

SZAKDOLGOZAT

Nedeljkovic Mateja

2025



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus Gödöllő
Növénytermesztési-tudományok Intézet
Mezőgazdasági Mérnöki Alapképzési Szak

BELTÉRI SZAMÓCA TERMESZTÉS

Belső konzulens: dr. Balázs László
Egyetemi docens

Készítette: **Nedeljkovic Mateja**
XZ4XK9
Nappali tagozat

Gödöllő
2025

Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés és célkitűzés	5
2.	Szakirodalmi áttekintés	7
2.1.	A szamóca termesztés jelentősége	7
2.1.1.	A világ szamóca termesztésének helyzete	8
2.1.2.	Európa szamóca termesztés helyzete	9
2.1.3.	Magyarország szamóca termesztés helyzete	10
2.2.	Szamóca morfológiai jellemzése	12
2.3.	Szamóca éghajlati igénye	15
2.4.	Intenzív növénytermesztés	16
2.5.	Talajnélküli növénytermesztés	17
2.5.1.	Közeg nélküli termesztés	18
2.5.2.	Beltéri növénytermesztés	19
2.6.	Beltéri szamóca termesztés	20
2.6.1.	Hőmérséklet-szabályozás beltéri szamóca termesztésnél	21
2.6.2.	Páratartalom-szabályozás beltéri szamóca termesztésnél	22
2.6.3.	Szén-dioxid szint szabályozás beltéri szamóca termesztésnél	22
2.6.4.	Légáramlás beltéri szamóca termesztésnél	22
2.6.5.	Mesterséges megvilágítás beltéri szamóca termesztésnél	23
2.6.6.	Tápanyagellátás beltéri szamóca termesztésnél	24
3.	Anyag és módszerek	26
3.1.	A vizsgálati helyszín és körülmények	26
3.2.	Alkalmazott termesztéstechnológia	26
3.3.	Alkalmazott tápanyagellátás	28
3.4.	Alkalmazott megvilágítás	29
3.5.	A négy fő fejlődési szakasz részletes leírása	29
3.5.1.	Áttelelő szakasz (2023.12.05.-2024.01.07.) - 34 nap	29
3.5.2.	Növekedési szakasz (2024.01.07.-2024.02.27) - 51 nap	29
3.5.3.	Virágzási szakasz (2024.02.27.-2024.03.30.) – 33 nap	30
3.5.4.	Virágzás utáni (termésérési) szakasz (2024.03.30.-2024.05.14.) – 45 nap	30
3.6.	Minőségi paraméterek vizsgálata	31
3.6.1.	Fizikai paraméterek	31
3.6.2.	Beltartalmi paraméterek	31
4.	Eredmények és értékelésük	33
4.1.	Tápanyagellátás értékelése	33
4.2.	A megvilágítás értékelése	34
4.3.	A négy fő termesztési szakasz értékelése	36
4.3.1.	Áttelelő szakasz	36
4.3.2.	Növekedési szakasz	36
4.3.3.	Virágzási szakasz	37

4.3.4.	Virágzás utáni (termésérési) szakasz	37
4.4.	A minőségi paraméterek értékelése	39
4.4.1.	Fizikai paraméterek	40
4.4.2.	Beltartalmi paraméterek	42
5.	<i>Következtetések És javaslatok</i>	44
6.	<i>Összefoglalás</i>	45
7.	<i>Köszönetnyilvánítás</i>	46
8.	<i>Irodalomjegyzék</i>	47
9.	<i>Táblázatjegyzék</i>	49
10.	<i>Ábrajegyzék</i>	50
11.	<i>Nyilatkozatok</i>	51

1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS

Szakedolgozatom témájának a szamóca beltéri termesztését választottam. Úgy gondolom a jövő mezőgazdaságának egyik kulcskérdése az lesz, hogy hogyan tudjunk biztosítani a föld növekvő lakosság számára a folyamatos, fenntartható és minőségi élelmiszerellátást. 2024-ben a világ népessége meghaladta a 8,1 milliárd főt. Ez közel a duplája, mint ahányan 1980-ban éltek. Demográfiával foglalkozó szakemberek becslései szerint, 2050-ben közel 10 milliárd fő fog élni a földön. A népesség növekvő tendenciája komoly kihívások elé fogja állítani a mezőgazdaságot. Ezzel szemben a föld felszínének nagysága állandó. A felszín megoszlását tekintve, 29% a száraz felület, míg a maradék 71%-ot tengerek és óceánok borítják. A szárazföld 71%-a ember által használt terület, melynek 50%-a mezőgazdasági célokat szolgál. Ez közel 51 millió négyzetkilométert tesz ki. Mivel a rendelkezésre álló földterület véges, így a mezőgazdaság jövőjét nem az új területek bevonása, hanem a meglévők tudatos és hatékony hasznosítása fogja jelenteni.

A klímaváltozás napjainkban különös hatással van a mezőgazdaságra és azon belül a növénytermesztésre. A szélsőséges időjárás, hőmérsékleti ingadozások és a csapadékeloszlás kiszámíthatatlansága, komoly hatással van a termésbiztonságra. Ezzel párhuzamosan a vízkészletek kimerültsége, a talajok termőképességének a csökkenése és a biodiverzitás visszaesése veszélyeztetik az élelmiszertermelés fenntarthatóságát a jövőben.

Továbbá a mezőgazdaság előtt álló nehézségek lehetnek társadalmi vagy gazdasági jellegűek. A munkaerőhiány komoly gondot jelent ebben a gazdasági ágazatban is, hiszen a fiatalabb generációk körében csökken a mezőgazdasági pálya iránti érdeklődés. Másrészt a globális piaci verseny és az árak folyamatos ingadozása tovább növeli a termelők kiszolgáltatottságát. Ez sok esetben bizonytalanságot teremt a mezőgazdasági vállalkozások számára.

A technológiai fejlődés számos lehetőséget kínál a mezőgazdaság hatékonyságának növelésére, ugyanakkor alkalmazása kihívásokkal járhat. A modern termesztési technológiák, mint például a beltéri növénytermesztési rendszerek jelentős beruházási költséget és magas energiaigényt generálhatnak.

Figyelembevéve ezeket a tényezőket úgy gondolom, hogy a talaj nélküli beltéri növénytermesztés, azon belül is a hidropónia (vízkultúra) ígéretes alternatívát kínál a hagyományos módszerekkel szemben. A hidropónia egy olyan talaj nélküli növénytermesztési technológia, melyben a növények gyökerei a tápanyagokat közvetlenül tápoldatból nyerik ki.

Ez az innovatív megközelítés hatékony víztakarékosságot és jobb tápanyagfelhasználást eredményezhet, továbbá precíz kontroll alatt, folyamatos és magas minőségű termelést biztosíthat. A beltéri termesztés - különösen a szamóca esetében - megoldást kínálhat az említett kihívásokra.

Ezen ígéretes rendszerek alaposabb tanulmányozása érdekében választottam szakdolgozatom témájaként a szamóca beltéri termesztését. Célom, hogy kísérleti úton részletesebben megismerjem a technológia előnyeit és hátrányait, különös tekintettel a termésminőségre. Kísérletem során arra törekedtem, hogy a hidropóniás rendszerben termesztett szamóca minősége megközelítse a szabadföldi termesztésből származó szamóca minőségét.

2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A szamóca termesztés jelentősége

Szamóca jelentősége egészen az őskorig nyúl vissza, ahol a vadon termő őseit nem csak élelmiszerként fogyasztották, hanem jótékony hatásai miatt gyógyszerként is használták. Az ókori rómaiak és görögök vadon termő gyógyhatású növényként is emlegették. Európában a szamóca termesztése a 14. században kezdődött, de kis hozama miatt a legtöbb fajtája nem vált népszerűvé. A 17. században Amerikából érkezett a virginiai és chilei szamóca, utóbbi csak a virginiaival együtt termett jól a kölcsönös beporzásnak köszönhetően. Jelenlegi fajták a rózsafélék családjába tartozó *Fragaria x ananassa* fajhoz tartoznak. Az elmúlt kétszáz évben a fajták tulajdonságainak javításával több ezer új szamóca fajtát hoztak létre és a nemesítés mai nap is aktívan zajlik világszerte. (Prof. dr. Nikolic & Doc. dr. Milivojevic, 2010)

A bogyós gyümölcsök körében, jelenleg a szamóca a legismertebb és legnagyobb mennyiségben termesztett gyümölcs. Nem véletlen, hogy a híres szamócanemesítő Oswald Macherauch „gyümölcsök királynőjének” mondta az 1970-es években. Az attraktív kinézete, fényes piros színe, kellemes illata és íze miatt rendkívül kedvelt a fogyasztók körében. A szamócat leginkább frissen fogyasztják, azonban értékes beltartalmi tulajdonságai miatt, számos módon feldolgozásra kerül. Készülhet belőle lekvár, szörp, gyümölcslé, alkoholos ital, továbbá a gyorsfagyasztás technológiája bővíti a felhasználási területeit a konzerv- és édesiparban. (http 1)(Dénes, 2014)

Összetételét tekintve nagyrészt vízből áll, mely közel 90%-a közkedvelt gyümölcsünknek. Ezen kívül található benne 6-8% cukor, 1,2-1,8% szerves savak, 1,2-1,5% cellulóz, valamint 0,5-0,8% fehérje. Szárazanyag tartalma alacsony, viszont rendkívül gazdag C-vitaminban és kiemelkedő a kálium, kalcium, foszfor, magnézium és vas tartalma is. Tartalmaz mangánt, B2-, B5-, B6- és K-vitamint is. Mindezek miatt a szamóca fogyasztása táplálkozás-élettani szempontból rendkívül előnyös, mert serkenti a gyomor és bélműködést, valamint a belső elválasztású mirigyek működését is. Továbbá hozzájárul az immunanyagok képződéséhez is. A szamóca fontos ásványi anyag-forrás lehet étrendünkben. (Dénes, 2014) (dr. Papp, 1991)

Jelentőségét tovább növeli, hogy a legtöbb gyümölcshöz képest rendkívül korán, már május-júniusban termést hoz. Ez a korai érés különösen értékes, hiszen az emberek ilyenkor már vágnak a friss, szezonális gyümölcsökre. Így a termelők nem csupán a sokoldalú felhasználhatósága miatt kedvelik, hanem mert korai szezonnyitó gyümölcsnek számít. A

szamóca-termesztés jövedelmező tevékenység, hiszen a befektetett tőke gyorsan megtérülhet a korai érésnek és a nagy keresletnek köszönhetően, tehát gazdasági szempontból is nagy jelentőséggel bír. (Prof. dr. Nikolic & Doc. dr. Milivojevic, 2010)

2.1.1. A világ szamóca termesztésének helyzete

A szamóca a világ legelterjedtebb bogyós gyümölcse, termesztése pedig nem kötődik földrajzi korlátokhoz, mint a többi bogyós gyümölcs esetében. Sikeresen termeszthető a sarkkörtől, egészen a szubtrópusi területekig. A szamóca a 60-as, 70-es években vált igazán népszerűvé a globális piacon. Az utóbbi időkben a szamóca-termesztés világszinten jelentős mennyiségi és minőségi fejlődésen ment keresztül. Ezt a tendenciát a legfrissebb adatok is megerősítik. Az 1. táblázatban szeretném bemutatni, hogy 2020 és 2023 között, hogyan alakult a szamóca termőterületének és termésmennyiségének változása globális szinten, FAO statisztikája alapján.

Év	2020	2021	2022	2023
Termőterület (hektár)	391 049	408 414	423 448	434 977
Termésmennyiség (tonna)	9 064 345,9	9 749 254,4	10 247 395,0	485 454,1

1. táblázat: A világ szamóca-termesztés termőterületének és termésmennyiségének változása 2020-tól 2023-ig FAO statisztikája alapján.

A főnti adatok világosan mutatják, hogy a szamóca termesztése az elmúlt években mind termőterületileg, mind termésmennyiség tekintetében folyamatosan növekedett. Ez a bővülés a terméshozamok javulásának köszönhető, melyet a hatékonyabb termesztési technológiák alkalmazásával érhetünk el. A szamóca iránti globális kereslet élénkülése, a termelőket, a termelés bővítésére és innovatív fejlesztésekre ösztönzi, termelés növekedését eredményezve. (Dénes, 2014) ([http 2](#))

A 2023-as adatok szerint a szamóca-termelés regionális megoszlásában Ázsia játszott vezető szerepet, ez a kontinens hozta a globális termés közel 50%-át. Ezt követi Amerika, amely a termelés 22%-át adta, míg Európa a világon betakarított szamóca 18%-át termelte meg. ([http 2](#))

A világ legnagyobb szamóca termelője Kína, amely 2023-ban 155 750 hektáron, 4,21 millió tonna termést takarított be, átlagosan 27 026 kg/hektár hozammal. ([http 2](#)) Ez a terület és termésmennyiség messze meghaladja a többi országét és ezzel abszolút vezető szamóca-termelő. Kína szamóca termesztése elsősorban az ország keleti és déli területeire összpontosul, különösen a Dandongban, ahol az üvegházi termesztés lehetővé teszi a termesztési időszak meghosszabbítását és a hozam növelését. Ezen felül itt bő fajtaválaszték figyelhető meg, a hagyományos piros fajták mellett egyre népszerűbbek a rózsaszín, fehér és

fekete szamócák is, amelyek a fogyasztók vizuális és ízpreferenciának szélesebb körét célozzák meg. (http 3) (http 4) (http 5)

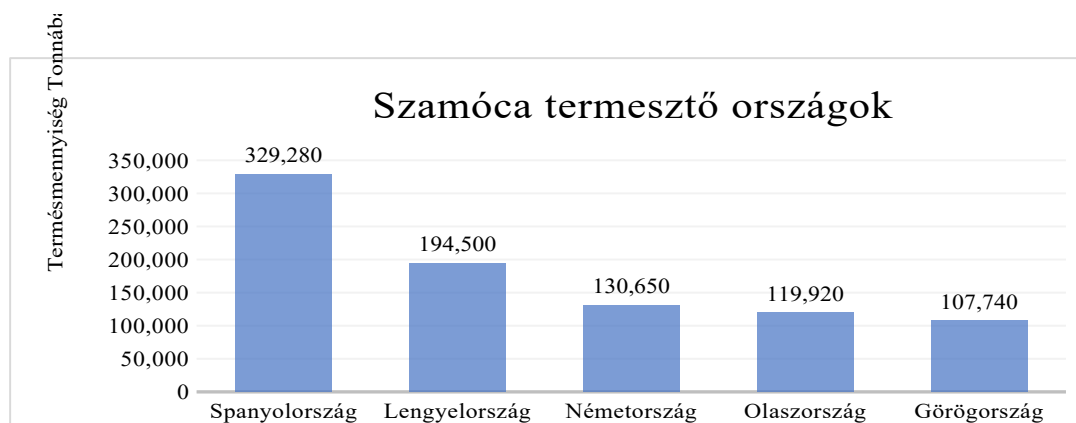
A második legnagyobb termelő az Egyesült Államok, ahol 2023-ban 22 986 hektáron, 1,25 millió tonna szamócát állítottak elő, kiemelkedően magas 54 385 kg/hektár átlaghozammal. Ez arra utal, hogy rendkívül intenzív és hatékony termesztéstechnológiát alkalmaznak. (http 2)

A harmadik helyen Egyiptom áll, 21 033 hektáron, 731 144 tonna szamócát termelve, ami 34 761 kg/hektár hozamot jelent. (http 2)

Kiemelkedő még Törökország, Mexikó, Oroszország, Brazília és Korea. Európai országok közül Spanyolország, Lengyelország, Németország, Egyesült Királyság, Olaszország és Görögország jelentős szamócatermesztésben. (http 3) (http 2)

2.1.2. Európa szamóca termesztés helyzete

Európa, a világon termesztett szamóca mennyiségének 18%-át teszi ki. Termésmennyiség tekintetében vezető országnak mondható Spanyolország, ezt követi Lengyelország, Németország, Olaszország és Görögország. Az 1. ábra bemutatja Európa legnagyobb szamóca termeszto országainak, 2023-ban vizsgált, pontos termésmennyiségét. Hollandiát érdemes kiemelni, hiszen a szamóca termesztésére bevont terület nagyságát tekintve (csupán 1 420 hektár) 2023-ban 79 070 tonna szamócát állított elő, amely rendkívül magas 55 683 kg/hektár átlaghozamot jelent. (http 2) Ezen felül Hollandia a világ ötödik legnagyobb szamócaexportőre, 65 000 tonna körüli export mennyiséggel. Kiemelkedő helyzete a szamóca termelésben a magasan fejlett, intenzív és innovatív termesztési módszereknek köszönhető, mint például a pótmegvilágításos üvegházi hajtatus. Ez a technológiai előny lehetővé teszi számukra, hogy extrém magas hozamokat érjenek el egy viszonylag kis termőterületről. (http 5) (http 3) (http 2)



1. ábra: Európa legnagyobb szamóca termeszto országai (http 6, 2025) FAO statisztikája alapján

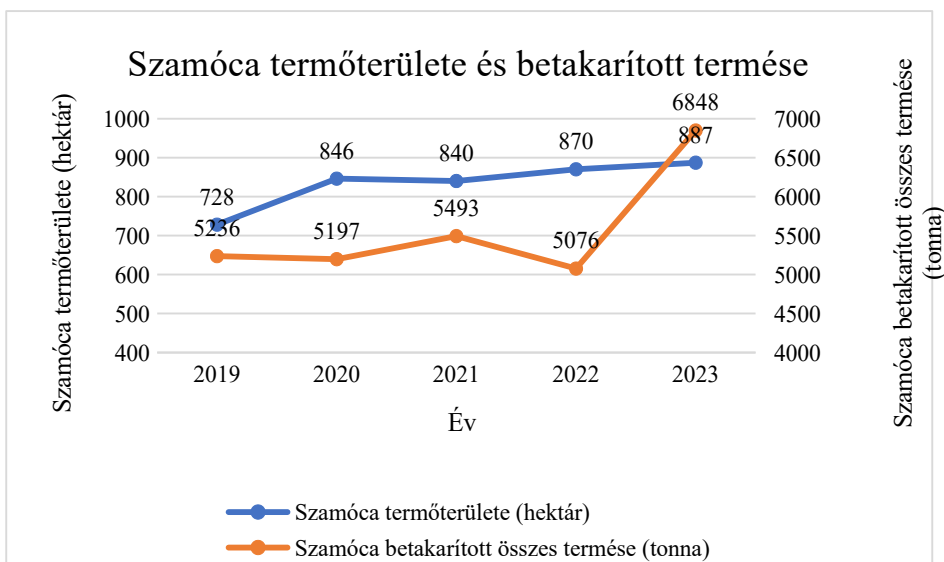
2.1.3. Magyarország szamóca-termesztés helyzete

A szamóca (*Fragaria x ananassa*) az itthon termesztett gyümölcsök közül az egyik legkorábban érő. Primőr jellege pedig jelentős piaci értékeket képvisel. Fő szezonja jellemzően május elejétől június elejéig tart, termesztése azonban tőke és munkaerőigényes. A magyar szamóca-termesztés helyzetét összetett tényezők alakítják, beleértve az éghajlati viszonyokat, a piaci versenyt, a termelési költségeket és a munkaerőhiányt. (http 6)

Magyarországon a szamóca termőterülete az elmúlt években ingadozó volt, de enyhe növekedést mutatott. 2019-ben 728 hektáron termesztettek, amely 2020-ra 846 hektárra növekedett. Ezt követő évben enyhe csökkenés tapasztalható (840 hektár), azonban 2022-ben 870 hektárra, 2023-ban pedig 887 hektárra emelkedett. Ez az adatsor azt mutatja, hogy a termőterület az utóbbi években 700 és 900 hektár között kezd stabilizálódni. Hazánkban jelentős termelés folyik a Szentendrei-szigeten, Nagykőrös-Lajosmizse-Nyársapát, valamint a Szatymaz-Zsombó térségben. (http 7) (http 6)

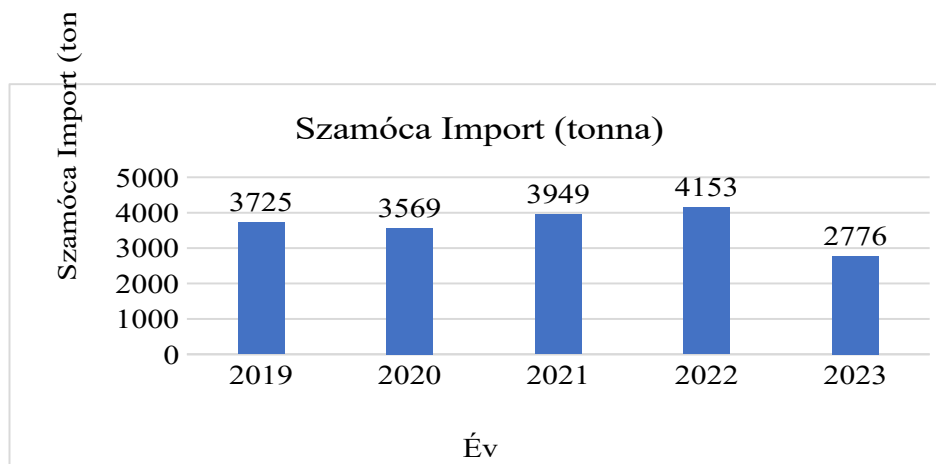
Magyarország szamóca-termesztésének egyharmada szabadföldön, míg közel kétharmada valamilyen takarás alatt történik. A takart területek fele esővédő fóliával van fedve, míg a másik felén vagy fóliasátrak vagy üvegházak találhatók, bár az utóbbi aránya elenyésző. A korszerű üvegházak helyett inkább a korábbi zöldségtermesztésből megmaradt, felújított létesítményeket használják szamóca-termesztésre, de ezek területe csupán néhány tíz hektárt tesz ki. A leggyakoribb módszer a fólia alatti hajtás, főként a hagyományos fóliasátras, fűtve vagy fűtés nélkül. (http 6)

A megtermelt magyar szamóca döntő része, mintegy 90%-a hazai piacon kerül értékesítésre. Az exportált mennyiség elenyésző, jellemzően a szomszédos országokba, Ausztriába vagy Szlovákiába irányul. Ezzel szemben az import jelentős, az utóbbi években 4000-5000 tonna között alakult, ami közel azonos a belföldi termelés volumenével. A legfontosabb importszállítók Görögország és Spanyolország, de kisebb mennyiségben a hazai polcokon megtalálható a holland és olasz szamóca is. Utóbbi időkben a román szamóca is egyre nagyobb szerepet kap a hazai ellátásban, különösen főszezonban. (http 8) (http 6)



1. ábra: A szamóca termőterület és termésmennyiség változása Magyarországon 2019-2023 (KSH adatai alapján)

A 2. ábrán jól látható a szamóca hazai termőterületének, illetve termésmennyiségének a változása. Mind a termőterület, mind a termés mennyiség átlagosan növekszik. Kiemelkedő értéket mutat a 2023-as év, ugyanis ebben az évben az import jelentősen csökkent. Ez az egybeesés azt jelzi, hogy a jobb hazai termesztési év csökkenti az import iránti igényt a magyar piacon. Ezzel szemben, 2022-ben a termőterület nőtt az előző évekhez képest, azonban a termésmennyiségben visszaesés mutatható ki, mely ebben az évben -a hazai kereslet kielégítése érdekében- növelte az import iránti szükségletet. Az import mennyiségének változását a 3. ábra szemlélteti.



2. ábra: Hazánk importált szamóca mennyisége (tonnában) évente (KSH adatai alapján)

2.2. Szamóca morfológiai jellemzése

Botanikailag a rózsafélék (Rosaceae) családjába és a *Fragaria* nemzetségbe tartozó alacsony, évelő, lágy szárú, törzsás növény. Csaknem 50 vadfajt és számtalan alfajt különböztetünk meg. (Dénes, 2013)

A botanikai leírásokban az erdei szamóca (*Fragaria vesca* L.) tekinthető alapfajnak, azonban a termesztett szamóca fajták, egy virginiai (*Fragaria virginiana* Duch.) és egy chilei (*Fragaria chiloensis* Duch.) vadfaj leszármazottjai. A lentiekben összesített növénytani leírás, az említett két fajtakeresztezésből előállított fajhibrid (*Fragaria ananassa* Duch.) alakkörébe tartozó növényekre vonatkozik. (Dénes, 2013)

A szamóca föld feletti és alatti hajtásrendszere alapvetően eltér a többi termesztett gyümölcsfajtáétól. A gyökértörzs (rhizoma) a szamócanövény központja, itt található a gyökérzet és a föld feletti hajtásrendszer. Nevezhetjük a növény központi tengelyének is, amely egy korlátozott növekedésű megduzzadt tengelyképlet. Hossza a szamócapalántáknál hozzávetőlegesen 2,5 cm. A gyökértörzs csomói a talajban helyezkednek el, amelyeket barna pikkelyszerű allevelek borítanak. A talaj felszíne felett és annak közvetlen közelében helyezkedik el a gyökértörzs csúcsi része, amelyet törzsában álló lomblevelek vesznek körül. A szamócanövény gyökértörzsének föld feletti része évente elágazódik, amely új törzszak képzésével segíti a következő évi terméshozást és a növény megújulását. Így a szamóca évi 1-2 cm növekedéssel 4-6 éves korára, akár 10-12 cm-es hosszúságú elágazó gyökérrendszerrel rendelkezhet. (dr. Papp, 1997)

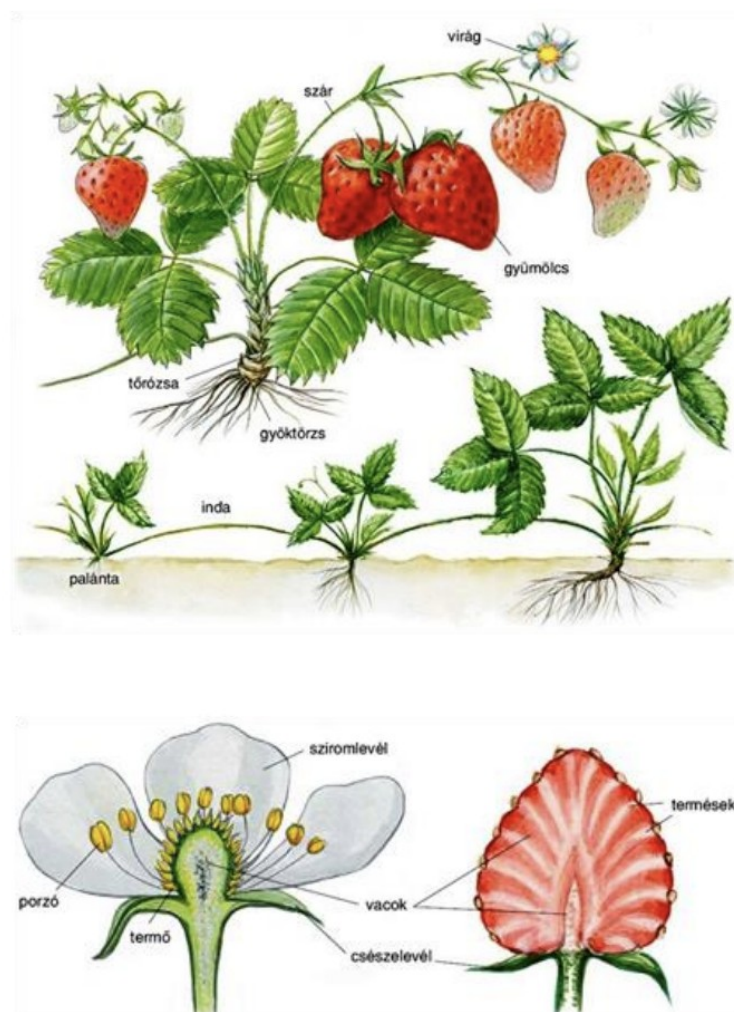
A szamóca gyökérrendszer típusa függ a szaporítási módtól. Fejlett főgyökérrendszert fejleszt ivaros szaporításnál (magról). A termesztett szamóca gyökérrendszere gazdagon elágazó, járulékos eredetű, mely sekélyen helyezkedik el a talajban. A gyakorlatban indanövények meggyökereztetése útján szaporítunk. A szamócaindák csomóin járulékos gyökérkezdemények képződnek, melyek csak akkor fejlődnek, ha érintkeznek nedves és jól szellőző talajjal. Az elsődleges gyökerek az indák második ízközén fejlődő indanövényeken képződnek, amelyek 2-5 cm mélyre hatolva a talajba rögzítik az indanövényt és csak ezután kezdődik a gyökér hosszanti fejlődése. Az indanövény levelei alatt a gyökértörzsön 6-6 járulékos gyökérkezdemény képződik. A szamóca gyökérképződése és gyökérfejlődése egész vegetációs időszak alatt tart, de ezen belül van egy tavaszi és egy nyár végi, őszi gyökernövekedési csúcs. Gyökérzet az aktivitását tavasszal hamar elkezd, mivel a szamócanak alacsony a hőmérsékleti igénye és a gyökérzete sekélyen helyezkedik el. Még a levelek képződése előtt megindul és intenzíven fejlődik a virágzás megkezdéséig. A virágzás kezdetére

a gyökerek tömege csökken, mert a bennük tárolt tartalék tápanyagok a föld feletti részek fejlődésére irányulnak. A nyár végi és őszi gyökérfejlődés kezdete függ az éghajlati viszonyoktól, valamint a víz- és tápanyag -ellátástól, de kedvező esetben augusztus elejétől szeptember végéig, október elejéig tart. A gyökérszövet aktivitásának hatékonysága nagymértékben függ a világosabb színű, felvevő és a sötétebb színű szállító gyökerek arányától. Minél kisebb a világos gyökerek aránya, a sötétbarna gyökerekhez viszonyítva, annál idősebb a növényünk. Továbbá, minél sötétebb a gyökérszövet annál gyéresebb lesz és ekkor a szárazságra érzékenyebbé válik. (dr. Papp & dr. Porpáczy, 1999) (dr. Papp, 1991)

Háromféle levelet különböztetünk meg a növényünkön. Vannak a lomblevelek, melyek a szamóca tőlevelei, a gyökértörzs talaj feletti csúcsi részén szórt állású törzszakban helyezkednek el. A gyökértörzset borító és az indákon találhatóak az allevelek, valamint a tőkocsányon a virágzat alatt és virágzatban helyezkednek el a fellevelek. A fajták többségénél a levéllemez felszíne csupasz, míg a fonákja szőrös. A levelek színe a szamóca fajtájától függően változatos lehet, a világoszöldtől a kékes zöldig. A szamócalevelek átlagosan 50-60 napig élnek, majd a legidősebb levelek, alulról sárgulva fokozatosan elhalnak. A szamócánál nincsen kifejezetten lombhullás, elszáradva sokáig fennmaradnak a növényen. Tavasszal a felmelegedés hatására, a vegetatív rügyből megkezdődik az úgynevezett „tavaszi levelek” képződése. Ezek nagy levélfelülettel, sok légzőnyílással és nagy sejtközötti járatokkal rendelkeznek. Fő feladatuk a szervesanyag előállítás a gyümölcs kifejlődéséhez. Szüret után a tavaszi leveleket a „nyári és őszi levelek” váltják. Ezek a levelek kisebb felületűek és rövidebb nyelűek. Fontos, hogy augusztus végéig megfelelő mennyiségű levélzet képződjön, mert a levelek száma a következő évi termésre nagy hatással van. Télen a szamóca elhaló leveleinek a tápanyagtartalma fokozatosan a gyökértörzsbe irányul, ami a következő évi új növényi szervek képzéséhez lesz nélkülözhetetlen. (dr. Papp, 1991)

A szamóca föld feletti hajtásrendszerének hosszú és kúszó jellegű hajtásai az indák, amelyeket ostorindáknak is nevezünk. A talajon elterült indák csomóin fejlődnek az úgynevezett indanövények. Ezekkel a meggyökeresedett indanövényekkel szaporítjuk a termesztett szamócák többségét, viszont léteznek indát nem hozó fajták is. Általában a szamócatőnek az első és második évében a legbőségebb az indaképződése, de minél erősebb a szamócatő tavaszi vegetatív növekedése és minél kedvezőbb az ültetvény nitrogén- és vízellátottsága annál több indaképződés várható. Egy-egy szamócatövön akár 5-15 ostorinda és egy-egy indán akár 3-5 növény is képződhet. Az indák képződését a hosszabbodó nappalok és az emelkedő hőmérséklet serkenti. (Dénes, 2014)

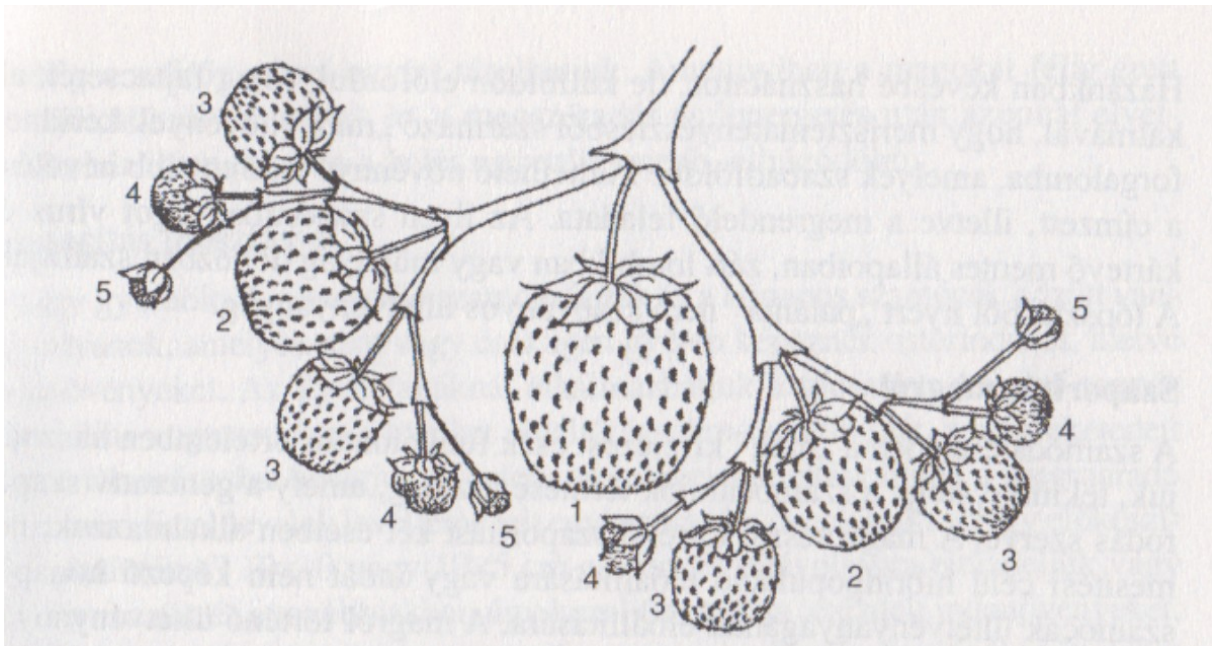
Föld feletti hajtásrendszerhez tartozik a virágzatot tartó tőkocsány, mely a gyökértörzs legfelső részéből vagy az oldalelágazódások csúcsán elhelyezkedő virágrügyből fejlődik ki. A tőkocsány gyakran hosszabb a törőzsa leveleinél, egy hengeres és húsos képlet, melynek felülete molyhos. A szamóca bogernyős virágzata a tőkocsány csúcsi részén fejlődik ki. A virágzat lehet laza vagy tömött, sok és kevés virágú. Bogernyőben a virágok nem azonos fejlettségűek. A legfejlettebb amelyik a bogernyő csúcsán van, ez elsőként nyílik és elsődleges virágnak nevezzük. Ezután a bogernyő két oldaltengelyén fejlődik ki a két másodlagos virág. További elágazódásokkal 4 harmadlagos, 8 negyedleges és 16 ötödleges virágkezdemény alakul ki. A szamócatövek kora befolyásolja a virágrügyek fejlettségét és a belőlük kinövő virágzatok virágainak számát. A fiatal növények képzik a legfejlettebb virágrügyeket és virágokat, ami hozzájárul a nagyobb gyümölcsterméshez. A virágszervek centripetális sorrendben alakulnak ki, először a csészelevelek, majd a szíromlevelek, porzók és végül a termők differenciálódnak. A szamóca növényi részeit a 4. ábra szemlélteti. (Babiczy, 2002)



3. ábra: A szamóca növény részei (Mozaweb)

A csészelevelek elvirágzás után is a virágtengelyen maradnak. Az itthon termesztett szamócafajták hímnősek és gyakorlatilag öntermékenyülők. Megporzásukat a méhek segítik. Rossz termékenyülésnél kisméretű, alakatlan termés fejlődik. Szép formájú gyümölcs feltétele, hogy a bibék túlnyomó többsége vagy akár mindegyike termékenyüljön. A magkezdemények hormonokat tartalmaznak, melyek elősegítik a gyümölcs növekedését. (dr. Papp, 1991)

A szamóca gyümölcse aszmag terméscsoportba tartozik, melynek részei a gyümölcskocsány, csészelevelek, a meghúsosodott vacok és aszmag. Az aszmagtermés színe és külalakja, a csészelevelek elhelyezkedésének típusa az adott szamócafajta sajátosságaitól függ. A csészelevelek lehetnek rásimuló, közepesen felhajlóak és felhajlóak. A termés teljes kifejlődéséhez hazai körülmények között 21-30 napra van szükség. Ez elsősorban a hőmérséklettől függ. A gyümölcsök mérete és tömege adott fajtánál a bogernyővirágzatban foglalt helyzetűtől is függ. A központi helyzetű, elsődleges gyümölcsök a legnagyobbak, ezek virágai nyílnak legkorábban. (Dénes, 2013)



4. ábra: A szamóca bogernyőjében elhelyezkedő gyümölcsök az érés sorrendjének és a várható méretnek megfelelően. (Papp János – Porpáczy Aladár 1999)

Összeségében a gyümölcsök tömege nemcsak az adott fajta örökletes tulajdonságaitól és a virágzatban elfoglalt helyzetüktől függ, hanem jelentős mértékben a szamóca korától, víz- és tápanyag -ellátottságtól is. (Prof. dr. Nikolic & Doc. dr. Milivojevic, 2010)

2.3. Szamóca éghajlati igénye

Az időjárási elemek közül, a csapadék mennyiség és annak eloszlása kifejezetten fontos szempont a szamóca termesztésnél. Hazánk éghajlati övezetének megfelelően hozzávetőlegesen

évente 700-800 mm csapadékmennyiség volna kívánatos az optimális termesztéshez. Magyarországon, sajnos a természetes csapadék mennyisége éves szinten nem elegendő, ezért gyakran szükség van öntözésre a megfelelő vízigény ellátáshoz. (dr. Papp & dr. Porpáczy, 1999)

A szamóca nem kimondottan melegigényes növény. Hőmérsékleti igényét hazánk teljes mértékben kielégíti. Télen hótakaró nélkül, csak a levelek védelmében -10, -15 °C hőmérsékletet visel el jelentős károsodás nélkül. Hótakaróval (10-20cm-es), akár a -30 °C hőmérsékletet is átvészeli. Tavasszal a szamócanövény részei más-más hőmérsékleten kezdenek el aktivizálódni. A föld feletti részek már 2-8 °C között fejlődésnek indulnak, míg a gyökérzetnek az alsó határa 7-8 °C. A termés érésnek a legoptimálisabb hőmérséklete 16 °C. (dr. Papp, 1984) (Prof. dr. Nikolic & Doc. dr. Milivojevic, 2010)

A hőmérséklet mellett a szamóca életműködését a fényviszonyok is szabályozzák. A nappalhossz változása befolyásolja a vegetatív és generatív folyamatokat, különösen az indaképződést és a növények növekedést. A szamóca árnyékos helyen rövidebb élettartamú. (dr. Papp, 1991)

Szamóca számára a legideálisabb termőhelyek, széltől védett és napos területek, melyek korán felmelegednek. A kedvező mikroklíma elengedhetetlen a sikeres termesztéshez. Az erős szelek ugyanis jelentősen növelhetik a téli fagyveszélyt a hótakaró elhordásával, nyáron deflációt okozhatnak, virágzás idején pedig hiányos megtermékenyüléshez vezethetnek. (Dénes, 2014)

2.4. Intenzív növénytermesztés

Mezőgazdasági szempontból az intenzív szó jelentése a következő: „területegységre vonatkoztatva viszonylag nagy ráfordítással és korszerű agrotechnikával való gazdálkodási mód”. (dr. Ombódi, 2008, old.: 1) A fogalomban a korszerű kifejezésen van a hangsúly, tehát az adott korszak függvénye, hogy mit nevezünk intenzívnek. A jelenlegi gazdasági, kereskedelmi és éghajlat változási körülmények között, az intenzív növénytermesztési elemeknek jelentősége egyre nagyobb. Ide tartozik a tápoldatozás, a fóliás talajtakarás, a különböző növénytakarási eljárások alkalmazása, továbbá a nagylégterű, blokkrendszerű termesztőberendezések, a klímaszabályozás, a talajnélküli termesztés, a tápkockás és tálcás palánták és a biológiai növényvédelem használata. (dr. Ombódi, 2008)

A folyamatosan növekvő üzletláncok közötti versengés, egyre inkább megköveteli a beszállítóktól a nagyobb mennyiséget és jobb minőséget, mindezt folyamatos, gyakorlatilag

napra pontos ütemezett szállítással. Ebben a szabad versenyben a nyomott árak következtében, jelentős szerepe van a szezonon kívüli árúknak, a rés piacoknak és a különlegességeknek, hiszen ezek magasabb profitot hozhatnak. A változó piaci követelmények, hatással vannak a természetével foglalkozókra, akik hosszú távon csak akkor versenyképesek, ha magas termelési átlag mellett kiváló minőséget produkálnak. A globális felmelegedés és az időjárási szélsőségek gyakoriságának fokozódása is megnehezíti a hatékony növénytermesztést. (dr. Ombódi, 2008)

Összegezve, az intenzív növénytermesztés fő célja a különböző környezeti tényezők szabályozása, illetve a nem optimális körülményekhez való jobb alkalmazkodás megteremtése. Legtöbb intenzív növénytermesztési elem ökoteknikai termesztési eljárás (klímaszabályozás, öntözés, tápanyagutánpótlás), mely lehetővé teszi az említett követelmények teljesítését. (dr. Ombódi, 2008)

2.5. Talajnélküli növénytermesztés

A talajnélküli növénytermesztés több mint fél évszázados múltra tekint vissza. A hagyományos, talajon alapuló termesztés feladását elsősorban a talajból származó, fertőző kórokozók és talajban élő kártevők elszaporodása tette szükségessé, de a jövedelmezőség fokozása, a magasabb termésátlagok, a nagyobb termésbiztonság és a jobb minőség elérése is hozzájárult ehhez. Mindezek mellett a kedvezőtlen talajviszonyokkal rendelkező területeken való gazdálkodás is megkérdőjeleződött, ami fokozta az ilyen irányú törekvéseket és fejlesztéseket. A XX. század elején igazolást nyert, hogy megfelelő összetételű tápoldat alkalmazásával a növények talajt helyettesítő közegben is sikeresen termesztethetők. Ennek eredményeként a talajnélküli termesztés mára egy olyan technológiai eljárássá vált, mely során a növények számára szükséges tápanyagokat és vizet a talaj felhasználása nélkül biztosítjuk, egy talajtól elszigetelt rendszerben. (dr. Ombódi, 2008) (dr. Terbe, 2019)

Az évek során a talaj nélküli termesztésnek számos egymástól eltérő rendszere alakult ki. Ezen rendszerek csoportosítására többféle szempont is létezik, de talán a legáttekinthetőbb felosztást Göhler nevéhez köthetjük. A rendszereket két fő csoportra osztotta, közeges (szubsztátos) és közeg nélküli (szubsztrát nélküli). A szubsztrátos termesztésnél a közeg anyaga szerint csoportosított, míg a közeg nélküli termesztés esetében a gyökérrögzítő anyag mennyisége alapján különböztette meg a rendszereket. Hazánkban gyakran a hidropóniás vagy vízkultúrás termesztés kifejezést használjuk a talaj nélküli termesztés megnevezésére. A részletes besorolást a 2.táblázat mutatja Göhler nyomán. (dr. Terbe, 2019)

1. Talajos termesztés				
2. Talajtól független termesztés	2.1. termesztés földkeveréken			
	2.2. talaj nélküli termesztés	2.2.1. szubsztrátos termesztés	A) szerves közegen történő termesztés	a) vékonyréteges (polcos) termesztés
				b) Zsákos termesztés
				c) konténeres termesztés
				a) kavicskultúra
		A) szerves, inert közeges kultúrák	b) kőgyapotos termesztés	
			c) perlites termesztés	
	d) égetett agyagkavicsos termesztés stb.			
	2.2.2. közeg nélküli termesztés	A) tankkultúra (medencés termesztés)		
		B) NFT (Nutrient Film technology – tápanyagfilm módszer)		
		C) aeroponika (levegő vagy ködkultúra)		
		D) PPH (Plant Plane Hydroponic)		

2. táblázat: Termesztési eljárások a kertészeti termesztésben (Göhler 2002)

2.5.1. Közeg nélküli termesztés

A közeg nélküli termesztési rendszerek általában folyadék alapú tápanyagellátásra épülnek. Ezek a rendszerek lehetővé teszik a tápanyagutánpótlás precíz szabályozását, ezáltal optimalizálva a növények növekedését és a termés hozamot. A vízkultúrákban a gyökerek közvetlenül a tápoldatban helyezkednek el. Nincsen semmilyen közvetítő közeg a gyökér és a tápoldat között, ezáltal a tápanyagellátás pontosabban szabályozható, mint a szubsztrát alapú rendszerekben. Azonban a sikeres termelés jó minőségű vizet, megfelelő technikai háttérrel és szaktudást igényel. A rendszer pufferoló képessége alacsony, a hirtelen változások, a hibák gyorsan negatív hatással lehetnek a növényekre. (Renate, 2010) (dr. Ombódi, 2008)

A tankkultúrákat folyadék alapú rendszerek közé sorolják. Eredeti formájában egy 60 cm széles, 10 m hosszú és 15 cm mély tartályban cirkuláltatták a tápoldatot. A növényeket egy fémhálós magágyba ültették, ami elszigetelte a tápoldatot a fénytől. A rendszer fő hátránya a gyökérzet elégtelen oxigénellátása, azonban salátafélék termesztésére alkalmas. (dr. Ombódi, 2008)

A tápanyagfilm módszer (NFT-Nutrient Film Technology) egy másik közeg nélküli termesztési rendszer. Ennek alapelve, hogy egy 1-2%-os lejtésű zárt csatorna aljában egy vékony rétegben folyamatosan tápoldat áramlik. A vékony rétegben áramló tápoldat kedvezőbb térfogatarányt biztosít, ezáltal jobb oxigénellátást eredményez, mint a tankkultúra. Ezt a technológiát már nagyobb termetű növények termesztésére is alkalmazzák, mint például a paradicsom, paprika, uborka, de fűszernövények is termesztethetők így. (dr. Ombódi, 2008)

Az aeroponika (levegő vagy ködkultúra) a legprecízebb technikai háttérrel igénylő talaj nélküli termesztési mód, amely a legnagyobb beruházási és üzemeltetési költségekkel jár, ezért leginkább dísznövény szaporítóanyagok előállítására használják. Ebben a rendszerben a növény gyökerei egy teljesen elzárt térben lógnak és ide fűvókák segítségével finom porlasztásban juttatják a tápoldatot. A gyökerek körül egy tápköd alakul ki, amiből könnyen felvehetőek a tápanyagok a növény számára, továbbá az oxigénellátás is megfelelő. A rendszer hátránya, hogy egy rövid idejű áramszünet a gyökerek kiszáradásához vezethet, ami az állomány pusztulását okozhatja. (dr. Ombódi, 2008)

A PPH-Plant Plane Hydroponics, hidropóniás rendszer hasonló az NFT rendszerhez, azonban PVC tápoldat csatornában támasztóközeg felhasználásával ültetik be a növényeket. A támasztóközeg általában kőzetgyapot szokott lenni, mely magasabb költséget vonz maga után, viszont ebben a rendszerben könnyebben termesztethetőek a hosszabb tenyészidejű növénykultúrák. (dr. Terbe, 2019)

A közeg nélküli rendszereknek egy másik, kiemelkedően fontos csoportosítási módja is van, mely a tápoldatellátás szerinti osztályoz. Itt nyílt és zárt rendszereket különböztetünk meg. A nyílt rendszerek esetében a felesleges vagy fel nem használt tápoldatot elfolyatják, ami jelentős veszteségek mellett környezetszennyező hatással is jár. A zárt rendszerekben a tápoldatot visszavezetik, ami költséghatékonyabb, azonban növeli a fertőzés veszélyét. Megfelelő üzemeltetés nagyobb szakmai és technikai felkészültséget igényel, mivel az egyszer felhasznált tápoldat újrahasznosítása kizárólag folyamatos ellenőrzéssel valósítható meg. Esetenként a tápoldat hőmérsékletét és fertőzöttségét, de leginkább a pH, EC és az oxigéntartalmat szükséges mérni. (dr. Terbe, 2019)

2.5.2. Beltéri növénytermesztés

A beltéri növénytermesztés gyökerei az ókori civilizációkig nyúlnak vissza, ahol a termékek időjárástól való védelme érdekében, zárt területeken folytatták a termesztést. Idősebb Plinius (i.sz. 23/24-79) római író Tiberius császár uborkakertjéről tudósított, ahol a szezonális uborkát kocsikon termesztették. Nappal napfényes területre, éjszaka pedig zárt védett területre igazították az ültetvényt. A 15. században védett létesítményekben termesztettek. A 17. században a szabályozható fűtésű és üvegezett szerkezetű létesítmények, azaz üvegházak elterjedése jelentett nagy előrelépést. A 19. századi nagyméretű üvegházak főként az egzotikus növényeknek adtak otthont, ez azonban a II. világháború után változott, amikor a Venlo alumínium keretes üvegházak megjelentek. Ez a fajta üvegház versenyképesebb paradicsomtermesztést eredményezett, élelmiszerbiztonsági és minőségi szempontból. A polietilén tömeggyártása tovább csökkentette a költségeket, ezáltal az 1970-es években a

műanyag bevonatok terjedésével az üvegházak száma jelentősen megnőtt. A mesterséges megvilágítás terén, a nátrium lámpák után, a 2000-as években kifejlesztett nagyteljesítményű LED fényforrások hoztak nagy áttörést. A hullámhossz finomhangolásának és energiahatékonyságának köszönhetően a napfény helyettesítésére alkalmasnak bizonyultak. (Nemali, 2022) (Castro, 2019) ([http 9](#))

Manapság a beltéri növénytermesztés (indoor farming), egy olyan termesztési eljárás, ahol a növényeket beltéri létesítményekben termesztik, szabályozott környezeti feltételek mellett. Ezekben a létesítményekben bármely talaj nélküli termesztési technológia alkalmazható, mint például a medencés termesztés, hidropónia, aeroponika vagy NFT-tápanyagfilm módszer. Fontos, hogy ezek a technológiák zárt terekben vannak alkalmazva, például üvegházakban, raktárakban vagy akár szállítókonténerekben. Ez az innovatív megközelítés egy úgynevezett CEA (Controlled Environment Agriculture) felfogáson alapszik, ahol a kulcsfontosságú környezeti paraméterek, mint például a hőmérséklet, páratartalom, fény, víz és tápanyagtartalom precíz szabályozásával ideális mikroklímát teremt a növényeknek. Ezáltal biztosítható a konzisztens és egész éves termelés, függetlenül a külső időjárási körülményektől. (Agrotonomy, 2024) ([http 10](#))

2.6. Beltéri szamóca termesztés

A beltéri szamóca termesztés egy teljesen zárt, mesterséges világítással és klímaszabályozási lehetőséggel felszerelt terület. A fűthető üvegházakkal ellentétben, ahol részben a természetes fényre támaszkodnak, a beltéri rendszerek teljesen el vannak szigetelve a külső éghajlati viszonyoktól. Ezek a rendszerek teljes mértékben függenek a mesterséges megvilágítástól, klímaszabályozástól és a tápanyagutánpótlástól. Ilyen szintű kontroll lehetővé teszi az egész éves kiváló minőségű termesztést, különösen, ha folyton termő és rövidnappalos fajtákat választunk. (Agrotonomy, 2024)



5. ábra: Beltéri szamóca termesztés (Fotó: Agrotonomy)

A sikeres beltéri szamóca termesztés a pontos és precíz környezeti elemek szabályozásától függ. Az üvegházi és szabadföldi termesztéssel ellentétben, a teljesen zárt rendszerek előnye a növények teljes izolációja a külső éghajlati viszonyoktól, ebben az esetben azonban a klímaszabályozás teljes felelőssége a termesztőre hárul. Az egészséges növényfejlődés, az optimális terméshozam és a kórokozók, kártevők által okozott kockázatok minimalizálása érdekében valamennyi releváns környezeti paraméter folyamatos monitorozása és megfelelő beállítása elengedhetetlen (hőmérséklet, páratartalom, CO₂). Manapság már léteznek integrált vezérlőrendszerek, amelyek folyamatosan mérik és szabályozzák az említett paramétereket. (Agrotonomy , 2023)

2.6.1. Hőmérséklet-szabályozás beltéri szamóca termesztésnél

Beltéri szamóca termesztésnél eltérő hőmérsékleti tartományok beállítása szükséges az optimális vegetatív szervek növekedéséhez (gyökér, szár, inda, levél), illetve a generatív szervek fejlődéséhez (virág, termés). A vegetatív fázisban 18-24 °C közötti hőmérséklet indokolt, míg a generatív fázisban a kissé hűvösebb, 16-22 °C közötti hőmérséklet előnyös. A hűvösebb körülmények erősítik a termés szilárdságát és cukor felhalmozódását. A túlzott magas hőmérséklet 26 °C feletti, gátolhatja a megfelelő beporzást, csökkentheti a pollenek életképességét és ez a gyümölcsök deformálódásához vezethet. Az éjszakai hőmérsékletet a nappali értékénél 4-5 °C-al alacsonyabban javasolt tartani, ez elősegíti a növény nyugalmi fázisát. (Agrotonomy , 2023)

2.6.2. Páratartalom-szabályozás beltéri szamóca termesztésnél

A páratartalom szabályozás kulcsfontosságú szerepet játszik a növényélettanban és a betegségek megelőzésében. Szamóca esetében a relatív páratartalmat 60-75% között kell tartani. Ez a tartomány biztosítja a megfelelő transzspirációt anélkül, hogy elősegítené a gombásodást, penészesedést, vagy rontaná a növény tápanyagfelvételét. Amennyiben a páratartalom tartósan meghaladja a 80%-ot, kondenzáció képződhet a növényi felületeken, ami növeli a szürkerothadást, a lisztharmat és más gombás korokozók kockázatát. Ezzel szemben, ha a relatív páratartalom 50% alá csökken, a transzspiráció mértéke jelentősen megnő, ami ronthatja a kalcium felvételt. Ez fiziológiai rendellenességekhez vezethet, mint a torz termés. A stabil relatív páratartalom fenntartása érdekében fontos a páratlanító rendszerek használata fontos, szellőztetéssel és hőmérséklet szabályozással kombinálva. (Agrotonomy , 2023)

2.6.3. Szén-dioxid szint szabályozás beltéri szamóca termesztésnél

A szén-dioxid a fotoszintézis kulcsfontosságú eleme és közvetlen hatással van a biomassza mennyiségére és a terméshozamra. Zárt beltéri rendszerekben, ahol a természetes légcsere korlátozott, a szén-dioxid szint dúsítása alkalmazott eljárás. Kimutatták, hogy a 800-1200 ppm közötti szén-dioxid koncentráció jelentősen javítja a fotoszintézis hatékonyságát, növeli a szénhidrátok felhalmozódását és felgyorsítja a növekedés ütemezését. A dúsítás akkor előnyös, ha nagy fényintenzitással és megfelelő tápanyagellátással kombináljuk. Ugyanakkor a 1500 ppm feletti túlzott szén-dioxid szint, csökkenő hozamhoz vezethet. Fontos, hogy a szén-dioxid adagoló rendszerek éjszaka ki legyenek kapcsolva, mivel a növények fény hiányában nem fotoszintetizálnak. (Agrotonomy , 2023)

2.6.4. Légáramlás beltéri szamóca termesztésnél

A légáramlásnak a beltéri termesztőterekben számos funkciója van, amelyek mind hozzájárulnak a növények optimális fejlődéséhez. A légmozgás elősegíti az egyenletes hőmérséklet és páratartalom eloszlását, elősegíti a gázcserét a levélfelületeken, valamint fokozza a transzspirációt és a tápanyagok szállítását. Szamóca esetében vízszintes légáramlást javasolt fenntartani, 0,2-0,5 m/mp közötti sebességgel a növény felett. Ez a tartomány megfelelő, hogy mozgassa a levegőt a térben, de ne okozzon stresszt a növényeknek. (Agrotonomy , 2023)



6. ábra: Legáramlásra alkalmazott ventilátor (Fotó: Agrotonomy)

2.6.5. Mesterséges megvilágítás beltéri szamóca termesztésnél

A zárt térben történő növénytermesztés teljes mértékben a mesterséges megvilágításra támaszkodik. A világítási stratégia az egyik legfontosabb elem a növények egészségének és termés hozamának biztosításában. A rendelkezésre álló világítási technológiák közül a LED lámpák a legmegfelelőbbek ebben az iparágban. Alacsony energia fogyasztásuk, pontos spektrális szabályozásuk és minimális hőleadásuk miatt kiválóan alkalmazhatóak a vertikális és több szintes rendszereknél. A fény minőségét, intenzitását és a fotoperiódust gondosan optimalizálni kell a növények fiziológiai szükségletének megfelelően. (Agrotonomy, 2024)

Általánosságban elmondható, hogy a szamócának $200-400 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ közötti fotonbesugárzásra van szüksége. A fotoszintetikusan aktív sugárzás megadja, hogy egységnyi felületre (m^2) mennyi fotoszintetikusan aktív foton (μmol) érkezik másodpercenként, a $400-700 \text{ nm}$ közötti hullámhossz-tartományban. A megadott fotonbesugárzási tartományon belüli optimális érték számos tényezőtől függ, de leginkább az adott szamóca fajtájának igényétől és az adott fenológiai fázistól. A korai vegetatív növekedési fázisban $200 \mu\text{mol/m}^2/\text{s}$ -hez közelebbi fényintenzitás elegendő, míg a virágzási fázisban általában $400 \mu\text{mol/m}^2/\text{s}$ -ra növelik. (Agrotonomy, 2023)

A termesztett szamócafajták fő csoportosítási szempontja az érési időszakok száma és annak időtartama alapján történik. Két fajtacsoport létezik, a folytontermő (napszakközömbös) és az egyszertermő (rövidnappalos). Mindkét csoport eltérően reagál a fotoperiódusra. Beltéri rendszereknél leginkább a folytontermő fajtákat részesítik előnyben, mivel nem érzékenyek a nappalhosszra, folyamatosan virágoznak és termést hoznak, hosszabbított megvilágítási ciklusok mellett. Ezeknél a fajtáknál általában 16-18 órás megvilágítási ciklusokat alkalmaznak naponta. A fotoperiódus állandósága kulcsfontosságú, mivel a szabálytalan megvilágítási ciklusok megzavarhatják a növény hormonális egyensúlyát és késleltethetik a gyümölcsfejlődést. Fontos megjegyezni, hogy kerülni kell a túlzott napi sugárzásösszeget (DLI-

Daily Light Integral), amelyet a magas intenzitás vagy a magas napi megvilágítási órák száma okozhat. Amikor a DLI meghaladja a fajta toleranciáját, a növények stressztüneteket mutathatnak (levélfelület csökkenést vagy virágzat elhullást). Ezért a fotoperiódust és az intenzitást összehangoltan kell szabályozni, ami időzítő és fényáram-szabályozó eszközök alkalmazását teszi szükségessé. A fény mennyiségén és időtartamán túl, a spektrális minőség központi szerepet játszik a fenológiai fejlődésben, a fotoszintézisben és a reprodukív fejlődés szabályozásában. A szamócákhoz használt LED világítási rendszerek többsége 4:1 és 5:1 vörös-kék arányt alkalmaz. Ez a spektrum bizonyítottan elősegíti a kompakt vegetatív növekedést, az erős gyökérrendszer fejlődést és a hatékony virágzási fázist. (Agrotonomy , 2023)

2.6.6. Tápanyagellátás beltéri szamóca termesztésénél

A beltéri szamóca termesztés sikeressége szorosan összefügg a pontos tápanyagellátás biztosításával és precíz kezelésével. Függetlenül a választott termesztési módszertől, legyen az medencés termesztés, tápanyagfilm módszer, hidropónia vagy aeropónika. A talaj nélküli termesztő rendszereknél a tápanyagellátást tápoldatozással biztosítjuk. A tápoldat a növényi tápanyagok vizes oldata, a tápoldatozás pedig a tápanyagok és az öntözővíz együttes kijuttatását jelenti. (dr. Ombódi, 2008) (Bryson, 2025)

A tápoldatozás megvalósításához elengedhetetlen a viszonylag jó minőségű víz használata, elsősorban az eltömődések elkerülése érdekében. Ezért a vízminőségi elvárások fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságok által meghatározottak. Fizikai szempontból a vízben található élettelen lebegő anyagok mennyisége a meghatározó, 50 mg/L alatti érték jónak, az 50-100 mg/L közötti tartomány megfelelőnek, míg a 100 mg/L feletti érték nem megfelelőnek minősül tápoldatozás céljára. A kémiai tulajdonságok tekintetében a víz kémhatása jelentősen befolyásolja a kész tápoldat pH-értékét. A 7,5 pH feletti, lúgos öntözővizek használata esetén a tápoldatban megnövekszik a kalcium-karbonát és magnézium-karbonát kicsapódásának veszélye, ami szintén a rendszer eltömődéséhez vezethet. Ezeket az öntözővizeket folyamatosan savazni kell, viszont a túl savas pH szint a növény számára kedvezőtlen lehet. A sótartalom az víz egyik legfontosabb tulajdonsága. Ügyelni kell, hogy a víz jelentős sótartalma korlátozhatja a felhasználható műtrágya mennyiségét, hiszen ekkor a kész tápoldat sótartalma károsan magasra emelkedhet. Erre különösen figyelni kell a sóérzékeny növényeknél. A gyakorlatban a sótartalmat az EC, elektromos konduktivitás értékében fejezzük ki, melynek mértékegysége mS/cm. Hazai minősítési rendszerek az öntözővíz 0,5 mS/cm alatti értéket kiválónak, 0-5-1,5 mS/cm tartományt jónak, 1,5-2,0 mS/cm még megfelelőnek és 2,0 mS/cm felettit nem megfelelőnek minősíti tápoldatozásra. Tapasztalatok szerint 0,1 mS/cm-rel magasabb EC érték akár 20%-os terméscsökkenést is okozhat. A biológiai tulajdonságok közül

kiemelten fontos a baktériumszám. Magas baktériumszám ugyanis baktériumtelepek kialakulásához vezethet, ami eltömheti a rendszert. Jónak 10.000 db/L alatti, megfelelőnek 10.000-50.000 db/L közötti és 50.000 db/L feletti baktériumszám nem megfelelőnek minősíthető. (dr. Ombódi, 2008)

A növények a tápanyagokat túlnyomórészt vízben oldott, ionos formában veszik fel, és ezek az ionok szállítódnak a gyökérből a föld feletti részekbe. Például a nitrogén nitrátként és ammóniumként, a foszfor foszfátként, a kén pedig szulfátként. A tápanyagok hozzáférhetőségét elsősorban a közeg víztartalma, a tápanyagmegkötő képessége és a kémhatása befolyásolja. A felvétel sebességére a közeg hőmérséklete és oxigéntartalma, valamint az oldott ionok koncentrációja, vagyis az elektromos konduktivitás (EC) van hatással. A hőmérséklet a gyökérsejtek membránjainak áteresztő képességét, a levegőellátás a gyökér anyagcsere-tevékenységét, az EC pedig a víz- és tápanyagfelvétel mértékét határozza meg. A gyökérszóna pH-ja alapvetően befolyásolja a tápanyagok felvehetőségét. A legtöbb tápelem felvétele szempontjából az 5-7 közötti pH tekinthető optimálisnak. A tápoldatban a feloldott ionok össz mennyiségét a gyakorlatban EC-értékben szokták megadni, mely összefüggésben áll a tápanyagok mmol/l vagy mg/l-ben mért koncentrációjával. Az optimális EC-érték fajonként, fajtánként, termesztési időszakonként, és fenológiai stádiumonként is változik. Alacsony EC-érték esetén a növények hamar kimerítik a tápoldat tápanyagkészletét, míg a túl magas érték tápanyagfelvételi zavarokat okozhat, csökkentve a víz- és tápanyagfelvétel mértékét, végeredményben lassítva a növekedés ütemét. (dr. Terbe, 2019)

A törzsoldat a műtrágyák tömény oldata, amelyet általában elsőként készítenek el és a gyakorlatban ezt hígítják öntözővízzel megfelelő arányban. A törzsoldat összetételével már meghatározzák az alkalmazott tápelemarányt, a tápoldat koncentrációját pedig a hígítás mértéke határozza meg. A számócatápoldat tervezésénél elengedhetetlen figyelembe venni mind a termesztő közeget, mind a növény eltérő tápanyag igényét, a különböző fejlődési stádiumokban. A tápoldat EC- és pH-szintjét folyamatosan a növény fejlődési szakaszához kell igazítani. Az oldat pH-értékét 5,5-6,5 között javasolt tartani, míg az EC a vegetatív szakaszban 1,2-1,6 mS/cm között, a generatív szakaszban pedig 1,6-2,0 mS/cm tartományban ideális. A legmagasabb EC értéket virágzaskor és a bogyó növekedésekor alkalmazzuk. (dr. Ombódi, 2008) (dr. Terbe, 2019)

3. ANYAG ÉS MÓDSZEREK

3.1. A vizsgálati helyszín és körülmények

A szakdolgozatomban bemutatott kísérlet a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Szent István Campusának területén, Gödöllőn került megvalósításra. A szamóca beltéri növénytermesztési vizsgálatokat a campus Meteorológiai állomása mellett telepített, erre a célra kialakított konténerekben folytattam. A kísérleti helyszín a Gödöllői-dombságban fekszik, amely a Budai-hegyvidék és a Pest megyei síkság között elterülő, Magyarország középső részén található tájegység. A Gödöllői-dombságot mérsékelt kontinentális éghajlat jellemzi, ami viszonylag enyhe évi középhőmérsékletet, de a téli hónapokban hidegebb időjárást eredményez. (http 11)



7. ábra: Konténer, Nedeljkovic Mateja, Gödöllő, 2023

3.2. Alkalmazott termesztéstechnológia

Szakdolgozatban bemutatott szamóca-termesztési kísérlet egy modern, intenzív növénytermesztési módszer részeként valósult meg, melynek során egy teljesen zárt beltéri

létesítményt, egy erre a célra kialakított konténeret alkalmaztunk. Ez a zárt rendszer a CEA (Controlled Environment Agriculture) elvén működött, ahol a növények teljes mértékben el vannak szigetelve a külső éghajlati viszonyoktól. A kísérlet talaj nélküli növénytermesztésen, azon belül is a közeg nélküli termesztésen alapult, ahol a növények számára szükséges tápanyagokat és vizet talaj felhasználása nélkül, attól elszigetelt rendszerben biztosítottuk. Tankkultúra (medencés termesztés) technológiát alkalmaztuk, mely a folyadékalapú rendszerek közé tartozik. A kísérletben termesztő medencékként 60x40x7 cm nagyságú műanyag ládákat alkalmaztunk, melyek fedőlapjain egyenlő távolságra, két sorban 5–5 lyukat fúrtunk, így egy ládán 10 szamócapalántát tudtunk elhelyezni. A kísérletben Clery fajta szamócát használtunk, összesen 40 szamócapalánta állt rendelkezésünkre. A 4 darab termesztőmedencét Salgó típusú polcrendszeren helyeztük el a konténerben. A beltéri hőmérséklet szabályozása klímaberendezés segítségével történt, amely be- és kikapcsolási hőfokszabályozással működött. A termesztőtérben az egyenletes hőmérséklet- és páratartalom eloszlást, valamint a gázcserét két ventilátor biztosította, melyek a polcrendszerre voltak rögzítve. A sikeres beltéri szamóca-termesztéshez elengedhetetlen a páratartalom és a szén-dioxid szint folyamatos mérése és szabályozása, a kísérlet során ezen paraméterek befolyásolására nem állt rendelkezésre megfelelő eszköz. Az alábbi 9. ábra a termesztő berendezést szemlélteti.



8. ábra: Beltéri szamóca termesztés, Gödöllő, Nedeljkovic Mateja, 2023

3.3. Alkalmazott tápanyagellátás

A talaj nélküli termesztés sikere szorosan összefügg a tápoldatozás precíz kezelésével. A növények tápanyagigényét egy háromkomponensű törzsoldat, a Dutch Formula hígításával biztosítottuk. A rendszer egyes komponenseinek (Grow 1, Bloom 2, Micro 3) százalékos hatóanyag-tartalmát az 3. táblázat foglalja össze.

Törzsoldat tápanyagtartalma (%)			
Hatóanyag	Grow 1	Bloom 2	Micro 3
Nitrát (NO ₃)	1,8	0,3	4,5
Ammónium (NH ₄)	0,6	0,4	0
Foszfor-pentoxid (P ₂ O ₅)	4,4	5,7	0
Dikálium-oxid (K ₂ O)	7,4	5,3	3,0
Magnézium-oxid (MgO)	0,8	2,1	0
Kén-trioxid (SO ₃)	2,2	5,6	0
Kalcium-oxid (CaO)	0	0	6,0
Bór (B)	0	0	0,015
Molibdén (Mo)	0	0	0,01
Réz (Cu)	0	0	0,006
Mangán (Mn)	0	0	0,04
Cink (Zn)	0	0	0,02
Vas (Fe)	0	0	0,15

3. táblázat: Dutch Formula három komponensének százalékos hatóanyagtartalma

A hígítás arányát a szamóca eltérő tápanyagigényéhez igazítottuk, három különböző fonológiai szakaszban: a virágzás előtti (vegetatív szakaszban), a virágzás alatt (generatív szakaszban), és virágzás utáni (a termésfejlődés) időszakában. A 4. táblázat a háromkomponensű Dutch Formula törzsoldat (Grow 1, Bloom 2, Micro 3) keverési arányait mutatja be, megadva, hogy az egyes komponensekből mennyi ml-t kell 1 liter vízhez adagolni a szamóca három különböző fejlődési szakaszában.

Fejlődési szakasz	Grow 1 (ml/L)	Bloom 2 (ml/L)	Micro 3 (ml/L)
Növekedési tápoldat	2	1	1
Virágzási tápoldat	1	2	1
Virágzás utáni tápoldat	0	3	1

4. táblázat: A három komponens keverékének arányai három fejlődési szakaszban

A megfelelő tápoldat fenntartása érdekében a pH-értéket és az elektromos vezetőképességet (EC-szintet) folyamatosan figyelemmel kísértük. Az elkészített tápoldatok pH értékét 6,1-6,5 közötti tartományban állítottuk be. A tápoldatot mind a négy termesztőmedencében hetente cseréltünk.

3.4. Alkalmazott megvilágítás

Ebben a zárt térben a kísérletünk teljes mértékben a mesterséges megvilágításra támaszkodott, melyre a beltéri gazdálkodásban a LED lámpák a legmegfelelőbb technológiát nyújtják. A kísérlet során 2 pár fehér LED ipari fénycső lámpát és 4 pár infra lila LED ipari fénycsövet alkalmaztunk. A megvilágítás időtartamát, azaz a fotoperiódust mechanikus konnektor időzítővel szabályoztuk, amely lehetővé tette a napi világos és sötét órák számának beállítását. A szamóca növények megvilágítását egy MAVOspec Base spektrométerrel vizsgáltuk, mind a négy termesztőmedence középpontjából. A mérések célja a fényintenzitás és spektrális eloszlás meghatározása volt, mivel ezek alapvetően befolyásolják a növények növekedését, virágképződését és terméshozamát.

3.5. A négy fő fejlődési szakasz részletes leírása

A következőkben a kísérlet időbeli lefolyását és a szamóca fejlődésének főbb fonológiai szakaszait ismertetem. A termesztési körülmények - a hőmérséklet, a fotoperiódus és a tápoldat összetétel – folyamatos módosításával igyekeztünk a természetes növényéletteni ciklust a beltéri környezetben modellezni. A kísérlet során négy fő fejlődési szakaszt különítettünk el: áttelelő, növekedési, virágzási és virágzás utáni (termésérési) fázist. Az egyes szakaszokhoz tartozó környezeti paramétereket és a tápoldat típusát az alábbiakban részletesen ismertetem.

3.5.1. Áttelelő szakasz (2023.12.05.-2024.01.07.) - 34 nap

2023.12.05.-én a szabadföldön telelő, rövidre metszett 40 darab Clery fajta szamócapalántát átültettünk a 4 termesztőmedencébe, majd a növényeket a kültéri környezetből a beltéri kísérleti konténerbe helyeztük, ahol a termesztés teljesen zárt, kontrollált körülmények között folytatódott. A cél az volt, hogy a téli körülményeket kontrollált beltéri viszonyok között szimuláljuk, ezzel a növények természetes nyugalmi állapotát fenntartva.

- Hőmérséklet: 5-8 °C
- Fotoperiódus: 6 óra/nap
- Tápoldat: Növekedési tápoldat (2:1:1 ml/L)

3.5.2. Növekedési szakasz (2024.01.07.-2024.02.27) - 51 nap

Második szakasz célja a növények vegetatív fejlődésének elindítása volt. A szamócapalánták fokozatos kiléptetése a téli nyugalmi fázisból a vegetatív növekedési

szakaszba. Ezt a hőmérséklet és megvilágítási idő növelésével értük el, miközben a növények továbbra is a növekedési tápoldatot kapják.

- Hőmérséklet: 10-12 °C
- Fotoperiódus:
 - 2024.01.07.-2024.02.17. – 8 óra/nap
 - 2024.02.17.-2024.02.27 – 12 óra/nap
- Tápoldat: Növekedési tápoldat (2:1:1 ml/L)

3.5.3. Virágzási szakasz (2024.02.27.-2024.03.30.) – 33 nap

A harmadik szakasz fő célja a növények átvezetése volt a tiszta vegetatív fázisból a generatív fejlődés irányába, amely a virágzás megindítását és generatív szervek fejlődését jelentette. Szakasz megkezdésekor megjelent az első virág ekkor váltottunk virágzási tápoldatra, majd növeltük a hőmérséklet és fokozatosan fotoperiódust. A szamóca virágainak beporzását kézzel, kis ecset segítségével végeztük el, hetente ismételtük, mindig a tápoldat cseréjével egy időben.

- Hőmérséklet: 16-18 °C
- Fotoperiódus:
 - 2024.02.17.-2024.02.27 - 12 óra/nap
 - 2024.02.27.-2024.03.15. - 14 óra/nap
- Tápoldat: Virágzási tápoldat (1:2:1 ml/L)

3.5.4. Virágzás utáni (termésérési) szakasz (2024.03.30.-2024.05.14.) – 45 nap

A negyedik szakasz a beporzást követően kezdődött, amikor az első virágok közepén már magkezdemények jelentek meg, jelezve a generatív fejlődés további előrehaladását. Ekkor a tápoldatot virágzási utánira, a terméskepződés támogató összetételűre módosítottuk. A további megnyíló virágokat rendszeresen, ecset segítségével beporoztuk, ezzel biztosítva a teljes terméskepződést. Az első éretlen terméseket 2024. április 13.-án észleltük. A szamóca betakarítást, a termés érés alapján négy alkalommal végeztük.

- Hőmérséklet: 16-18 °C
- Fotoperiódus: 14 óra/nap
- Tápoldat: Virágzás utáni tápoldat (0:3:1 ml/L)
- Betakarítás: 2024.04.23., 2024.05.02., 2024.05.07., 2024.05.14

3.6. Minőségi paraméterek vizsgálata

A kísérlet során a beltéri termesztésű és a Gödöllői Tanüzem kertészetében szabadföldön nevelt szamóca termés minőségi jellemzőinek elemzésére és összehasonlítására került sor. Lényeges kiemelni, hogy az összehasonlítás alapját azonos Clery fajta képezte, mivel a konténerben nevelt szamócapalánták is a tanüzem szabadföldi állományából származtak. A minőségi méréseket a Budai Campus Élelmiszertudományi és Technológiai Intézetében végeztük, ahol Dr. Csóka Mariann, Végh Rita és Dr. Sipos László szakmai támogatásával precíz analízisre nyílt lehetőség. Az összehasonlító vizsgálat során a termékek fizikai (méret, súly, szín) és beltartalmi (aroma-összetétel, antioxidáns) minőségi paramétereit mértük és összehasonlítottuk. Ezzel átfogó képet kaptunk a különböző termesztési körülmények végtermék minőségére gyakorolt hatásáról. Összesen 16 szabadföldön termesztett és 16 beltéren termesztett szamóca termést vizsgáltunk.

3.6.1. Fizikai paraméterek

A fizikai tulajdonságok vizuális és kereskedelmi szempontból fontos tényezők. A termékek mérete (hossza, átmérője a legszélesebb ponton) digitális tolmérővel, míg a súly precíz analitikai mérleggel lett mérve. A szamócák színét kromaméterrel mértük be, mely az emberi látáshoz hasonlóan értelmezi a színeket az $L^*a^*b^*$ rendszer segítségével. A világosságot az L^* , a piros-zöld színek közötti átmenetet és árnyalatot az a^* és a sárga-kék színek közötti átmenetet és árnyalatot a b^* jelenti. Beltartalmi tulajdonságok között az aroma-összetételét vizsgáltuk, mely meghatározza a gyümölcs élvezeti értékét és befolyásolja a fogyasztói megítélést.

3.6.2. Beltartalmi paraméterek

A következő lépésben a szabadföldi és a beltéri termesztésű szamóca minták különböző fizikai-kémiai, antioxidáns tulajdonságait és aroma-összetételének komponenseit hasonlítottuk össze. Az antioxidáns tulajdonságok keretében vizsgáltuk az összfenoltartalmat (TPC), az antioxidáns kapacitást (FRAP), a rézion-redukáló antioxidáns kapacitást (CUPRAC) és a szabadgyök-semlegesítő képességet (DPPH). Ezen felül megmértük a termékek pH-értékét és aroma-összetételét.

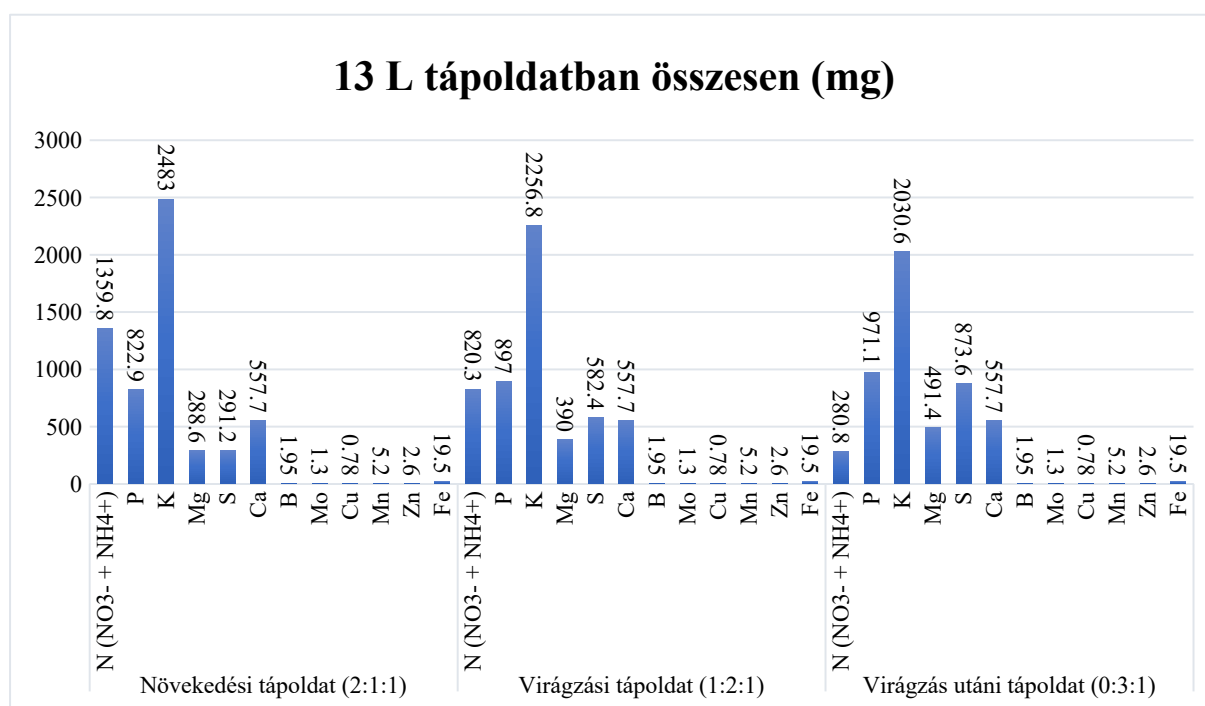
A TPC az adott minta polifenol-tartalmát jelzi, mely alapul szolgál a növények bioaktív vegyületeinek mennyiségének becslésére. A FRAP egy olyan teszt, amely az antioxidáns kapacitást méri, a CUPRAC az antioxidáns aktivitást értékeli, a DPPH a minta antioxidáns működését mutatja.

A szamócák aromaprofiljának a vizsgálata GC-MS-O műszeregyüttessel történt, ami egy komplex analitikai rendszer. Ez a módszer lehetővé teszi a szamóca illékony aromaanyagainak (észterek, alkoholok, aldehidek, ketonok, terpenoidok, oxigéntartalmú heterociklusos vegyületek, savak) kémiai azonosítását és egyidejű érzékszervi értékelését. A minta előkészítése során a szamóca illatanyagai egy úgy nevezett headspace injektor segítségével gázfázisba kerülnek egy zárt térben. A gázkromatográfiával elválasztott vegyületeket a tömegspektrometriás detektor azonosítja és közben egy olfaktometriai egységen keresztül egy képzett bíráló valós időben értékeli az illatokat (gyümölcsös, virágos, édes).

4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

4.1. Tápanyagellátás értékelése

A tápoldatozás során természetmedencénként a három komponens (megfelelő arányban) 13 liter vízzel hígítottunk. Az alábbi diagram (10.ábra), a Dutch Formula által megadott százalékos-hatóanyag tartalom alapján számolt, a három különböző tápoldat makro- és mikroelem tartalmát mutatja pontosan 13 liter tápoldatra vonatkozóan. A diagram áttekintést nyújt az egyes tápoldatok főbb makro- és mikroelem -összetételéről, lehetővé téve az elemek mennyiségének és arányainak összehasonlítását. Továbbá ezek adatok alapján látható, hogy a három tápoldat között hogyan változik a különböző tápelemek mennyisége. Így a diagram a tökéletes alapot ad a későbbi elemzésekhez, hogy a négy fő fejlődési szakaszban az adott tápoldat típus alkalmazása milyen hatással volt a növény fejlődésére.



9. ábra: Három tápoldat típus tápelem-tartalma 13 liter tápoldatban.

Az alkalmazott tápoldatok összetétele szisztematikusan illeszkedett a szamóca növények aktuális fejlődési igényéhez, a fenológiai fázisoknak megfelelően optimalizálva a tápelem-ellátást. A tápoldatok összetételét elemezve megállapítható, hogy a kálium koncentrációja mindhárom tápoldatban domináns maradt. Ez a stratégia a szamóca tápanyagellátásának alapelvét tükrözi, miszerint a kálium kiemelt fontosságú, mivel a gyümölcs minőségének és a termés mennyiségének meghatározó eleme.

A növekedési tápoldat a szamóca kezdeti fejlődését és a vegetatív növekedés intenzív támogatását célozta. Ebben a fázisban a kálium dominált, mely elsősorban a gyümölcsminőséggel hozzuk összefüggésbe, de a magas kezdeti adag indokolt a jövőbeni termésmennyiség megalapozásában, a növény vízháztartásának optimalizálásban, valamint a stressztűrés fokozásában. Ezt egészítette ki a magas nitrogén szint, mely esszenciális a hajtásnövekedéshez és a növényi fehérjék szintéziséhez, továbbá jelentősen hozzájárul a biomassza gyarapodáshoz.

A virágzási tápoldat tápanyag-összetételének módosításával a hangsúly a generatív fejlődés támogatására került. Így elkerültük a túlzott vegetatív növekedést, mely befolyásolhatná a gyümölcs minőségét. Ennek megfelelően a nitrogén szint jelentősen redukálódott, a kálium szint magas maradt, ugyanakkor a foszfor szintje emelkedett, hiszen ez is hatással van a későbbi termés mennyiségére és minőségére. A magnézium és kén koncentrációja is emelkedett, előbbi a klorofil alkotóelemeként kulcsfontosságú a fotoszintézishez, míg az utóbbi a zsírsavak bioszintéziséhez szükséges.

A virágzás utáni tápoldat a gyümölcs minőségének és érésének elősegítésére irányult. Ennek érdekében a nitrogén koncentrációja tovább csökkent, elérve a legalacsonyabb szintet, ami alapvetően a túlzott vegetatív növekedés elkerülését szolgálja. Ezzel párhuzamosan a foszfor elérte a legmagasabb szintet, mivel kiemelkedő szerepet játszik a termésfejlődésben és a minőségben. A magnézium és kén is ebben a fázisban érte el a legmagasabb koncentrációt, támogatva a folyamatos fotoszintézist és a zsírsavak bioszintézisét, melyek elengedhetetlenek a gyümölcs fejlődéséhez.

Állandó mennyiségben a kalcium és az összes mikroelem (bór, molibdén, réz, mangán, cink, vas) 13 liter tápoldatra vetítve, konstans koncentrációban volt jelen mindhárom tápoldatban. A kalcium sokoldalú szerepet tölt be, de legfőbbképpen a növény egészséges és normális gyökernövekedéséhez járul hozzá. A vas szerepet játszik a fotoszintézisben és légzésben, a cink a nitrogén-anyagcserében és a növényi hormonok szintézisében, a réz pedig a fehérjeszintézisben és a szénhidrát-anyagcserében. Ezek a stabilan biztosított mikro tápanyagok garantálták a növény alapvető élettani folyamatainak zavartalan működését a teljes fejlődési ciklus alatt.

4.2. A megvilágítás értékelése

A kísérlet során különös figyelmet fordítottunk a megvilágítás jellemzőinek értékelésére. A megvilágító eszköz ugyan adott volt, azonban a különböző

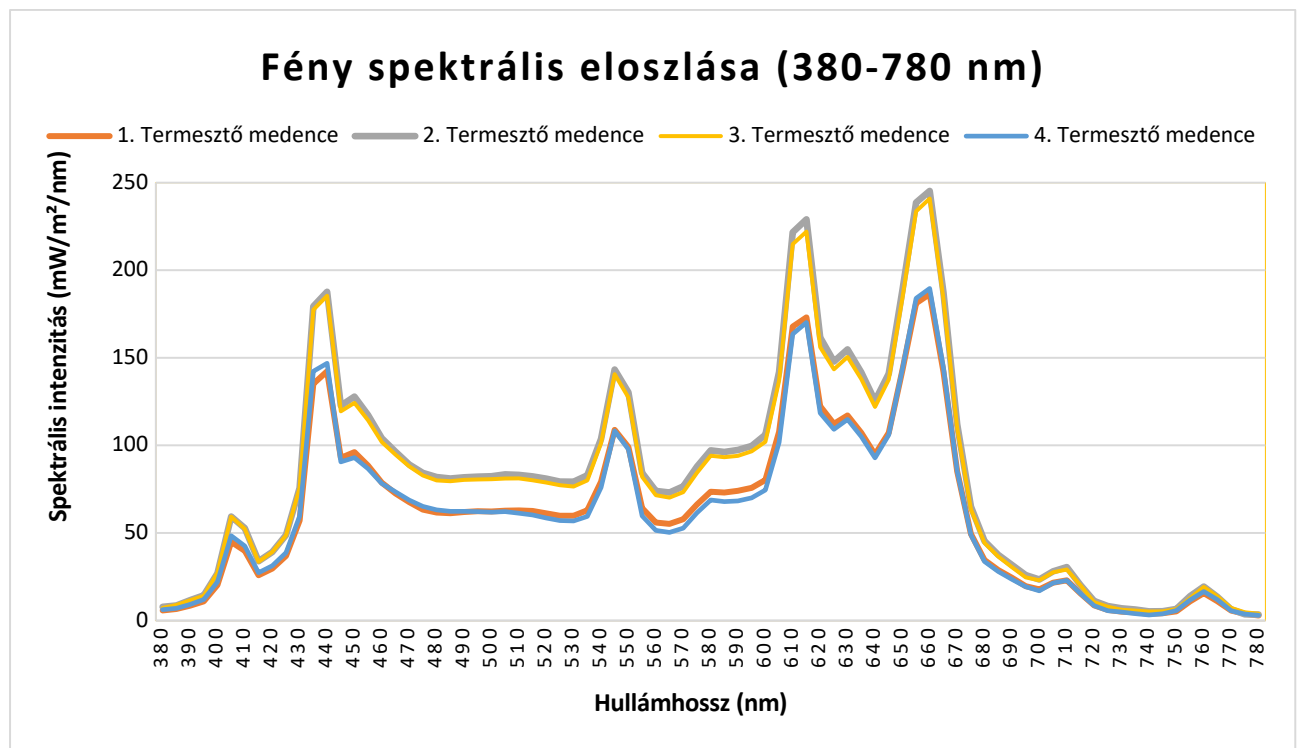
termesztőmedencékben elhelyezkedő palánták által elérhető fény minősége és mennyisége izgalmas kérdés volt. Az 5. táblázat a négy termesztőmedence középpontjából mért fényintenzitás adatait ismerteti.

Mérési paraméter	1. termesztő medence	2. termesztő medence	3. termesztő medence	4. termesztő medence
Megvilágítás (lx)	5825,33	7685,76	7462,09	5585,36
Besugárzás (W/m^2)	24,99	32,96	32,17	24,66
PPFD- Fotoszintetikusan aktív fotonáram- sűrűség ($\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$)	112,68	148,70	145,00	110,85

5. táblázat: A négy termesztő medence középpontjából mért fényintenzitás adatai

A mért adatok alapján jól látható, hogy a második és harmadik termesztőmedence értékei magasabbak, mint az első és a negyedik medencének. Ez annak köszönhető, hogy a középső két medence (2. és 3.) a fényforrás középpontja alatt helyezkedtek el, míg a két szélső távolabb kerültek. Fontos megjegyezni, hogy a mért PPFD-értékek nem a legoptimálisabbak a szamóca számára, viszont ez a fényforrás állt rendelkezésünkre a kísérlet során.

Az alábbi grafikonon (11. ábra) a négy termesztőmedence középpontjában mért fénynek a spektrális eloszlását mutatja a 380 és 780 nm közötti hullámhossz-tartományban. A grafikonon jól látható, hogy a spektrális intenzitás ($mW/m^2/nm$) hogyan változik a különböző hullámhosszokon.



10. ábra: A négy termesztőmedence spektrális intenzitásának összehasonlítása

A diagram alapján megállapítható, hogy mind a négy medencében hasonló a fény spektrális összetétele, azaz azonos hullámhossz-tartományokban vannak a csúcsok és a völgyek. Ez arra utal, hogy a fényforrás, amely biztosította a megvilágítást, egységes spektrummal rendelkezett. Ezen az ábrán is megfigyelhető, hogy a második és harmadik termesztőmedencének a spektrális intenzitása összességében magasabb, mint az első és a negyedik medencének. Ez megerősíti azt a megállapítást, hogy a fényforrás középpontjához közelebb eső medencék intenzívebb megvilágítást kaptak, nem csak a teljes fényerő (PPFD) tekintetében, hanem a spektrum minden részén. A görbék főbb csúcsai (azaz ahol a legintenzívebb a fény) jellemzően a kék (kb. 430-450 nm) és a vörös (kb. 620-660 nm) tartományokban találhatóak, melyek a növényi fotoszintézis szempontjából kulcsfontosságúak.

4.3. A négy fő termesztési szakasz értékelése

4.3.1. Áttelelő szakasz

Kísérletünk első fontos lépése a szabadföldön teletetett, rövidre metszett számócapalánták beltérre való átültetése volt. A szimulált téli nyugalmi időszak nemcsak a várakozásnak megfelelően zajlott, hanem rendkívül pozitív eredményt is hozott. Mind a 40 palántánál intenzív gyökérfelkötést figyeltünk meg. Ez a jelentős gyökérfelkötés, még a visszafogott környezeti feltételek (alacsony hőmérséklet és fotoperiódus) mellett is, egyértelműen arra utal, hogy a növény a nyugalmi időszakot hatékonyan használta fel a megerősödésre. Ez a megfigyelés azt sugallja, hogy a számóca képes erőforrásait a gyökérrendszer fejlesztésére fordítani a kevésbé aktív periódusokban is. Feltételezésünk szerint, ehhez a kiemelkedő gyökérfelkötéshez döntően hozzájárult a tápoldatban biztosított állandó és optimális kalcium (Ca) ellátás, melyről ismert, hogy nélkülözhetetlen az egészséges és normális gyökérfelkötéshez. Ez az eredmény meggyőzően igazolja, hogy a Növekedési tápoldatban biztosított stabil kalcium- és mikroelem-koncentráció, valamint a megfelelő káliumellátás, még a téli szimuláció kevésbé ideális körülményei között is megfelelő alapot teremtettek a számócák gyökérrendszerének megerősödéséhez. Az erősen fejlett gyökérfelkötés alapvető fontosságú a későbbi, intenzívebb fejlődési szakaszok sikerességéhez és a növény általános vitalitásának fenntartásához.

4.3.2. Növekedési szakasz

A téli nyugalmi fázisból való fokozatos kiléptetést követően a számócapalánták 51 napos növekedési periódusa következett. Ez idő alatt a növekedési tápoldatot alkalmaztuk, miközben a környezeti feltételeket is (hőmérséklet és fotoperiódus) módosítottuk. Ezen

feltételek és a specifikusan összeállított növekedési tápoldat hatására a vizsgált 40 számócapalántából 25 mutatott intenzív hajtásfejlődést, míg 15 kevésbé volt aktív. A kevésbé aktív palánták esetében valószínűsíthetően a korlátozott fényellátás gátolhatta a hajtásnövekedést, mivel ezek a palánták túlnyomórészt az 1. és 4. termesztőmedencékben helyezkedtek el, ahol mérhetően alacsonyabb volt a fényintenzitás és a PPFD-érték. A főbb megfigyelések a következők voltak: intenzív hajtásnövekedés, a levélfelület számottevő gyarapodása, valamint a növényi biomassza és az összes zöldtömeg egyértelmű növekedése. Ezt a fázist a növények aktív gyökeresedése és a föld feletti részek dinamikus fejlődése jellemezte, ami erős alapot biztosított a későbbi generatív szakaszokhoz.


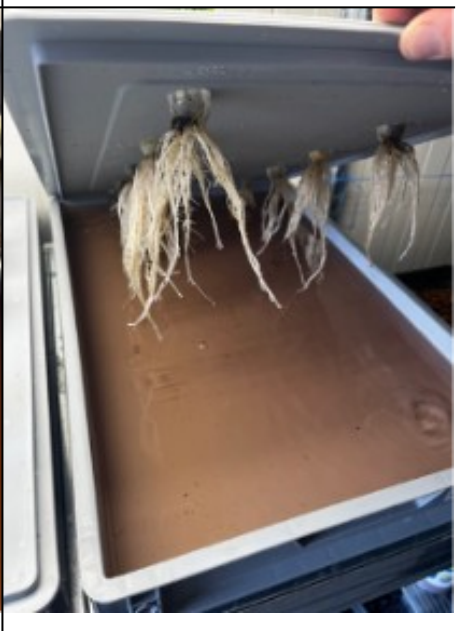


4.3.3. Virágzási szakasz

A növények a virágzási szakaszba történő átvezetése a virágzási tápoldat alkalmazása mellett, módosított környezeti feltételekkel történt. Az első virágok megjelenésétől kezdve, a szakaszt a generatív fejlődés stimulálta. Ebben a szakaszban megfigyeltük, hogy a növekedési szakaszban intenzív hajtásnövekedést mutató 25 palánta sikeresen virágzott. Ez alátámasztja a vegetatív és generatív fejlődés közötti kapcsolatot, hogy a korábbi hajtásnövekedés elengedhetetlen feltétele a sikeres virágzásnak. Ezzel szemben a korábban kevésbé aktív 15 palántánál a virágzás elmaradt, ami a korábbi, kevésbé aktív vegetatív fejlődés következménye lehetett.

4.3.4. Virágzás utáni (termésérési) szakasz

A virágzás utáni - termésérési - szakaszban azok a palánták, amelyek sikeresen virágoztak, természetesen termést is hoztak. A termések betakarítására érésük alapján került sor, négy alkalommal. Sajnos azonban, a pontos, összes terméshozam megállapítása nem volt lehetséges, melynek oka a konténerben fennálló magas páratartalom volt, hiszen nem állt rendelkezésünkre páratartalom szabályozó eszköz. Ez jelentős termésrothadáshoz vezetett. Az éretten betakarított terméseken, a későbbiekben, különböző minőségi paraméterek vizsgálatát végeztünk el, mely során értékes adatokat nyertünk.

A 6. táblázatban a kísérleti számócapalánták fejlődését szemléltetem, a termesztés négy fő szakaszában. Az első oszlopban a szakasz neve és időtartama szerepel, a második oszlopban a szakasz kezdőnapján készült kép, a harmadik oszlopban pedig a szakasz utolsó napján készült kép látható. Így vizuálisan is nyomon követhető a növények fejlődése és a különböző termesztési feltételek hatása a növekedésre és a generatív fejlődésre.

Szakasz	Szakasz első napján készített kép	Szakasz utolsó napján készített kép
Áttelelő szakasz		
Növekedési szakasz		

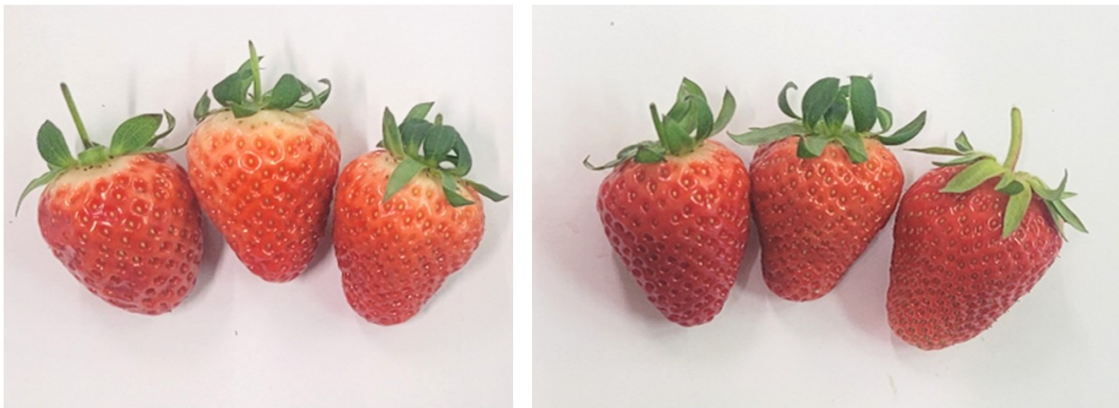
Virágzási szakasz		
Virágzás utáni (termésérési) szakasz		

6. táblázat: A szamóca fejlődésének vizuális dokumentációja szakaszok szerint

4.4. A minőségi paraméterek értékelése

Fontos megjegyezni, hogy a szabadföldi és beltéri szamócák érettségi szintje szemmel láthatóan eltért, a szabadföldi gyümölcsök a vizsgálat időpontjában érettebb állapotban voltak. Ez a különbség a vizsgált paraméterekben eltéréseket okozott, potenciálisan a szabadföldi szamócák javára. Az érettségi fok befolyásolja a gyümölcsök aroma-összetételét és a fizikai tulajdonságait is. Ennek ellenére az általunk mért adatok alapján a szabadföldi és beltéri termesztés között nem tapasztaltunk szignifikáns, nagymértékű eltéréseket. Ez azt igazolja, hogy megfelelő környezeti beállításokkal beltéren is lehetséges a szabadföldivel közel azonos minőségű termés előállítása. A vizsgálat rámutatott, hogy a beltéri termesztésben a precíz

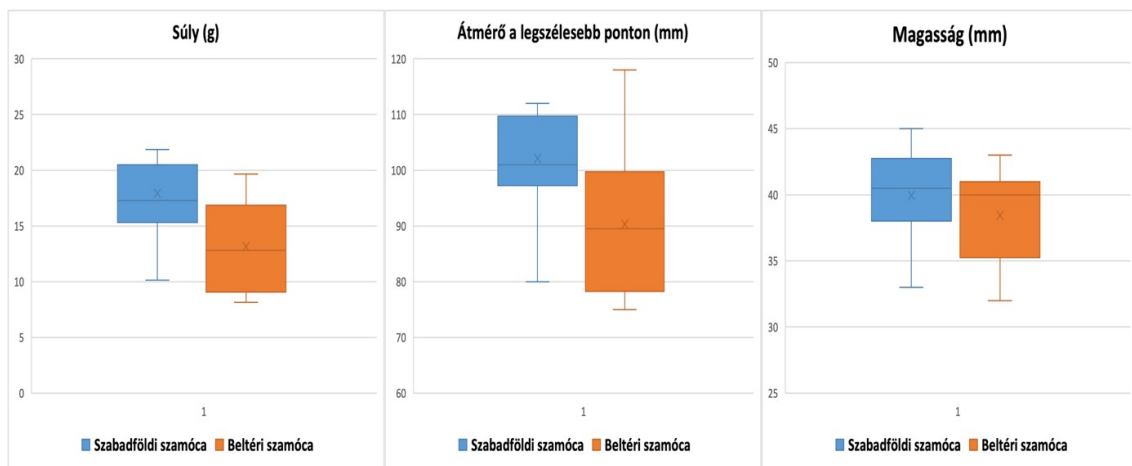
környezetkontrollal kompenzálni lehet a szabadföldi termesztés során a külső tényezők (pl. időjárás) okozta ingadozásokat, és biztosítani lehet az egyenletes, magas minőségű termést. Bár megfigyelhetőek voltak kezdeti eltérések, a végső eredmények alapján kijelenthető, hogy a beltéri termesztés ígéretes alternatívát kínál a szamócatermesztésben és képes potenciálisan versenyképes termék előállítására a szabadföldi termékkel szemben. Az alábbi 14. ábra szemlélteti beltéri és szabadföldi termesztésből származó szamócák érettségi állapotát a beltartalmi vizsgálat napján. A bal oldali képen a beltéri termesztésű, míg a jobb oldali képen a szabadföldi termesztésű szamócák láthatóak. A képek alátámasztják, hogy a szabadföldi szamócák a vizsgálat napján érettebbek voltak a beltérieknél.



11. ábra: Beltéri (bal oldalon) és szabadföldi (jobb oldalon) szamócák érettségi állapotának összehasonlítása

4.4.1. Fizikai paraméterek

A termés mérete és súlya jelentős mutató a minőségi és piaci érték tekintetében. A termések tömege, átmérője és magassága kiemelkedő jelentőséggel bír, mivel ezek a paraméterek jól tükrözik a termesztési körülmények hatékonyságát és a hozamot. A szabadföldi és a beltéri termesztésű szamóca termések súlyát (g), átmérőjét a legszélesebb ponton (mm), valamint magasságát (mm) a 13. ábra szemlélteti.



12. ábra: szabadföldön és beltéri konténerben termesztett Clery fajta szamóca termések tömegének, átmérőjének és magasságának összehasonlítása

A súlyadatok alapján a szabadföldi termesztésből származó szamócák átlagtömege kissé magasabb volt (15–22 g), mint a beltéri mintáké (10–18 g). Bár a szabadföldi gyümölcsök szórása kicsit nagyobb volt, ami heterogénebb fejlődési feltételekre utal. Súly tekintetében nincs jelentős különbség a két termesztési mód között. A medián és az átlagértékek között nincs lényeges eltérés, ugyanakkor a szórás kissé nagyobb volt a szabadföldi minták esetében, amely nagyobb méretváltozatosságot jelezhet. Az átmérő-eloszlások a szabadföldi minták esetében magasabb átlagértéket és szélesebb szórást mutattak. A szabadföldi szamócák átmérője 90–115 mm közé esett, míg a beltéri termesztésű gyümölcsöké jellemzően 80–105 mm között alakult. A mediánértékek közti különbség kismértékű, de a szabadföldi minták nagyobb variabilitása figyelhető meg. A beltéri stabilitás (hőmérséklet, páratartalom, tápanyag-ellátás) ellenére a gyümölcsök mérete kiegyenlítettebbnek bizonyult, de a korábbiakban említett, az optimális fejlődéshez szükséges fényintenzitás hiánya vagy a nem megfelelő beporzás is korlátozhatta az átmérő növekedését. A magassági adatok elemzése során nem mutatkozott lényeges eltérés a szabadföldi és a beltéri minták között. Mindkét termesztési körülmény esetében a gyümölcsök magassága jellemzően 35–45 mm közé esett és az átlagértékek gyakorlatilag megegyeztek. A beltéri termesztésű szamócák magasságeloszlása kissé szűkebb volt, ami a kontrollált körülmények egyenletességére utal.

Összefoglalva a súly, átmérő és magasság paraméterek vizsgálata alapján a szabadföldi és beltéri termesztésű szamócák méretjellemzői között nem mutatkozott számottevő különbség. Bár a szabadföldi minták valamelyest nagyobb méretet értek el, a beltéri termesztés egyenletesebb méreteloszlást eredményezett. A megfigyelt különbségek mértéke azonban statisztikailag nem tekinthető jelentősnek, így a termés méret szempontjából a két termesztési mód hasonló teljesítményt mutatott.

A szabadföldi és beltéri szamóca színvizsgálatok értékelését a CIElab (L^* , a^* , b^*) jelrendszer használatával végeztük. A 6. táblázat szemlélteti az elvégzett színvizsgálat eredményeit.

Minta	L^*	a^*	b^*
Szabadföldi szamóca	34,4	28,9	17,9
Beltéri szamóca	37,5	25,6	16,6

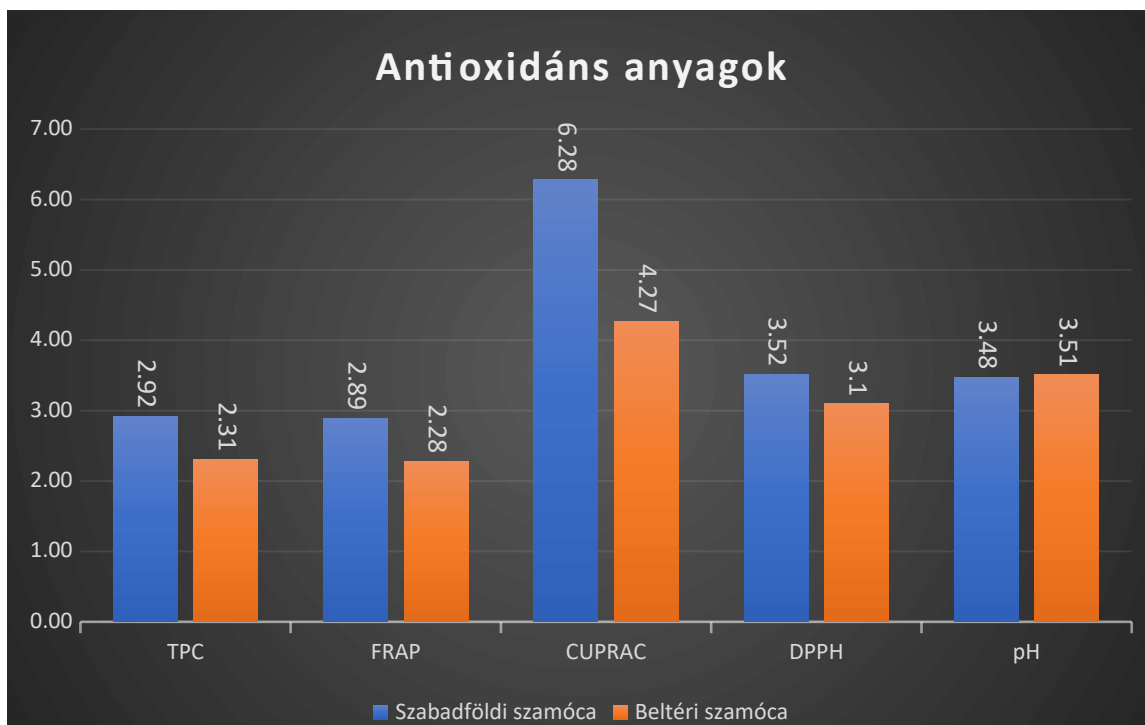
7. táblázat: A szabadföldi és a beltéri termesztésű szamócák CIE lab színparaméterei

A fényesség (L^*) tekintetében a beltéri szamóca világosabbnak bizonyult ($L^*=37,5$) a szabadföldihez képest ($L^*=34,4$), ami arra utal, hogy a beltéren termesztett termés élénkebb és világosabb. A piros szín intenzitását tükröző a^* érték magasabb volt a szabadföldi szamócánál ($a^*=28,9$), mint a beltéri mintánál ($a^*=25,6$), jelezve, hogy a szabadföldi termékek pirosabb és

telítettebb színűek voltak. A sárga kék árnyalatot mutató b^* érték kis különbséggel magasabb volt a szabadföldi mintánál ($b^*=17,9$), ami enyhén melegebb színárnyalatot eredményezett. Összeségében elmondható, hogy a szabadföldi szamócák színe sötétebb és telítettebb volt, mint a beltéri minták világosabb, kevésbé intenzív piros színt mutattak. Ez a különbség adódhat abból, hogy a minták érettségi szintje nem volt megegyező, továbbá a beltéri körülmények között alkalmazott megvilágítás és fényintenzitás szintje nem biztosította a pigmentképződéshez szükséges optimális feltételeket. A kapott eredményekből arra következtethetünk, hogy a termesztési környezet befolyásolja a bioaktív vegyületek koncentrációját. Megállapítható, hogy a beltéri körülmények jelentős hatással lehetnek a fizikai-kémiai tulajdonságokra, például a szín intenzitására és egyéb esztétikai jellemzőkre.

4.4.2. Beltartalmi paraméterek

A következő diagram (14.ábra) a szabadföldi és beltéri termesztésű szamócák kémiai (pH) és antioxidáns paramétereinek összehasonlító átlagértékeit ábrázolja. A vizsgálatok célja az volt, hogy feltárjuk, a két eltérő termesztési mód milyen mértékben befolyásolja a gyümölcs minőségét, különös tekintettel az antioxidáns potenciálra és a kémiai összetételre.



13. ábra: A szabadföldi és beltéri termesztésű szamóca antioxidáns paramétereinek és pH mértékeinek összehasonlító átlagértékei

Az eredményeket bemutató diagram alapján látható, hogy az antioxidáns paraméterek (TPC, FRAP, CUPRAC, DPPH) tekintetében a szabadföldi minták magasabb átlagértékeket értek el, de nem születtek drasztikusan nagy különbségek. A pH-értékeket elemezve a két

termesztési mód között minimális eltérés tapasztalható, a beltéri minták enyhén alacsonyabb pH-t mutattak, ami frissebb, savasabb ízérzetet eredményezhet.

Összességében elmondható, hogy a beltéri és a szabadföldi termesztésű szamócák hasonló beltartalmi értékeket produkáltak. Ez egy kedvező eredmény, ami azt mutatja, hogy a beltéri termesztés – a megfelelő technológiai paraméterek betartása mellett – képes a szabadföldi termesztéssel összevethető minőségű gyümölcsöt teremteni, különösen az antioxidáns és kémiai (pH) tulajdonságok vonatkozásában.

A vizsgált szamócák aromakomponenseinek elemzése során szabadföldi szamócában 57, míg a beltéri szamócában 39 aromakomponens lett azonosítva. Az illataktív zónák száma a szabadföldi mintákban 17, a beltéri mintákban 20 volt. A két termesztési mód közötti összehasonlítás során 34 közös aromakomponens lett azonosítva. Az azonosított vegyületek többsége észter volt, amelyek főként gyümölcsös és édes/vaníliás jegyekkel járultak hozzá az aroma komplexitásához. Kiemelkedő aromavegyületként mind a két mintában jelen volt az etil-2-metilbutanoát, mely kifejezetten a szamócára jellemző illatot kölcsönöz. Ezen felül a szabadföldi szamócákban az alkoholok aránya magasabb volt, míg a beltéri szamócákban az észterek aránya kiemelkedően magas volt, ami a gyümölcsök intenzívebb gyümölcsös illatát bizonyítja.

5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Esetünkben a magas páratartalom a rendszer egyik legjelentősebb korlátozó tényezőjévé vált, ami a páraszabályozó berendezés hiánya miatt fokozott gombásodáshoz és termésrothadáshoz vezetett, megakadályozva a pontos össztermés mérését. A megvilágítás pozicionálása és a lámpák túlzott központosítása egyenetlen fényeloszlást eredményezett, a szélső medencék alacsonyabb PPFD-értékei csökkentve a növekedési teljesítményt. Az alkalmazott hőmérsékleti tartomány (16–24 °C) és a fotoperiódus beállítása (12–14 óra/nap) összességében megfelelt a szamóca igényeinek, azonban, véleményem szerint a mikroklíma szabályozásának finomítása tovább javíthatná az eredményeket, különösen a napi 16-18 órás megvilágítás és a 18-22°C közötti hőmérséklet biztosításával. Összességében a kísérlet rámutatott, hogy a precíz környezeti szabályozás és az egyenetlen fényeloszlás elengedhetetlen feltétele a beltéri szamóca-termesztés sikerességének.

A kísérlet eredményei alapján a beltéri szamóca-termesztés optimalizálása érdekében több fejlesztés is javasolt. Elsősorban a világítás hatékonyságának növelése elengedhetetlen, mely során a lámpák elhelyezését úgy kell módosítani, hogy azok a termesztőmedencék fölé nyúljanak, ezáltal biztosítva az egyenletesebb megvilágítást, valamint a fényintenzitást a virágzási szakaszban 300–400 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ értékre javasolt emelni. A páratartalom szabályozása kiemelten fontos, ezért párátlanító berendezés telepítése javasolt, amely automatikus érzékelőkkel 60–75 % relatív páratartalom között tartja a levegőt, csökkentve a termésrothadást és javítva a növényélettani folyamatokat. A mikroklíma pontos monitorozása érdekében szükséges a mérési és adatgyűjtő rendszer bővítése, CO_2 , páratartalom- és hőmérséklet-érzékelők integrálásával. A tápanyagellátás optimalizálására tápoldat-adagoló rendszer bevezetése javasolt, amely folyamatosan szabályozza a pH- és EC-értékeket. Mindezek mellett, a páraszabályozás megvalósulása után a teljes terméshozamot pontosan kell rögzíteni és minőségi paraméterek vizsgálatával kiegészíteni. A légáramlás optimalizálása szintén hozzájárul az egyenetlen mikroklíma beállításához, ezért a ventilátorok elhelyezésének és sebességének finomítása javasolt. Végül, további kutatások szükségesek a különböző spektrumú LED-fények és tápoldat-receptek hatásának vizsgálatára, valamint a rendszer energiahatékonyságának növelésére időzített világítási ciklusokkal vagy intenzitás-szabályozással.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

Szakedolgozatom a szamóca beltéri, talajnélküli termesztésének hidropóniás körülmények közötti megvalósíthatóságát vizsgálta. A kutatás célja annak feltárása volt, hogy a kontrollált környezetű növénytermesztési rendszerek képesek-e oly mértékben kielégíteni a szamóca növény igényeit, hogy annak fejlődése és terméshozama utolérje a hagyományos módszerekben termesztett szamócaét.

A vizsgálat során részletesen ismertettük a kísérleti helyszínt, a használt berendezéseket és a technológiai beállításokat. A hidropóniás rendszerben négy termesztőmedencében neveltük a szamócat, egységes tápoldatozás mellett, de nem egyenletes fényviszonyok között. A növények fejlődését, virágzását és általános állapotát folyamatosan figyelemmel kísértük.

Az eredmények azt mutatták, hogy a szamóca beltéri körülmények között megfelelő tápoldatozással és klímakontrollal sikeresen termesztethető. A megvilágítás erőssége és eloszlása kulcsszerepet játszott a növények fejlődésében, a páratartalom szabályozásának hiánya pedig korlátozó tényező volt. A hőmérséklet és tápanyag-ellátás megfelelő beállítása elősegítette a vegetatív és generatív fázisok harmonikus átmenetét.

A kísérlet igazolta, hogy a beltéri termesztés alkalmas lehet a szamóca intenzív, egész éves termesztésére, de a rendszer stabil működéséhez elengedhetetlen a pontos klímaszabályozás, az egyenletes fényeloszlás és a páratartalom folyamatos ellenőrzése.

A kísérlet alapján megállapítható, hogy a beltéri szamóca-termesztés hidropóniás körülmények között ígéretes alternatíva a hagyományos módszerekhez képest. A megfelelő tápoldatozás és a klimatikus paraméterek optimalizálása lehetővé teszi a szamóca eredményes fejlődését, a fényviszonyok pedig kulcsfontosságúak a növekedés és terméshozam szempontjából. A páratartalom szabályozásának hiánya azonban jelentős problémát jelent, ami a rendszer továbbfejlesztésének szükségességét emeli ki.

A beltéri szamóca-termesztés hatékonyságának növeléséhez a következő fejlesztések javasoltak: a világítás optimalizálása, a páratartalom pontos szabályozása, a mikroklíma folyamatos monitorozása és automatizálása, valamint az egyenletes fényeloszlás biztosítása. A jövőbeli kutatásoknak a különböző spektrumú LED-fények és tápoldat-összetételek hatásának vizsgálatára, valamint az energiahatékonyság javítására kell összpontosítaniuk.

7. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Szeretném kifejezni hálás köszönetemet konzulensemnek, Dr. Balázs László egyetemi docensnek, aki a kísérlethez elengedhetetlen feltételeket biztosította, szakmai útmutatásával és támogatásával pedig munkámat mindenben segítette.

Külön köszönettel tartozom a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Budai Campusának, az Élelmiszertudományi és Technológiai Intézetének, ahol a laboratóriumi vizsgálatok elvégzésére lehetőségem nyílt. Köszönöm Dr. Csóka Mariannának, Végh Ritának és Dr. Sipos Lászlónak, akik szakértelmükkel a szamóca minták precíz analíziséhez járultak hozzá, lehetővé téve a termékek méretének, beltartalmi értékeinek, antioxidáns-tulajdonságainak és aromaösszetételének összehasonlító vizsgálatát.

Hálás vagyok továbbá Holéci Dórának a tápoldat-kémiával kapcsolatos szakmai segítségért, amely jelentősen hozzájárult a kísérlet sikeréhez.

Végezetül szeretném megköszönni a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetemnek, hogy biztosította a kutatás elvégzéséhez szükséges szakmai és infrastrukturális feltételeket. Ennek köszönhetően a tanulmányaim során lehetőségem nyílt a kísérletezési és a kutatási készségeim fejlesztésére.

8. IRODALOMJEGYZÉK

- Prof. dr. Nikolic, M., & Doc. dr. Milivojevic, J. (2010). *Jagodaste vocke - Tehnologija gajenja*. Cacak, Szerbia: Naucno vocarsko drustvo Srbije, 12-38 p.
- Renate, M. (2010). *Hydrokultur*. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co., 5-8 p.
- Castro, A. (2019). *Six Collective Challenges for Sustainability of Almería Greenhouse Horticulture International Journal of Environmental Research and Public Health* by María D., López-Rodríguez, Cynthia Giagnocavo, Miguel Gimenez, Leticia Céspedes, Abel La Calle, Marisa Ga. Forrás: <https://www.mdpi.com/1660-4601/16/21/4097>
- Nemali, K. (2022). *History of Controlled Environment Horticulture: Greenhouses. HortScience* 239–246 p. . Forrás: <https://journals.ashs.org/view/journals/hortsci/57/2/article-p239.xml>
- dr. Terbe, I. (2019). *Bevezetés Talaj Nélküli Zöldségajtatás*. (I. dr. Terbe, & K. dr. Slezák, szerk.) Budapest: Mezőgazda kiadó.
- dr. Ombódi, A. (2008). *Az Intenzív Zöldségtermesztés Technológiai Alapjai*. Gödöllő: Szent István Egyetem, 1, 1-60 p.
- dr. Papp, J. (1997). *Integrált Gyümölcstermesztés*. (M. Soltész, Szerk.) Budapest: Mezőgazda kiadó, 753-755.
- dr. Papp, J. (1984). *Bogyós-gyümölcsűek*. Budapest: Mezőgazda kiadó, 44 p.
- dr. Papp, J. (1991). *Szamóca termesztés*. Budapest: Mezőgazda kiadó, 13-27.
- dr. Papp, J., & dr. Porpáczy, A. (1999). *Szamóca, Málna - Bogyósgyümölcsűek I*. Budapest: Mezőgazda kiadó, 44-55 p.
- Dénes, F. (2013). *Gyakorlati Szamóca Termesztés*. Budapest: Mezőgazda kiadó, 17-28 p.
- Dénes, F. (2014). *Szamóca termesztés*. Budapest: Mezőgazda kiadó. 3-32 p.
- Agrotonomy, P. (2023). *Strawberry Farming - Hydroponics, Soil, Aeroponics*.
- Agrotonomy, P. (2024). *limate-Controlled Greenhouses vs. Indoor Farming*.
- Babicz, S. (2002). *Minőségi Szamóca termesztés Gazdaságosan*. Niregyháza: Agroföld, 29-34 p.
- Bryson, F. (2025). *Edengreen - Everything You Need to Know About Hydroponic Strawberries*. Forrás: <https://www.edengreen.com/blog-collection/hydroponic-strawberries>
- http 1. *Genezispartner*. Forrás: <https://www.genezispartner.hu/novenykulturak/gyumolcs/szamoca/> (2025. május)
- http 2. *FAOSTAT-Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Forrás: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>

- http 3. (2024). *FruitVeb*. Forrás: Világpiaci kitekintés-a szamóca piaca:
<https://fruitveb.hu/vilagpiaci-kitekintes-a-szamoca-piaca-2024/>
- http 4. (2023). *FruitVeb*. Forrás: Világpiaci kitekintés: a szamóca piaca:
<https://fruitveb.hu/vilagpiaci-kitekintes-a-szamoca-piaca-2/>
- http 5. (2024). *FreshPlaza*. Forrás: Global Market Overview Strawberries:
<https://www.freshplaza.com/europe/article/9614757/global-market-overview-strawberries/>
- http 6. (2025). *FruitVeb*. Forrás: Április végi szamóca helyzetkép: <https://fruitveb.hu/aprilis-vegi-hazai-szamoca-helyzetkep/>
- http 7. (2025). *KSH-Központi Statisztikai Hivatal*. Forrás:
https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0025.html
- http 8. (2024). *FruitVeb*. Forrás: Magyarország-előrébb tartanak a szamócaállományok a meleg tavasz miatt: <https://fruitveb.hu/magyarorszag-elorebb-tartanak-a-szamocaallomanyok-a-meleg-tavaszi-miatt/>
- http 9. (2025). *MODERN INDOOR FARMING AND FOOD SAFETY A REVIEW OF HAZARDS, CONTROLS AND REGULATORY CONSIDERATION* by Keith Warriner, Mahdiyeh Hasani, Lara Warriner, Jeffrey Farber University of Guelph, Canada and Masami Takeuchi Food and Agriculture Organization of the Un. Forrás:
<https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/5640bdd2-5e61-4b1d-8dc1-35dfbcfa5271/content>
- http 10. (2024). *Growag - Indoor farming*. Forrás:
<https://www.growag.com/highlights/article/what-is-indoor-farming>
- http 11. (2024). *Kutlab*. Forrás: <https://www.kutlab.hu/godolloi-dombsag/>

9. TÁBLÁZATJEGYZÉK

1. táblázat: A világ szamóca-termesztés termőterületének és termés mennyiségének változása 2020-tól 2023-ig.	8
2. táblázat: Termesztési eljárások a kertészeti termesztésben (Göhler 2002)	18
3. táblázat: Dutch Formula három komponensének százalékos hatóanyag-tartalma	28
4. táblázat: A három komponens keverésének arányai három fejlődési szakaszban	28
5. táblázat: A négy termesztő medence középpontjából mért fényintenzitás adatai	35
6. táblázat: A szamóca fejlődésének vizuális dokumentációja szakaszok szerint	39
7. táblázat: A szabadföldi és a beltéri termesztésű szamócák CIE lab színparaméterei	41

10. ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra: Európa legnagyobb szamóca termesztő országai	9
2. ábra: A szamóca termőterület és termés mennyiség változása Magyarországon 2019-2023 (KSH)	11
3. ábra: Hazánk importált szamóca mennyisége (tonnában) évente (KSH adatai alapján)	11
4. ábra: A szamóca növény részei (Mozaweb)	14
5. ábra: A szamóca bogernyőjében elhelyezkedő gyümölcsök az érés sorrendjének és a várható méretnek megfelelően. (Papp János – Porpáczy Aladár 1999)	15
6. ábra: Beltéri szamóca termesztés (Fotó: Agrotonomy)	21
7. ábra: Legáramlásra alkalmazott ventilátor (Fotó: Agrotonomy)	23
8. ábra: Konténer, Nedeljkovic Mateja, Gödöllő, 2023	26
9. ábra: Beltéri szamóca termesztés, Gödöllő, Nedeljkovic Mateja, 2023	27
10. ábra: Három tápoldat típus tápelem-tartalma 13 liter tápoldatban.	33
11. ábra: A négy termesztőmedence spektrális intenzitásának összehasonlítása	35
12. ábra: Beltéri (bal oldalon) és szabadföldi (jobb oldalon) szamócák érettségi állapotának összehasonlítása	40
13. ábra: szabadföldön és beltéri konténerben termesztett Clery fajta szamóca termések tömegének, átmérőjének és magasságának összehasonlítása	40
14. ábra: A szabadföldi és beltéri termesztésű szamóca antioxidáns paramétereinek és pH mértékeinek összehasonlító átlagértékei	42

11. NYILATKOZATOK

MATE Szervezeti és Működési Szabályzat

III. Hallgatói Követelményrendszer

III.1. Tanulmányi és Vizsgaszabályzat

6.13. sz. függelék: A MATE egységes szakdolgozat / diplomadolgozat / záródolgozat / portfólió készítési útmutatója

4.2. sz. melléklete: Nyilatkozat a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió nyilvános hozzáféréseiről és eredetiségéről (módosítva: 2025. október 16.)

NYILATKOZAT

szakdolgozat nyilvános hozzáféréseiről és eredetiségéről

A hallgató neve:

Nedeljkovic Mateja

A Hallgató Neptun kódja:

XZ4XK9

A dolgozat címe:

Beltéri Szamóca Termesztés

A megjelenés éve:

2025

A konzulens intézetének neve:

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

A konzulens tanszékének a neve:

Növénytermesztési-tudományok Intézet

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem. Továbbá kijelentem, hogy a dolgozat elkészítése során alkalmazott mesterséges intelligencia-eszközök (pl. szöveggenerálás, nyelvi javítás, fordítás, adatelemzés) használata nem helyettesítette a saját kutatási és alkotói munkámat, azok alkalmazását a források között vagy a módszertani részben feltüntettem, és a szakmai-etikai elvárásoknak megfelelően jártam el.

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 könyvtári repozitori rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: 2025 év 11 hó 29 nap

Nedeljkovic Mateja
Hallgató aláírása

MATE Szervezeti és Működési Szabályzat
III. Hallgatói Követelményrendszer
III.1. Tanulmányi és Vizsgaszabályzat
6.13. sz. függeléke: A MATE egységes szakdolgozat /
diplomadolgozat / záródolgozat / portfólió készítési útmutatója
4.1. sz. melléklete: Konzulensi nyilatkozat

NYILATKOZAT

MATEJA NEDELJKOVIC (név) (hallgató Neptun azonosítója: XZ4XK9)
konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a
záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót¹ áttekinttem, 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 nem³

Kelt: Södölkő 2025 év október hó 30 nap

Bal'kal'
belső konzulens

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő aláhúzendő.

³ A megfelelő aláhúzendő.

Hallgatók, doktoranduszok nyilatkozata mesterséges intelligencia (MI) alkalmazásáról

1. Általános adatok

Hallgató neve:	Nedeljkovic Mateja
Neptun-kódja:	XZ4XK9
Képzési szint (a megfelelőt jelölje X-szel):	<input checked="" type="checkbox"/> BSc/BA <input type="checkbox"/> MSc/MA <input type="checkbox"/> Doktori (PhD) <input type="checkbox"/> Egyéb:
Tantárgy neve/kódja*:	Szakkollegium tantárgy
A munka címe:	Beltéri számóca termesztés

* doktori értekezés esetén nem kitöltendő

2. Nyilatkozat az MI használatáról

Alulírott, etikai felelősségem teljes tudatában az alábbi nyilatkozatot teszem:

(Kérjük, válasszon egyet az alábbi lehetőségek közül!)

- A) Nem alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.
(Amennyiben ezt jelölte, a további táblázatok kitöltése nem szükséges.)
- B) Alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.
(Kérjük, töltsse ki a vonatkozó táblázatokat!)

3. A mesterséges intelligencia használatának részletezése

I. TÁBLÁZAT: Asszisztensi vagy kisebb mértékű felhasználás (pl. fordítás, nyelvi korrektúra, ötletelés stb.)

(Ezen felhasználások esetében a konkrét promptok és válaszok csatolása nem szükséges.)

A felhasználás célja	Alkalmazott MI-eszköz neve és verziója	Érintett rész (ha nem a szöveg egészére vonatkozik)

II. TÁBLÁZAT: Jelentős tartalmi hozzájárulás (pl. egy teljes ábra vagy egy hosszabb szövegrész generálása)

(Ezekben az esetekben a felhasznált kulcsfontosságú promptok és az MI által adott nyers válaszok dokumentálása és a munka mellékletében való csatolása szükséges.)

A felhasználás célja	Alkalmazott MI-eszköz neve, verziója, elérhetősége	Az érintett fejezet / ábra / táblázat pontos sorszáma	A prompt-naplót tartalmazó melléklet bejegyzésének sorszáma

--	--	--	--

3/A. Oktató által előírt kiegészítő szabályok (ha vannak)

Amennyiben az adott tantárgy oktatója vagy témavezetője az MI-eszközök használatára vonatkozóan külön szabályokat vagy elvárásokat határozott meg, kérjük, az alábbi mezőben foglalja össze ezeket:

Pl. az MI használatának tilalma bizonyos feladattípusokra; csak konkrét eszköz használata engedélyezett; eltérő hivatkozási elvárások; dokumentációs forma stb.

Oktató vagy témavezető által előírt szabályok:

.....
.....
.....
.....

4. Minden hallgatóra vonatkozó nyilatkozat:

Kijelentem, hogy az MI által esetlegesen generált tartalmakat minden esetben kritikailag felülvizsgáltam, szerkesztettem és a munkába illesztettem. A leadott munka minden eleméért, annak eredetiségéért és tudományos helytállóságáért teljes körű felelősséget vállalok. Tudomásul veszem, hogy a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem a benyújtott munkát mesterséges intelligencia detektorral ellenőrizheti, és eljárást kezdeményezhet, amennyiben a nyilatkozatom valótlan vagy hiányos.

Kelt: Gödöllő, 2025. október hó 30. nap

Nedeljkovic Mateja

Hallgató aláírása

Rele

Konzulens/Témavezető aláírása