

SZAKDOLGOZAT

Kollár-Bartók Petra
Mezőgazdasági mérnök szak

Gödöllő
2024



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus
Mezőgazdasági mérnök alapszak**

**BORSÓ TERMESZTÉSE KÜLÖNBÖZŐ MEGVILÁGÍTÁSI
MÓDOK ALKALMAZÁSÁVAL**

Belső konzulens:	Kende Zoltán egyetemi adjunktus Piroska Petra PhD hallgató
Készítette:	Kollár-Bartók Petra JHE5E8 nappali tagozat
Intézet, Tanszék:	Növénytermesztési- tudományok Intézet, Agronómiai tanszék

**Gödöllő
2024**

Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés	3
1.1.	Bevezetés	3
1.2.	Célkitűzések.....	4
2.	Irodalmi áttekintés.....	5
2.1.	A mezőgazdaság általános helyzete	5
2.2.	A fehérjék jelentősége.....	6
2.2.1.	A növényi fehérjék népszerűsége.....	7
2.2.2.	A pillangós növények	8
2.3.	Borsótermesztés helyzete	9
2.3.1.	Borsótermesztés helyzete a világban	9
2.3.2.	Borsótermesztés Európában.....	10
2.3.3.	Borsótermesztés hazánkban	10
2.4.	Felhasználás	11
2.5.	Termesztéstechnológia.....	12
2.5.1.	Fajtaválasztás, ökológiai igények.....	12
2.5.2.	Fenológiai fázisok.....	13
2.5.3.	Éghajlati igények	13
2.5.4.	Növényi sorrendben a helye.....	14
2.5.5.	Tápanyaggazdálkodás.....	14
2.5.6.	Vetés	15
2.5.7.	Gyomirtás, növényvédelem	16
2.5.8.	Betakarítás	18
2.5.9.	Termesztéstechnológiák.....	18
2.6.	Beltartalom.....	18
2.7.	Hidroponikus rendszer	19
2.7.1.	Mikrozöldek	19
2.8.	A szakirodalmi áttekintés főbb megállapításai	20
3.	Anyag és módszer	22
3.1.	A kísérlet helyszínének bemutatása.....	22
3.2.	A mérés paramétereinek bemutatása	23
3.2.1.	A klorofil aktivitás mérése.....	23
3.2.2.	Fluoresszencia mérése	25
3.2.3.	Magasság mérése	26
3.3.	Az alkalmazott megvilágítások	26
3.4.	Tápanyagellátás.....	28

3.5.	Támasztóközeg bemutatása.....	30
3.6.	Környezeti változók szabályozása.....	30
4.	Eredmények	31
5.	Következtetések és javaslatok	38
6.	Összefoglalás.....	40
7.	Irodalomjegyzék.....	41
8.	Ábrák, táblázatok jegyzéke	47
9.	Köszönetnyilvánítás	48
10.	Nyilatkozatok	49

1. BEVEZETÉS

1.1. Bevezetés

Földünk népessége az ENSZ adatai alapján már 2023-ban elérte a 8 milliárd főt. Tehát napjainkban a Föld különböző részein több, mint 8 milliárdnyi ember él. Népességünk a múlt század közepétől robbanásszerűen emelkedett, ennek fő oka, hogy az országokban és a régiókban demográfiai átmenet ment végbe. Az imént említett demográfiai elmélet magas halandósággal és termékenységgel jellemezhető ez az elmúlt időszak. Mindez a népesség gyarapodás gyorsulását eredményezi. Kutatások és számítások szerint ez a halandóság és termékenység az elmélet utolsó periódusában egy igen alacsony szinten állandósulni fog, ez alapján a népességnövekedés szintje is állandósul. Ez az időszak azonban még előttünk áll.

A túlnépesedés és a gyors ütemű gyarapodás számtalan súlyos és megoldandó problémát okoz. Beleértve a környezeti problémákat, ezek között a túlzott környezetszennyezést, az élelmiszer és energiagondokat, valamint nagyon sok gazdasági és társadalmi problémát és konfliktust.

Élelmiszer problémák alatt egyértelműen az élelmiszerhiány értendő. Ennek fő oka, hogy a meglévő területeknek kell egyre nagyobb embertömeget eltartania és élelmiszert előállítani, mivel új területek már csak korlátozott számban érhetőek el. Jelentős mezőgazdasági területek lettek urbanizáció alá vonva. A meglévő területek pedig egyre nagyobb nehézségeknek vannak kitéve. Fontos megemlíteni a klímaváltozás hatásait, amelyek befolyásolják és rontják a talaj minőségét, talajaink erősen erodálódnak. Mindemellett fizikai hatásokkal, nem megfelelő agrotechnikával könnyen tönkre tehetőek a talajaink. Mindezek a problémák sajnos nagyban csökkentik az élelmiszer előállításra alkalmas területeket.

Az ENSZ adatai alapján 17-40%-ra tehető Földünkön az alultápláltak, avagy hiányosan táplálkozók száma. Az éhség és a hiányos táplálkozás szellemi sérüléseket és visszamaradást okozhat az emberi szervezetben.

A fent említett problémákat megoldani nem lehet. Azonban nagyobb odafigyeléssel és igyekezettel enyhíthetjük őket. Legfontosabb a fenntartható mezőgazdaság, melynek lényege, hogy úgy állítunk elő és termesztünk jó minőségű élelmet, hogy mellette figyelmet fordítunk a talaj védelmére is, ezzel megőrizve a talaj termékenységét. A helyes agrotechnika, az eróziótól és az elsivatagosodástól való védelem sem elfelejtendő. Kisebb megoldások lehetnek például a

vegetáriánus étrendre való átállás, a legelők mezőgazdasági területbe való bevonása, alternatív/új élelmiszerek fogyasztásának bevezetése, valamint a haltenyésztés.

Fontos kiemelni a növényi eredetű fehérjék lehetőségét az emberi táplálkozás lehetőségeként. Ugyanis nem a hús az egyetlen fehérjeforrás. A hüvelyes növények magas fehérje tartalmuk mellett számos vitamint, ásványi anyagot, további hasznos növényi vegyületeket tartalmaznak.

1.2. Célkitűzések

Témaválasztásomat a fent említett problémák időszerűsége, megoldása befolyásolta. Fontosnak tartom, hogy egy fenttartható világot tudjunk kialakítani ekkora embertömeg számára. Diplomadolgozatomban 4 különféle fehérje növény fejlődését vizsgáltam különböző körülmények között, így célkitűzéseim a következők voltak:

- A különböző mesterséges megvilágítási körülmények hatásának vizsgálata a borsó növekedésére hidropóniás rendszerben.
- A növények magasságának, klorofill aktivitásának és fluoreszcenciájának rendszeres mérése és ezek összefüggésének elemzése a különböző megvilágítási körülmények között.
- Javaslatok megfogalmazása a hatékonyabb hidropóniás fehérjenövénytermesztés érdekében.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A mezőgazdaság általános helyzete

A mezőgazdaság olyan ősi tevékenység, amely több tényezővel kapcsolatban áll. Legfontosabb meghatározója a természeti környezet, amely nagyban befolyásolja. A mezőgazdasági termelésnek több célja is lehet, de a legfontosabb az élelem előállítása, azaz a megfelelő mennyiségű élelmiszer előállítása az emberiség számára. Mindemellett számos ipari tevékenység alapja a mezőgazdasági termelés. Ide sorolható a textilipar, hadipar vagy a háztartási eszközök előállítása is. Az idő múlásával számos mesterséges megoldás született egyes termékekre, azonban vannak olyan alapanyagok, amelyek utánozhatatlanok. Számos országnak gazdasági bevételt is jelent a mezőgazdaság, mint export. Magyarország is ezen országok közé tartozik.

Kiemelkedően fontos a fenntartható mezőgazdaság, a természeti erőforrások megőrzése, ugyanis a népességyarapodás okán az emberiség számára fennálló erőforrások szűkösek. Ezek mellett kiemelkedően fontos feladat a termésmennyiség maximalizálása.

A mezőgazdaságon belül a növénytermesztést több természeti tényező is befolyásolja. A termelés függ a természeti adottságoktól, mint például az éghajlat vagy a talaj. A természeti jelenségek nagy kockázatnak teszik ki a termesztést.

Hazánk a földrajzi elhelyezkedése és domborzati viszonyai alapján megfelelő hely a mezőgazdasági termelésre. Azonban a gyakorlatban ez cáfolható, ugyanis a napjainkban zajló éghajlat változás okozta szélsőséges időjárás nagyban befolyásolja a termelést. Kedvezőtlen tényező például az aszály vagy ellenkezőleg a csapadék eloszlása okozta belvizek vagy a csapadék intenzitása okozta erózió. Ezek a tényezők nagyban befolyásolják és nagy kockázatot jelentenek a termelésre (Székely, 2016).

A múlt század végén a fenntartható növénytermesztés kérdése került előtérbe. Az éghajlatváltozás okozta változások miatt csökkent a termésbiztonság és a termésingadozás pedig nőtt. A fenntartható növénytermesztés érdekében kiemelkedően fontos a kutatás, a fejlesztés, valamint új növényfajták felfedezése és a nemesítés. A múlt századtól kezdve folyamatosan újabb célok kerülnek előtérbe a táplálkozásban. Eleinte az élelemhiány volt, majd később a betegség megelőzését szolgáló táplálkozás lépett elébe. Az éghajlatváltozás során növényvédelmi problémák is jelentkezhetnek. Új betegségek, kártevők és kórokozók veszélye is fenn áll, erre példa a szárrozsda és a sárgarozsda rassz (Bedő & Láng, 2015).

A termeléssel kapcsolatos követelmények folyamatosan növekvő tendenciát mutatnak, amely a népesség gyors gyarapodásával magyarázható. Az emberiség kb. 60%-a még így sem jut elegendő tápanyaghoz. Ezen kívül kb. 800 millió ember éhezik. Viszont a fejlettebb országokban folyamatosan növekszik a biológiailag értékes élelmiszerek aránya, mint például a hús, gyümölcs, ezek mind a mezőgazdasághoz járulnak hozzá. Hazánkban a biológiailag értékes tápanyagok, fehérjék iránti igény fog növekedni (Láng, 1965).

2.2. A fehérjék jelentősége

A fehérjék elengedhetetlen összetevői az élelmiszereknek. Jelentőségük az érzékszervi, táplálkozási tulajdonságaikban van, de elengedhetetlen a szerkezetükhöz is. Több nézetből megközelíthető a növényi alapú fehérjék különlegessége az állati fehérjékkel szemben. Fontos megemlíteni a környezeti fenntarthatóságot és azt, hogy a növényi eredetű fehérjék egészségesebbek, mint az állati eredetű fehérjék. A vegetáriánusok számára elengedhetetlen forrás a növényi fehérje. Különböző növényi csoportokból napjainkban több, mint 30 növényi fehérje áll rendelkezésre. Ide tartoznak az olajos növények, a hüvelyesek, gabonafélék és a diófélék (Gao et al., 2024).

Az emberi szervezet számára fontos tápanyagot szolgáltatnak a fehérjék, úgynevezett makró tápanyagok. A fehérjék a N elsődleges forrásai, elengedhetetlenek az emberi test és szervezet szerkezetéhez és működéséhez. A növényi fehérjék fontos tulajdonsága az emészthetőségük. Ez az érték függ a feldolgozástól, illetve a fehérje szerkezetétől is. Köztudott tény, hogy az állati fehérjék jobban emészthetőek, mint a növényi fehérjék az ANF tartalmuk miatt. Ennek okául és ez a tényező javítására olyan, új feldolgozási technológiákat keresnek, amellyel javítható a növényi fehérjék emészthetősége (Sá et al., 2020).

A fehérjéket már régóta a súlyszabályozásban is hasznos összetevőként tartják számon. Minden ember számára fontos a megfelelő szintű fehérjebevitel. Egyre gyakoribb a növényi alapú fehérjékből kialakított étrend vizsgálata. Számos tudomány a növényi alapú élelmiszerek fogyasztását ajánlja, például hüvelyesek vagy a teljes kiőrlésű gabonák. A hüvelyesek és a teljes kiőrlésű gabonák nagy mennyiségű összetett szénhidrátot tartalmaznak, ideértve az oldható és oldhatatlan rostot is. A hüvelyesek beltartalmában pedig fontos kiemelni az oligoszaharidokat és a lassan emészthető keményítőket, valamint jelentős mennyiségű fehérjét szolgáltat magas zsírtartalom nélkül. Mindezek mellett a hüvelyesekben jelentős mennyiségű bioaktív társzápanyagok vannak, amelyek hozzájárulnak a rák elleni védelemhez, illetve a

magas koleszterinszint megelőzéséhez. Kimutatható, hogy számos hasznos vegyület is megtalálható bennük, mint például a foszfor, magnézium vagy kálium (Ahnen et al., 2019).

2.2.1. A növényi fehérjék népszerűsége

A világjelentős környezeti kihívásokkal néz szembe a vízhiány, a fenntarthatatlan mezőgazdaság, az éghajlatváltozás miatt, amely élelmiszer válsághoz vezethet. Az ágazatok közötti integrált erőfeszítésekre van szükség az élelmiszerválság hatékony kezelésére, a szénlábnyom csökkentésére és a népességnövekedéssel kapcsolatos kihívások kezelésére, az élelmezésbiztonság biztosítására, a környezeti hatások minimalizálására, a növényi alapú étrend népszerűsítésére és a táplálkozási szükségletek kielégítésére. A világszerte népszerűvé vált növényi eredetű fehérjéket ma már szélesebb körben integrálják az étrendbe. A jövőbeli kutatások és fejlesztések célja a fehérjék ízének, állagának, valamint tápértékének javítása, hozzáférhetőbbé és vonzóbbá tétele (Karabulut et al., 2024).

Napirendre került a húspótlók keresése. Ez több okkal magyarázható, azonban elsőként fontos kiemelni, hogy növekszik a tudatosság az állati eredetű fehérjék környezetre gyakorolt káros hatásáról és előtérbe helyeződnek a zöld technológiák. A szervezet jó egészsége érdekében fontos a szervezetnek megfelelő tápanyagok bejuttatása. A hús jelentős hasznos anyagot tartalmaz a szervezet számára, azonban a húshoz való hozzáállás folyamatosan változik. Az elmúlt években fokozottan nőtt az érdeklődés a növényi eredetű fehérjék fogyasztása iránt, mivel az emberek egészséges alternatívákat keresnek. A hús magas koleszterinszintjét is fontos megemlíteni, ugyanis az emberi szervezet számára egészségtelen. A húspótlókat jellemzően szója, gabonafélék, hüvelyesek, színezőanyagok, mikoprotein, aroma és egyéb összetevők kombinációjából állítják elő (Ihsan et al., 2024).

Növényi fehérjék bőségesen megtalálhatóak a nyersanyagokban, azonban ki kell vonni őket, hogy elő lehessen állítani. A kivonás extrakcióval történik, amelyeket két csoportba sorolunk. Vannak hagyományos, illetve új technikák. A hagyományos módszerek hátrányaként említhető például a hosszú extrakciós idő, az alacsony extrakciós szelektivitás, a drága, nagy tisztaságú oldószerek, az oldószer nagy mennyiségű elpárologtatása és a termolabilis fehérjék lebomlása. A kutatók inkább az új módszerekre összpontosítanak a fehérjék lebomlásának csökkentése érdekében (Karabulut et al., 2024).

A növényi fehérjék tulajdonságai

Sok növényi fehérje, mint például a borsófehérje rosszul oldódik vízben. Ezt a tulajdonságot olyan tényezők befolyásolják, mint a hidrofób régiók jelenléte, amelyek elősegítik az

aggregációt és az oldhatatlan komplexek képződését, a fehérje-polifenol kölcsönhatások, a pH-érzékenység és a fehérjefeldolgozás körülményei, kitermelés és élelmiszer-feldolgozás. A korlátozott oldhatóság szemcsésséghez, szemcsésséghez vagy homokos textúrához vezethet az élelmiszerekben, korlátozva azok alkalmazását olyan készítményekben, amelyek sima textúrát vagy homogén fehérjeeloszlást igényelnek. A növényi fehérjék emulgeáló- és habképző tulajdonságai gyakran gyengébbek, mint az állati eredetű fehérjék, mivel ezeknek az oldhatósági jellemzőik rossz. A növényi alapú fehérjék alacsony gélesedési tulajdonságai olyan tényezőknek tudhatók be, mint az alacsonyabb szerkezeti fehérjék tartalom, az alacsonyabb molekulatömeg, a fehérje összetétele és szerkezete, valamint a korlátozott oldhatóság. A növényi fehérjék hőérzékenysége a fehérje denaturálódását és aggregációját eredményezheti a feldolgozás során, ami a textúra megváltozásához, az eltarthatóság csökkenéséhez és a termék minőségének romlásához vezethet. A növényi alapú fehérjékből hiányoznak az állati eredetű fehérjékben megtalálható hőstabil fehérjék (Karabulut et al., 2024).

2.2.2. A pillangós növények

A múlt században a gazdák világszerte a hüvelyesek vetésforgóját és a N más természetes forrásait szintetikus műtrágyákkal cserélték fel. Az elmúlt évtizedekben a N műtrágyákat számos környezeti veszéllyel kapcsolták össze, mint például a globális felmelegedés, a talajvíz szennyeződése, illetve a stratoszférikus ózon pusztítása. Az emberiség jelentős százalékanak túlélése a szintetikus műtrágyáktól függ. Hiszen a gazdálkodók hatékonyabban tudják a növény nitrogén iránti igényét kielégíteni a vegetációs időszakban ezzel jelentősen növelni tudják a terméshozamot. Másrészt lehetővé tették, hogy kiküszöböljék a vetésforgó sorozat termékenységet generáló szakaszát. A szintetikus műtrágyák megjelenése előtt jellemző volt, hogy a gazdaság jelentős részét hüvelyesekben gazdag legelőn vagy takarónövényen hagyták, amely viszonylag kevés árut termelt, de a légköri dinitrogén (N_2) biológiai megkötése révén regenerálta a talaj termékenységét. A hüvelyesekben gazdag vetésforgó azonban egyre ritkább, hiszen a világ legtöbb pontján a gazdálkodók inkább szintetikus műtrágyákkal biztosítják a szükséges tápanyagot a növényeknek a vegetáció időszakában a terméshozam növelése érdekében (Crews & Peoples, 2004).

Rhizobium

A *Rhizobium*, *Bradyrhizobium* és *Azorhizobium* fajok képesek a hüvelyes gazdanövény gyökerén csomókat kialakítani, amelyekben a rhizobia a légköri N_2 -t ammóniává alakítja a növény számára (Van Rhijn & Vanderleyden, 1995).

2.3. Borsótermesztés helyzete

2.3.1. Borsótermesztés helyzete a világban

A borsó (*Pisum sativum*) az egyik első házasított haszonnövény és Gregor Mendel alapvető genetikai vizsgálatainak mintanövénye volt. Jelenleg a világ legtöbb mérsékelt égővi régiójában termesztik (Warkentin et al., 2015).

A mezei borsó az egyik legrégebben házasított hüvelyes növény, amely a Földközi-tengerben i.e. 7000 és 6000 között jelent meg. A hüvelyesek jól beilleszthetők a vetésforgóba, hiszen képesek megtörni a gabonafélékhez kapcsolódó betegségeket és gyomokat, miközben pótolják a nitrogént (N) a talajban azáltal, hogy képesek a nitrogén megkötésére a légkörből csomóikon és a rhizobiával szimbiózison keresztül. 2017-ben összesen 8 141 031 hektár mezei borsót takarítottak be globálisan, a legnagyobb termelők Kanada, Oroszország, Kína, India és az Egyesült Államok voltak. A szántóföldi borsó és más hüvelyesek megművelt területe az elmúlt 30 évben folyamatosan csökkent (Powers & Thavarajah, 2019). A csökkenést (Boukid et al., 2021) is bizonyítja, mi alapján 2019-ben világszerte 7 166 876 hektár borsót takarítottak be, ez összesen 14 184 249 tonnát jelent, ebben a legnagyobb termelők Kanada, Oroszország és az Egyesült Államok voltak.

A fehérjék iránti kereslet folyamatosan növekszik a táplálkozási előnyeik, valamint a népesség növekedése és a növekvő fehérjehiány miatt. A borsó az egyik legtöbbet termelt hüvelyes növény a világban, és a termelt hüvelyes növények 26%-át teszi ki (Shen et al., 2022).

A különböző termesztéstechnológiák és az eltérő éghajlati viszonyok miatt a termésátlagok is eltérőek. Az előbb említett különbségek miatt a termésátlag 3-10 tonna/hektár között változik. Kína a legnagyobb mennyiséget termelő ország, 2 millió tonnával. Kiemelkedő még Franciaország, Kanada és Nagy-Britannia. A termésátlaguk 8-10 tonna/hektár (Kerek – Marselek, 2010).

A múlt század óta a borsót vetésforgóként termesztették, hogy megtörjék a betegségek ciklusát, alternatív növényként szolgáljanak a nyári parlagon és növeljék a gabona és olajos magvak hozamát a világ termőterületein (Tulbek et al., 2024).

A hüvelyesek, beleértve a borsót is, keményítő-, fehérje- és egyéb tápanyagtartalmuk miatt régóta az emberi táplálkozás fontos összetevői. Az impulzusfogyasztás mellett egészségügyi előnyök is nagy érdeklődést váltottak ki a borsó fogyasztás iránt. Ezek az egészségügyi előnyök leginkább a borsóban lévő keményítő, fehérje, rost, vitaminok, ásványi anyagok és fitokemikálok koncentrációjából és tulajdonságaiból fakadnak (Dahl et al., 2012).

2.3.2. Borsótermesztés Európában

Az első írásos emlékek a zöldborsó termesztéséről Európában i.e. III. századra tehetők, THEOPHrasztosz idejére. Ezt úgy vélték, hogy az Afrika partvidékén elterjedt *Pisum elatiust* termesztették. Morfológiai jellemzői, levelei hosszabbak voltak, mint a babé, a virág színe lila, a magja pedig fehér volt (Mándy et al., 1980).

2.3.3. Borsótermesztés hazánkban

A zöldborsó termesztést hazánkban 1930 óta tartják nyilván. Ekkor 3149 hektár volt a zöldborsóval termesztett terület hazánkban, amelyről 7370 tonna termést takarítottak be (Kiss, 1980a).

Hazánkban az egyik legnagyobb volumenben termesztett hüvelyes növény a borsó. A borsóval vetett területek nagy változatosságot mutatnak, ugyanis 1994 és 2005 között 44 és 66 ezer hektár között változott a száraz és zöldborsó termőterülete.

Hosszabb távon vizsgálva a borsótermesztést, a termőterülete csökken, viszont konzervipari zöldborsótermesztést tekintve a 6-9 ezer hektáros termőterület növekedés tapasztalható (Kajdi, 2005). 20 ezer hektár köré tehető a termőterülete, így hazánkban a második legnagyobb területen vetett hüvelyes növény (Csontos, 2007).

Kedvelt élelmiszerünk a szárazborsó nagy fehérje tartalma miatt. A takarmánykeverékeknek is fontos és kedvelt összetevője a takarmányborsó nagy fehérje tartalma okán, az őszi és tavaszi takarmánynövényeknek is kiemelkedő társnövénye (borsós napraforgó, tavaszi repcés borsó, őszi zabosbükkönyös borsó, árpás bükkönyös borsó) (Schüller, 1980). Alkalmazható zöldtrágyaként is, hazánkban a vetőmagtermesztése is jelentős a kedvező környezeti adottságok miatt (Mándy et al., 1980).

Előnye a borsótermesztésnek, hogy jó állapotban marad vissza a talaj, gazdagodik a nitrogéntartalma, ezt az utónövény kiválóan hasznosít, így nő a termésmennyisége (Kurnik, 1968).

Korai lekerülése és rövid tenésziideje miatt másodnövényként is termesztethető. Termesztése maximálisan gépesíthető, viszont jövedelmezőképessége ingadozó (Nagy, 1994; Corre-Hellou és Crozat, 2003).

A termés kevés része kerül frissen felhasználásra, nagyobb része mélyhűtött állapotban vagy konzervként kerül forgalomba. Termesztése üzemi és gazdasági szempontból is jelentős (Sárvári, 2005).

Hazánkban termesztik extenzív és intenzív technológiát is alkalmazva, azonban a kiemelkedő termésátlagok elérése érdekében érdemes korszerű és szakszerű technikát alkalmazni. A termés 90%-a feldolgozóipari nyersanyag. Ebből évente körülbelül 60-80 tonna késztermék exportálásra kerül. Leginkább nyugati országokba fagyaszttva, mint Görögország, Hollandia és Németország. A keleti országokba konzervként kerül, például Ukrajna vagy Oroszország (Kerek – Marselek, 2010).

Kedvező vízgazdálkodásban, műtrágya megtakarításban, a talaj élénkülő mikrobiális életében nyilvánul meg a borsó kedvező elővetemény hatása. A nitrogénkötő gümőbaktériumok, amelyek a borsóval szimbiózisban élnek szerves és szervetlen tápanyagot kapnak a gazdanövénytől, a levegőből megkötött nitrogén nagy részét pedig ők visszaadják a növénynek. A növény betakarítása után a nitrogén a talajban marad, ami az utónövény számára kedvező hatással van (Sárvári, 1995).

A szárazborsó nagy mennyiségben tartalmazza az emberi szervezet számára elengedhetetlen szénhidrátot és fehérjét. Más zöldségfajokhoz képest a rostanyag tartalma is kiemelkedő. Vitamin tartalma is jelentős, nagy mennyiségben tartalmaz C vitamint (25 mg/100 gr), mindemellett B1-, B2-, D1-, D2 vitamint is tartalmaz. A benne található ásványi anyag is nélkülözhetetlen az emberi szervezet számára (Nagy, 1999, 2000).

2.4. Felhasználás

A borsó felhasználását tekintve nagy mennyiségben konzervipari felhasználásra kerül, valamint fagyasztásra. A táplálkozásba elsősorban friss zöldborsóként fogyasztjuk. Az állatok takarmányozásában jelentős szerepe van. Hazánkban az állatállomány számának növekedésével a borsóval vetett területek száma is nőtt, 1980-as évek végére 100 ezer hektár fölé emelkedett. Szálastakarmányként is hasznosítható a borsó a takarmányozásban (Udvardi, 2010).

A borsó felhasználást tekintve a hüvelytől elválasztott magvakat használhatjuk főzésre, például leves, főzelék vagy saláta. Történhet közvetett felhasználás, mint például a konzervborsó. A konzervborsó előállítása úgy történik, hogy gépi úton a zsenge magokat kiveszik a hüvelyekből, majd osztályozzák, sterilizálják, felfőzik, végezetül üvegekben tartósítják. Elterjedt a fagyasztott zöldborsó is. Fontos kiemelni a takarmányozási felhasználást is. Többféleképpen használható, abraktakarmányként ledarálva történik a felhasználása.

Jelentős a takarmánykeverékekben történő felhasználása is. Zöldtrágyaként is hasznosítható, valamint a vetőmagtermesztés céljából való felhasználás is elterjedt (Mándy et al., 1980).

A kereskedelemben a borsófehérje összetevők liszt, koncentrátum és izolátum formájában vannak jelen. Viszont a nagy érdeklődés ellenére is a borsófehérjék az élelmiszerekbe és italokba való bekerülése továbbra is kihívást jelent az élelmiszeripar számára, leginkább a borsófehérje babaromája, valamint a funkcionális és technológiai tulajdonságokra gyakorolt hatása miatt (Boukid et al., 2021).

2.5. Termesztéstechnológia

2.5.1. Fajtaválasztás, ökológiai igények

A borsó a Fabaceae családba tartozik. Lágyszárú, egyéves növény. Rhizobium-gümők fejlődnek a főgyökérzetén. Elheverő dudvás szára van, hajtásrendszer tengelye elheveredő. A növény magassága 30-150 cm lehet. A levelei szórt állásúak és párosan szárnyasan összetettek. Virágzata fürtvirágzat. Öntermékenyülő. Termése több magvú hüvely, hengeres, valamint kissé lapított. Ezermag tömege fajtától függően változhat, 100-500 gramm (Somos, 1975; Szabó, 1980).

Morfológiájuk és termesztési céljuk szerint két csoportba osztjuk őket, kifejtőborsó (*Pisum sativum* L. convar. *glaucospermum*) és velőborsó (*Pisum sativum* L. convar. *glaucospermum*).

A kifejtő borsó cukortartalma rövid idő alatt keményítővé alakul. Kétfelé válik a hántolt mag, ezeket a forgalomba zöld vagy sárga borsóként hozzák. A velő- és cukorborsóhoz hasonlítva edzettebb és igénytelenebb (Kiss, 1980b).

A velőborsónak a nagyobb cukortartalma miatt zöldéréskor lassabb a keményítővé válása, ebből fakadóan betakarításkor tovább megtartja a zsengességét. A héja nem hántolható és ráncos. Igényesebb, mint a kifejtő borsó, konzervkészítésre alkalmas.

A cukorborsó (*Pisum sativum* L. convar. *saccharatum*) külön alakkört képez, hiszen a hüvelytermése eltér a többi borsófajtától. Hüvelyestől fogyasztható, hiszen a hüvelyének belsejéből hiányzik a pergamenszerű hártya (Bocz, 1996; Fehérné, 1998).

A borsó talajigénye korábbi nézetek alapján, a szélsőséges talajokat kivéve majdnem minden talajon sikeresen termesztendő. Azonban mára ez az álláspont változott, miszerint nem igényes a talajra. Legkedvezőbben termesztendő löszön kialakult meszes vagy mészlepedékes csernozjom talajon. Ez a talaj biztosítja az igényeinek megfelelő környezetet, jó

vízgazdálkodás, megfelelő mész- és humusztartalom, semleges vagy enyhén lúgos kémhatás 6,5-8,0 pH. Sikeresen termesztethető még homokos vályogtalajon is, itt szintén kimagasló termés mennyiség érhető el. Termesztésére nem alkalmasak a savanyú erdőtalajok, alacsony humusz tartalmú homoktalajok, szikések, valamint a hideg vízmegtartó réti agyagtalajok (Kiss, 1980a).

2.5.2. Fenológiai fázisok

A borsó egyedfejlődésének első szakasza a vetés és csírázás időszaka, ebben az időben megreped a maghéj. A második szakasz a csírázás és kelés közti időszak, ekkor képződik a talajban 1cm-es hajtás. Ezután következik a kelés és háromleves állapot közötti időszak, amely az 5. nódusz kialakulásáig tart. Az első virágzó nódusz pedig a negyedik szakaszban a háromleveles állapot és az első virágzó nódusz közötti időszakban jelenik meg a növényen. Végül a zöld szedésérési időszak következik, ezután pedig a hüvelyek sárga és teljesérése (Bocz, 1996).

2.5.3. Éghajlati igények

A borsó hőigényét tekintve hidegtűrő növény. A tenyészidőszak alatt szükséges összes hőmennyiség 1300-1600°C (Szabó, 1996). Fejlődéséhez szükséges minimális hőmérséklet 4,4°C. A fejlődéséhez optimális hőmérséklet 14-16°C. A virágzás és érés idején a hőigénye általában ennél nagyobb. Virágzáskor 15-18°C, éréskor pedig 18-20°C az optimuma. Kényszerérés következik be, amennyiben száraz az időjárás és a hőmérséklet 25°C felett van. A hőösszeg szükséglete nagyban befolyásolja a tenyészidejét (Velich és Csizmadia, 1985; Cselőtei, 1993; Antal 2000).

Hosszúnappalos növény. Vegetatív szervei a rövid megvilágításban, a generatív szervei pedig inkább a hosszú megvilágításban fejlődnek jobban. A kora tavaszi hűvös idő és rövid megvilágítás a korai vetésből kelt növények vegetatív fejlődésére, a nyár eleji hosszabb megvilágítás és meleg pedig a virágzásra és érésre hat kedvezően (Csatári-Szőts – Komjáti, 1963; Balázs, 2004).

A borsó vízigénye közepes. A kezdeti fejlődéséhez egyenletes vízellátás szükséges. A mag csírázásakor a talajból nagy mennyiségű vizet vesz fel. Virágzás és hüvelykötés idején igényli a maximális vízigényt. A virágzás idején a legkritikusabb a vízellátás, ugyanis ha ekkor száraz az időjárás akkor a virágok rosszul kötnek és a termés mennyiség nagy mennyiségben csökken. Legkisebb vízigénye éréskor van. A borsó transpirációs együtthatója 150-280 (Márton, 2004).

2.5.4. Növényi sorrendben a helye

A hüvelyesek kedvező és különleges helyet foglalnak el a vetésforgóban. Más növények termés biztonságára és mennyiségére kedvező hatással van a vetésváltásban. BAHL és PASRICHA (2000) öt éven át tartó kísérletei azt mutatják, hogy a vetésforgóba illesztett borsó a leendő kukoricatermés mennyiségét 30%-kal növeli a búza előveteményhez képest. A borsó elővetemény után a talajban lévő nitrogén könnyen elérhető formában marad (Beckie et al., 1997).

Kiemelkedő termés mennyiség az Országos Műtrágyázási Tartamkísérletek eredményei alapján akkor érhető el, ha márciusban a vetéskor kevés csapadék hullik, valamint a virágzási időszak mérsékelten meleg és a csapadékmennyiség átlagos, a betakarítási időszak viszont száraz időszakra esik (Sárvári, 2009).

Hazai vetésszerkezetünkben túlnyomó részt a gabonafélék foglalják el a helyet, ami leginkább a hüvelyesek részarányának növelésével enyhíthető (Kismányoky, 1994).

2.5.5. Tápanyaggazdálkodás

A borsó tápanyag igényét tekintve nem igényel istállótrágyázást, de nagy mennyiségű terméshez műtrágyára szükség van. A növény nitrogén ellátásához hozzájárulnak a Rhizobium baktériumok a N-kötésük révén, ezáltal nitrogén-műtrágya igénye kicsi, viszont nitrogénből van legnagyobb mennyiségben szüksége. Nitrogénműtrágyára a fejlődés kezdetén van szüksége, ezt kora tavasszal juttatjuk a borsó alá, ugyanis a gümők csak később fejlődnek ki, hogy ellássák a növény nitrogén szükségleteit. Ősszel egy adagban juttatunk ki foszfor- és kálium műtrágyát. Mészigényes, ezt a talaj mésztrágyázással tudjuk biztosítani (Ács – Kurnik, 1980; Bódis, 1983).

A borsónak a gyökérzete nem hatol mélyre és rövid a tenyészideje, így tápanyagigényes növény. Kifejezetten jó a foszfor- és káliumfeltáró képessége a borsó gyökérzetének (Ivány, 1994). A kiegyensúlyozott tápanyagellátás szükséges a megfelelő mennyiségű és kiváló minőségű termés eléréséhez. A tápanyag utánpótlásnak igazodnia kell a növény igényeihez és figyelembe kell venni a környezeti feltételeket (Németh – Várallyai 1998).

Kádár és munkatársai (2003) eredményei alapján az optimális nitrogén adag 100kg/ha a borsó számára mészlepedékes csernozjom talajon.

1. táblázat: Zöldborsó fajlagos tápanyagigénye 1 tonna termésre vonatkoztatva
Forrás: saját szerkesztés Kerek – Marselek (2010) alapján

Zöldborsó fajlagos tápanyagigénye 1 tonna termésre vonatkoztatva		
N	K ₂ O	P ₂ O ₅
18,9 kg	5,6 kg	15,2 kg

A nitrogén az egyik legszükségesebb elem a növények számára, szükségessége hasonló az oxigénhez és a szénhez (Németh, 1996). A nitrogént a talajban található nitrogén vegyületekből a gyökerek segítségével veszi fel a növény ammónium és nitrát formában. A nitrogén iránti igényeinek kielégítésével növelni tudjuk a termés mennyiségét, minőségét, valamint a fehérje tartalmát. Nitrogén hatására a levelek öregedése valamilyen szinten lassul (Debreczeniné – Sárdi, 1999). A levelek sárgulása, valamint a fejlődés visszamaradása a nitrogén hiány tünetei (Debreczeni, 1997).

A foszfor kiemelkedő szerepet tölt be az anyagcsere folyamatokban, illetve a szintézis folyamatokban. A generatív szervek fejlődésében játszik szerepet, a termés mennyiségében és minőségében (Horváth – Pálmai, 2005). Hiánya esetén a rossz fejlődés és kékes- vöröses szín jellemző (Bennett, 1996).

A talajkolloidok felületéről és a talajoldatból kation formában kerül felvételre a növényeknek a kálium. Ahol a sejtosztódás erőteljes ott található meg nagyobb mennyiségben, tehát a fiatal növényi részekben (Havlin et al., 2005).

2.5.6. Vetés

Hazánkban érdemes a borsót kora tavasszal elvetni, hogy a növény teljesen kifejlődjön és nagy termést tudjunk elérni (Csatári-Szöts – Komjáti, 1963; Balázs, 2004). Vetéséhez elengedhetetlen az egészséges, jó minőségű, csávázott vetőmag, ezt tápanyagokkal gazdag, apró morzsás talajba érdemes vetni. Fontos a megfelelő időpontban történő vetés (Bodó – Kovács, 1994; Avola et al., 2008). Termesztése vetésforgóban javasolt, visszatérhetőségi ideje 4 év, tehát önmaga után 4 évig ne kerüljön vissza ugyanarra a termőterületre (Takácsné Hajó, 2013).

A borsó optimális vetésideje március 10-25. fajtától függően. A vetés időszakánál, fontos figyelembe venni a környezeti tényezőket, ugyanis alacsony talajhőmérséklet esetén a kelés lassú lesz és jelentős lesz a csírapusztulás. Az optimális vetésmélység 6-8cm, a sortávolság pedig gabona sortávolság (12 cm). 1-1,5 millió csírat érdemes hektáronként vetni, ez 200-300 kg vetőmagot jelent. A kezdeti fejlődés segítése érdekében ajánlott csávázott vetőmagot használni (Udvardi, 2010).

Elővetemény igényét tekintve a legmegfelelőbb helye két kalászos között van a vetésforgóban. A kalászos után azért kedvező a zöldborsó vetése, mert a kalászos hamar lekerül a területről, így elegendő idő van a megfelelő magágy elkészítéséhez, valamint kevés a talajon maradó szár. Ellenben például kukorica után kevésbé kedvező a vetése, ugyanis későn lekerülő növény és jóval több a szármagadványa is, ezáltal nehezebb a jó minőségű magágy elkészítése (Kiss, 1980b).

2.5.7. Gyomírtás, növényvédelem

A gyomnövények kártételénél kétféle kártétel lehet. Megkülönböztetünk *közvetlen* és *közvetett* kártételt. Közvetlennek nevezzük, amikor a kultúrnövények konkurensei versengenek a vízárt és tápanyagért, mindemellett árnyékoló hatásuk, toxikus anyagok termelése, valamint a talaj hőmérsékletének csökkentése is kedvezőtlen a kultúrnövényeknek. Közvetett kártétel a gomba- és vírusbetegségek terjesztése, kártevők elterjesztésének terjesztése, a termelés költségeinek növelése és a termés értékének csökkentése.

A borsóban a kora tavaszi gyomok nem okoznak károkat, ugyanis ezeket a magágykészítési munkálatokkal megsemmisítjük. A nyár eleji gyomok viszont már okoznak károkat. A harmadik gyomaspektus a tarlón pedig a korán lekerülő kultúrákban alig fejlődik ki (Reisinger, 1996).

Kezdetben a borsó teret ad a gyomoknak, hiszen a fejlődése lassan indul meg. A későbbiekben sem lesz olyan sűrű és beárnyékoló, így a gyomok fejlődésére is lehetőséget biztosít a borsó (Ujvárosi, 1973; Gimesi, 1980).

A gyomflóra összetételét meghatározza a borsó tavaszi vetése. A borsóval egy időszakban csíráznak a T2-es és T3-as életformába tartozó gyomfajok. A nyárutói egyéves gyomok, azaz a T4-es életformacsoportba tartozók a tenyészidőszak végén jelennek meg, amikor a borsó levelei leszáradnak. A különböző életformacsoportba tartozó gyomfélék:

- T2: székfűfélék (*Matricaria* spp.), ragadós galaj (*Galium aparine* L.), pipitérfajok (*Anthemis* spp.), pipacs (*Papaver rhoeas* L.);
- T3: vadrepce (*Sinapis arvensis* L.), vadvab (*Avena fatua* L.), repcsényretek (*Raphanus raphanistrum* L.)
- T4: szőrös disznóparéj (*Amaranthus retroflexus*), fehér libatöpor (*Chenopodium album* L.), kakaslábű (*Echinochloa crus-galli* L.P.B.), árvakelésű napraforgó (*Helianthus annuus* L.).

Az évelő fajok közül az aprószulák (*Convolvulus arvensis* L.), fenyércirok (*Sorghum halepense* L.PERS.) fordul elő a leggyakrabban (Reisinger, 1997; 2000).

A borsó domináns gyomnövényei a *Sinapis arvensis*, *Chenopodium album*, *Amaranthus retroflexus*, *Echinochloa crus-galli* és a *Setaria glauca* (Karábinszky, 1981).

A zöldborsóban a kétszikűek kártétele gyakoribb, mint az egyszikűeké, az egyéves egyszikűek elleni védekezés el is hanyagolható a késői csírázásuk miatt (Aldrich, 1984; McDonald, 2003)

A termés mennyiségének csökkenését leginkább a gyomnövények denzitása határozza meg (Lawson – Topham, 1985). Az elővetemények során érdemes a nagy denzitással előforduló gyomokat figyelemmel kísérni, ugyanis a gyomirtás nagy előre látást igényel. Mivel a borsóból az évelő gyomnövények nem vagy alig írthatók ki, ezért már az előveteményből vagy annak betakarítása után a tarlóról célszerű kiírtani őket (Gimesi, 1980; Salonen et al., 2005).

Gimesi (1980) eredményei alapján országszerte a borsó gyomosodása közepes, 25-30%-os a gyomborítottság, ebből 15-20% kártételnek mutatkozik. A borsó gyomirtása nehéz feladat, ezáltal nagy pontosságot igényel. Nehezíti még, hogy igazán sűrű állomány során sem tud a fejlődése elején úrrá lenni a gyomokon. Amennyiben a gyom eluralkodik a táblán a termés mennyisége a felére is csökkenhet. Leginkább hatékony védekezési mód a herbicidek használata lehet (Salonen et al., 2005).

A herbicidek jelentősége kifejezetten nagy a gyomszabályozás rendszerében. A gyomok okozta károk megelőzésében, illetve a gyomok pusztításában nagy a jelentősége (Hoffmann, 1993).

A borsó leggyakoribb és legveszélyesebb vírusa a *borsó-mozaikvírus*, amelynek tünetei a fertőzött levélen jelentkeznek, világosabb-sötétebb mozaikos foltok. Előfordulhat levél deformálódás is súlyos fertőzöttségnél. A vírusbetegségek ellen megelőző védekezés a megoldás, ezt a megfelelő szaporítóanyag, valamint helyes növényi sorennd jelenti. Baktériumos betegsége a *baktériumos zsírfoltosság*, ennek tünetei eleinte zöldesbarna vizenyős foltok, majd kiszáradnak és megbarnulnak, valamint zsírossá válnak. Ez ellen helyesen csávázott vetőmaggal lehet védekezni, valamint rezet tartalmazó anyaggal való permetezéssel. Gombás megbetegedés is jellemző, ezek közül fontos kiemelni a fuzáriumos borsóhervadást, az aszkohitás szár-, levél és- hüvelyfoltosságot, a lisztharidot, valamint a borsóperonoszpórát. Állati kártevői a borsóormányos, borsó csipkéző barkók, borsómoly, az akácmoly, valamint a borsózsizsik (Füstös et al., 2010).

2.5.8. Betakarítás

A zöldborsó esetében a betakarításnál fontos meghatározó a borsó zsengesége, ennek a mérése műszerekkel történik. Ezt az értéket a konzerviparban finométerrel, a hűtőiparban pedig tenderométerrel mérik. A műszerek azonosan működnek, a tartályban levő borsószemeket pálcikák haladnak át, így az áthatoláshoz szükséges erőt mérik, majd fokban jelzik. A borsó betakarítása egy menetben történik borsókombájnnal. Hazánkban ennek időszaka június 1. és július 15. közé tehető. Fontos lépés a szemek szállítása, ugyanis a borsószemek pár óra alatt is képesek 6-8 F°-ot öregedni. Ezen okokból kifolyólag a borsót a cséplés utáni néhány órában szükséges is feldolgozni. A hűtő és a konzervipar más-más zsengeségi értéket igényelnek. Míg a hűtőipar a 40-46 F°-os zsengeséget, addig a konzervipar a 48-52 F°-os zöldborsót igényel (Csorbainé et al., 2007).

2.5.9. Termesztéstechnológiák

Vethetjük tavaszi vetéssel, ez adja a legjobb minőségű termést. Ebben a technológiában a vetés február vége és április eleje között történik, általában 30 cm körüli sima vagy pedig 12 + 40 cm-es ikersoros vetéssel. Történhet áttelelő termesztés is, ezt a technológiát inkább az ország dél-dunántúli részein alkalmazhatjuk, ahol enyhébb a tél. A vetés október vége és december eleje között történik. Ez a technológia korábbi betakarítást is eredményez, az őszi vetés két héttel, a téli vetés pedig 1 héttel előbb betakarítható, mint a tavaszi vetésűek. A nyári termesztést a velőborsóval alkalmazhatjuk, ebben a termesztési módban a vetés inkább július elejétől történik (Hodossi, 2016).

2.6. Beltartalom

A szénhidrátok számítanak a borsó egyik fő összetevőinek, ezek a borsómag száraztömegének 59,35 – 69,59%-át teszik ki. Keményítőtartalma 39,44 és 46,23% között változhat. A borsó élelmi rostban is gazdag, mind oldható és oldhatatlan rostban. Oldható rosttartalma 3,91 és 8,01% között változhat, míg oldhatatlan rosttartalma 19,32 és 23,1% közé tehető. A fehérjetartalmát is fontos megemlíteni, a borsómag száraz tömegének 20-25%-a fehérje. A fehérje tartalmát tovább jellemezve, a borsófehérjét négy kategóriába sorolhatjuk: globulin, albumin, prolamin, glutenin és globulin. Fontos megemlíteni az egészségjavító hatását is, antioxidáns, antidiabetikus, vérnyomáscsökkentő, valamint a bél mikrobiális összetételét is

szabályozza (Wu et al., 2023). A fehérje tartalmának 65-80%-a globulin, 10-20%-a albumin (Burger & Zhang, 2019).

2.7. Hidroponikus rendszer

A fenntartható mezőgazdaság kiemeli és magába foglalja az élelmiszerellátást, védi és óvja a földet, valamint biztosítja az élelmiszer biztonságot, mindezeket az éghajlatváltozás kezelésével. Az éghajlatváltozással szemben az élelmiszer biztonságos ellátása érdekében sürgősen alternatív mezőgazdasági termelési rendszereket kell előállítani. Ezekben az alternatívákban összpontosítani kell a hatékonyságra, a rezisztenciákra, valamint a betegségek kezelésére. Ilyen alternatív termelési rendszer a hidroponikás növénytermesztés is, amely klímaturó képességre, hatékonyságra és betegségmentes növénytermesztésre összpontosít. A hidroponikában a növények a talaj helyett közvetlenül a tápanyagban gazdag vizes oldatban vannak, így biztosítva számukra a támasztóközeget, valamint a növekedéshez szükséges alapvető elemeket. A módszernek számos előnye van, többek között a tápanyagok megfelelőbb szabályozása, a víz hatékonyabb felhasználása, valamint ezzel a módszerrel a rossz talajminőségű területeken történő növénytermesztésre is van lehetőség. Tehát összefoglalva a hidroponikus rendszer jobb terméshozamot és minőséget biztosít azáltal, hogy vizet, energiát és helyet takarít meg (Rajendran et al., 2024).

2.7.1. Mikrozöldek

Az elmúlt időszakban a fiatal ehető növények, azaz a mikrozöldek egyre inkább elterjedtek. Mindezeket leginkább az intenzív ízük és ropogós, friss állaguk, színük miatt kedvelnek az emberek. Nagy mennyiségben termesztik a borsót, babot, gabonafélét és napraforgót, amelyek azonban eredetileg nem a hajtásuk miatt, hanem a magjuk miatt vannak termesztve. Minden napi fogyasztásuk is ajánlott a mikrozöldeknek, hiszen számos egészségügyi előnyt jelentenek, mint például antidiabetikus hatása és az antikolinerg aktivitás. Fajtától függ a vetés és a betakarítás között eltelt idő, azonban a szüretelése éretlen növekedési szakaszban történik, nem sokkal a sziklevelek teljes kifejlődése után, valamint az első valódi levelek kelésekor. Magas piaci értéket és nagy érdeklődést vonz magával a nagy vetéssűrűség és az alacsony hajtásmagasság. A növekedésükben a fényeknek nagy szerepe van, befolyásolja a mikrozöldek termését és minőségét is. A növény korai fejlődésében a sziklevel fotoszintézise fontos folyamat, ez befolyásolja a későbbi palántafejlődés ütemét. A kertészetben a legtöbb

világítóberendezés monokromatikus kék, piros és távoli vörös LED chipeket tartalmaz. A megvilágítás mellett a növények növekedését befolyásoló tényező még a hőmérséklet, a páratartalom, a levegő szén-dioxid koncentrációja, a tápoldat összetétele, ezek mind kölcsönhatásban vannak egymással. A megfelelő mennyiségű és minőségű termés eléréséhez kiemelten fontos ezen paraméterek folyamatos vizsgálata és rendben tartása(Balázs et al., 2023)

2.8. A szakirodalmi áttekintés főbb megállapításai

A termeléssel kapcsolatos követelmények folyamatosan növekvő tendenciát mutatnak, amely a népesség gyors gyarapodásával magyarázható. A népesség gyors ütemű gyarapodása, rengeteg éhez, élelmiszerhiányban szenvedő embert okoz, akik nem jutnak elegendő élelmiszerhez. Hazánkban egyre inkább növekedni fog a biológiailag aktív élelmiszer iránti igény, például a fehérje iránt.

A fehérjék elengedhetetlenek a mindennapi táplálkozásban. Az állati fehérjékkel szemben több nézőpont alapján előbbre sorolható a növényi alapú fehérje, ugyanis egyre inkább nő a tudatosság az állati eredetű fehérjék környezetre gyakorolt káros hatásáról, valamint előtérbe helyeződnek a zöld technológiák. Mindezen okok mellett fontos kiemelni a növényi eredetű fehérjék szervezetre gyakorolt előnyeit az állati eredetű fehérjékkel szemben. A növényi eredetű fehérjék előnyeként szolgálnak a már említett egészségügyi előnyök, ide sorolható a koleszterinszintre való kedvező hatása, a rák elleni védelmező hatása, valamint jelentős ásványi anyagot tartalmaznak.

A borsó az egyik legelsőnek házasított növényünk, valamint Gregor Mendel vizsgálatainak mintanövénye. Hüvelyes növény. A hüvelyes növények jól beilleszthetők a vetésforgóba, számos kedvező hatása van a talaj N tartalmára, valamint a talajban levő betegségekkel, gyomokkal szemben. Képesek a légköri N megkötésére. A borsó az egyik legtöbbet termelt hüvelyes növény a világban. 2017-ben összesen 8 141 031 hektár borsót takarítottak be globálisan, ezen értékből a legnagyobb termők Kína, Kanada, Oroszország, India és az Egyesült Államok voltak. Régóta az emberi táplálkozás fontos összetevője a fehérje, keményítő és további tápanyagtartalmuk miatt.

Fabaceae családba tartozó, lágyszárú egyéves növény. Levelei szórt állásúak, párosan szárnyasan összetettek.

Morfológia és termelési cél alapján kettő csoportot emlegethetünk, a kifejtő és a velőborsó. Különbség közöttük a cukortartalom, valamint a cukor keményítővé válása, illetve a zsengeség megtartása. Külön alakkört képez a cukorborsó, amelynek a hüvely belsejéből hiányzik a pergamenszerű hártya.

Hőigényét tekintve hidegtűrő növény. Hosszúnappalos növény. Vegetatív szervei a rövid megvilágításban, a generatív szervei pedig inkább a hosszú megvilágításban fejlődnek jobban. Talajigényét tekintve a szélsőséges talajokat kivéve, majdnem minden talajon termesztethető, de legsikeresebben a löszön kialakult meszes vagy mészlepedékes csernozjom talajon, kémhatását tekintve a lúgos kémhatású talajokat kedveli. Közepes vízigényű növény, de egyenletes eloszlásban igényli. A vetésforgóban, illetve a vetésváltásban kedvező hatással bír. A nem mély gyökérzet és rövid tenyészidejéből adódóan tápanyagigényes. Vetésideje kora tavasz, amint a talajhőmérséklete megfelelő. Domináns gyomnövénye a *Sinapis arvensis*, *Chneopodium album*, *Amaranthus retroflexus*, *Echinochloa crus-galli*, *Setaria glauca*. A kétszikű gyomnövények kártétele jellemzőbb a borsóban, mint az egyszikűeké. Betakarításának idejét a borsó minősége, zsengesége nagyban befolyásolja.

Beltartalmát vizsgálva számos kedvező összetevőt említhetünk. Egyik fő összetevője a szénhidrát, jelentős a keményítő és a fehérje és az élelmi rost tartalma is.

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1. A kísérlet helyszínének bemutatása

A mérések Gödöllőn történtek a MATE Genetika kísérleti téren, 3 db kifejezetten erre a célra épített hidropóniás rendszert tartalmazó konténerben (lásd: 1.ábra), ahol a következő növények voltak termesztve: *bab*, *borsó*, *csillagfürt*, *szója*, amelyekből a 2. ábrán a bab és a borsó látható. De jelen dolgozat célja csak a borsó termesztésének értékelése volt.



1. ábra: Hidropóniás rendszert tartalmazó konténer
(Forrás: saját fénykép)



2. ábra: Termesztett zöldborsó
(Forrás: saját fénykép)

A konténerek fémről készültek (lásd: 3.ábra), teljesen zártak, fényáteresztés nem volt. A kísérletünk 2023.07.19 és 2023.09.27. között volt beállítva.



3. ábra: Cserepek elhelyezkedése
(Forrás: saját fénykép)

3.2. A mérés paramétereinek bemutatása

A mérésekhez a következő eszközöket használtuk: *mérőszalag*, *SPAD*, *Fluorpen*.

3.2.1. A klorofil aktivitás mérése

A SPAD, másnéven klorofilanalizátor a levelekben található klorofiltartalmat méri, a klorofil, és a klorofil-b molukulákat az adott levélben, ami a vizsgált növényen van. A SPAD szó egy angol szavakból álló rövidítés: *Soil Plant Analysis Development – Talaj Növény Elemzés Fejlődés*.

A SPAD-502 Plus eszközzel mértük a leveleket, ez a folyamat látható a 4. ábrán. Ez a mérés a tápanyaggazdálkodásban segít. A SPAD eszköz felső részén levő csipesszerű végét rácsiptetjük a növényünk levelére. A mérés 1-2 másodpercig tart, ez idő alatt megadja a levélen áthaladt vörös (650 nm) és infravörös (940 nm) fény intenzitásából kalkulált, relatív klorofill tartalmat, a *SPAD-indexet*. Ebből az értékből a fajra vagy fajtára jellemző referencia értékhez viszonyítva megtudjuk, hogy jól működik-e a növény anyagcseréje az adott környezetben.

Minél távolabb van a megkapott érték a kontroll értékhez viszonyítva, annál rosszabb a növényünk állapota. A klorofil tartalom korrelál a növény nitrogén tartalmával, így általában a tápanyag utánpótlásra hívja fel a figyelmet a megkapott érték. Ez az érték -9,9-199 közé eshet, azonban ez a gyakorlatban általában 0-50 között szokott lenni.



4. ábra: SPAD mérése

(Forrás: saját fénykép)

A SPAD értékét definiálhatjuk a működési elve alapján. Az egyenletben a T a fény transzmisszió értéke az adott hullámhosszokon, az A pedig az adszorpció érték az adott hullámhosszokon.

A legtöbb növény esetében a *SPAD-index* lineárisan függ a növény levelében lévő klorofil koncentrációjától. A mérések adatait, a kapott eredményeket összehasonlítva a referencia értékekkel megkapjuk a növény jelenlegi állapotát az adott fázisban. Ebből az értékből következtetni lehet a növény esetleges fiziológiai problémáira, illetve tápanyag hiányaira.

A SPAD-502 előnye, hogy a növény korai állapotában, mikor még csak néhány levele van, már megmérhető a klorofillkoncentráció.

A fotoszintézis két szakaszban történik, a fényszakaszban és a sötétszakaszban. A fény szakaszban a fényenergia megkötődik és energiává alakul át kémiai kötések formájában. A sötét szakaszban az energia a cukor termelődésre fordítódik a szén-dioxidból. A fotoszintézis fény hatására indul meg a levelekben található pigmentekben, a klorofillban. A fotoszintézis addig folyamatosan zajlik, amíg a klorofillt elegendő fény éri. Sötét helyeken és éjszaka a növény

nem fotoszintetizál, hanem lélegzik. A klorofillt a fotoszintetizáló növényi sejtek sejtszervecskéje, a kloroplasztisz tartalmazza.

3.2.2. Fluoreszcencia mérése

A fotoszintézishez kapcsolódó mérésünk másik eszköze a *FluorPen*. A FluorPen egy fluorometer, ami a növény fluoreszcencia aktivitását és klorofillaktivitását méri. Ez a fotoszintézis azon szakasza, ami a PAR fotoszintetikusán aktív tartományban van, tehát 400-700 nm között. A PAR a fotonfluxusűrűségben PPFD-ben mérhető, vagyis a fotonok egységnyi időben egységnyi felületen nyelődnek el. Az eszköz érzékelője 400-700 nm-es hullámsávban mér.

A mérés előtt a növény leveleire felcsíptettünk egy sötétadaptációs csipeszt (lásd: 5. ábra). A felhelyezés után néhány percet vártunk, majd a levelekre felhelyezett csipeszekon található egy elhúzzható elem, ezt elhúzzuk és az eszközt odahelyezve mérjük a fluoreszcenciát.

A mért adatok a *FluorPen 1.1* szoftver segítségével kerülnek feldolgozásra, majd kézzel magunknak lehet rögzíteni. Az adatokat a FluorPen 1.1 szoftver segítségével a Windows rendszer által ki lehet mutatni és ábrázolni egy görbén keresztül.



5. ábra: Fluoreszcencia mérése

(Forrás: saját fénykép)

3.2.3. Magasság mérése

A kísérletben szereplő növények magasságát egy mérőszalag segítségével mértük. A növény talajától mértük a növény magasságát, milliméteres pontossággal. A mérési eredményeket füzetben vezettük.

3.3. Az alkalmazott megvilágítások

A három különböző konténerben három különböző megvilágítás volt alkalmazva: az első konténerben *Normál LED*, a másodikban *Kertészeti LED* és végezetül a harmadik konténerben *Fénycső*. Típus szerint a *Normál LED* a PROF 50W COB LED volt. *Kertészeti lámpaként* a Hortilux Hortiled MultiFusion volt. *Fénycsőnek* pedig Sylwania GrowLux T8.

A *Normál LED* hagyományos hálózaton is alkalmazható és működőképes. Egy COB chip található benne, ennek a segítségével teljes spektrumon tud világítani. Hőálló és hővezető burkolattal van bevonva a 6. ábrán látható módon. A teljesítménye 50 W. Működés közben jelentős a hőterhelése, ezért ajánlott hővezető pasztával hűtőfelületre csavarozni. Fényereje 3000 Lumen. Hatékonysága 60 Lumen/W. A spektrum, amelyen tud világítani 380-840 nm. Mérete 60×40 mm. A chip mérete pedig 25×25 mm.



6. ábra: Normál LED

(Forrás: saját fénykép)

A Hortilux Hortiled MultiFusion a Kertészeti LED lámpa (lásd 7. és 8. ábra) holland termék. Energiatakarékos és nagy fényintenzitású. Egymáshoz sok fényforrást csatlakoztat, így optimális fényelosztást tud biztosítani. Az alacsony hőkisugárzás csökkenti a légcserélési szükségletet, ezáltal energiatakarékos. A PAR spektrumon működik, 230 V hálózaton. Egyedi fényprogram állítható be rajta.



7. ábra: Kertészeti LED
(Forrás: saját fénykép)



8. ábra: Kertészeti LED
(Forrás: saját fénykép)

A Fénycső a Sylwania GrowLux T8 látható a 9. ábrán. Üzemi hőmérséklete -15 - +40 Celsius fok. Teljesítménye 15 W, áramerőssége pedig 0,31 A. A környezeti hőmérséklet a maximális fényszóráshoz 25 Celsius fok. Átlagos élettartama 14000 óra. Német gyártmányú, Sylwania cég gyártja. A fénycső hossza 450 mm. A növényi növekedést elősegíti a kék és a piros fény, illetve a teljes PAR tartományú sugárzás. Vezérlés szükséges hozzá. A megvilágítás folyamatos volt a növényi vegetációnak megfelelően a PAR spektrumon. Direkt megvilágításra nem volt lehetőség, több kísérlet egyszerre zajlása okán. A megvilágítás fotonfluxus sűrűség szerint is különbözött a konténerekben. A következőképpen alakultak: 250 PPFD, 230 PPFD, 91 PPFD. Fényspektrum szerinti eloszlás: az első konténerben 21% kék, 8% zöld, 55% vörös,

16% távoli vörös; második konténerben 22% kék, 8% zöld, 55% vörös, 15% távoli vörös; a harmadikban pedig 24% kék, 9% zöld, 58% vörös, 17% távoli vörös.



9. ábra: Fénycső

(Forrás: saját fénykép)

3.4. Tápanyagellátás

A tápoldatot víz és az *Advanced Hydroponic Dutch Formula 1 Grow* (lásd: 10. ábra), az *Advanced Hydroponic Dutch Formula 2 Bloom* és *Hydroponic dutch Formula 3 Micro* (lásd: 11. ábra) műtrágyaoldatokból lett előállítva. Az *Advanced Hydroponic* holland gyártmány, amelynek a *Dutch Formula* egy termék családja, melyet a növény különböző fenológiai fázisaiban alkalmazni lehet.



10. ábra: Advanced Hydroponic Dutch Formula 1 Grow Tápoldat
(Forrás: saját fénykép)



11. ábra: Hydroponic Dutch Formula 3 Micro tápoldat
(Forrás: saját fénykép)

A Grow adagolása kezdetben 1 ml 1 liter vízhez, majd növelni kell 2 ml-re. A generatív szakasz elején 2 ml/l szükséges, a virágzás elején és végénél pedig 1 ml. A Bloom oldat adagolása a növekedési szakaszban 0,5 ml, majd a vége felé 1ml, a virágzás alatt 1 ml, a virágzás végéig pedig 2 ml. A termelésnél 3 ml. Micro tápoldatból növekedési szakaszban 0,5 ml szükséges, a végénél pedig 1 ml. A vizet az oldathoz a kísérleti téren található

vízvezetéken keresztül kapja, ez szivattyú segítségével lett kijuttatva, cseppegtető csövön keresztül, ami 6mm átmérőjű. A cseppegtető csövek végén leszűrő tűske található, aminek a segítségével a csövön keresztül a tápoldat a növény gyökeréhez kerül. A tűske 2-4 cm-re kerül agyaggolyóba. Az agyaggolyó tökéletes közeg, hiszen jó a víztárolási képessége és hosszú ideig fenntartja a nedvességet. A hidropóniás termesztésnél a pH érték 5,8.

3.5. Támasztóközeg bemutatása

Az agyaggolyók négyszögletes cserépben voltak egy műanyagtálcára elhelyezve. Az agyaggolyók 5-10 mm átmérőjűek, ezt szemlélteti a 12. ábra. A növények csoportosan voltak a cserepekben. Egy cserépben 4-5 növény volt. A cserepek magasztott szegéllyel rendelkeztek.



12. ábra: Támasztóközeg
(Forrás: saját fénykép)

A borsó *Pisum sativum* Lcv. Kleine Rheinlanderin, a fajta tulajdonosa Royal Sluis.

3.6. Környezeti változók szabályozása

A klíma egy GREE gyártmányú GWH12QC-K6DNA1D/0 típusú eszköz volt. A berendezés tényleges feszültsége 220-240 W, a frekvenciája pedig 50 Hz. A hűtő teljesítménye 3500 W. A klíma fűtőteljesítménye 3670 W. A berendezés távirányítóval irányítható. Több hőmérséklet is alkalmazva volt rajta, 20, 22, 25 fokra volt általában beállítva. A klímához szükséges áramot a kísérleti tér biztosította. A hőmérséklet a növények igényeinek figyelembe vétele alapján volt állítva. A konténerekben a páratartalom 75%-os volt, 400-600 ppm-es CO₂-vel.

4. EREDMÉNYEK

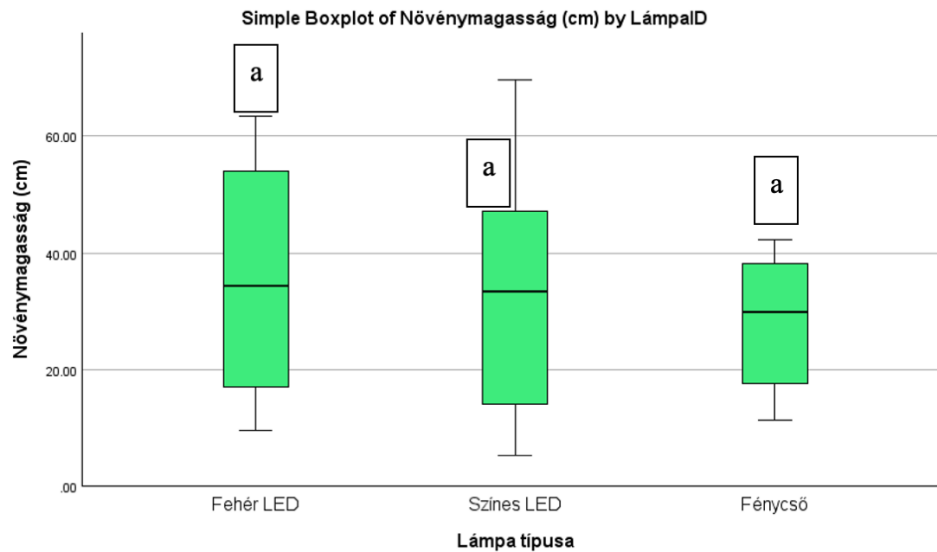
A kísérlet során összegyűjtött adatok alapján megállapítható, hogy a különböző megvilágítások szignifikáns különbséget csak a SPAD, illetve a kvantumhozam esetében jelentettek, a növénymagasságot nem befolyásolták.

A 2. táblázaton láthatóak a borsó méréseinek eredményei. A borsó magasságát tekintve az eredmények alapján megállapítható, hogy szignifikáns különbség a növénymagasságot tekintve nincs, ellenben a SPAD és a kvantumhozammal. A megvilágítások hatásait a különböző mérési paramétereinkre tovább elemeztük, hogy megállapíthassuk, hogy az egyes megvilágítási módok milyen hatással voltak az egyes paramétereinkre.

2. táblázat: Leíró adatok
(Forrás: saját szerkesztés)

Descriptives									
		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
Növénymagasság (cm)	Fehér LED	25	33,7900	19,04072	3,80814	25,9304	41,6496	9,60	63,40
	Színes LED	25	32,5960	21,25890	4,25178	23,8208	41,3712	5,30	69,60
	Fénycső	25	27,5928	11,45424	2,29085	22,8647	32,3209	11,30	42,25
	Total	75	31,3263	17,72046	2,04618	27,2492	35,4034	5,30	69,60
SPAD	Fehér LED	25	34,156	3,1567	0,6313	32,853	35,459	29,7	41,5
	Színes LED	25	32,098	6,3300	1,2660	29,485	34,711	19,6	48,1
	Fénycső	25	28,468	9,1995	1,8399	24,671	32,265	9,6	41,7
	Total	75	31,574	7,0199	0,8106	29,959	33,189	9,6	48,1
Kvantumhozam (Fw/Fm)	Fehér LED	25	0,7644	0,07473	0,01495	0,7336	0,7952	0,57	0,86
	Színes LED	25	0,8048	0,02974	0,00595	0,7925	0,8171	0,74	0,84
	Fénycső	25	0,7756	0,06232	0,01246	0,7499	0,8013	0,57	0,85
	Total	75	0,7816	0,06043	0,00698	0,7677	0,7955	0,57	0,86

Az 13. ábra alapján megállapítható, hogy a növénymagasságot tekintve a legjobb eredményt a Fehér LED megvilágítással sikerült elérni, ennek értéke átlagosan ($33,793 \pm 19,04$ cm) volt. A Színes LED megvilágítással átlagosan ($32,59 \pm 21,58$ cm)-t értünk el, amelynek értéke 1 cm-el tér el a Fehér LED-nél mért eredménytől, nem jelentős eltérés. A 3.típusú megvilágítással ellátott konténerben átlagosan ($27,59 \pm 11,45$ cm) volt a növénymagasság. Az átlagos növénymagasságokat tekintve nem volt jelentős eltérés. A maximális és minimális magasság eredményeit vizsgálva a maximális legnagyobb magasságot a Színes LED-nél értük el, amely 69,6 cm volt, ez az érték 27,3 cm-el tér el a maximális legkisebb növény magasság értékétől, amely a Fehér LED-nél volt, 42,25 cm. A minimális magasságot tekintve a legkisebb értéket a Színes LED-nél mértük, ez az érték 5,3 cm volt. Tehát a borsó méréseinek eredményeiből megállapítható, hogy a legkisebb minimum és a legnagyobb maximum értéket is a Színes LED-el ellátott konténerben értük el.



13. ábra: Növénymagasság mérés eredményei
(Forrás: saját szerkesztés)

3. táblázat: Megvilágítások összehasonlítása a növénymagasságban
(Forrás: saját szerkesztés)

Növénymagasság (cm)

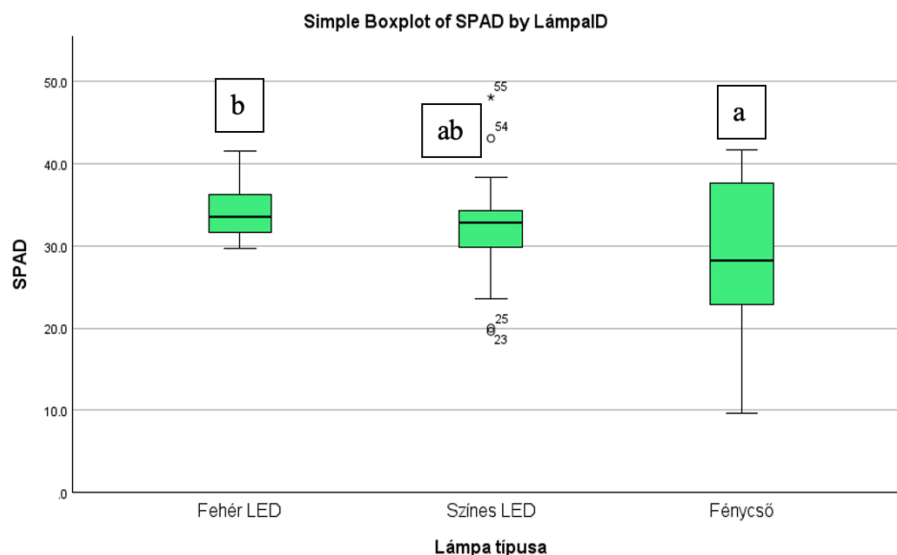
Tukey HSD^a

LámpaID	N	Subset for alpha = 0.05 1
Fénycső	25	27.5928
Színes LED	25	32.5960
Fehér LED	25	33.7900
Sig.		.437

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 25,000.

A 13. ábrán látható jelzéseket a dobozábrák felett a 3. táblázat igazolja. Ami alapján a világítások hatásai között különbség nincs a növénymagasságban, így mind a három dobozábrát „a” betűvel jelöltem.



14. ábra: SPAD mérés eredményei

(Forrás: saját szerkesztés)

A SPAD eredményeit vizsgálva (lásd: 14.ábra), a legmagasabb átlagos eredményt a Fehér LED esetben értük el, ennek az értéke ($34,156 \pm 3,15$) volt. Minimális eltérést észleltünk a vizsgálatok alapján a Színes LED esetben ($32,098 \pm 6,33$), ez 2 értékkel tért el legnagyobb értéktől. A Fénycsővel ellátott konténerekben az eredmények alapján megállapítható, hogy a legkisebb eredményt itt értük el ($28,4683 \pm 9,199$). A maximum legnagyobb eredményeket vizsgálva elmondható, hogy a Fehér LED és a Fénycső esetében ez az érték megegyezett. A minimum értékeket tekintve a legkisebb a Fénycsőnél a legnagyobb pedig a Fehér LED-el ellátott konténerben volt.

4. táblázat: Megvilágítások összehasonlítása a SPAD értékeiben

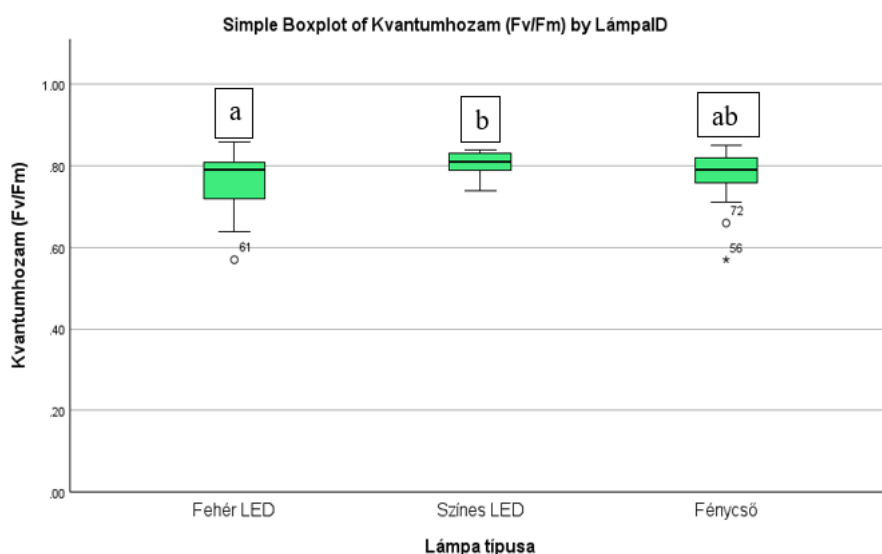
(Forrás: saját szerkesztés)

SPAD			
Tukey HSD ^a			
LámpaID	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
Fénycső	25	28.468	
Színes LED	25	32.098	32.098
Fehér LED	25		34.156
Sig.		.142	.526

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 25,000.

A 14. ábrán található jelzéseket a 4. táblázat alapján készítettem el, ami igazolja, hogy statisztikailag igazolt szignifikáns különbség csak a Fehér LED és a Fénycső között van a SPAD értékeiben.



15. ábra: Kvantumhozam mérés eredményei

(Forrás: saját szerkesztés)

A kvantumhozamot tekintve (lásd: 15.ábra) az eredmények alapján megállapítható, hogy a Színes LED-nél átlagosan ($0,8048 \pm 0,297$ Fv/Fm) volt a legmagasabb az érték, míg a legalacsonyabb ($0,7644 \pm 0,074$ Fv/Fm) a Fehér LED-nél. A fénycső eredményeit tekintve átlagosan ($0,77 \pm 0,062$ Fv/Fm) értéket tapasztaltunk. Az imént említett megvilágításnál a maximum érték 0,85 Fv/Fm volt, míg ellenben a legalacsonyabb 0,57 Fv/Fm. A maximum és minimum értékek a Fehér LED és a Fénycső esetében mondhatni, hogy megegyeznek.

5. táblázat: Megvilágítások összehasonlítása a Kvantumhozam értékeiben

(Forrás: saját szerkesztés)

Kvantumhozam (Fv/Fm)			
Tukey HSD ^a			
LámpaID	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
Fehér LED	25	.7644	
Fénycső	25	.7756	.7756
Színes LED	25		.8048
Sig.		.779	.191

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 25,000.

A Kvantumhozam ábráján (lásd: 15. ábra) láthatóak a dobozákra felett betűs jelzések, amelyeket az 5. táblázat támasztja alá, ami alapján megállapítható, hogy a Fehér LED és a Színes LED között van statisztikailag igazolt különbség, így őket külön betűvel jelöltem.

6. táblázat: A világítások közötti különbségek
(Forrás: saját szerkesztés)

ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Növénymagasság (cm)	Between Groups	540,524	2	270,262	0,857	0,429
	Within Groups	22696,558	72	315,230		
	Total	23237,082	74			
SPAD	Between Groups	414,713	2	207,357	4,619	0,013
	Within Groups	3231,958	72	44,888		
	Total	3646,672	74			
Kvantumhozam (Fv/Fm)	Between Groups	0,022	2	0,011	3,152	0,049
	Within Groups	0,248	72	0,003		
	Total	0,270	74			

A 6. táblázatban láthatóak az ANOVA vizsgálat eredményei, ami alapján szintúgy megállapítható, hogy melyik vizsgált paraméterben volt különbség a különböző megvilágítások által. Különböző színekkel jelöltem a táblázatban, így jól látható, hogy a vizsgálatok kimutatták, hogy a növénymagasságnál 0,429 lett az eredmény, ami meghaladja a 0,05-öt, így elmondható, hogy a növénymagasság tekintetében nem okoztak különbséget a különböző megvilágítások. Tehát a növénymagasságra nem volt hatással a megvilágítás.

Ellenben a SPAD és a Kvantumhozam eredményeiben jól látható, hogy ez az érték nem haladja meg a 0,05-öt, így a különböző megvilágítások hatással voltak a SPAD-re, illetve a növények Kvantumhozamára.

A vizsgálatokat tovább folytattuk, ugyanis ebből az eredményből nem állapítható meg pontosan, hogy melyik megvilágítás milyen számbeli különbségeket okozott a másik megvilágítással szemben a vizsgált paraméterekben.

7. táblázat: Post-Hoc Test
(Forrás: saját szerkesztés)

Multiple Comparisons							
Tukey HSD							
Dependent Variable	(I) LámpaID	(J) LámpaID	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Növénymagasság (cm)	Fehér LED	Színes LED	1.19400	5.02179	.969	-10.8238	13.2118
		Fénycső	6.19720	5.02179	.437	-5.8206	18.2150
	Színes LED	Fehér LED	-1.19400	5.02179	.969	-13.2118	10.8238
		Fénycső	5.00320	5.02179	.582	-7.0146	17.0210
	Fénycső	Fehér LED	-6.19720	5.02179	.437	-18.2150	5.8206
		Színes LED	-5.00320	5.02179	.582	-17.0210	7.0146
SPAD	Fehér LED	Színes LED	2.0580	1.8950	.526	-2.477	6.593
		Fénycső	5.6880*	1.8950	.010	1.153	10.223
	Színes LED	Fehér LED	-2.0580	1.8950	.526	-6.593	2.477
		Fénycső	3.6300	1.8950	.142	-.905	8.165
	Fénycső	Fehér LED	-5.6880*	1.8950	.010	-10.223	-1.153
		Színes LED	-3.6300	1.8950	.142	-8.165	.905
Kvantumhozam (Fv/Fm)	Fehér LED	Színes LED	-.04040*	.01662	.046	-.0802	-.0006
		Fénycső	-.01120	.01662	.779	-.0510	.0286
	Színes LED	Fehér LED	.04040*	.01662	.046	.0006	.0802
		Fénycső	.02920	.01662	.191	-.0106	.0690
	Fénycső	Fehér LED	.01120	.01662	.779	-.0286	.0510
		Színes LED	-.02920	.01662	.191	-.0690	.0106

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

A Post-Hoc teszttel (lásd: 7. táblázat) került összehasonlításra a három különböző megvilágítási mód. A Tukey HSD teszt eredményeit szemlélteti kettő táblázat a SPAD és a Kvantumhozam esetében.

8. táblázat: Mátrix táblázat a statisztikailag igazolt különbségekről a SPAD esetében
(Forrás: saját szerkesztés)

SPAD	Fehér LED	Színes LED	Fénycső
Fehér LED			
Színes LED	-2,0580		
Fénycső	-5,6880*	-3,630	

A 8. táblázatban láthatóak a SPAD esetében a megvilágítások hatásai, mi alapján megállapítható, hogy a Fénycsővel megvilágított konténerben szignifikánsan 5,6880 értékkel tért el a SPAD értéke a Fehér LED-del megvilágított konténerben mért SPAD értéktől. A Fehér LED és a Színes LED között nincs statisztikailag igazolt különbség a SPAD tekintetében. A SPAD eredményei alapján a Fénycső és a Színes LED között szintúgy nincsen statisztikailag igazolt különbség.

9. táblázat: Mátrix táblázat a statisztikailag igazolt különbségekről a Kvantumhozam esetében
(Forrás: saját szerkesztés)

KVANTUMHOZAM Fv/Fm	Fehér LED	Színes LED	Fénycső
Fehér LED			
Színes LED	0,04040*		
Fénycső	0,01120	-0,02920	

A 9. táblázatban a három különböző megvilágítások összehasonlítása látható a Kvantumhozam tekintetében. Az eredmények alapján megállapítható, hogy szignifikáns különbség csak a Színes LED és a Fehér LED között van, amelynek értéke 0,04040 Fv/Fm. Tehát a Színes LED-del megvilágított konténerben 0,4040 Fv/Fm-mel nagyobb volt a termesztett borsó Kvantumhozam értéke.

5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Földünk népessége a múlt század közepétől robbanásszerűen emelkedett. A túlnépesedés számtalan megoldandó problémát okoz, mind a természetben, mind pedig az élelmezésben. Élelmiszer problémaként az élelmiszerhiány értendő.

Napjainkban felmerült a húspótlók keresése. Ennek oka egyrészt az élelmiszerhiány, másrészt a tudatosság, az állati eredetű fehérjék környezetre gyakorolt káros hatása. A húsokhoz való hozzáállása az embereknek folyamatosan változik, ezáltal folyamatosan nő a növényi fehérjék iránti érdeklődés. A fehérjék elengedhetetlenek az emberi szervezet számára, számos hasznos anyagot tartalmaznak. A növényi alapú fehérjék mellett számos érv szól az állati eredetűekkel szemben, például az emészthetőség, szerepük a súlyszabályozásban, koleszterinszint szabályozása. A különböző növényi csoportokból ma már több, mint 30 növényi fehérje áll rendelkezésünkre: olajos növények, hüvelyesek, gabonafélék és a diófélék.

A hüvelyes növények jelentőségét (Crews – Peoples, 2004) is kiemeli, mi alapján a vetésforgóban is jelentős szerepük van. A szintetikus műtrágyák előtt jellemzően a hüvelyesekkel próbálták regenerálni a talaj termékenységét, ugyanis képesek a légköri N megkötésére.

Világszerte az egyik legelterjedtebb, valamint az egyik első házasított haszonnövény zöldborsó. Fontos kiemelni a borsó fehérje tartalmát, valamint az egészségjavító tulajdonságait. Szabályozza a vérnyomást, valamint a bél mikrobiális összetételét. Kiemelkedő szerepe van a vetésforgóban. Kedvező hatása van más növények termés biztonságára és mennyiségére.

Napjainkban a mezőgazdaság helyzetét nagyban befolyásolja az éghajlat változás. Elengedhetetlen a fenntartható mezőgazdaság kialakítása. Ezen okokból sürgősen alternatív mezőgazdasági rendszereket kell előállítani, amelyekben összpontosítani kell a hatékonyságra, valamint a betegségek megelőzésére. Ilyen alternatív rendszer a hidroponikus növénytermesztés.

Vizsgálataimban hidroponikus rendszerben termesztettünk zöldborsót. Vizsgálatom célja a különböző megvilágítások hatásainak vizsgálata a borsó növekedésére, valamint a növények magasságára, klorofill aktivitására és fluoresszenciájára. A vizsgálat során 3 megvilágítási módot alkalmaztunk. Megállapítottuk, hogy a különböző megvilágítási módok szignifikáns különbséget a növénymagasság esetében nem okoztak, míg a SPAD és a Kvantumhozam eredményeiben tapasztalhatók voltak különbségek.

Az eredmények alapján a növénymagasságot és a SPAD-ot tekintve a Fehér LED-del sikerült a legjobb eredményt elérni. Míg a Kvantumhozamot vizsgálva a legjobb eredményt a Színes LED megvilágítással értük el. Eredményeim alapján megállapítható, hogy sikeresen termesztető a borsó hidroponikus rendszerben.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

Napjainkra a Földünk népessége meghaladta a 8 milliárd főt. A túlnépesedés és a nagy ütemű népesség növekedés számos megoldandó problémát hoz magával. Többek között környezeti problémákat, környezet szennyezést, élelmiszerhiányt, gazdasági és társadalmi problémák, konfliktusok. Az élelmiszerhiány a legfenyegetőbb az emberiség számára, ennek fő oka, hogy a meglévő mezőgazdasági területeknek kell ellátnia a túlnövekedett népességet. A meglévő területek is egyre inkább fogynak, hiszen jelentős terület lett urbanizáció alá vonva. Valamint a meglévő területek óriási hatásoknak vannak kitéve, fontos megemlíteni a klímaváltozás hatásait is. Ezen változások okán napi rendre került a húspótlók keresése. Ez több okkal magyarázható, leginkább nő a tudatosság az állati eredetű fehérjék környezetre gyakorolt káros hatásáról és előtérbe helyeződnek a zöld technológiák.

A növénytermesztés során cél, hogy hús alternatívákat találjunk, ezáltal a magas fehérje tartalmú növények termesztésének fejlesztésére kell koncentrálni a jövőben.

Dolgozatomban fehérjenövényként borsót termesztettünk épített hidropóniás környezetben, 3 konténerben, 3 különböző megvilágítással. A kísérletem helyszíne Gödöllőn volt, a MATE Genetikai kísérleti téren. A kísérletünk 2023.07.19 és 2023.09.27. között volt beállítva. A kísérlet során a növények támasztóközege 5 – 10 mm átmérőjű agyaggolyók voltak, amelyek, négyszögletes cserépben voltak egy műanyagtálcára elhelyezve. Egy cserépben 4-5 növény volt. A borsó *Pisum sativum* Lcv. Kleine Rheinlanderin, a fajta tulajdonosa Royal Sluis. Kísérletemben a növénymagasságot, SPAD-et és a kvantumhozamot vizsgáltuk.

Az eredmények alapján megállapítható, hogy a hidropóniás borsótermesztésünk során alkalmazott háromféle megvilágítási módok a növénymagasság tekintetében szignifikáns különbséget nem okoztak, ellenben a SPAD és a Kvantumhozammal. A SPAD esetében a legjobb eredményt a Fehér LED-del megvilágított konténerben érték el. Továbbá a SPAD értékeit vizsgálva megállapítottuk, hogy szignifikáns különbség a Fehér LED és a Fénycső hatása között van.

A Kvantumhozam eredményei alapján a legjobb eredményt a Színes LED megvilágítással érték el. Szignifikáns különbség a Kvantumhozam tekintetében a Fehér LED és a Színes LED között volt.

7. IRODALOMJEGYZÉK

- Ács A. – Kurnik E. (1980): A borsótermesztésének ökológiai és technológiai feltételei. In: Avola, G. – Tuttobene, R. – Gresta, F. – Abbate, V. (2008): Weed control strategies for grain legumes. *Agronomy for Sustainable Development* 28: 389–395.
- Ahnen, R. T. – Jonnalagadda, S. S. – Slavin, J. L. (2019): Role of plant protein in nutrition, wellness, and health. *Nutrition Reviews*, 77(11), 735–747.
<https://doi.org/10.1093/nutrit/nuz028>
- Aldrich, R. J. (1984): *Weed-Crop Ecology. Principles in Weed Management*. Breton Publishers, North Institute, Massachusetts, 465.
- Antal J. (2000): *Növénytermesztők zsebkönyve*. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Avola, G. – Tuttobene, R. – Gresta, F. – Abbate, V. (2008): Weed control strategies for grain legumes. *Agronomy for Sustainable Development* 28: 389–395.
- Bahl, G. S. – Pasricha, N. S. (2000): N-utilization by maize (*Zea mays* L.) as influenced by crop rotation and field pea (*Pisum sativum* L.) residue management. *Soil Use and Management*, 16: 230–231.
- Balázs J. (2004): Az étkezési és takarmányborsó és bab. In: Izsáki Z. – Lázár L.: *Szántóföldi növények vetőmag-termesztése és kereskedelme*. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Balázs L. – Kovács G. P. – Gyuricza C. – Piroška P. – Tarnawa Á. – Kende Z. (2023): Quantifying the Effect of Light Intensity Uniformity on the Crop Yield by Pea Microgreens Growth Experiments. *Horticulturae*, 9(11).
<https://doi.org/10.3390/horticulturae9111187>
- Beckie, H. J. – Brandt, S. A. – Schoenau, J. J. - Campbell, C. A. - Henry, J. L. – Janzen, H.H. (1997): Nitrogen contribution of field pea in annual cropping systems 2. Total nitrogen benefit. *Canadian Journal of Plant Science*, 77: 323–331.
- Bedő, Z. – Láng, L. (2015): A jövő növényeinek szerepe a növénytermesztés fenntartható fejlődésében. *Gazdálkodás: Scientific Journal on Agricultural Economics*, 59(4), 305–314.
- Bennett, W. F. (1996): *Nutrient Deficiencies and Toxicities in Crop Plants*. APS Press.
- Bocz E. (1996): *Szántóföldi növénytermesztés*. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Bódis L. (1983): *Az abrakhüvelyesek termesztése*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.

- Bodó I. – Kovács S. (1994): A borsó vetőmagtermesztés növényvédelme a Dombóvári Alkotmány Mg. Kereskedelmi és Szolgáltató Szövetkezetben. *Növényvédelem* 30: 388 – 391.
- Boukid, F. – Rosell, C. M. – Castellari, M. (2021): Pea protein ingredients: A mainstream ingredient to (re)formulate innovative foods and beverages. *Trends in Food Science & Technology*, 110, 729–742. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.040](https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.040)
- Burger, T. G. – Zhang, Y. (2019): Recent progress in the utilization of pea protein as an emulsifier for food applications. *Trends in Food Science & Technology*, 86, 25–33. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.02.007](https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.02.007)
- Corre-Hellou, G. – Crozat, Y. (2003): N₂ fixation and N supply in organic pea (*Pisum sativum* L.) cropping systems as affected by weeds and pea weevil (*Sitona lineatus* L.). *European Journal of Agronomy*, 22: 449–458.
- Crews, T. E. – Peoples, M. B. (2004): Legume versus fertilizer sources of nitrogen: ecological tradeoffs and human needs. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 102(3), 279–297. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.agee.2003.09.018](https://doi.org/10.1016/j.agee.2003.09.018)
- Csatári-Szöts K. – Komjáti I. (1963): *Borsó- és babtermesztés*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Cselőtei L. (1993): Borsó. In: Cselőtei L. – Nyujtó S. – Csáky A.: *Kertészet*. Mezőgazda Kiadó, Budapest. pp. 229–238.
- Csontos Gy. (2007): A zöldborsó-termesztés helyzetének elemzése. *Agroinform*, 16: 10–11. https://www.agroinform.hu/szantofold/a-zoldborsotermesztes-helyzetenek-elemzese-2612?fbclid=IwY2xjawFtpVJleHRuA2FlbQIxMAABHZzjFDNIWipd-qA-q_-fLdpo_7nLLfoji6Y0aiAUjUwFLX2nDzBzls62Sg_aem_jo2s6I30zs3PfdRiwdmDBA
- Csorbainé Gógán A. – Dimény J. – Helyes L. – Ombódi A. – Pék Z. (2007): *Zöldségtermesztés*. Szent István Egyetem, Gödöllő
- Dahl, W. J. – Foster, L. M. – Tyler, R. T. (2012): Review of the health benefits of peas (*Pisum sativum* L.). *British Journal of Nutrition*, 108(S1), S3–S10. [https://doi.org/DOI: 10.1017/S0007114512000852](https://doi.org/10.1017/S0007114512000852)
- Debreczeni B. (1997): *Agrokémia*. Pannon Agrártudományi Egyetem, Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar, Szaktanácsadási, Továbbképzési és Informatikai Központ, Keszthely.
- Debreczeni B.-né – Sárdi K. (1999): A tápelemek és a víz szerepe a növények életében. In: Fülek Gy. (szerk.): *Tápanyaggazdálkodás*. Mezőgazda Kiadó, Budapest, pp. 30–90.

- Fehér B.-né (1998): *Zöldségtermesztők zsebkönyve*. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Füstös Zs. – Hodossi S. – Kovács A. (2010): *Zöldségtermesztés II*. FVM Vidékfejlesztési, Képzési és Szaktanácsadási Intézet, Budapest.
- Gao, K. – Rao, J. – Chen, B. (2024): Plant protein solubility: A challenge or insurmountable obstacle. *Advances in Colloid and Interface Science*, 324, 103074. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cis.2023.103074>
- Gimesi A. (1980): Gyomnövények, kémiai gyomirtás. In: Mátyás Gy. – Szabó L. – Ács A.: *A borsó*. Magyarország kultúrflórája. III. kötet, 17. füzet. Akadémiai Kiadó, Budapest. pp. 93–95.
- Havlin, J. L. – Beaton, J. D. – Tisdale, S. L. – Nelson, W. E. (2005): *Soil Fertility and Fertilizers*. Perason, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
- Hodossi S. (2016): Zöldborsó – új trendek a világtermelésben, *Agrofórum : a növényvédők és növénytermesztők havilapja*, 27(10), 132–134.
- Hoffmann L. (1993): A borsó vegyszeres gyomirtásáról. *Növényvédelem*, 29: 63 – 67.
- Horváth J. – Pálmai O. (2005): Tápelemek szerepe a növényekben és a növényi tápelemellátás mai lehetőségei. *Agrofórum Extra*, 10: 54-56.
- Ihsan, A., Ahmad, Z., Zheng, J., Bilal, M., Muhammad Rizwan Abid, H., & Hu, A. (2024): New trends in functionalities and extraction of plant proteins in designing plant-based meat analogues: A critical review. *Food Bioscience*, 57, 103476. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.103476>
- Ivány K. (1994): Borsó. In: Ivány K. – Kismányoky T. – Ragasits I. (szerk.): *Növénytermesztés*. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Kádár I. – Fekete S. – Radics L. (2003): A műtrágyázás hatása a borsó (*Pisum sativum* L.) termésére és minőségére. *Növénytermelés*, 52: 229–242.
- Kajdi F. (2005): A borsó termesztése. *Mezőgazdasági tanácsok* 3: 7–10.
- Karábinszky Gy. (1981): *A borsó vegyszeres gyomirtása*. Doktori értekezés, Keszthely, pp. 13–17.
- Karabulut, G. – Goksen, G. – Mousavi Khaneghah, A. (2024): Plant-based protein modification strategies towards challenges. *Journal of Agriculture and Food Research*, 15, 101017. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101017>
- Kerek Z. – Marselek S. (2010): *Gazdaságos zöldségtermesztés*. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest.

- Kismányoky T. (1994): Vetésforgó és vetésváltás. In: Nyíri L. (szerk.): *Földműveléstan*. Mezőgazda Kiadó, Budapest. pp. 294–330.
- Kiss Á. (1980a): *A borsó termesztése*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. pp. 31–44.
- Kiss Á. (1980b): Borsófajták. In: Mándy Gy. – Szabó L. – Ács A. (szerk.): *A borsó*. Magyarország kultúrflórája. III. 17. Akadémiai Kiadó, Budapest. p. 139.
- Kurnik E. (1968): *Étkezési és abraktakarmány hüvelyesek termesztése*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Láng G. (1965): A növénytermesztés helyzetének és fejlesztési tényezőinek elemzése. *Agrártudományi Közlemények: A Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományok Osztályának Közleményei*, 24(3-4), 173–202.
- Lawson, H.M. – Topham, P.B. (1985): Competition between annual weeds and vining peas grown at a range of population densities. *Weed Research*, 25: 221–230.
- Mándy Gy. – Szabó L. – Ács A. (1980): *A borsó - Pisum sativum L.* Magyarország kultúrflórája. III. kötet, 17. füzet. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Márton L. (2004): A csapadék és a tápanyag ellátottság hatása a borsó (*Pisum sativum L.*) termésére. *Növénytermelés*, 53: 583–598.
- Mcdonald, G.K. (2003): Competitiveness against grass weeds in field pea genotypes. *Weed Research*, 43: 48–58.
- Nagy J. (1994): Borsó. In: Balázs S. (szerk.): *Zöldségtermesztők kézikönyve*. Mezőgazda kiadó, Budapest. pp. 356–372.
- Nagy J. (1999): *Haszonkert a ház körül*. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest.
- Nagy J. (2000): *A zöldborsó*. Dinasztia Kiadó, Budapest.
- Németh T. (1996): *Talajaink szervesanyag tartalma és nitrogén forgalma*. MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest. pp. 7–23.
- Németh T.- Várallyay Gy. (1998): A trágyázás és a tápanyag-utánpótlás jelenlegi helyzete és lehetőségei. *Gyakorlati Agrofórum*, 9: 2–4.
- Powers, S. E. – Thavarajah, D. (2019): Checking Agriculture's Pulse: Field Pea (*Pisum Sativum L.*), Sustainability, and Phosphorus Use Efficiency. In *Frontiers in Plant Science* (Vol. 10). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01489>
- Reisinger P. (1996): A borsó gyomirtása. *Növényvédelem*, 32: 141–143.
- Reisinger P. (1997): A borsó gyomnövényei. In: Glits M. – Horváth J. – Kuroli G. – Petróczi I. (szerk.): *Növényvédelem*. Mezőgazda Kiadó, Budapest. pp. 305–307.
- Reisinger P. (2000): Borsó. In: Hunyadi K. – Béres I. – Kazinczi G. (szerk.): *Gyomnövények, gyomirtás, gyombiológia*. Mezőgazda Kiadó, Budapest. pp. 516–518.

- Sá, A. G. A. – Moreno, Y. M. F. – Carciofi, B. A. M. (2020): Food processing for the improvement of plant proteins digestibility. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(20), 3367–3386. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1688249>
- Salonen, T. – Hyvonen, T. – Jalli, H. (2005): Weed flora and weed management of field peas in Finland. *Agricultural and Food Sciences*, 14: 189–201.
- Sárvári M. (1995): A borsó szerepe az alkalmazkodó növénytermesztésben. *Agrofórum*, 6: 1–6.
- Sárvári M. (2005): Borsó. In: Antal J. (szerk.): *Növénytermesztés 2. Gyökér- és gumós növények, Hüvelyesek, Olaj- és ipari növények, Takarmánynövények*. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Sárvári M. (2009): A vetésforgó, az NPK-műtrágyázás és az évjáratok hatása a kísérleti növények termésére. In: Debreczeni, B-Né – Németh, T. (szerk.): *Az Országos Műtrágyázási Tartamkísérletek eredményei (1967-2001)*. Akadémiai Kiadó, Budapest, pp. 163–168.
- Schüller F. (1980): A borsó gazdasági jelentősége és felhasználása. In: Mándy Gy. – Szabó L. – Ács A. (szerk.): *A borsó*. Magyarország kultúrflórája. III. kötet, 17. füzet. Akadémiai Kiadó, Budapest. pp. 127–130.
- Shen, Y. – Hong, S. – Li, Y. (2022): Chapter Three - Pea protein composition, functionality, modification, and food applications: A review. In: J. Wu (Ed.): *Advances in Food and Nutrition Research*, 101, pp. 71–127. Academic Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2022.02.002>
- Somos A. (1975): *Zöldségtermesztés*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Szabó L. (1980): A borsó külső alaktana. In: Mándy Gy. - Szabó L. – Ács A. (szerk.): *A borsó*. Magyarország kultúrflórája. III. 17. Akadémiai Kiadó, Budapest. pp. 22–30.
- Szabó Z. (1996): Mezőhegyesi tapasztalatok a borsó gyomirtásában. *Agrofórum*, 8: 23.
- Székely Cs. (2016): A magyar mezőgazdaság stratégiai kérdései. *Gazdálkodás: Scientific Journal on Agricultural Economics*, 60(1), 16–30.
- Takácsné Hajós M. (2013): *Szántóföldi zöldségtermesztés*. Debreceni Egyetemi kiadó, Debrecen.
- Tulbek, M. C. – Wang, Y. (Lindsay) – Hounjet, M. (2024): Chapter 7 - Pea—A Sustainable Vegetable Protein Crop. In: S. Nadathur – J. P. D. Wanasundara – L. Scanlin (Eds.), *Sustainable Protein Sources* (Second Edition) (pp. 143–162). Academic Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91652-3.00027-7>

- Udvardy P. (2010): Növény- és állattani ismeretek 3.: Fehérjenövények termesztése. Nyugat-magyarországi Egyetem.
- Ujvárosi M. (1973): *Gyomirtás*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Van Rhijn, P. – Vanderleyden, J. (1995): The Rhizobium-plant symbiosis. *Microbiological Reviews*, 59(1), 124–142. <https://doi.org/10.1128/mr.59.1.124-142.1995>
- Velich I. – Csizmadia L. (1985): *Zöldbab és zöldborsótermesztés*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Warkentin, T. D. – Smýkal, P. – Coyne, C. J., – Weeden, N. – Domoney, C. – Bing, D.-J. – Leonforte, A. – Xuxiao, Z. – Dixit, G. P. – Boros, L. – McPhee, K. E. – McGee, R. J. – Burstin, J. – Ellis, T. H. N. (2015): Pea. In: A. M. De Ron (Ed.), *Grain Legumes* (pp. 37–83). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2797-5_2
- Wu, D. T. – Li, W. X. – Wan, J. J. – Hu, Y. C. – Gan, R. Y. – Zou, L. (2023): A Comprehensive Review of Pea (*Pisum sativum* L.): Chemical Composition, Processing, Health Benefits, and Food Applications. *Foods (Basel, Switzerland)*, 12(13), 2527. <https://doi.org/10.3390/foods12132527>

8. ÁBRÁK, TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE

Ábrák

1. ábra: Hidropóniás rendszert tartalmazó konténer.....	22
2. ábra: Termesztett zöldborsó	22
3. ábra: Cserepek elhelyezkedése.....	23
4. ábra: SPAD mérése	24
5. ábra: Fluoreszcencia mérése.....	25
6. ábra: Normál LED.....	26
7. ábra: Kertészeti LED.....	27
8. ábra: Kertészeti LED.....	27
9. ábra: Fénycső.....	28
10. ábra: Advanced Hydroponic Dutch Formula 1 Grow Tápoldat.....	29
11. ábra: Hydroponic Dutch Formula 3 Micro tápoldat.....	29
12. ábra: Támasztóközeg.....	30

Táblázatok

1. táblázat: Zöldborsó fajlagos tápanyagigénye 1 tonna termésre vonatkoztatva	15
2. táblázat: Leíró adatok.....	31
3. táblázat: Megvilágítások összehasonlítása a növénymagasságban	32
4. táblázat: Megvilágítások összehasonlítása a SPAD értékeiben	33
5. táblázat: Megvilágítások összehasonlítása a Kvantumhozam értékeiben	34
6. táblázat: A világítások közötti különbségek.....	35
7. táblázat: Post-Hoc Test.....	36
8. táblázat: Mátrix táblázat a statisztikailag igazolt különbségekről a SPAD esetében.....	36
9. táblázat: Mátrix táblázat a statisztikailag igazolt különbségekről a Kvantumhozam esetében	37

9. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Szeretném megköszönni Dr. Kende Zoltán konzulensemnek az áldozatos munkáját, amivel segítette a szakdolgozatom elkészülését. Szakmai tudásával folyamatosan segítette a kísérletem sikeres elvégzését. A dolgozatom egész részében folyamatos segítséget nyújtott. Szakdolgozati munkámat folyamatos odafigyeléssel konzultálta.

Köszönettel tartozom Piroska Petra volt PhD. hallgatónak, aki nagyban hozzájárult, ahhoz, hogy a szakdolgozatom elkészüljön. A kísérletet a legnagyobb odafigyeléssel segített elvégezni. A rendszeres mérésekben folyamatos segítséget nyújtott. Szeretném megköszönni a folyamatos biztatását és odafigyelését.

Szeretnék köszönetet mondani a családomnak, hogy támogatták tanulmányaimat és folyamatosan biztattak.

Külön köszönettel tartozom a kislányomnak, hogy mindezt az időszakot másfél évesen végig türelemmel viselte, mindez nagyban hozzájárult ahhoz, hogy sikeresen elkészüljön a szakdolgozatom és a tanulmányaimat be tudjam fejezni sikeresen.

10. NYILATKOZATOK

NYILATKOZAT

Szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: KOLLÁR-BARTÓK PETRA

A Hallgató Neptun kódja: 7HE5E8

A dolgozat címe: TALAJÁLLAPOT VIZSGÁLATI MÓDSZEREK ALKALMAZÁSA ÉS ÉRTÉKELÉSE

A megjelenés éve: 2024

A konzulens intézetének neve: NÖVÉNYTERMESZTÉSI TUDOMÁNYOK INTÉZET

A konzulens tanszékének a neve: AGRONÓMIAI TANSZÉK

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. Ha a fenti nyilatkozattal valótlanít 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 mindenkor 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: 2024 év 10 hó 30 nap

Kollár-Bartók Petra

Hallgató aláírása

NYILATKOZAT

KOLLÁR-BARTÓK PETRA (név) (hallgató Neptun azonosítója: FHE5E8)

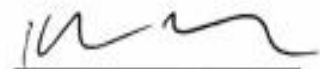
konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő

védésre javaslom / nem javaslom

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem

Kelt: Gödöllő 2024 év november hó 04 nap



belső konzulens