintén augusztusban lett a legtöbb ledobozolva, 300 darab, a legkevesebb pedig februárban, amikor mindössze 145 darab állt rendelkezésre. A mustár esetében a dobozok száma januárban volt a legalacsonyabb, mindössze 55 darab, azonban augusztusra ez a szám jelentősen megnőtt, és elérte a 307 darabot. Az összesített adatok alapján augusztusban került csomagolásra a legtöbb egyendoboz, 988 darab, míg a legkevesebb februárban, mindössze 405 darab volt. A márciustól júniusig tartó időszakban mindhárom mikroözlede növény esetében folyamatosan nőtt a megtöltött dobozok száma, különösen májusban és júniusban, amikor az összes doboz száma elérte a 738, illetve 745 darabot. Júliusban a mustár egyendoboz darabszáma jelentős növekedést mutatott, elérve a 284-et, amely felülmúlta a borsó és retek egyendoboz mennyiségét is ebben a hónapban. Az augusztusi hónap az összes mikroözlede esetében a legmagasabb darabszámot eredményezte, a három növény együttesen 988 egyendoboznyi mikroözledet biztosított.

Havonta csomagolt egyendoboz mennyiségek (db) borsó, retek és mustár mikroözledekből				
Hónap	Borsó	Retek	Mustár	Összesen
január	173	205	67	445
február	205	145	55	405
március	345	196	114	655
április	266	153	117	536
május	350	279	109	738
június	308	290	147	745
július	243	185	284	712
augusztus	381	300	307	988

3. táblázat

Havonta csomagolt egyendoboz mennyiségek (db) borsó, retek és mustár mikroözledekből

Az ötödik grafikon (19. ábra) a növények egyendobozos csomagolásának havi alakulását mutatja be. Januárban összesen 644 darab egyendoboz került csomagolásra, melyből az egyéb kategória 199 darabot képviselt, míg a borsó, retek és mustár összesen 445 darabot tettek ki. Februárban a csomagolt darabszám 617-re csökkent, és hasonló arányok figyelhetők meg: az egyéb kategória 212 darabot, míg a többi mikrozöld összesen 405 darabot tett ki. Márciusban a csomagolt mennyiség jelentősen nőtt, összesen 1119 darabra, ahol az egyéb kategória 464 darabot képviselt, míg a borsó, retek és mustár 655 darabra emelkedett. Áprilisban a csomagolt növények száma 1733 darabra nőtt, az egyéb kategória 1197, míg a mikrozöldek 536 darabot tettek ki, jelezve az egyéb növények iránti erős keresletet. Májusban a legmagasabb csomagolási számot, 2189 darabot regisztráltunk, ahol az egyéb kategória 1451 darabbal dominált, míg a mikrozöldek összesen 738 darabot tettek ki. Júniusban a csomagolás száma 1 762 darabra csökkent, az egyéb növények 1017, a borsó, retek és mustár pedig 738 darabot tettek ki. A július és augusztus csomagolási adatai szintén hasonló eredményeket mutatnak. Júliusban 1793 darab csomagolt egyendobozt jegyeztünk, ahol az egyéb kategória 1081 darabot, míg a mikrozöldek 712 darabot tettek ki. Végül augusztusban a havi csomagolások 2132 darabra emelkedtek, az egyéb kategória 1144 darabbal, míg a borsó, retek és mustár 988 darabot képviselt.



19. ábra
Csomagolt egyendobozok növényenkénti havi eloszlása

5.6. A csomagolt borsó, retek, mustár mikrozöldek egyendobozonkénti átlagos grammja havonta

Az alábbi adatok (4. táblázat) a vizsgált mikrozöldek havi átlagos mennyiségét mutatják egyendobozonként, grammban kifejezve. A borsó átlagos havi egyendoboz súlya átlagosan 26,3 – 33,4 gramm, a retek 24,4 – 29,0 gramm, a mustár pedig 13,2 – 18,1 gramm között alakult. A júliusi hónapban volt mindhárom növény esetében a dobozonkénti átlag mennyiség a legalacsonyabb. Ennek az oka a szakácsok kérése volt, miszerint kevesebb növényt kértek a dobozokba, hogy azok ne törjenek meg, így díszítésre jobban tudták használni őket. Az adatok alapján elmondható, hogy borsóból átlagosan 29,5 gramm, retekéből 27,3 gramm, mustárból 15,7 gramm került értékesítésre dobozonként.

Átlag mennyiség havonta és összesen dobozonként (gramm)			
Hónap	Borsó	Retek	Mustár
január	26,8	26,6	14,6
február	27,3	28,3	16,2
március	30,9	27,0	18,1
április	32,8	29,0	17,6
május	33,4	28,7	15,5
június	30,9	27,0	17,3
július	26,3	24,4	13,2
augusztus	27,9	27,7	13,4
Összesen	29,5	27,3	15,7

4. táblázat

Átlag mennyiség havonta és összesen dobozonként (gramm)

5.7. A havi árbevételek borsó, retek és mustár mikroözlekből

A negyedik táblázat (5. táblázat) a borsó, retek és mustár mikroözledek összes havi árbevételét mutatja be nettó értékben, a dobozonkénti nettó 690 Ft ár figyelembevételével. A táblázaton látható, hogy a legnagyobb kereslet erre a három növényre augusztusban volt, míg a legkisebb februárban. Az eladott dobozonkénti mennyiség borsó esetében 173 – 381 darab, retekénél 145 – 300 darab, mustárnál 55 – 307 darab között alakult a vizsgált hónapokban.

Összes havi árbevétel borsó, retek és mustár mikroözledből (nettó)					
Hónap	Borsó	Retek	Mustár	Egyendoboz ár (Ft / nettó)	Összes árbevétel (Ft / nettó)
január	173	205	67	690	307 050
február	205	145	55	690	279 450
március	345	196	114	690	451 950
április	266	153	117	690	369 840
május	350	279	109	690	509 220
június	308	290	147	690	514 050
július	243	185	284	690	491 280
augusztus	381	300	307	690	681 720

5. táblázat

Összes havi árbevétel borsó, retek és mustár mikroözledből (nettó)

6. Következtetések

Az eredményeknél látható, hogy a borsó, retek és a mustár mikrozöld fejlődése során képzett zöldtömegének gyarapodása eltérő (19. ábra).

A borsó mikrozöldet a 20. nap körül a legérdemesebb leszedni, mivel utána már nem növeszt rövid időn belül számottevő zöldtömeget és tapasztalataim alapján a 23. nap után megkezdődik az alsó levelek sárgulása a fényhiány miatt. Ezeket a részeket le kell vágni róla csomagolás előtt, tehát kevesebb mennyiségnek és rosszabb minőségnek az eladására lesz lehetőség. Minél fiatalabb a növény, annál intenzívebb az íze, viszont a 27. naptól kezdve elkezd szálasodni és ezáltal elveszíti a zsenge állagát. A retek mikrozöldet a 7. és a 10. nap között még nem érdemes leszedni, mivel ilyenkor még a sziklevelek nem fejlődtek ki teljesen, tehát sokkal több darab növény szükséges egy dobozba, hogy az megteljen. A 10. naptól kezdve gyors növekedés látható. A tapasztalataim alapján a 13. és a 18. nap között a legoptimálisabb a szedése, mivel ilyenkor a legfejlettebbek és leghúsosabbak a sziklevelek. A 18. nap után már elkezdnek kinőni a valódi levek, amiket általában nem szeretnek a szakácsok, így tehát eddig a napig értékesíthető. Minél idősebb a növény, annál kevésbé csípős. A mustár a 20. nap körül kezdi el kifejleszteni a valódi leveleit és a 33. napig értékesíthető, mivel utána olyan nagyra nőnek a levelei, hogy már nem minősül mikrozöldnek. A mustár díszítőértéke a kezdetleges valódi leveleivel teljes, így érdemes a szedésével megvárni a 20. napot, de már a 17. naptól kedve eladható. Van néhány olyan étterem, ahol salátának használják, ők kifejezetten a túlnőtt mustárokat rendelik, amik már inkább baby leaf-nek minősülnek.

Ennek a három mikrozöldnek az összehasonlítása során láthatjuk, hogy a borsó tudja a legnagyobb értékesíthető zöldtömeget képezni, de a retek is megközelíti azt a mennyiséget. A retek értékesíthető a legkorábban és a mustár a legtöbb ideig.

Az összesen leszedett havi zöldtömeg jól szemlélteti, hogy az adott hónapokban melyik mikrozöldre milyen mennyiségben volt igény vevői részről. Egyes hónapokban nagyobb volt a kereslet a vártnál az új partnereknek köszönhetően. Ezekben a hónapokban már a fiatalabb növényeket is le kellett szedni és ez azt eredményezte, hogy a következő hónapban, sokkal kisebb mennyiséget tudtunk csak termesztetni, mivel a termesztőfelület nem növekedett. Ezt jól szemlélteti az 1. táblázat például a borsó esetében, hogy március hónapban hirtelen 5039 grammal nagyobb mennyiséget rendeltek, mint február hónapban, így áprilisban kevesebb mennyiség állt rendelkezésre, de májusra újra emelkedett a szedhető zöldtömeg mennyisége. A másik eset szintén a borsó példáján bemutatva amikor a vevők váltanak a megszokottról, így az kisebb mennyiségben foghogy látható a június és a július hónapban.

Az összesen csomagolt egyendobozok növekvő tendenciát mutatnak borsónál, retekénél és mustárnál. Ez természetesen függ a kereslettől, valamint a jobb kihasználtságát is mutatja a rendelkezésre álló termesztőfelületnek. Az összes növényhez képest csomagolt borsó, retek, mustár a 20. ábrán láthatóvá teszi, hogy milyen eloszlásban volt szükség ezekre a mikrozöldekre a többi növényhez képest, valamint a jobb helykihasználtságot is. Látható, hogy például áprilisban és májusban több egyéb növény került termesztésre, mivel a szakácsok ebben az időszakban más növényeket nagyobb mennyiségben szerettek volna használni. A

júniusi és a júliusi hónapokban a budapesti vendéglátóegységeknek nem volt nagy forgalma, ez az összesen csomagolt dobozmennyiségekből is jól látható, mivel így kisebb mennyiségben rendeltek ezek a helyek.

Az egyendobozokba csomagolt mikroözledek átlagmennyiségben (3. táblázat) az látható, hogy minden hónapban közel azonos gramm került a dobozokba, kivéve a júliusi hónap. Ekkor sok szakács azt kérte tőlünk, hogy ne pakoljuk meg annyira a dobozt, mert díszítésre használja a növényeket, így a kérésüknek eleget téve kisebb mennyiséget raktunk a dobozokba.

A havi árbevételekről készített táblázatok jól mutatják, hogy a növénytermesztés nem csak vidéken valósulhat meg eredményesen, hanem a belvárosokban is, mivel van igény a mikroözledekre, aminek az előállítása hidropóniás rendszerben történik.

7. Összefoglalás

A dolgozat célja a mikrozöldek, különösen a borsó, retek és mustár termesztési sajátosságainak és gazdasági jelentőségének bemutatása volt a bedrock.farm Mezőgazdasági Kft.-ben mért adatok alapján. Az eredményekből megállapítható, hogy a mikrozöldek termesztése különböző növekedési mintázatot mutat, amelyek közvetlen hatással vannak a termesztési ciklusok optimalizálására és az elérhető terméshozamra.

A retek a leggyorsabb növekedést produkálja, hiszen a vetést követő 7. napon már szedhető, ezáltal gyors piaci megjelenést tesz lehetővé. Ez a tulajdonság kiemelkedően fontos a friss, szezonális termékeket kereső éttermek számára, mivel lehetővé teszi a gyors válaszadást a vevői igényekre. Ezzel szemben a borsó fejlődése fokozatosabb, és a 20. napra éri el a legnagyobb zöldtömeget amellet, hogy a minőség még nem romlik. A mustár szintén a lassabb növekedésű növények közé tartozik, azonban tartós hozamot biztosít, ami fenntarthatóbb megoldást jelenthet hosszabb távú értékesítés esetén.

A kutatás részletesen bemutatta a termesztési folyamatokat és az ezek során alkalmazott infrastruktúrát. Az elemzések alapján megállapítható, hogy a hidropónia előnyei, mint például a kevesebb vízfelhasználás és a zárt rendszerből adódó minimális károsítók megjelenése, kiemelkedően hozzájárulnak a mikrozöldek termesztésének sikeréhez. Ez a módszer különösen alkalmas városi környezetben történő növénytermesztésre, ahol a helyszűke és a környezeti tényezők kontrollálása kiemelt szempont.

A dolgozat emellett gazdasági szempontból is értékelte a mikrozöldek termesztését, rávilágítva a piaci igények és a fenntarthatóság közötti összhang fontosságára. Az értékesítési adatok elemzése kimutatta, hogy a mikrozöldek iránti kereslet növekvő tendenciát mutat, különösen az egészséges életmódot előnyben részesítő vásárlók és a gasztronómiai újításokat kereső éttermek körében. A dolgozat eredményei azt is hangsúlyozták, hogy a logisztika optimalizálása és a friss termékek gyors kiszállítása elengedhetetlen a vásárlói elégedettség fenntartása érdekében.

A mikrozöldek termesztésével járó kihívások, mint például a növények érzékenysége a környezeti feltételekre és a termelési költségek csökkentése, a dolgozat során feltárt tapasztalatok alapján megfelelően kezelhetők a modern technológiák és az automatizált rendszerek alkalmazásával. A megújuló energiaforrások használata további lehetőséget kínál a költségek csökkentésére és a fenntarthatóság javítására. Ez a megközelítés nemcsak a vállalkozások gazdasági teljesítményét növeli, hanem hozzájárul a környezetbarát termelés elterjedéséhez is.

Összességében a dolgozat kiemelte a mikrozöldek jelentőségét a modern élelmiszer-termelési láncban, különös tekintettel a városi mezőgazdaság szerepére. A mikrozöldek termesztése gyors és jövedelmező alternatívát jelenthet a hagyományos mezőgazdasági módszerekkel szemben, különösen a városi környezetben történő alkalmazásával. A fenntartható, innovatív termesztési módszerek és a megfelelő piaci stratégiák alkalmazásával a mikrozöldek termesztése hosszú távon sikeres és jövedelmező ágazatot képezhet.

8. FELHASZNÁLT IRODALOM

1. Balázs S. (szerk.) (1994): Zöldségtermesztők kézikönyve. 2. javított kiadás. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
2. Bilderback, T. E. (2005). Healthy substrates need physicals too! *Horttechnology*, 15(4), 747-751.
3. Christie, C. B., & Nichols, M. A. (2020). AEROPONICS - A production system and research tool. *IHS Acta Horticulturae*, 1.
4. Di Gioia, F., De Bellis, P., Mininni, C., Santamaria, P., & Serio, F. (2016). Physicochemical, agronomical, and microbiological evaluation of alternative growing media for the production of rapini (*Brassica rapa* L.) microgreens. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(4), 1212–1219.
5. Glits, M., Gólya, E., Gyúró, J., Győrfi, J., Hodossi, S., Holb, I., Hraskó, I., Kovács, A., Kovácsné Gyenes, M., Nagyné, G., Nagy, J., Némethyné, Z., Ombódi, A., Péntes, B., Slezák, K., Szőriné Z., A., Terbe, I. & Zatykó, F. (2005) Zöldségtermesztés termesztőberendezésekben, Mezőgazda Kiadó, Budapest.
6. Filatov, D., & Olonin, I. (2023). Optimal ratio of spectrum, light intensity and photoperiod to minimize costs when growing microgreens. *E3S Web of Conferences*, 338.
7. Kovács, A., & Tóth, T. (2016). Korszerű zöldségtermesztés c. tantárgy jegyzet. Budapest: Neumann János Egyetem.
8. Fang, W. (2016). Business Models for Plant Factories. In T. Kozai, K. Fujiwara, & M. Runkle (Eds.), *LED Lighting for Urban Agriculture* (pp. 279-301). Singapore: Springer.
9. Barretta, G. E., & P. D. (2016). Achieving environmentally sustainable growing media for soilless plant cultivation systems. *Elsevier ScienceDirect*, 1-12.
10. István, G. (2015). Hidrokultúrás növénytermesztés A-tól Z-ig.
11. Ting, K. C., & Li, T. (2016). Integrated Urban Controlled Environment. In T. Kozai (Ed.), *LED Lighting for Urban Agriculture* (pp. 27-44). Singapore: Springer.
12. Kormánya, M. (2014). Zöldségtermesztés alapismeretek. *Közalkalmazottak Képzése Kiadvány*.
13. Kozai, T. (2016). Why LED Lighting for Urban Agriculture? In T. Kozai (Ed.), *LED Lighting for Urban Agriculture* (pp. 12-13). Singapore: Springer.
14. Benke, K., & Tomkins, B. (2017). Future food-production systems: Vertical farming and controlled-environment agriculture. *Journal of Agricultural and Food Information*, 18(1-2), 13-26.
15. Ghooraa, M. D., Ravindran, D., & Goh, K. M. (2020). Nutrient composition, oxalate content and nutritional ranking of ten culinary microgreens. *Journal of Food Composition and Analysis*, 91, 103495.
16. Asaduzzaman, M., Kobayashi, Y., Mondal, M.F. & Ban, T. (2013) Growing carrots hydroponically using perlite substrates, *Acta Horticulturae*, 1011, pp. 49-56.
17. Mir, S. A., Shah, M. A., & Mir, M. M. (2017). Microgreens: Production, shelf life, and bioactive components. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(12), 2730–2736.

18. Möttus, M., Malenovský, Z., Homolová, L., & Pokorný, R. (2012). Spectral transmission of photosynthetically active radiation through leaves: Measurements and simulations with a new leaf optical property model. *Remote Sensing of Environment*, 123, 304-311.
19. Terbe, I. & Slezák, K. (2008) Talaj nélküli zöldségnevelés, Mezőgazda Kiadó.
20. Udvardy, K., Tóth, I., & Szabó, A. (2000). Zöldségtermesztés biológiai alapjai. *Budapest: Akadémiai Kiadó*
21. Velazquez-Gonzalez, R.S., Garcia-Garcia, A.L., Ventura-Zapata, E., Barceinas-Sanchez, J.D.O. & Sosa-Savedra, J.C. (2022) 'A Review on Hydroponics and the Technologies Associated for Medium- and Small-Scale Operations', *Agriculture*, 12(4), pp. 646.
22. Gaches, W.G., Fain, G.B., Eakes, D.J., Gilliam, C.H. & Sibley, J.L. (2011) Comparison of aged and fresh Wholetree as a substrate component for production of greenhouse-grown annuals, *Journal of Environmental Horticulture*, 29(1), pp. 39-44.
23. Xiao, Z., Lester, G. E., Luo, Y., Xie, Z., & Wang, Q. (2013). Assessment of vitamin and carotenoid concentrations of emerging food products: Edible microgreens. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(46), 10979–10988.

NYILATKOZAT

a szakdolgozat¹ nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Lovász Orsolya
A Hallgató Neptun kódja: P7KGBI
A dolgozat címe: Mikrozöldek termesztése: borsó, retek és mustár összehasonlítása
A megjelenés éve: 2024
A konzulens intézetének neve: Kertészettudományi Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Zöldség- és Gombateremsztési Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat² egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumába. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védelmet követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelté után

nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumában.

Kelt: Budapest, 2024.11.11.


Hallgató aláírása

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

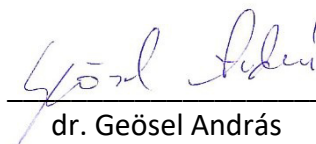
NYILATKOZAT

Lovász Orsolya (név) (hallgató Neptun azonosítója: P7KGBI) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot¹ áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom².

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*3}

Kelt: 2024.11.10.


dr. Geösel András
belső konzulens

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő aláhúzendő.

³ A megfelelő aláhúzendő.