

SZAKDOLGOZAT

Ispán Gréta

2025



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus
Kertészmérnök alapképzési szak

**Paradicsom (*Solanum lycopersicum* L.) és uborka (*Cucumis sativus* L.) növények
palántanevelésének eredményessége automatizált palántanevelő rendszerekben**

Belső konzulens:

Dr. Barkó György
tudományos főmunkatárs

Készítette:

Ispán Gréta

Gödöllő

2025

TARTALOM

1. Bevezetés	2
1.1. Bevezetés	2
1.2. Célkitűzések	3
2. Szakirodalmi áttekintés	4
2.1. Az automatizáció fogalma és értelmezése	4
2.1.1. Nemzetközi és hazai trendek az agrár-automatizációban	4
2.1.2. Az automatizálás előnyei kisüzemi környezetben	5
2.1.3. Társadalmi és gazdasági vonatkozások	6
2.2. A zöldség-hajtás jelentősége Magyarországon	7
2.2.1. Hajtásos termesztés történeti és gazdasági jelentősége	7
2.2.2. Automatizálás szerepe a hajtatos kertészetekben	8
2.2.3. Fenntarthatósági és erőforrás-hatékonysági szempontok	10
2.3. A vizsgált növényfajok környezeti igényei és modern termesztéstechnológiája	11
2.3.1. Paradicsom (<i>Solanum lycopersicum</i>)	11
2.3.2. Uborka (<i>Cucumis sativus</i>)	12
2.4. Automatizált rendszerek és szenzortechnológia a kertészetben	13
2.4.1. Szenzoros monitorozás és adatgyűjtés	13
2.4.2. Internet of Things (IoT) alkalmazások	14
2.4.3. Kisüzemi technológiai adaptációk	15
3. Anyag és módszer	17
3.1. Megfigyelési helyszínek és mérési körülmények	17
3.2. A fóliasátorok kialakítása	19
3.3. Felhasznált fajok és genotípusok	19
3.4. Felhasznált anyagok	20
3.5. Automatizált technológia	20
3.6. Növényápolás és adatfelvételezés	20
3.7. Az adatok statisztikai értékelése	21
4. Eredmények és megvitatásuk	22
5. Következtetések és javaslatok	32
6. Összefoglalás	35
Irodalomjegyzék	36
Ábra- és táblázatjegyzék	38
Mellékletek	39

1. Bevezetés

1.1. Bevezetés

Az automatizálás jelentős szerepet tölt be a modern mezőgazdasági termelésben, különösen a hajtatót zöldségtermesztésben, ahol a precíziós technológiák alkalmazása egyre inkább elengedhetetlen a versenyképesség és fenntarthatóság érdekében. Magyarországon a paradicsom (*Solanum lycopersicum*) és az uborka (*Cucumis sativus*) palántanevelése az üvegházi termesztés alapvető elemei közé tartozik, amelyek hatékony előállítása kulcsfontosságú a minőségi termelés és a piaci igények kielégítése szempontjából (Czako & Szuvandzsiev, 2014; Ledó et al., 2018).

A korszerű üvegházakban alkalmazott intelligens klíma- és öntözés-szabályozó rendszerek valós idejű adatokat biztosítanak a mikroklíma folyamatos optimalizálásához, ami jelentős mértékben hozzájárul a növények egészséges fejlődéséhez és a termesztési folyamat hatékonyságához. Az ilyen automatizált megoldások lehetővé teszik a környezeti stressz csökkentését és a termelési költségek minimalizálását, miközben növelik a terméshozamot és javítják a termékminőséget (Abbood et al., 2020; Kavga et al., 2020).

A hazai hajtató kertészet piaci helyzete erősen versenyközpontú, amelyben a technológiai innovációk és fejlesztések nélkülözhetetlenek a fenntartható és versenyképes gazdálkodáshoz, különösen a kis- és középzemmel termelők számára. Számukra a beruházások megtervezése és megtérülése hosszú távú szempontokat is figyelembe vevő döntéshozatalt igényel (Czigány, 2013; Krivdáné Dorogi, 2015).

A paradicsom és az uborka sikeres palántanevelése nagy mértékben függ a megfelelő tápanyag-ellátástól és az öntözés precizitásától, melyeket az automatizált rendszerek magas szinten támogatnak (http3; Tóth et al., 2021). Az automatizált rendszerek bevezetése a növényházakban nemcsak a termelési költségek csökkentését célozza, hanem a termesztés minőségének és stabilitásának jelentős növelését is elősegíti, amely különösen fontos a változó klimatikus körülmények között (http2; Li et al., 2022).

Magyarországon a hagyományos fóliasátras és üvegházi termesztés, valamint az utóbbi évek technológiai újításai együttesen támogatják a palántanevelők hatékonyságának növekedését. Ezek a fejlesztések elengedhetetlenek a termelési ciklusok optimalizálásához és a piaci elvárások magas színvonalú kielégítéséhez (Gyenes-Hegyi, 2006; Ledó et al., 2018).

A jelen dolgozatban vizsgáltuk az automatizált palántanevelési rendszerek mikrokörnyezeti befolyását paradicsom és uborka fajták fejlődési paramétereire, elősegítve a fenntartható növénytermesztési gyakorlat kialakítását.

1.2. Célkitűzések

A dolgozat fő célkitűzései

- Átfogó áttekintést nyújtani az automatizált szenzoros rendszerek szerepéről és működéséről a magyarországi üvegházi palántanevelésben, hangsúlyozva az ipari és kisüzemi környezetek közötti különbségeket.
- Összehasonlítani a nagyüzemi precíziós szenzoros technológiák és a kisüzemi termelők számára elérhető egyszerűbb, költséghatékonyabb automatizálási megoldások hatékonyságát, működési paramétereit.
- Felmérni az egyes automatizációs elemek alkalmazhatóságát és hatásait a kisüzemi környezetben, különösen a palánták fejlődésére, a termesztés hatékonyságára és gazdaságosságára, valamint javaslatokat megfogalmazni a gazdaságos és fenntartható növénytermesztési módszerek kialakításához.
- Részletes gyakorlati vizsgálatot végezni a paradicsom (*Solanum lycopersicum*) és uborka (*Cucumis sativus*) palántanevelésének eredményességéről különböző méretű termesztőberendezésekben, különböző technológiát alkalmazó automatizált rendszerek alkalmazása mellett, különös tekintettel a növény növekedési paramétereire.

2. Szakirodalmi áttekintés

2.1. Az automatizáció fogalma és értelmezése

A dolgozat az automatizáció fogalma és értelmezése, valamint a nemzetközi és hazai trendek az agrár-automatizáció területén témaköröket felölelő fejezetei áttekintik az automatizáció alapvető fogalmait és helyét a mezőgazdasági gyakorlatban. Bemutatják, milyen gyors fejlődésen ment keresztül az agrár-automatizáció, amikor már nem csupán nagyméretű gépek, hanem apró, intelligens robotok, fejlett szenzorok és mesterséges intelligencia alapú rendszerek is alapjaiban átalakítják a mezőgazdasági munkafolyamatokat. Ezen belül külön szeretném kiemelni a technológiai fejlődés és automatizáció különböző szintjeit és alkalmazásait, valamint azok hatását a gazdálkodási folyamatokra és a versenyképességre.

A fejezet célja, hogy átfogó képet nyújtson az automatizáció fogalmi háttéréről és jelenlegi tendenciáiról az agráriumban, különös tekintettel a kis- és középzemeli előnyökre, valamint a társadalmi és gazdasági vonatkozásokra, ezzel megalapozva a későbbi szakmai és gyakorlati elemzéseket.

2.1.1. Nemzetközi és hazai trendek az agrár-automatizációban

Az agrár-automatizáció az elmúlt években olyan gyors fejlődésen ment keresztül, amely 2025-ben még látványosabbá vált.

Az egyik legérdekesebb terület a precíziós öntözés és a környezet szabályozása. Modern üvegházakban olyan önálló rendszerek működnek, amelyek a növények aktuális szükségleteihez igazítják a víz, a fény, a hőmérséklet és a tápanyag mennyiségét. Ezek a rendszerek éjjel-nappal, a hét minden napján dolgoznak, hogy a palánták a legjobb körülmények között fejlődjenek, miközben csökkentik az erőforrás-pazarlást. Nemcsak a nagyüzemi gazdaságok számára elérhető ez a technológia, hanem egyre többen a családi és kiscgazdaságokban is elkezdik alkalmazni (http3; Abbood et al., 2020).

A mesterséges intelligencia is egyre nagyobb szerepet kap. A földeken nemzetközi szinten már olyan önálló robotokat használnak, amelyek képesek felismerni a gyomokat, és célzott permetező vagy mechanikai gyomláló rendszerekkel dolgoznak, így csökkentve a vegyszerek használatát és a környezetre gyakorolt terhelést. Ezek a gépek fejlettek és kíméletesek, ugyanis a növényeket nem károsítják, miközben pontosan és rendszeresen végzik a feladataikat (Li et al., 2022).

Az agrárium Magyarországon is egyre inkább digitalizálódik, hajtásban például szenzorokkal felszerelt, hálózatba kötött üvegházakban folyamatosan figyelik a növények állapotát. Az adatok alapján finomhangolják az öntözést vagy a klímát, ezenfelül a Digitális

Agrárakadémia oktatásai hozzájárulnak ahhoz, hogy a termelők megértsék és alkalmazzák ezeket a lehetőségeket. Ugyanakkor a kezdeti beruházások még mindig komoly költségeket jelentenek, de az állami támogatások és Európai Unió források segítenek a kisebb gazdaságoknak is bekapcsolódni ebbe az új korszakba (http1; Ledó et al., 2018).

Az önjáró robotok és automata járművek használata a közeljövő egyik fő trendje lesz. Már ma is léteznek GPS-alapú, precíziós navigációval működő önvezető traktorok és kombájnok, amelyek milliméter pontossággal végzik a munkát, így csökkentve az átfedéseket vagy kihagyásokat a földeken. Ez nemcsak az üzemanyag- és időmegtakarítás miatt fontos, hanem azért is, mert a gépkezelők inkább felügyelőként vesznek részt a folyamatban, a fizikai munka szerepe visszaszorul (Czigány, 2013).

Egy másik kiemelt irány a vertikális gazdálkodás automatizálása, amely lehetővé teszi, hogy egymásra helyezett termesztőrétegekben, zárt rendszerekben nőjenek a növények, miközben a mesterséges körülményeket algoritmusok szabályozzák. Ezek az automatizált vertikális farmok akár 70 százalékkal nagyobb termést is eredményezhetnek, miközben jelentősen csökkentik a víz- és energiafelhasználást, ami a klímaválság korában kiemelten fontossá vált (Li et al., 2022).

Az agrárdigitalizáció és automatizáció nagy előnyei közé tartozik a gyorsabb reakció a változó időjárási körülményekre, az erőforrások pontosabb kihasználása és a munkaerőhiányból eredő problémák kezelése. Ezek a technológiák erősítik Magyarország pozícióját a régió modern és versenyképes mezőgazdaságai között, hozzájárulva a fenntartható élelmiszertermeléshez (Ledó et al., 2018).

Bár vannak még kihívások, az agrár-automatizáció 2025-ben már nemcsak a jövő víziója, hanem a jelen valósága is. A technológiák széles körben elérhetővé váltak, és a gazdálkodók egyre tudatosabban használják ki a bennük rejlő lehetőségeket, legyen szó nagyüzemről vagy családi gazdaságról (Czigány, 2013; Krivdáné Dorogi, 2015).

A mezőgazdaság mindennapi működése átalakulóban van, és az elkövetkező években várhatóan még nagyobb szerepet kap majd az automatizáció és az okos technológiák használata, minden termelési szinten (http1; http5).

2.1.2. Az automatizálás előnyei kisüzemi környezetben

Az automatizálás kisüzemi környezetben is egyre nagyobb előnyöket kínál, amelyek közül az egyik legfontosabb a termelés hatékonyságának növekedése és a ráfordítások csökkenése. Egy kisebb méretű, például családi gazdaság számára az automatizált mikroklíma-szabályozás olyan kényelmet biztosít, amely korábban csak a nagyüzemek kiváltsága volt. Ezek a szenzoros rendszerek lehetővé teszik, hogy a növényeket mindig optimális környezetben tartsák, anélkül,

hogy a gazdának folyamatosan jelen kellene lennie vagy állandóan be kellene avatkoznia (Abbood et al., 2020).

Magyarországon a kisüzemi tapasztalatok azt jelzik, hogy az automatizált tápanyag-ellátás és az öntözés precíziós irányítása révén jelentős erőforrás-megtakarítás érhető el. Ez azt jelenti, hogy kevesebb vizet, műtrágyát és energiát kell felhasználni ugyanahhoz a termelési mennyiséghez, vagy azonos inputanyaggal dolgozva akár jobb minőséget is el lehet érni (http3). Ezek az eszközök nemcsak pénzt takarítanak meg, hanem hozzájárulnak a fenntarthatóbb gazdálkodás kialakításához is.

A kisüzemi termelésben a technológiai fejlődés látványos hatásai megfigyelhetők a kistermelői hajtattott zöldségtermesztésben is, ahol már az egyszerűbb automatizált lépések, mint az automatizált szellőztetés vagy a klímazabályozás is jelentős előnyöket hozhatnak. Emellett helyet kapnak az olcsóbb monitoring rendszerek is, amelyek lépésről lépésre segítik a mindennapi munkát (Gyenes-Hegyi, 2006).

A fenntartható, ökológiai szemléletű gazdálkodás területén egyre több automatizált rendszer jelenik meg a hazai kisüzemi gazdaságokban is. Ezek segítik a hatékonyabb erőforrás-gazdálkodást, miközben kevesebb fizikai munkával eredményesebb termelés érhető el. Nemcsak a gazdaságosság, de a környezetvédelem is nagy hangsúlyt kap, hiszen az automatizálás segítségével optimalizálható a tápanyag- és vízhasználat, valamint csökkenthető a kézimunka mértéke (http4).

A hazai kis- és nagyüzemi rendszerek összehasonlítása azt mutatja, hogy hosszú távon mindkét esetben javul a termelési eredményesség az automatizáció révén, azonban a kisüzemi szinten ez különösen fontos, mivel segít a munkaerőhiány kompenzálásában és a költséghatékonyság növelésében (Krivdáné Dorogi, 2015). A fóliasátras és hajtató termesztési rendszerekben szerzett tapasztalatok alapján az automatizált rendszerek nemcsak a termékek minőségét javítják, hanem növelik a gazdaság fenntarthatóságát is (Czako & Szuvandzsiev, 2014; Sipos et al., 2019).

Az elmúlt években egyre több gazda számára vált elérhetővé az automatizáció kisüzemi szinten is, részben a pályázatoknak köszönhetően, amelyek ösztönző hatásúak. Ezek a támogatások elősegítik a korszerű technológiák alkalmazását, ami hozzájárul a versenyképesség növeléséhez és a fenntartható termelési folyamatokhoz (Czigány, 2013, Ledó et al., 2018).

2.1.3. Társadalmi és gazdasági vonatkozások

A mezőgazdasági automatizáció nem pusztán technológiai előrelépés, hanem mély társadalmi és gazdasági változásokat is előidéz. A Food and Agriculture Organization of the

United Nations (FAO) hangsúlyozza, hogy a fenntarthatóság, a gazdasági hatékonyság és a társadalmi alkalmazkodás elengedhetetlenek a digitális rendszerek globális terjedésében. Ezek az újítások nem csupán a termelékenységet növelik, hanem javítják a munkaerőpiacot, új szakmákat hoznak létre és csökkentik a társadalmi-gazdasági egyenlőtlenségeket (http2).

Magyarországon a hajtattott paradicsomtermesztés jól példázza, hogy a műszaki-technológiai fejlesztések, köztük az automatizáció, jelentős gazdasági előnyökkel járnak. Krivdáné Dorogi (2015) tapasztalatai szerint ezek a technológiák csökkentik a termelési költségeket, növelik a termelés hatékonyságát, és hosszú távon fenntarthatóbbá teszik a termelést a digitális eszközök és automatizált rendszerek által nyújtott optimalizálás segítségével.

A piaci környezet és munkaerőigény is változik. Ledó és szerzőtársai (2018) kimutatták, hogy az automatizáció szélesebb körű elterjedése a hazai zöldségtermesztésben munkaerőpiaci átalakulásokat okoz, miközben gazdasági előnyöket kínál, amik a termelők versenyképességét és megélhetését is befolyásolják. A társadalmi szintű alkalmazkodás, például munkaerő-átképzés és közösségi támogatások, elengedhetetlenek az eredményes bevezetéshez (Czigány, 2013).

Az automatizált mikroklíma-monitoringban használt mesterséges intelligencia modellek csökkentik a termelési költségeket, és különösen a kisüzemi szektorban számottevően javítják az erőforrás-menedzsmentet (Abbood et al., 2020). Emellett a precíziós tápanyagellátás terén is növekvő szerep jut a technológiáknak, amelyek a paradicsom- és uborkatermesztésben érnek el komoly eredményeket (http3).

A családi kertészetek fenntarthatóságában is kiemelt szerepet játszanak az automatizációs fejlesztések. Gyenes-Hegyí (2006) rámutat arra, hogy ezek a technológiák nemcsak gazdasági hasznot hoznak, de támogatják a környezettudatos gazdálkodást és a családi gazdaságok fennmaradását is.

2.2. A zöldség-hajtás jelentősége Magyarországon

2.2.1. Hajtásos termelés történeti és gazdasági jelentősége

A hajtattott zöldségtermesztés Magyarországon egy hosszú múltra visszatekintő hagyomány, amely már a középkorban is megjelent a melegágyak alkalmazásával. Ezek az első növényházak lehetővé tették, hogy a palánták korábban kikeljenek és gyorsabban fejlődjenek, így meghosszabbítva a termelési időszakot. Bár a melegágyak egyszerűbb és kevésbé

energiahatékony megoldást jelentettek, a XX. század közepéig csekély fejlődésen mentek keresztül (Gyenes-Hegyi, 2006).

A fóliasátrak megjelenése új fejezetet nyitott a zöldségtermesztésben, mivel ezek a szerkezetek már szabályozható környezeti feltételeket biztosítottak. Ez a technológia jelentősen kitolta a termesztési periódust és növelte a termelés hatékonyságát, ami létfontosságú volt a bővülő piac igényeinek kielégítésére és a szezonon kívüli friss termékek megjelenésére (Czako & Szuvandzsiev, 2014).

A rendszerváltás utáni időszakban a magyar hajtattott zöldségtermesztés egy nagymértékű technológiai ugráson ment keresztül, a fejlesztéseket jelentős uniós támogatások és hazai kutatások segítették. A korszerű üvegházi rendszerek és az automatizált klímaszabályozás, öntözés és tápanyagkezelés megjelenése növelte a termelékenységet, miközben csökkentette a ráfordításokat és kiegyenlítettebb termésátlagokat tett lehetővé (Krivdáné Dorogi, 2015).

Az elmúlt évtizedben jelentősen átalakultak a hajtattott területek: a termelés jobban igyekszik igazodni a piaci követelményekhez, miközben a fenntarthatóság is mind nagyobb hangsúlyt kap. Bár a hajtattott terület nagysága Magyarországon kissé csökkent, a korszerű technológiák és innovatív termelési módszerek következtében a termelési volumen és termésátlag nőtt (Ledó et al., 2018).

A hajtattott zöldségtermesztés társadalmi és gazdasági jelentősége tükrözteti a termelési adatokon. A vidéki térségekben munkahelyek jönnek létre, ahol a precíziós és technikailag támogatott gazdálkodás fokozatosan váltja fel a hagyományos mezőgazdasági munkákat. Ehhez a változáshoz a termelőknek és a közösségeknek is alkalmazkodniuk kell, hogy kihasználják a technológiai fejlődés nyújtotta lehetőségeket a versenyképesség növelésére (Czigány, 2013).

Nem elhanyagolható a hajtattás szerepe a magyar mezőgazdaság alkalmazkodóképességének erősítésében, különösen a globális klímaváltozás és a piaci ingadozások közepette. A Food and Agriculture Organization of the United Nations jelentése kiemeli, hogy a hajtattott termesztés stabilizáló hatással van a termelésre, és csökkenti a külső környezeti kockázatokat ([http2](#)).

2.2.2. Automatizálás szerepe a hajtattott kertészetekben

Az automatizálás mára az egyik legmeghatározóbb tényezővé vált a hajtattott kertészetekben, amely alapvetően átalakította a magyar mezőgazdaság egyik fontos szegmensét. Az üvegházakban és fóliasátrakban a mikroklíma folyamatos megfigyelése és automatizált szabályozása olyan fejlettségi szintre jutott, amely lehetővé teszi, hogy a növények számára optimális környezetet biztosítsanak a fejlődéshez. Ezt az irányt jól szemlélteti Abbood és

munkatársai (2020) által bemutatott mesterséges intelligencia alapú mikroklíma-monitoring rendszer, amely képes azonosítani a környezeti paraméterek eltéréseit, és automatizáltan korrekciós beavatkozásokat hajt végre. Ez a megközelítés egyszerre növeli a hozamot és csökkenti a termelés költségeit, amivel versenyelőnyt biztosít a termelőknek.

A modern növényházak működtetésében döntő szerepet kapnak a számítógépes környezeti modellek és az automatizált vezérlőrendszerek. Kavga és munkatársai (2020) rámutatnak arra, hogy ezek az innovatív megoldások lehetővé teszik a klímaelemek, például a hőmérséklet, páratartalom és légmozgás precíz, egyedi szabályozását. Ennek eredményeként nemcsak egészségesebb növényállomány jön létre, hanem javul a termés hozam és a termésminőség is, ami piaci szempontból rendkívül fontos.

Az automatizáció jelentős gazdasági előnyöket is kínál. Krivdáné Dorogi (2015) vizsgálatai szerint az automatizálás különböző szintjei között komoly eltérés mutatkozik termelékenységben és költséghatékonyságban, különösen a kis- és nagyüzemi rendszerek közötti összehasonlításban. Ez arra utal, hogy a nagyobb beruházásokat igénylő, fejlettebb automatizált rendszerek hosszútávon javítják a versenyképességet, ám a kisebb termelők számára is nélkülözhetetlen a technológiai fejlődés támogatása, hogy lépést tarthassanak. Ezt a hazai hajtott zöldségtermesztés fejlődési irányát is megerősíti Ledó és munkatársainak megállapítása (2018), akik az automatizált megoldások térnyerését kulcsfontosságúnak tartják a jövőben.

A hazai automatizáció fejlesztése nem újkeletű, hiszen már a hajtási technológiák kialakulásának kezdetétől jelen vannak a korszerűbb megoldások. Gyenes-Hegyí (2006) részletesen bemutatja az automatizáció történetét a magyar hajtott kertészetben, hangsúlyozva, hogy bár a technológia fejlődése folyamatos, a régebbi tapasztalatok és a szakértelem továbbra is nélkülözhetetlenek a sikeres termeléshez. Ez az összhang a hagyományok és az innováció között alapvető előfeltétele a fenntartható mezőgazdaságnak.

Globális szinten az automatizált és digitális rendszerek mindennapi eszközzé váltak, különösen a mezőgazdaságban, ahol a klímaváltozás és a fenntarthatóság kihívásainak kezelése kulcsszerepet játszik. Az Egyesült Nemzetek Élelmezésügyi és Mezőgazdasági Szervezetének jelentése (2016) kiemeli az automatizáció társadalmi és gazdasági jelentőségét, amely nem csupán a termelés hatékonyságát növeli, hanem hozzájárul a munkaerőpiaci egyenlőtlenségek mérsékléséhez is, elősegítve a munkaerőpiac jobb működését.

Magyarország piaci környezetében az automatizáció stratégiai fontosságú tényezővé vált. Czigány (2013) rámutat, hogy az automatizálás jelentősen növeli a hajtott kertészetek piaci esélyeit, lehetővé téve a termelők számára a gyors alkalmazkodást a folyamatosan változó

környezetbe. Ezzel párhuzamosan az automatizált rendszerek hozzájárulnak a környezettudatos gazdálkodás előmozdításához is, amely nélkülözhetetlen a fenntartható fejlődés érdekében.

2.2.3. Fenntarthatósági és erőforrás-hatékonysági szempontok

A hajtattott kertészetek fenntarthatósága ma már nemcsak környezeti, hanem gazdasági szükségesség is a magyar mezőgazdaságban. A globális klímaváltozás hatásai, az energia- és vízköltségek emelkedése, valamint a fogyasztói elvárások változása alapvetően alakítják át a termelési folyamatokat. Ebben a kihívásokkal teli környezetben az automatizált rendszerek felbecsülhetetlen szerepet kapnak, hiszen pontosan képesek szabályozni a mikroklímát, az öntözés és tápanyagellátás menedzselését, így minimalizálva a fölösleges energia- és vízfelhasználást, amely együtt mérsékli az ökológiai lábnyomot ([http2](#)).

Az Abbood és munkatársai (2020) által fejlesztett RBF neurális hálózaton alapuló mikroklíma-monitoring rendszer például a valós idejű adatfeldolgozás lehetőségeit kihasználva képes arra, hogy az energiát mindig és kizárólag ott használja fel, ahol és amikor valóban szükség van. Ez a megközelítés nem csupán a környezetet védi, hanem a termelési költségek optimalizálásában is kulcsszerephez jut.

Itthon is egyre több gazda és kutatóintézet vezeti be a precíziós gazdálkodás ezen elemeit a víz- és tápanyag-gazdálkodásban. Szakértők hangsúlyozzák, hogy a talaj és a növény speciális igényeit figyelembe vevő tápanyagmenedzsment révén jelentős költségmegtakarítás, illetve termelékenység-növekedés érhető el, ami elengedhetetlen a versenyképes és fenntartható mezőgazdaság működéséhez ([http3](#)).

Emellett az Ökológiai Mezőgazdasági Kutatóintézet tapasztalatai is azt igazolják, hogy az automatizáció és a fenntartható gazdálkodási elvek kéz a kézben járnak. Az olyan technológiák, mint a biológiai növényvédelem és a víztakarékos módszerek, hatékonyan kombinálhatók automatizált rendszerekkel, amelyek a termelés hatékonyságát növelik, miközben az ökológiai terhelést csökkentik ([http4](#)).

Krivdáné Dorogi (2015) kutatásai alátámasztják, hogy a magasabb szintű automatizációval működő hajtattási rendszerek sokkal eredményesebben gazdálkodnak az erőforrásokkal, amely gazdasági és környezetvédelmi szempontból egyaránt előnyös. Ez különösen igaz a kis- és a középzemű gazdaságokra, ahol a fenntarthatóság nemcsak a gazdasági életképesség megőrzését, hanem a környezeti hatások csökkentését is szolgálja. Gyenes-Hegyí (2006) pedig gyakorlati megoldások révén kínál segítséget ezeknek a gazdaságoknak, hogy egyszerűbb és

költséghatékonyabb technológiákat alkalmazzanak a fenntartható zöldségtermesztés érdekében.

2.3. A vizsgált növényfajok környezeti igényei és modern termesztéstechnológiája

2.3.1. Paradicsom (*Solanum lycopersicum*) környezeti igényei és termesztési feltételei

A paradicsom, tudományos nevén *Solanum lycopersicum*, Magyarországon és a világon is a legjelentősebb zöldségfaj ezen belül is a legfontosabb hajtató zöldségfaj. A hazai termelésben friss fogyasztásra a termelés szinte csak hajtató berendezésekben történik, a faj palántanevelése ugyanakkor melegigénye miatt jól kialakított termesztőberendezés híján nem vagy nem eredményesen valósulhatna meg. Ezen felül a növény nemcsak a háztartások kedvence, a hazai zöldségtermesztés egyik sarokköve is, különösen a fóliasátras és üvegházi termesztésben. A paradicsom morfológiai jellemzői és fény-, hőmérséklet- és vízigénye határozzák meg a termesztéstechnológiai paraméterek nagy részét (Gyenes-Hegyi, 2006).

Kiemelkedően fényigényes, és hosszúnappalos növényként viselkedik, vagyis a bogyókéréséhez sok fényre van szüksége. Télen, a természetes fény hiányában mesterséges világítás biztosítja az optimális érési körülményeket. Ehhez kapcsolódik az etefon alkalmazása, amely a növényben etilénné alakulva serkenti az érési folyamatokat, még gyenge fényviszonyok között is javítva a termés minőségét (Czako & Szuvandzsiev, 2014).

Hőoptimuma Markov és Haev szerint $22\pm 7^{\circ}\text{C}$, fejlődési küszöbe 10 és 32°C között alakul, csírázási optimuma $28\text{--}30^{\circ}\text{C}$ közé esik. Optimális körülmények között a gyökérzet $1\text{--}1,5$ méter mélységig hatolhat, de a művelés során általában a felső $40\text{--}50$ cm-es rétegben koncentrálódik. Hajtatóberendezésekben ez a gyökérzet jellemzően bojtos, sekélyebb. A megfelelő vízellátáshoz mély, tápanyagban gazdag és jó vízgazdálkodású talaj szükséges, amely elősegíti a paradicsom optimális fejlődését (Kobza & Edwards, 1987).

A tápanyagellátás különösen fontos a paradicsom termesztésében. Középkötött, humuszos talajt kedvel, melynek pH-ja optimálisan $6,5$ és $7,0$ között van. A nitrogén, foszfor, kálium valamint a kalcium megfelelő aránya nélkülözhetetlen a növény vegetatív növekedéséhez, terméskötéséhez éséréséhez. A precíziós tápoldatozás egyre elterjedtebb, mivel nemcsak hatékonyabbá teszi a nevelést, hanem csökkenti a környezeti terhelést is (http3).

A termesztési technológia folyamatos fejlődése különösen a növényvédelemben és ökológiai gazdálkodások területén figyelhető meg. Az integrált növényvédelmi rendszerek előnyben részesítik a biológiai védekezést a kémiai szerekkel szemben. A kártevők elleni védekezésben,

valamint a vektorokkal szemben ragadozó és parazita rovarok alkalmazásával, sárga ragadós lapokkal, míg a gombás betegségek megelőzésében a mikroklíma szigorú szabályozásával érik el a fertőzések visszaszorítását (http4; Czako & Szuvandzsiev, 2014).

A modern hajtatási technológiák keretében az automatizáció egyre hangsúlyosabb szerepet kap. Az üvegházakban mesterséges, automatizált rendszerek szabályozzák a páratartalmat, a hőmérsékletet, a légtér összetételét és a vízminőséget. Ezek biztosítják, hogy a paradicsom a számára optimális környezetben fejlődjön, ami növeli a hozamot és a termés minőségét. Így egész évben biztosítható a folyamatos termesztés, és ezzel a stabil piaci ellátás (Czako & Szuvandzsiev, 2014).

A hajtattott paradicsom egy komplex igényű növény, amelynek sikeres termesztése pontos környezeti feltételeket és a legmodernebb, fenntartható technológiák alkalmazását követeli meg. A magyar termelők e korszerű megoldások birtokában képesek kiváló minőségű zöldséget előállítani, amely megfelel a modern fogyasztói elvárásoknak, miközben tiszteletben tartják a fenntarthatóság követelményeit (http4; Kobza & Edwards, 1987; Gyenes-Hegyí, 2006; Czako & Szuvandzsiev, 2014).

2.3.2. Uborka (*Cucumis sativus*) környezeti igényei és termesztési feltételei

Az uborka (*Cucumis sativus*) hazánkban a harmadik legfontosabb, melegigényes zöldségfaj. Termesztése során különös figyelmet kell fordítani a növény melegigényére és a speciális technológiai feltételekre. Ez a növény érzékeny a környezeti tényezőkre, ezért a megfelelő mikroklíma, víz- és tápanyagellátás kulcsfontosságú (Gyenes-Hegyí, 2006). Hőigénye rendkívül nagy, optimuma Markov és Haev szerint 25 ± 7 C°. 10 C° talajhőmérséklet alatt a gyökérzet működése leáll, ezért a növény sárgulni és hervadni kezd. A termékenyüléshez a 26 C° nappali és a 21 C° éjszakai hőmérséklet tekinthető optimálisnak.

Az uborka tenyészideje alatt egyenletes, meleg környezeti feltételek mellett a léghőmérséklet szabályozása elengedhetetlen. Csírázáskor 26–28 °C-ot igényel, szikleveles korban nappal 18–20 °C, éjszaka 16–18 °C, míg lombos korban nappal 24–25 °C, borús időben 20–22 °C, este pedig 16–20 °C között változik a megfelelő hőmérséklet (http6).

Vízigénye magas, vízpazarló növény, ezért egyenletes és folyamatos öntözést igényel, ugyanakkor a túlóntozást el kell kerülni, mert az betegségek kialakulásához vezethet. Tápanyagigényét tekintve elsősorban nitrogént, foszfort és káliumot igényel, de a mikroelemek megfelelő ellátása szintén nagyon fontos. A tenyészidő kezdetén magasabb a foszforigénye. A

palántanevelés időszakában a pontos tápanyag-utánpótlás döntő hatással van a későbbi növekedésre és a termés mennyiségére (Kobza & Edwards, 1987).

Magyarországon a hajtattott uborka termesztése elsősorban korszerű, automatizált technológiákkal rendelkező kertészetekben történik. Itt az automatizált rendszerek folyamatosan szabályozzák a mikroklímát és optimalizálják a tápanyagellátást, ami maximálja a termés minőségét és hozamát. Ezzel a termelési környezettel nemcsak a hatékonyság növelhető, hanem a fenntarthatóság is szem előtt tartható, a források és víz felhasználásának optimalizálásával, valamint a környezeti terhelés csökkentésével (http4; Czako & Szuvandzsiev, 2014).

Az uborka fajtanemesítése és a modern termesztési módszerek segítségével a hazai piac egyre versenyképesebbé válik, ami megfelel a fogyasztói elvárásoknak, miközben gazdaságilag is fenntartható megoldást kínál (http4; Gyenes-Hegy, 2006; Czako & Szuvandzsiev, 2014).

2.4. Automatizált rendszerek és szenzortechnológia a kertészetben

2.4.1. Szenzoros monitorozás és adatgyűjtés

A szenzoros monitorozás és adatgyűjtés a hajtattott kertészetek egyik alapvető technológiai eleme, amely lehetővé teszi a termelők számára, hogy valós időben és pontosan figyeljék az üvegházi környezetet. Ez gyorsabb és hatékonyabb irányítást tesz lehetővé a termesztési folyamatok felett. Abbood és munkatársai (2020) kifejlesztettek egy intelligens mikroklíma-monitoring modellt, amely RBF neurális hálózat segítségével határozza meg az optimális környezeti feltételeket, így precízen szabályozza a páratartalmat, hőmérsékletet és más fontos paramétereket a növény egészséges fejlődése és a nagyobb terméshozam elérése érdekében.

A korszerű üvegházi termesztésben kiemelt jelentőséggel bír a hőmérséklet, fény és széndioxid szabályozása. Laktionov és munkatársai (2020) kidolgoztak egy olyan megközelítést, amely fuzzy modellezés (Ezek a vezérlők a legújabb vezérlési stratégiát alkalmazzák, miközben energiát takarítanak meg valamint csökkentik az üvegházhatású gázok kibocsátását. A rendszer magában foglalja a nappali fénynek a használatát, a passzív hűtési technológiákat, a környezeti hőmérséklet és a páratartalom alapján a környezeti légkör használatát.) és emberi beavatkozás ötvözésével biztosítja, hogy a növénytermesztési zónák gázösszetétele és fényviszonyai optimálisak legyenek. Ez javítja a fotoszintézis hatékonyságát, csökkenti a stresszt, és növeli a termék minőségét.

Az IoT (Internet of Things) technológiák térhódítása új dimenziót adott a hajtattott kertészetek adatgyűjtési és szenzortechnológiai rendszereinek. Li és munkatársai (2022)

összefoglaló munkájukban hangsúlyozzák, hogy az IoT-alapú rendszerek gyors adatfeldolgozásra képesek, és komplex vezérlési feladatokat látnak el. Ezek a hálózatok integrálják a mikroklíma, talaj, növényi állapot és egyéb környezeti adatokat, ami támogatja a pontosabb és gyorsabb döntéshozatalt.

Innovatív megoldás az automatizált szenzoros robotok alkalmazása a tápanyag-monitoring területén is. Nadafzadeh és munkatársai (2022) egy olyan robotot fejlesztettek, amely képes az üvegházi vagy szabadföldi kultúrák, például a spenót vas tápanyagszintjének mérésére, ezáltal pontosabb adatokat szolgáltatva a növényi tápanyagellátottságról.

A szenzoros monitorozás és az automatizált adatgyűjtés tehát elengedhetetlen elemei a modern hajtott kertészeti technológiáknak. Lehetővé teszik, hogy a növények mindig a legideálisabb körülmények között fejlődjenek, miközben a termelők hatékonyabbá, gazdaságosabbá és fenntarthatóbbá tehetik a termesztési folyamatokat. Ez a megközelítés nemcsak a terméshozamot és -minőséget javítja, hanem csökkenti a környezeti terhelést is, így a jövő mezőgazdaságának egyik kulcsirányát jelentheti.

2.4.2. Internet of Things (IoT) alkalmazások

Az Internet of Things (IoT) alkalmazása az automatizált üvegházakban jelentős előrelépést jelent a mezőgazdaságban, különösen a hajtott kertészetek számára. Az IoT rendszerben többféle szenzor – amelyek mérik a hőmérsékletet, páratartalmat, fényt, gázösszetételt, talajnedvességet és egyéb környezeti paramétereket – összekapcsolt hálózatot alkotnak, és folyamatosan gyűjtik és továbbítják az adatokat egy központi felhőplatformra (Li et al., 2022). Ennek köszönhetően a termelők valós időben követhetik üvegházaik állapotát, akár távolról is, lehetővé téve a gyors reagálást a változó körülményekre.

Az IoT rendszerek segítségével automatizálható az öntözőrendszerek, világítás és szellőztetés vezérlése, ezáltal takarékosabb, célzottabb gazdálkodás valósítható meg. A rendszer képes úgy módosítani a környezeti paramétereket, hogy folyamatosan optimális feltételek legyenek a növények számára. Valós idejű monitoring révén riasztásokat küld problémák, például meghibásodás vagy kártevőfertőzés esetén, így elősegítve a gyors beavatkozást és megelőzve a termésveszteségeket (Laktionov et al., 2020; Li et al., 2022;)

Ezek a technológiák nemcsak a termelékenységet és a termék minőségét növelik, hanem a fenntartható gazdálkodást is támogatják az energia- és vízhasználat csökkentésével, a tápanyagok optimalizált adagolásával, valamint a munkaerőköltségek és a termelési kockázatok mérséklésével (Abbood et al., 2020; Nadafzadeh et al., 2022).

Az IoT rendszerek már nemcsak a nagyüzemi gazdaságok kiváltságai, hanem a kiscgazdaságok számára is egyre inkább elérhetővé válnak, elősegítve a mezőgazdaság digitális átalakulását és fenntarthatóbbá tételét.

2.4.3. Kisüzemi technológiai adaptációk

Magyarországon egyre több kisüzemi hajtató kertészet számára válik elérhetővé a fejlett, automatizált technológia, amely lehetővé teszi, hogy ezek a gazdaságok is kihasználják a modern hajtatási megoldások előnyeit. Az Abbood és munkatársai (2020) által fejlesztett intelligens mikroklíma-monitoring rendszer például kisüzemi méretekben is működőképes, képes precízen szabályozni a mikroklímát, csökkentve a ráfordításokat és növelve a termelékenységet.

Ezek a fejlesztések nem kizárólag nagyüzemi gazdaságokhoz kötöttek; a kisebb termelők számára is elérhetőek, lehetővé téve számukra, hogy versenyképesek maradjanak, és hatékonyan használják fel erőforrásaikat, legyen szó vízről, energiáról vagy tápanyagokról (Gyenes-Hegyi, 2006). Az egyik nagy előnyük, hogy ezek a megoldások nem feltétlenül igényelnek nagy beruházást, hanem fokozatosan, lépésről lépésre integrálhatók a termesztési folyamatokba, egyszerűbbé és áttekinthetőbbé téve ezzel a gazdálkodást. Ezen túlmenően az automatizált rendszerek segítik az ökológiai gazdálkodási formák elterjedését, előtérbe helyezve a fenntartható és környezetbarát termesztési módszereket (http4).

Ledó és munkatársainak (2018) tanulmánya is alátámasztja, hogy a kis- és középüzemi termelők körében egyre szélesebb körben terjednek az innovatív technológiák, amelyek növelik a termelés hatékonyságát, javítják a gazdaságosságot, és csökkentik a környezeti terhelést. A precíziós tápanyag-ellátási technikák kifejezetten fontosak a kisüzemekben, ahol a pontos tápanyag-utánpótlás segít növelni a hozamot, és mérsékli a túlzott műtrágyahasználatból eredő környezeti károkat (http3).

Hazánkban az elmúlt években egyre több olyan komplex technológia jelent meg, amelyek ötvözik az automatizációt, az intelligens monitorozást, és a fenntarthatóság kérdéseit, ezáltal különösen támogatva a kisüzemi gazdálkodókat. Ezek a rendszerek hozzájárulnak ahhoz, hogy a gazdaságok fenntarthatóbbá, versenyképesebbé és hosszú távon életképesebbé váljanak (http3; http4; Gyenes-Hegyi, 2006; Ledó et al., 2018).

Ezen felül az energiatékonny üvegházak építése, a víztakarékos működés, és a digitális eszközök alkalmazása mind-mind hozzájárulnak ahhoz, hogy a kisüzemi kertészetek megfeleljenek a modern kihívásoknak, és fenntartható, gazdaságilag és környezetileg is kiegyensúlyozott termékeket állítsanak elő. Ez az innovációs folyamat egyben elősegíti a

magyar mezőgazdaság versenyképességének megőrzését a nemzetközi piacon (<http3>; Ledó et al., 2018).

3. Anyag és módszer

3.1. Megfigyelési helyszínek és mérési körülmények

A kontroll megfigyelési helyszín a MATE Tangazdaság Nonprofit Kft. Szárítópusztai telephelye volt, amely Gödöllő központjától 6 kilométerre, külterületen található. A tangazdaság közel 1800 m² fóliaborítású, illetve 1400 m² üvegház hajtató berendezéssel rendelkezik, fő profilja a növényi megfigyelések és mérési adatgyűjtés. Vizsgálatomhoz egy duplafalú, felfűjt fóliasátrat választottam (pontos mérete: 1344 m²), ahol a megfigyelési időszak 2025. május 13-tól június 25-ig tartott. A tangazdaság jó megközelíthetősége lehetővé tette a megfigyelési eredmények összevetését más helyszínekkel is. A vegetáció ezen periódusában már nem volt szükség hagyományos fűtésre a berendezésekben, így a hangsúly az automatizált szenzoros monitorozáson volt.

A második megfigyelési pont Gödöllőn, a 0194/210 helyrajzi számú, szántó művelési ágú területen található, ahol 48 m²-es, duplafalú fóliasátort telepítettem, amelyet 2025 januárjában építünk fel. Az automatizált rendszer működtetése és a növényfejlődés folyamatos monitorozása 2025. május 13-tól történt. A mikroklíma vizsgálatához három mérési helyszínen rögzítettem a hőmérséklet- és páratartalom-adatokat: a gödöllői fóliasátorban (belső szenzorok), a Szárítópusztai fóliasátorban (belső szenzorok), valamint a Szárítópusztán elhelyezett automata meteorológiai állomáson (külső környezeti mérés). Kimutatható volt, hogy a fóliavezérlés szenzoraival rögzített hőmérséklet jellemzően 6–9 °C-kal magasabb volt, mint a meteorológiai állomás adatai.

A két helyszín közötti fő technológiai különbség, hogy a szárítópusztai berendezés csak automatizált szellőztetéssel volt ellátva, míg a Gödöllői rendszerben a szenzoros rendszer a környezeti feltételek pontosabb és precízebb irányítását tette lehetővé.



1. ábra:Szárítópusztán kihelyezett páratartalom szenzorok
Forrás: saját vizsgálat eredményei, saját szerkesztés



2. ábra Szárítópusztán kihelyezett hőmérséklet szenzorok

Forrás: saját vizsgálat eredményei, saját szerkesztés

3.2.A fóliasátorok kialakítása

A sátrak méretét, fekvését, belmagasságát, asztalmagasságát kifejezetten a megfigyelési célkitűzésekhez igazítottam; mindezekről részletes háttéradatokat gyűjtöttem (1. melléklet, 2. melléklet, 3. melléklet, 4. melléklet).

3.3.Felhasznált fajok és genotípusok

A vizsgálathoz olyan paradicsom- (Charmant F1, Kecskeméti 3 F1) és uborkafajtákat (Mohikán F1) választottam, amelyek hazai viszonyok között is könnyen, széles körben beszerezhetők, így szaporítóanyaguk ténylegesen elérhető minden kistermelő számára. A hibridek homogén genetikája biztosította, hogy az eltérő környezeti hatások hatékonyabban elkülöníthetők legyenek a megfigyelési eredmények értékelése során.

3.4.Felhasznált anyagok

Megfigyelésem során igyekeztem olyan anyagokat használni, amelyek bármely kis- és középtermelő számára elérhetőek. A palántanevelés során a Klasmann-Deilmann „Green Fibre®” fa-rost alapú talajkeverékének egyik változatát, a Klasmann Potgrond H030 + Green Fibre keveréket használtam. Ez a tőzegalapú keverék kiegyensúlyozott pH-értékkel (6,0), valamint 1,0–1,5 g/l tápanyagszinttel rendelkezik, és előtrágyázott. A farostok jelenléte javítja a talaj szerkezetét, levegőztetését és vízelvezetését, elősegítve az egészséges gyökérfejlődést és a kiegyensúlyozott növényfejlődést. A konténerek 9 cm átmérőjűek voltak, amelyek optimális gyökértérfogatot biztosítottak a palánták számára.

Ez a kombináció széles körben használt növénynevelő közeg kistermelői és hobbikertészeti felhasználásban, amely nagyfokú megbízhatóságot és állandó minőséget nyújt palántaneveléshez.

3.5.Automatizált technológia

A szenzorokat mindkét telephelyen növény szinthez közeli magasságban helyeztem el; ezek között megtalálhatóak voltak a TP-Link Tapo T310 Smart Temperature & Humidity Sensorok, valamint a fóliavezérlés integrált szenzorai is. A mért paraméterek közé tartozott a levegő hőmérséklete és relatív páratartalma, továbbá a talajhőmérséklet és talajnedvesség, amelyeket azonban kizárólag Szárítópusztán monitoroztunk. Az adatok 2 másodpercenként frissültek, a mérési pontosság $\pm 0,3$ °C hőmérséklet és $\pm 3\%$ relatív páratartalom volt, ami megbízható alapot szolgáltatott a valós idejű automatizált klímabeavatkozásokhoz. (5. melléklet, 6. melléklet).

3.6.Növényápolás és adatfelvételezés

Az öntözés és tápanyag-utánpótlás ütemezése a szakirodalmi ajánlások, különösen a Humin Project Környezetvédelmi és Szolgáltató Kft. által gyártott Humus FW lomb- és talajtrágya javaslatai szerint történt ([http7](http://7)). A növényállományt sárga ragacsos lapokkal kártevők szempontjából is folyamatosan monitoroztam: a gödöllői szántó művelési ágú területen található fóliasátorban jelentősen kevesebb kártevő jelent meg a vizsgálat időtartama alatt.

A vizsgálati növényanyag begyűjtése 2025.07.03-án történt, mind a két helyszínen: helyszínenként 60 darab palántát a hipokotil szárnál vágtam el és a begyűjtött mintákat helyszínenként és fajtánként szeparálva a laboratóriumban szállítottam, ahol 24 órán belül megtörtént a vizsgált tulajdonságok felvételezése.

A tenyésztés végén manuális és szenzoros adatgyűjtés zajlott, amely során minden fő morfológiai paraméter – mint például a szárhossz, ízköz és szárazanyag-tartalom – mérésre került. A szárítási folyamat szabványos laboratóriumi körülmények között történt, 105 °C-on a tömegállandóság eléréséig. A felmért adatokat papír alapú, majd számítógépes adatbázisba rögzítettem a statisztikai vizsgálatok elvégzéséhez.

3.7. Az adatok statisztikai értékelése

Többváltozós varianciaanalízissel (MANOVA) vizsgáltam a paradicsom esetében a két fajta és a két helyszín, az uborka esetében pedig a két helyszín közti különbséget a morfológiai és növekedési jellemzők (friss tömeg, száraz tömeg, növénymagasság és átlagos ízköztávolság) vonatkozásában. A kiugró értékek kezelése érdekében a száraztömegre négyzetgyök-, a növénymagasságra pedig logaritmus-transzformációt alkalmaztam. A hibatagok normalitását Shapiro–Wilk-teszttel vizsgáltam. A paradicsom esetében a friss és a száraz tömeg valamint átlagos ízköztávolság esetében a normalitás feltétele teljesült ($p > 0,05$), míg a magasság változónál a teszt szignifikáns eredményt adott ($p < 0,05$). Ebben az esetben a ferdeség (-1,59) és csúcosság (3,49) értékei az elfogadható tartományon belül maradtak, így a normalitás feltétele nem sérült súlyosan, ezért a MANOVA eredményei megbízhatónak tekinthetők. Az uborka adatai esetében a normalitás feltétele valamennyi vizsgált változónál teljesült ($p > 0,05$).

A varianciák homogenitását a Levene-teszt alapján ellenőriztük. A paradicsom esetében a friss tömeg változónál a teszt enyhén szignifikáns eredményt adott ($p = 0,019$), míg a többi változónál, valamint az uborka adatai esetében nem mutatott szignifikáns eltérést ($p > 0,05$).

A MANOVA eljárás robusztus a kisebb mértékű varianciaegyenlőtlenséggel szemben, ezért az eredmények értelmezése megbízhatónak tekinthető.

A statisztikai elemzéseket az IBM SPSS Statistics 27 programmal végeztem.

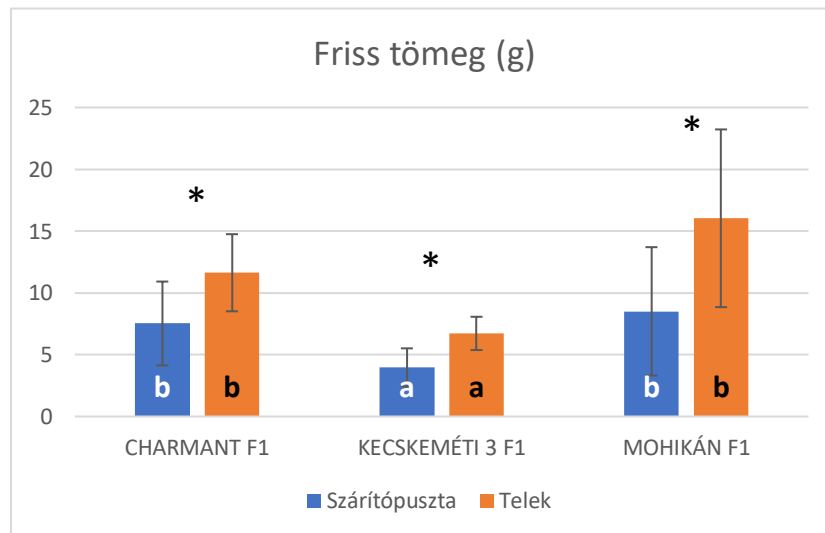
4. Eredmények és megvitatásuk

A 3–7. ábrák áttekintést adnak a paradicsom- és uborkafajták fejlődési paramétereiről. Az adatok a friss tömeg, száraz tömeg, növénymagasság és átlagos ízközhossz értékeit mutatják be. A gödöllői palánták szignifikánsan nagyobb friss és száraz tömegértékeket értek el, mint a szárítópusztai növények (3. és 4. ábra).

Az adatok elemzése alapján egyértelműen megállapítható, hogy a Gödöllőn, szántó művelési ágú területen lévő fóliasátorban nevelt növények friss tömege szignifikánsan meghaladta a Szárítópusztán található állomány értékeit. Ennek háttérében komplex ökológiai és termesztéstechnikai tényezők húzódnak meg: a gödöllői palánták valószínűsíthetően magasabb nedvességtartalommal rendelkeznek, miközben intenzívebb lehet a tápanyag-felvételük is, amely eredményeként vastagabb, erősebb szöveteket képeznek, ezáltal a növények vitalitása is kedvezőbb. (3. ábra)

Ezzel szemben a Szárítópusztán lévő növényállomány fejlődése elmaradottabb, amely vélhetően a kedvezőtlenebb mikroklímának és a környezeti stresszbehatásoknak (nagyobb kártevőnyomás) tulajdonítható, mivel a vízellátás és tápanyag-utánpótlás tekintetében a két terület azonos ellátásban részesült, így ezek nem valószínűsíthető okai az eltérésnek. (3. ábra)

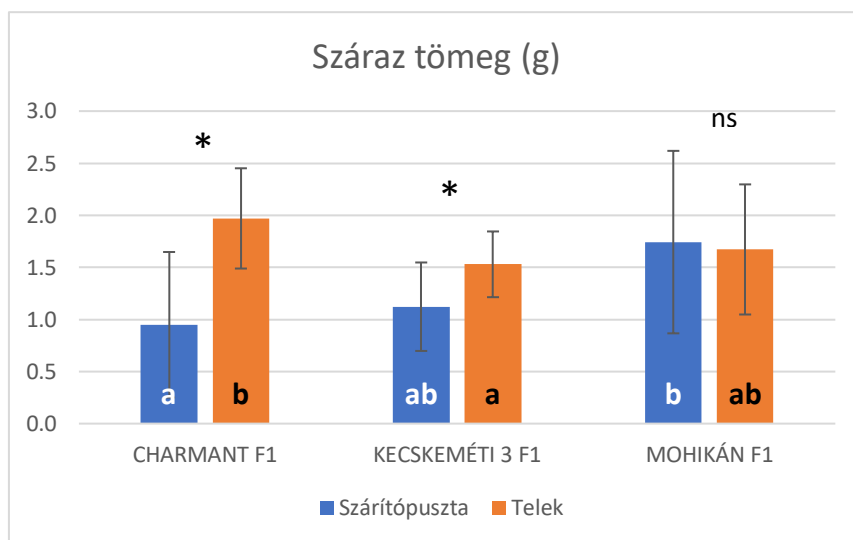
A fóliasátor mikroklímájának, a talaj, a levegő minőségi jellemzőinek és egyéb környezeti tényezők hatásainak további részletes vizsgálata szükséges a pontos ok-okozati összefüggések feltárásához.



3. ábra A vizsgált fajták friss tömegének (g) változása a két helyszín függvényében (átlag±szórás; kis betűk: a fajta hatásának szignifikanciaszintjei, csillagok: a helyszínek (kezelések) hatásának szignifikanciaszintjei)

Forrás: saját vizsgálat eredményei, saját szerkesztés

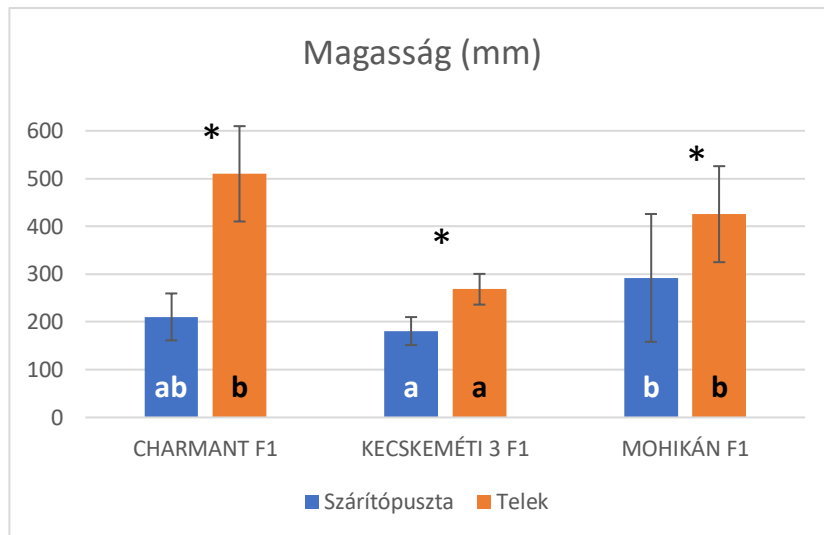
A száraz tömeg vizsgálata esetén a kezelések hatása a Charmant F1 és a Kecskeméti F1 fajták esetében megegyezett a friss tömegnél tapasztalt mintázattal, azonban Mohikán F1 esetén a két kezelés hatására a nedves tömegben megmutatkozó szingifikáns eltérés a tömegállandóságig való szárítás után megszűnt (4. ábra). Bár a két paradicsomfajta esetében a nedves és a száraz tömeg szignifikanciaszintje megegyezett a két helyszín esetében, de, de a Charmant F1 esetén a száraz tömeg numerikusan, sokkal jobban különbözött, a két helyszín esetén, mint a friss tömeg. Ezzel szemben a Kecskeméti 3 F1, nagyjából azonos arányban száradt be, mind a két helyszínen. (3. és 4. ábra).



4. ábra A vizsgált fajták száraz tömegének (g) változása a két helyszín függvényében (átlag±szórás; kis betűk: a fajta hatásának szignifikanciaszintjei, csillagok: a helyszínek (kezelések) hatásának szignifikanciaszintjei)

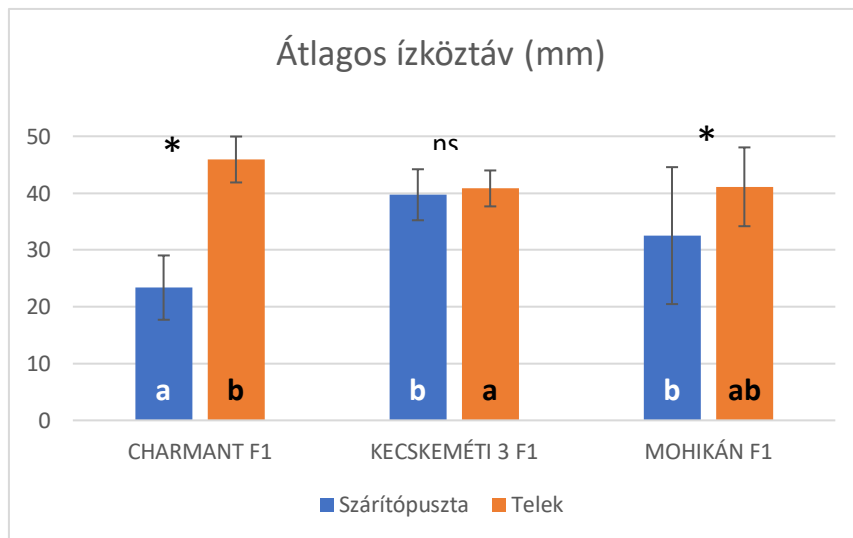
Forrás: saját vizsgálat eredményei, saját szerkesztés

A 5. ábra a növénymagasság eltéréseit emeli ki a vizsgált fajták között, míg a 6. ábra az átlagos ízköz hossz változását mutatja, ami kulcsfontosságú morfológiai jellemző a növények szerkezetének megítélésében. A friss tömeghez hasonlóan, a száraz tömeg tekintetében is megfigyelhető, hogy a Gödöllőn, szántó művelési ágon elhelyezkedő telek palántái általában erősebb növekedést mutatnak, kivéve a Mohikán F1 uborkafajta esetében, ahol a különbségek kevésbé egyértelműek. Ez arra utal, hogy a helyi környezeti és termesztési feltételek befolyásolják a növények morfológiáját és tömegét, valamint a fajtaspecifikus adottságok megmutatkoznak a növekedési paraméterekben is.



5. ábra A vizsgált fajták palántamagasságának (mm) változása a két helyszín függvényében (átlag±szórás; kis betűk: a fajta hatásának szignifikanciaszintjei, csillagok: a helyszínek (kezelések) hatásának szignifikanciaszintjei)

Forrás: saját vizsgálat eredményei, saját szerkesztés



6. ábra A vizsgált fajták átlagos ízközösszának (mm) változása a két helyszín függvényében (átlag±szórás; kis betűk: a fajta hatásának szignifikanciaszintjei, csillagok: a helyszínek (kezelések) hatásának szignifikanciaszintjei)

Forrás: saját vizsgálat eredményei, saját szerkesztés

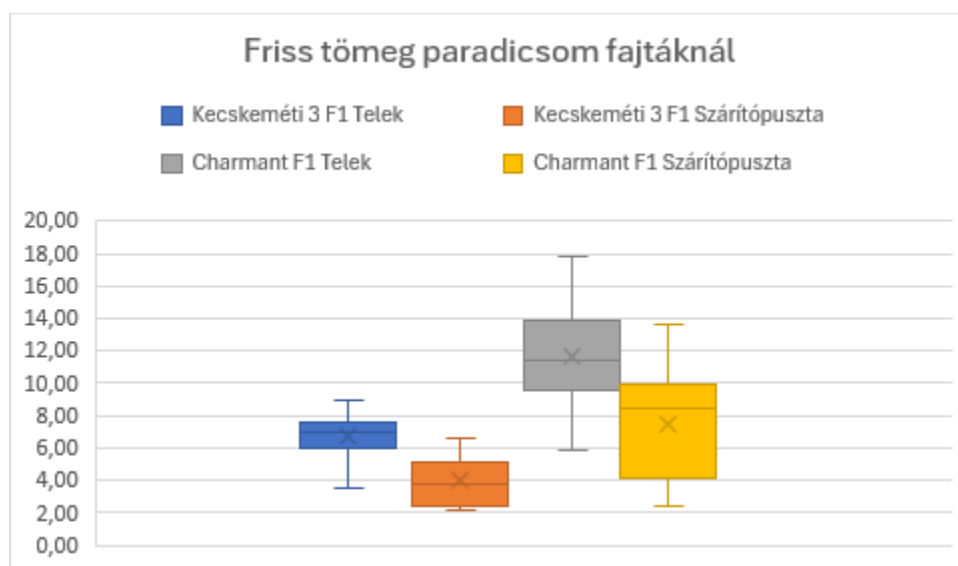
A palántanövények növekedési eréje és fejlődési állapota jól tükröződik a megfigyelésekben, azonban Szárítópusztán a preventív védekezés céljából alkalmazott sárga lapok nem bizonyultak elegendőnek a kártevők mérséklésére. Ennek következtében a

palántákat érő károsító szervezetek, valamint a kifejezetten nagy hőingadozások negatívan befolyásolhatták a növények növekedését és általános vitalitását. Egyes esetekben megfigyelhető volt a kényszerérettség is, amikor a növények a szükséges magasság elérése nélkül fejezték be fejlődésüket, ami különösen Szárítópusztán volt jellemző, és fontos szempont a megfigyelési eredmények értékelésénél.

A megfigyelés során mért friss és száraz tömegadatok alapján a Kecskeméti 3 F1 fajta a szárítópusztai viszonyok között alulmaradt. Ez a fajta jól alkalmazkodik a kisüzemi technológiához ugyanakkor megfigyelésben alacsonyabb friss tömeget ért el, mint a Charmant F1 (7. ábra).

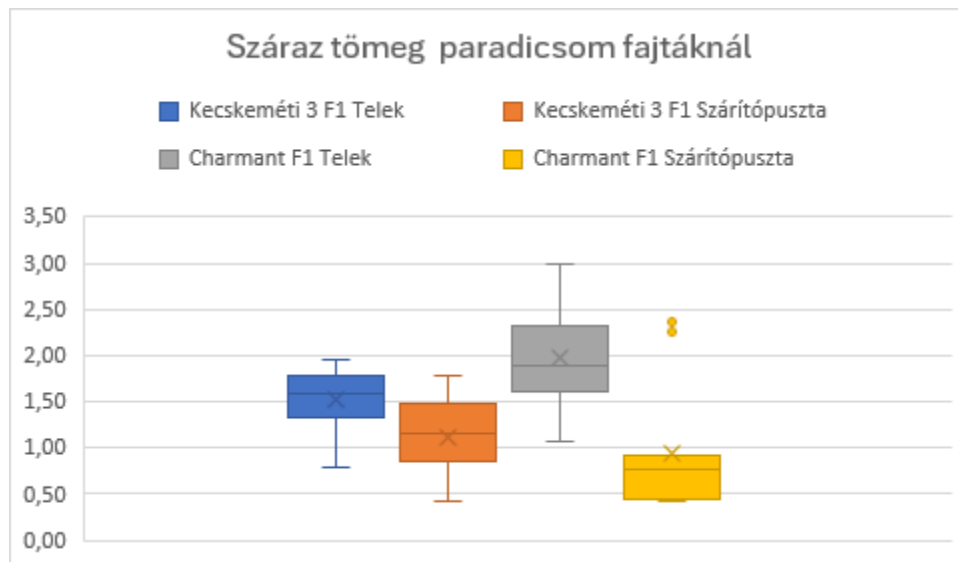
A Charmant F1 fajta ezzel szemben magasabb friss tömegértékeket mutatott, amit indeterminált habitusának köszönhet, és intenzívebb növekedési dinamikát mutatott. Ez összhangban van a szakirodalommal, amely szerint a fajta nagy termőképességű, jó minőségű termést ad, de érzékenyebb a környezeti stresszhatásokra (Czako és Szuvandzsiev, 2014) (7. ábra).

A Kecskeméti 3 F1 fajta alacsonyabb friss tömeget ért el a szárítópusztai megfigyelési területen. A Charmant F1 esetében magasabb friss tömeg értékek jelentkeztek (7. ábra).



7. ábra A paradicsom friss tömegének (g) változása (x: átlag, vízszintes vonal: medián, interkvartilis (box): az adatok 50%-a az adott tartományba esik, antennák: az adatok 95%-a az adott tartományba esik, pettyek: outlier értékek)

Forrás: saját vizsgálat eredményei, saját szerkesztés



8. ábra A paradicsom szárás tömegének (g) változása (x: átlag, vízszintes vonal: medián, interkvartilis (box): az adatok 50%-a az adott tartományba esik, antennák: az adatok 95%-a az adott tartományba esik, pettyek: outlier értékek)

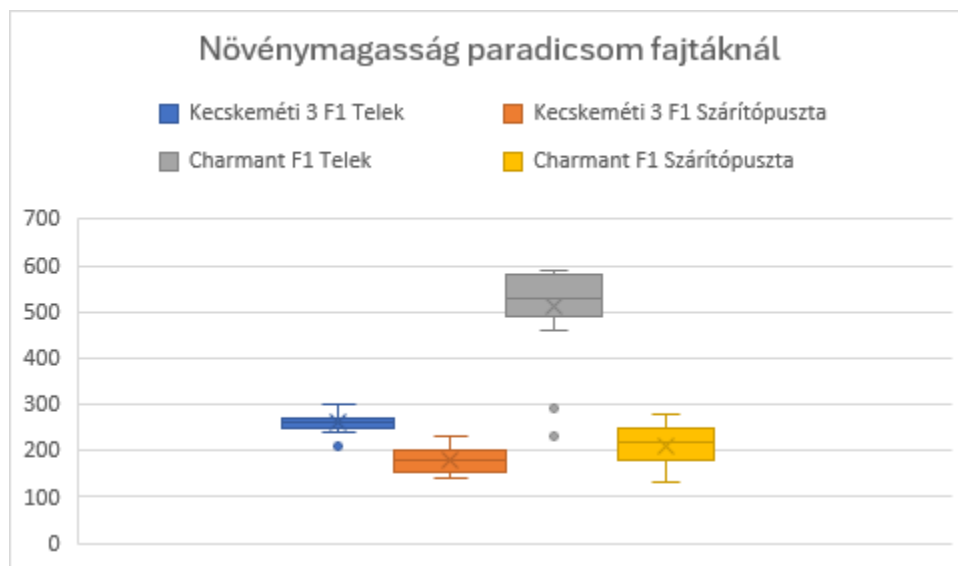
Forrás: saját vizsgálat eredményei, saját szerkesztés

A paradicsomfajták esetében a szárás tömeg mérése során mindkét fajta esetében jól nyomon követhető volt a friss tömegnél is tapasztalható mintázat (8. ábra).

A növénymagasság és ízközhossz mérési adatai eltéréseket mutatnak a paradicsomfajták között (9. és 10. ábra): a Charmant F1 magasabb növényeket és hosszabb ízközöket produkált, mint a Kecskeméti 3 F1.

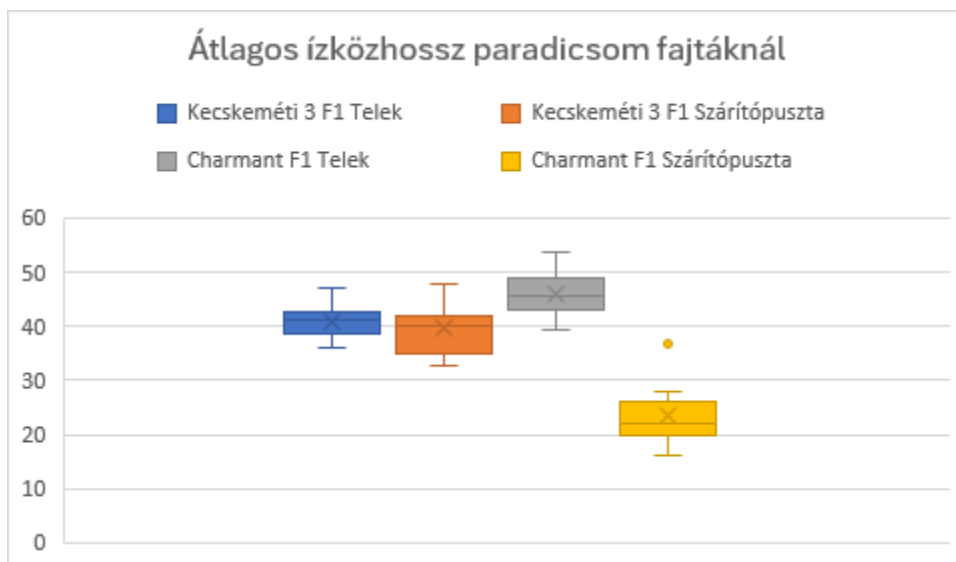
Ez a különbség elsősorban a fajtaspecifikus genetikai jellemzőkből, azaz a Kecskeméti 3 F1 determinált, a Charmant F1 pedig indeterminált habitusából ered, és nem feltétlenül az automatizált termesztési rendszer hatásaként alakult ki (Ledó és mtsai, 2018) (9. és 10. ábra).

Ugyanakkor a biotikus és az abiotikus hatások összessége is okozhatta ezt a fajta eltérést, valószínűsíthetően a Charmant F1 egy dinamikusabb hibridnek mutatkozik a kistermelői termelők számára. Az ennél eredményesebb, dinamikusabb növekedés eléréséért a Charmant F1 esetében nagyobb gondozás és stresszkezelés igénye jelentkezik.



9. ábra A paradicsom növény magasságának (mm) változása (x: átlag, vízszintes vonal: medián, interkvartilis (box): az adatok 50%-a az adott tartományba esik, antennák: az adatok 95%-a az adott tartományba esik, pettyek: outlier értékek)

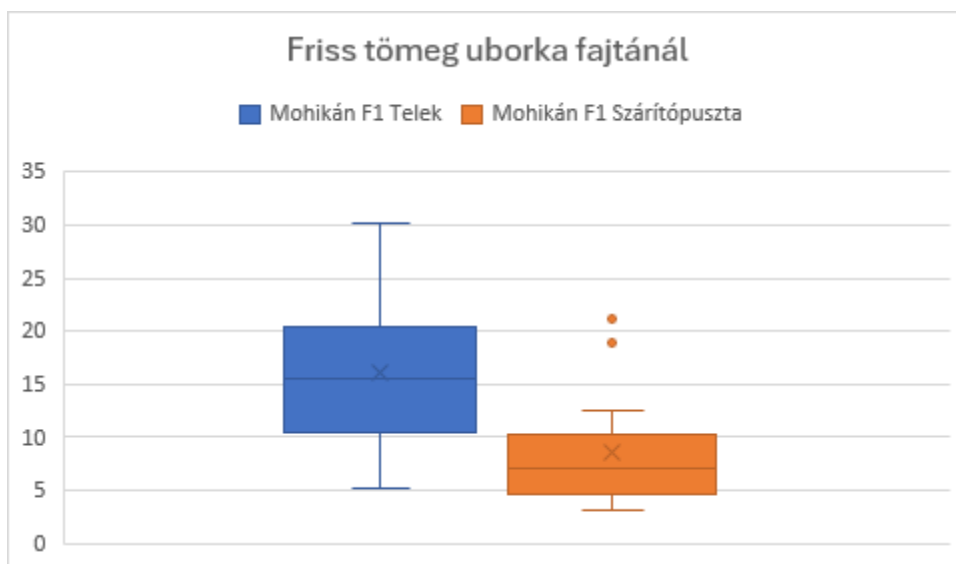
Forrás: saját vizsgálat eredményei, saját szerkesztés



10. ábra A paradicsom ízközhosszának (mm) változása (x: átlag, vízszintes vonal: medián, interkvartilis (box): az adatok 50%-a az adott tartományba esik, antennák: az adatok 95%-a az adott tartományba esik, pettyek: outlier értékek)

Forrás: saját vizsgálat eredményei, saját szerkesztés

Az uborkafajta esetében a Mohikán F1 palánták friss tömegében különbségek jelentkeztek a helyszínek között: a telek területén elhelyezett palánták magasabb friss tömeget értek el (11.ábra).

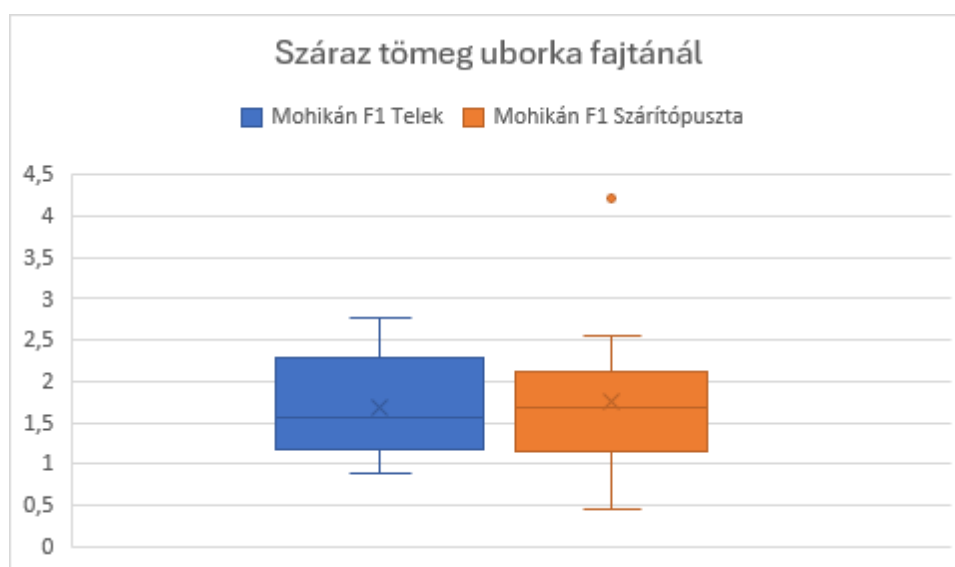


11. ábra Uborka friss tömegének (g) változása (x: átlag, vízszintes vonal: medián, interkvartilis (box): az adatok 50%-a az adott tartományba esik, antennák: az adatok 95%-a az adott tartományba esik, pettyek: outlier értékek)

Forrás: saját vizsgálat eredményei, saját szerkesztés

Az adatokból megállapítható, hogy a fajta alkalmazkodóképessége inkább a kisüzemi termelési követelmények teljesítésére korlátozódik, mivel az állomány nem teljesen homogén, vagyis erősen függ a környezeti kötőlényektől. A telek területén elhelyezkedő palánták fejlődése egyértelműen erőteljesebb volt, valószínűsíthetően azért, mert kevesebb környezeti stresszhatásnak és hőingadozásnak voltak kitéve, ami kedvezően befolyásolta növekedésüket és vitalitásukat (11. ábra).

A száraz tömeg tekintetében az adatok arra utaltak, hogy mivel a friss tömegben tapasztalt eltérés (11. ábra) eltűnt, így a növénytápanyagellátása mindkét helyszínen hatékony volt, ugyanakkor jól mutatja a két terület eltérő vízellátottságát (11. és 12. ábra). A minták szárítása szabványosított módon, a megbízhatóság és az összehasonlíthatóság érdekében történt (Benedek & Szabó, 2002). Ez a pontos szárítási eljárás lehetővé tette a palánták szárazanyag-tartalmának megbízható meghatározását, amely fontos a növények fejlődésének és minőségének elemzésében.

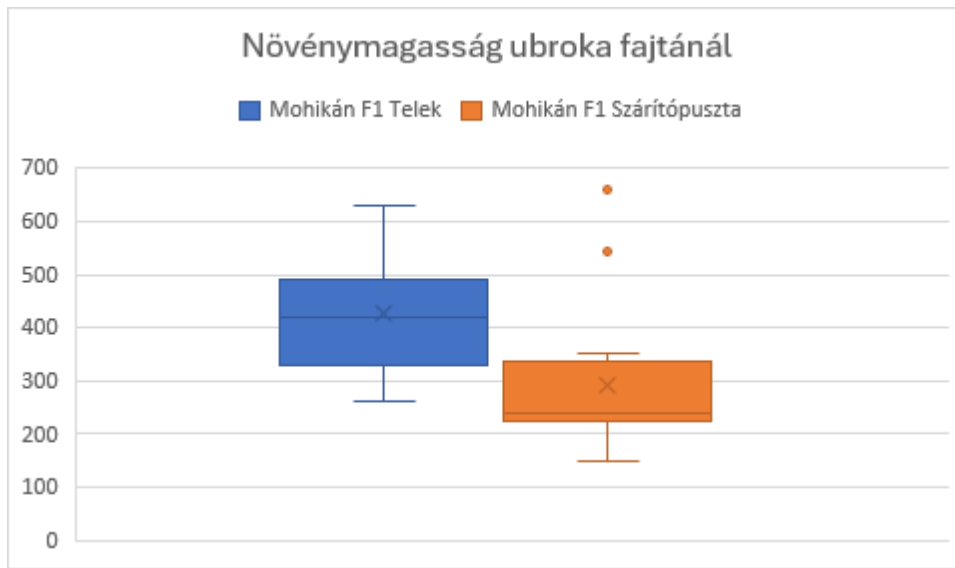


12. ábra Az uborka száraz tömegének (g) változása (x: átlag, vízszintes vonal: medián, interkvartilis (box): az adatok 50%-a az adott tartományba esik, antennák: az adatok 95%-a az adott tartományba esik, pettyek: outlier értékek)

Forrás: saját vizsgálat eredményei, saját szerkesztés

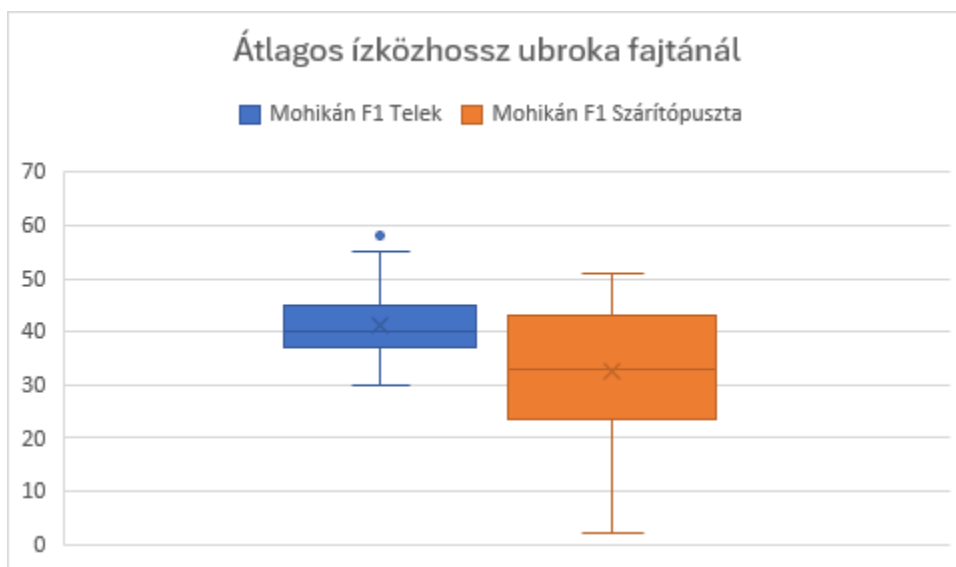
A növénymagasság adatok elemzéséből az derült ki, hogy a vizsgált Mohikán F1 uborkafajta növekedése eltért a két helyszínen (13. és 14. ábra). Ez a növekedési különbség azonban vélhetően elsősorban nem a termesztési körülményekkel volt elsősorban kapcsolatban,

hanem inkább a fajta alkalmazkodóképességének, stressztűrésének és rezisztenciájának korlátaiból fakadt.



13. ábra Az uborkanövény magasságának (mm) változása (x: átlag, vízszintes vonal: medián, interkvartilis (box): az adatok 50%-a az adott tartományba esik, antennák: az adatok 95%-a az adott tartományba esik, pettyek: outlier értékek)

Forrás: saját vizsgálat eredményei, saját szerkesztés



14. ábra Az uborka átlagos ízközhosszának (mm) változása (x: átlag, vízszintes vonal: medián, interkvartilis (box): az adatok 50%-a az adott tartományba esik, antennák: az adatok 95%-a az adott tartományba esik, pettyek: outlier értékek)

Forrás: saját vizsgálat eredményei, saját szerkesztés

Bár a Mohikán F1 fajta peronoszpóra ellen ellenálló, és lisztharmattal szemben toleráns, ez a szintű ellenállóság már nem minden esetben elegendő a modern, nagyüzemi termesztés során használt, magasabb rezisztenciaszintű hibridekkel szemben. Mindazonáltal a Mohikán F1 fajta széles körben elérhető a hazai piacon, és kistermelői szinten továbbra is népszerű választás az ellenállósági tulajdonságai miatt. Ezért a növekedési ingadozásokat erősen befolyásolják a fajta biológiai jellemzői, de a termesztési technológia hiányosságai is magyarázhatják.

5. Következtetések és javaslatok

A palántanevelési megfigyelés eredményeinek elemzése alapján megállapítható, mennyire számítanak azok a látszólag apró dolgok, amiket a természet mindennap befolyásolni tud, vagy éppen nem. Most, hogy ezeket az automatizált rendszereknek a működését teszteltük paradicsommal és uborkával, bátran mondhatjuk: a rengeteg stressz, felesleges munka egyszerűen elkerülhető volt. A cél az volt, hogy megvizsgáljuk, mennyire mérvadó a technológia ott, ahol korábban csak a rutin, a tapasztalat és az óvatosság segített.

A dolgozat bevezetőjében megfogalmazott célkitűzések közül több is igazolást nyert. Kiderült, hogy a szenzoros megoldások például a paradicsom esetén a friss tömeg és vitalitás terén akár 15–20%-os javulás elérhető megfelelő szenzoros szabályozással. A precíziós, adatvezérelt szabályozás a paradicsomoknál nagyon látványos eltéréseket mutatott, főleg friss tömegben és vitalításban. Gödöllőn a szántó művelésű ágó telken a légkör, a páratartalom, talajminőség és hőingadozás mind-mind jobban monitorozhatóak voltak, és a riaszt-beavatkozik rendszer segítségével köszönhetően sikerült redukálni a hőingást, így lehetővé vált a nem túl jó stressztűrési növények eredményesebb palántanevelése. Szárítópusztán ezzel szemben a különböző hirtelen hőingások és a stresszfaktorok gyakran nyomot hagytak a növényeken, mivel a szenzorokhoz nem tartozott a felhasználók által is könnyen kezelhető mobilalkalmazás vagy felület, ami értesítené a termelőt a szükséges beavatkozásokról. Egyértelmű: ahol több a befolyásolható tényező, ott jobb lesz a palánták minősége is.

Egy indeterminált hibrid fajta, mint a Charmant F1 ebben a termesztési közegben, rendkívül gyengén teljesített Szárítópusztán, míg a determinált Kecskeméti 3 F1 a Szárítópusztán nem teljesített annyira gyengén, mint az indeterminált Charmant F1. Ez is azt látszik alátámasztani, hogy a technológia abban segít, hogy ki tudjuk választani, melyik fajta illeszkedik a legjobban a saját termesztési környezetünkhöz, céljainkhoz, vagy akár pénztárcánkhoz.

A fajtaszelekció során tapasztalt eltérések is számszerűsíthetők: a Kecskeméti 3 F1 fajta a változó termesztési környezetben a vizsgált időszakban 85–90%-os túlélési és fejlődési stabilitást mutatott, míg a Charmant F1 dinamikusabb növekedést hozott, de érzékenyebb volt a mikroklíma változásaira, így nagyobb eséllyel produkált egy 10–20%-kal alacsonyabb vitalitási szintet gyengébb nevelési feltételek mellett.

A szenzoros monitoring révén gyorsan reagálhatunk, az időjárás által állított akadályokra például egy nem várt meleghullámra. A palánták fejlődése így nem technológiai bizonytalanságot jelent, hanem stabilan, kiszámíthatóan történik – ez pedig akár a hétköznapi hobbikertészt, akár a kisüzemi szakembert is sok teendőjétől megkíméli.

Érdemes kiemelni az uborka esetét is. A Mohikán F1 fajta, amely az országban kistermelői körökben nagyon népszerű, nem mindenhol tud alkalmazkodni megfelelően a környezeti tényezők hirtelen változásaihoz. Ha nincsenek nagy stresszhatások, a fejlődéskép egyöntetű marad, azonban, ha belép egy ingatag mikroklíma, jelentősen leromlik az állomány fejlődése. Az automatizáció hatékonyan segít kisimítani ezeket a görbéket, és egyenletesebbé teszi a hozamot még akkor is, ha a külső körülmények egyébként nem tökéletesen ideálisak.

Javaslatok:

- Fajtaválasztásnál a termesztési környezet pontos ismerete és az adott fajta alkalmazkodóképességének számszerű értékelése legyen az elsődleges szempont.
- Az automatizált rendszerek fokozatos bevezetése ajánlott, kezdve egyszerű szenzoros megoldásokkal, amelyek már kis léptékben is jelentős hatást fejtenek ki.
- A monitoring adatok aktív felhasználása a tápanyag-utánpótlás, hűtés és árnyékolás optimalizálására elengedhetetlen a maximális hozam és minőség elérése érdekében.
- A stressz- és betegségmegelőző technológiák (automatikus szellőztetés, hőmérséklet-kontroll, időzített öntözés) integrálása jelentősen hozzájárul a palánták egészségéhez és hosszú távú termelékenységéhez.
- A modern technológia nem helyettesíti, hanem kiegészíti az emberi szakértelmet és tapasztalatot, ezért a termesztők aktív odafigyelése továbbra is elengedhetetlen.

A dolgozat során kapott eredmények azt is alátámasztják, hogy az automatizált rendszerek lehetőséget teremtenek a kisebb gazdaságok számára is a versenyképesség növelésére, kiküszöbölve a hagyományos kézi munka és rutin korlátait. A mikroklíma-szabályozás révén a termelés kiegyensúlyozottabbá válik, és csökkenthető a terményszóródás, amely mind a frisspiaci, mind a feldolgozóipari értékesítésnél kritikus tényező.

Az automatizált rendszerek bizonyítottan hozzájárulnak a fenntarthatóbb gazdálkodáshoz is, mivel a precíziós öntözés és tápanyag-ellátás révén csökkenthető a víz- és műtrágya-felhasználás. Ez különösen fontos a mai mezőgazdasági gyakorlatban, ahol a természeti erőforrások megóvása egyre nagyobb hangsúlyt kap.

Fontos továbbá megemlíteni, hogy a munkafolyamatok automatizálásával a termesztők nagyobb időt fordíthatnak az agronómiai döntések megalapozására és a tervezésre, amely hosszú távon hozzájárul a gazdaság stabilitásához és fenntarthatóságához. Az adatvezérelt döntéstámogatás elősegíti a gyors reagálást a környezeti változásokra, ezáltal mérsékelhetőek a termelési kockázatok.

Az automatizált rendszerek bevezetése kapcsán a jövőbeli kutatásoknak arra is fókuszálniuk kell, hogyan integrálhatók még hatékonyabban ezek a megoldások a jelenlegi gazdálkodási struktúrákba, milyen támogatási és képzési rendszerek szükségesek a termesztoők számára, hogy minél nagyobb mértékben kihasználhassák a technológiai előnyöket.

6. Összefoglalás

Dolgozatomban végig arra törekedtem, hogy egyszerűen és gyakorlatiasan megmutassam mennyit számítanak akár kis technológiai újítások az fóliasátras/üvegházi palántanevelésben, legyen szó paradicsomról vagy uborkáról. Az automatizált, szenzoros rendszerek pár évtizede még elérhetetlen, bonyolult megoldásnak tűnhettek, ma viszont már kézzel fogható előnyöket hoznak – akár nagyüzemi, akár családi, kisüzemi környezetben. Ami régen luxus volt, most hétköznapi segítőként válhat akár egy kisebb családi kertészet részévé.

A megfigyelés során tényleg érezhető volt, mennyire más az élet egy olyan kertben, ahol a mikroklíma, öntözés, páratartalom, vagy talajnedvesség nemcsak a gazda türelmén és tapasztalatán múlik, hanem okos rendszerek is figyelik, szabályozzák a feltételeket. A paradicsom- és uborkapalánták egészségesebben fejlődtek, érzékelhető volt a különbség, ahhoz a szenzoros rendszerhez képest, ahol nem volt állandó visszacsatolás.

A vizsgálatban szereplő fajták a Kecskeméti 3 F1, a Charmant F1 paradicsom és a Mohikán F1 uborka mind bizonyították, hogy a szenzoros technológia tényleg több, mint trend; valódi stabilitást megbízhatóságot és kényelmet kínál a termelők részére. A mérési eredmények alapján kijelenthető: a folyamatos szenzoros adatgyűjtés, az azonnali beavatkozási lehetőség egyszerre védte a növényeket és a termesztő nyugalma is. Kevesebb bizonytalanság, kevesebb stressz, kiegyensúlyozottabb eredmények – ez volt az igazi hozadék.

A dolgozat tapasztalatai szerint nemcsak a nagyüzemek, hanem minden kertész, kistermelő vagy közepes méretű gazdaság számára ajánlott, hogy próbálja ki a precíziós és automatizált rendszereket. Nem kell rögtön mindent digitalizálni vagy hatalmas beruházásba kezdeni, érdemes apró lépésekkel haladni, kipróbálni egy-egy szenzort vagy automatizált öntözőrendszert. Minden ilyen újítás az első szezon után érezhető könnyebbséget és kiszámíthatóságot hoz, és a termények egészsége, minősége látványosan javul.

Ezzel a megfigyeléssel egy kicsivel közelebb kerültünk ahhoz, hogy a magyar hajtított zöldségtermesztés ne csak a számokban, hanem a hétköznapi kertészek életében is modernizálódjon. Az eredmények és tapasztalatok segítik a gazdálkodókat, kutatókat, döntéshozókat abban, hogy bátran éljenek az új technológiák nyújtotta előnyökkel.

7. Köszönetnyilvánítás

Köszönetet szeretnék mondani a konzulensemnek, Dr. Barkó Györgynek, a lehetőségért, az idejéért, a megfigyelésem során adott iránymutatásért és a szakmai javaslataiért.

Köszönet Dr. Ombódi Attilának, a sok szakmai tanításért.

Szintén köszönöm Miskolci Szilviának a rengeteg segítséget.

Köszönet Nagy Ildikó Alexandrának a szakmai tanításért, az idejéért és energiájáért.

Irodalomjegyzék

- Abbood, H. M., Nouri, N. M., Riahi, M., & Alagheband, S. H. (2020): An intelligent monitoring model for greenhouse microclimate based on RBF Neural Network for optimal setpoint detection. *Computers and Electronics in Agriculture*, 179, 105826.
- Balla, I., Varga, Z., & Kis, P. (2018). *Növénytermesztési technológiák és mikroklíma monitorozás*. Mezőgazdasági Kutató Intézet.
- Benedek, J., & Szabó, L. (2002). A növényi minták szárítási és nedvességtartalom-meghatározási módszerei. In: *Növényvédelmi Tanulmányok*, 38, 43–60.
- Czako, M., & Szuvandzsiev, P. (2014): Paradicsomtermesztés fóliában. *Kertészeti Füzetek*.
- Czigány, I. (2013): A magyar hajtató kertészet jövője a piaci versenyben. *Zöldségtermesztés*, 5(1), 12–17.
- Gyenes-Hegyi, Z. (2006): Hajtatott zöldségfélék termesztése. *Mezőgazda Kiadó*.
- Kavga, A., Thomopoulos, V., Pischinas, E., Tsipianitis, D., & Nikolakopoulos, P. (2020): Design and simulation of a greenhouse in a computational environment (ANSYS/FLUENT) and an automatic control system in a LABVIEW environment. *IFAC-PapersOnLine*, 53(2), 13961–13965.
- Kobza, J., & Edwards, G. E. (1987): Influence of environmental factors on photosynthesis. *Physiologia Plantarum*, 69(2), 257–263.
- Krivdáné Dorogi, D. A. (2015): A hajtatott paradicsomtermesztés hatékonysága különböző műszaki-technológiai színvonalú termesztőberendezésekben. *Mezőgazdasági Technológia*, 16(2), 25–29.
- Laktionov, I., Rutkowski, L., Vovna, O., Byrski, A., & Kabanets, M. (2020): A novel approach to intelligent monitoring of gas composition and light mode of greenhouse crop growing

- zone on the basis of fuzzy modelling and human-in-the-loop techniques. *Sensors*, 20(24), 7299.
- Ledó, F., Apáti, F., Kicska, T., & Dorogi, D. A. (2018): A hajtattott zöldségtermesztés helyzete és fejlődési tendenciái. *Zöldség-Gyümölcs Piac és Technológia*, 22(1), 25–26.
- Li, H., Guo, Y., Zhao, H., Wang, Y., & Chow, D. (2022): Towards automated greenhouse: A state of the art review on greenhouse monitoring methods and technologies based on Internet of Things. *Journal of Cleaner Production*, 331, 129977.
- Nadafzadeh, M., Banakar, A., Abdanan Mehdizadeh, S., Zare Bavani, M., Minaei, S., & Hoogenboom, G. (2022): Design, fabrication and evaluation of a robot for plant nutrient monitoring in greenhouse (case study: Iron nutrient in spinach). *Biosystems Engineering*, 219, 20–29.
- Sipos, M., Zsoldos, Á., & Nagy, T. (2019): Fóliasátras termesztés tapasztalatai. *Agrokémia és Talajtan*, 68(1), 25–32.
- Szabó, É., & Tóth, K. (2015). A növényi minták nedvességtartalmának és száraanyag-tartalmának meghatározása. *Élelmiszeripari Közlemények*, 61(3), 74–81.
- Tóth, R., Horváth, S., & Nagy, K. (2021): Az öntözés hatása zöldségfélékre. *Értékálló Aranykorona*, 22(1), 28–29.
- Zhang, B., Li, C., Wei, Q., Zhang, Y., & Zhao, J. (2017): High-altitude adaptation in the Tibetan pig. *Scientific Reports*, 7(1), 3654.

Internetes hivatkozások

http1: Digitális Agrárakadémia (2025, április 6.): Bólyban is végzett a csapat a DAA Plusz agrárdigitalizációs szaktanácsadó képzésen. Letöltés dátuma: 2025. 10. 27.

<https://digitalisagrarakademia.hu/hir/bolyban-is-vegzett-a-csapat-a-daa-plusz-agrardigitalizacios-szaktanacsado-kepzesen>

http2: Food and Agriculture Organization of the United Nations (2016): The state of food and agriculture 2016: Climate change, agriculture and food security. FAO. Letöltés dátuma: 2025. 10. 27. <https://www.fao.org/3/i6030e/i6030e.pdf>

http3: Genезis (n.d.): Paradicsom és uborka tápanyagellátása. Letöltés dátuma: 2025. 10. 27. <https://www.genезispartner.hu/>

http4: Ökológiai Mezőgazdasági Kutatóintézet (ÖMKI) (n.d.): A paradicsom ökológiai termesztése. Research Institute of Organic Agriculture. Letöltés dátuma: 2025. 10. 27.

<https://www.biokutatas.hu/hu/publikaciok/kiadvanyok/kiadvany/a-paradicsom-okologiai-termesztese>

http5: PLC Global (n.d.): Mit jelent a mezőgazdaság automatizálása? PLC Global. Letöltés dátuma: 2025. 10. 27. <https://plcglobal.hu/mit-jelent-a-mezogazdasag-automatizalasa/>

http6: Cucumber | Home & Garden Information Center, Clemson University Extension. Letöltés dátuma: 2025. 10. 27. <https://hgic.clemson.edu/factsheet/cucumber/>

http7: Humus Fw folyékony lomb és talajtrágya koncentrátum leírása

Letöltés dátuma: 2025.10.27. <https://www.huminproject.hu/termekek/humus-fw-folyekony-lomb--es-talajtragya-koncentratum-nebih-megiteleseben-aop-besorolasu-keszitmeny>

Ábra- és táblázatjegyzék

1. ábra: Szárítópusztán kihelyezett páratartalom szenzorok	18
2. ábra: Szárítópusztán kihelyezett hőmérséklet szenzorok	19
3. ábra: Friss tömegre vonatkozó eredmények	22
4. ábra: Száraz tömegre vonatkozó eredmények	23
5. ábra: Magasságra vonatkozó eredmények	24
6. ábra: Átlagos ízköztávra vonatkozó eredmények	24
7. ábra: A paradicsom friss tömeg eredmények	25
8. ábra: A paradicsom száraz tömeg eredmények	26
9. ábra: A paradicsomnövény magasság eredmények	27
10. ábra: A paradicsom ízközhossz eredmények	28
11. ábra: Uborka friss tömeg	28
12. ábra: Az uborka száraz tömeg	29
13. ábra: Az uborkanövény magasság eredmények	30
14. ábra: Az uborka átlagos ízközhossz eredmények	30

Mellékletek

1. melléklet: Gödöllő szántó művelési ágú területen duplafalú fóliasátor telepítése.



2. melléklet: Gödöllő szántó művelési ágú területen történő fóliasátor alap kiásása.



3. melléklet: Gödöllő szántó művelési ágú területen termesztőasztalok telepítése.



4. melléklet: Gödöllő szántó művelési ágú területen elkészült duplafalú fóliasátor.



5. melléklet: Gödöllő szántó művelési ágú területen kihelyezett szenzorok.



6. melléklet: Szárítópusztán kihelyezett szenzorok.



7. melléklet: A statisztikai elemzések összefoglaló táblája

	Fajta	SZÁRÍTÓPUSZTA				TELEK			
		Átlag	Szórás	N	G-H post hoc	Átlag	Szórás	N	G-H post hoc
Friss tömeg (g)	Charmant F1	7,53	3,39	11	b	11,63	3,12	18	b
	Kecskeméti 3 F1	3,97	1,54	13	a	6,72	1,35	12	a
	Mohikán F1	8,51	5,19	16	b	7,19	7,19	19	b
Szárastömeg (g)	Charmant F1	0,95	0,70	11	a	1,97	0,48	18	b
	Kecskeméti 3 F1	1,12	0,42	13	ab	1,53	0,32	12	a
	Mohikán F1	1,74	0,88	16	b	1,67	0,62	19	ab
Magasság (mm)	Charmant F1	210,45	49,11	11	ab	510,00	99,76	18	b
	Kecskeméti 3 F1	180,77	29,29	13	a	268,33	32,15	12	a
	Mohikán F1	292,19	133,75	16	b	425,53	100,48	19	b
Ízközösség (mm)	Charmant F1	23,36	5,66	11	a	45,91	4,04	18	b
	Kecskeméti 3 F1	39,71	4,49	13	b	40,82	3,16	12	a
	Mohikán F1	32,52	12,05	16	b	41,11	6,94	18	ab

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 hozzáféréséről és eredetiségéről (módosítva: 2025. október 16.)

NYILATKOZAT

a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió¹ nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve:

ISPA'N GRE'TA

A Hallgató Neptun kódja:

JJYUUR

A dolgozat címe:

PARADICSOM (SOLANUM LYCOPERSICON) ÉS UBORKA (CUCUMIS SATIVUS L.) NÖVÉNYEK PALÁNTANEVELÉSÉNEK EREDMÉNYESSÉGE AUTOMATIZÁLT PALÁNTANEVELŐ RENDSZEREKBE

A megjelenés éve:

2025

A konzulens intézetének neve:

MŰSZAKI INTÉZET

A konzulens tanszékének a neve:

Kijelentem, hogy az általam benyújtott záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió² 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 eltelté után

nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: Gödöllő, 2025 év november hó 10 nap


Hallgató aláírása

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

NYILATKOZAT

Ispán Greta (név) (hallgató Neptun azonosítója: JJYUVR)
konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő
védelemre javaslom / nem javaslom¹.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem²

Kelt: 2009 október év november hó 10 nap



belső konzulens

¹ A megfelelő aláhúzendó.

² A megfelelő aláhúzendó.

Hallgatók, doktoranduszok nyilatkozata mesterséges intelligencia (MI) alkalmazásáról

1. Általános adatok

Hallgató neve:	Ispan Greta
Neptun-kódja:	JJYUVR
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*:	SZAKDOLGOZAT KÉSZÍTÉS KERTU073N
A munka címe:	PARADICSOM (SOLANUM LYCOPERSICUM L.) ÉS UBORKA (CUCUMIS SATIVUS L.) NÖVÉNYEK PALÁNTANEVELÉS-

* doktori értekezés esetén nem kitöltendő

ÉNEK EREDMÉNYESSÉGE AUTOMATIZÁLT PALÁNTANEVELŐ RENDSZERBEN

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 eszköz verziója, elérhetősége	MI-neve,	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: 2100. Gödöllő, 2025. november hó 10. nap


.....
Hallgató aláírása


.....
Konzulens/Témavezető aláírása