

SZAKDOLGOZAT

Hutás László

2023



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Károly Róbert Campus

Növénytermesztési-tudományok Intézet

Mezőgazdasági mérnöki alapképzési szak

**MIKROBIOLÓGIAI KÉSZÍTMÉNYEK HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA
ÁRPA-KULTÚRÁKBAN KOMPOLTON, A KORÁBBI FLEISCHMANN
RUDOLF KUTATÓINTÉZETBEN**

Belső konzulens:

Dr. Láposi Réka

Egyetemi Docens

Belső konzulens

intézete/tanszéke:

Növénytermesztési-

tudományok Intézet

/Agronómia Tanszék

Készítette:

Hutás László

2023

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés.....	3
2. Irodalmi áttekintés.....	6
2.1 A tápanyagutánpótlás lehetőségei a növénytermesztésben	6
2.2 A környezetkímélő gazdálkodás támogatási lehetőségei	8
2.3 A talajban élő mikroorganizmusok jelentősége.....	10
2.4 A talajmikróbák mezőgazdasági alkalmazása	12
2.5 A kísérleteinkben alkalmazott talajmikróba készítmények bemutatása	12
2.5.1 A jelenleg forgalmazott hazai talajbaktérium készítmények összetétele.....	14
2.6 Az őszi árpa termesztéstechnológiájának bemutatása	17
2.6.1 Talajigény	18
2.6.2 Elővetemény, vetésváltás.....	18
2.6.3 Tápanyagigény és trágyázás	19
2.6.4 Talajművelés.....	19
2.6.5 Növényvédelem.....	21
2.6.6 Betakarítás és tárolás	22
2.7 A tavaszi árpa termesztéstechnológiája	23
2.8 Árpa fajták bemutatása.....	24
2.8.1 Őszi árpa fajták.....	24
2.8.2 Tavaszi árpa fajták.....	25
3. Anyag és módszer.....	27
3.1. A kísérleti terület bemutatása	27

3.2. Az alkalmazott agrotechnika	30
3.3. Az élettani paraméterek <i>in vivo</i> mérése	31
3.4. Az adatok kiértékelése.....	36
4. Eredmények és értékelésük	37
4.1. A Mikro-Vital kezelés hatása KH Korsó őszi árpa élettani paramétereire nagytáblás kísérletben 2020-ban	37
4.1.1 A Mikro-Vital kezelés hatása a termésátlagra és termésminőségre betakarításkor .	37
4.1.2 A Mikro-Vital kezelés hatása a levelek SPAD-értékére	39
4.2. Mikrovital kezelés hatása árpafajták élettani paramétereire kispárcellás kísérletben 2021-ben és 2022-ben.....	42
5. Következtetések és javaslatok	54
6. Összefoglalás.....	58
7. Irodalomjegyzék.....	60
Nyomtatott források	60
Internetes források.....	67
Táblázatok és ábrák jegyzéke.....	68
Ábrák jegyzéke.....	68
Táblázatok jegyzéke.....	68
NYILATKOZATOK.....	70

1. Bevezetés

Korunk egyik legnagyobb kihívása jelenleg a fenntartható fejlődés biztosítása és emellett a fenntartható, a környezetet kímélő mezőgazdasági termelés megvalósítása. Mindezt úgy kell a gyakorlatban kivitelezni, hogy a termelési folyamatok gazdaságosak legyenek és megfelelő hozamokat tudjanak elérni termelők. Ez egy összetett feladatkör, mivel a termelés megvalósításához gazdaságossági, környezetvédelmi és innovatív szempontok figyelembevétele szükséges.

Lényeges szempont a környezetkímélő tápanyag-utánpótlás megvalósítása. Ennek tükrében minden, a terméshozamok növelését célzó tevékenység olyan módon kell történjen, hogy az a kívánt hatás mellett ne károsítsa a talajt és a környezetet sem. A maradandó káros hatások elkerülése is fontos szempont, a jövőbeni negatív hatások kiküszöbölése végett. Ennek elérésére az egyik módszer a gyakorlatban az ökológiai gazdálkodás.

„Az ökológiai gazdálkodás olyan környezetkímélő és az emberi egészséget szem előtt tartó termelési forma, amely a termelés során a helyi erőforrásokat és a természetes folyamatokat részesíti előnyben a külső erőforrásokkal és természetidegen anyagokkal szemben, ezáltal a gazdaságon belül zárt anyag- és energiaáramlás megvalósítására törekszik.” (INTERNET 1).

Ha ennek szellemében végezzük a gazdálkodás feladatait, akkor szembesülünk azzal, hogy a növényvédelemre és tápanyag-utánpótlásra felhasznált anyagok palettája korántsem olyan széleskörű, mint a hagyományos gazdálkodási módoknál. Az ökológiai tartású állatokat nem kezelik antibiotikumokkal, hanem igyekeznek gyógyszer-mentesen, vagy enyhébb hatású szerek alkalmazásával gyógyítani őket (NAK, 2015).

Szintén lényeges momentum a GMO kizárása az ökológiai tartásból. „Az ökológiai gazdálkodás elvből kizárja az élőlények genetikai módosításának minden formáját”, határozza meg az EU rendelete. Ezt az elvet az ökológiai élelmiszer-előállítás minden folyamatában meg kell valósítani. GMO származású növény és állat alkalmazása azonnali kizárást és büntetést jelent az ÖKO gazdálkodásból. Egyébként is Magyarország teljesen GMO-mentes ország, minden ilyen növény és állat termesztése és tartása szigorúan tiltott (INTERNET 2).

A termelési gyakorlatban ennek eszközei lehetnek a különböző, a termőtalajt érő fizikai behatások csökkentése, a felhasznált kemikáliák, vagyis a növényvédőszeres és a műtrágyák mennyiségének lehetőség szerinti minimalizálása, valamint a rendelkezésre álló fajták

genetikai potenciáljának mind nagyobb mértékű kihasználása a rendelkezésre álló agrotechnikák segítségével.

A kemikáliák redukálásának és a talajt érő fizikai hatások csökkentésének egyik hatásos alternatívája a talajban élő mikroorganizmusok tevékenységének serkentése. A talajban lévő életközösség, vagyis az edafon különböző baktériumok, gombák, algák és egyéb fajok által alkotott közösség, amelyek mennyiségileg hektáronként akár 25 tonnás nagyságrendben is jelen lehetnek a termőrétegben (MAKÁDY, 2010).

Működésük során szerves anyagok lebontását végzik a talajban, elősegítik a növények tápanyagfelvételét olyan módon, hogy az általuk felvett szerves anyagokat átalakítják felvehető formátumúra. A levegőben lévő nitrogént megkötik, azt elraktározzák, ezzel növelve a talaj nitrogén-bázisát. Ennek megvalósulása szimbiotikus együttélés során történik általában meghatározott növények gyökérzetének közreműködésével. Ugyanezen növények gyökerei hatással vannak a talaj szerkezetére, állapotára, kémhatására és vízgazdálkodására, mindezzel előnyös hatást kifejtve a mikroorganizmusok működésére. Védelmet biztosítanak a mikrobák a csírázó magvakat és csíranövényeket megtámadó patogén szervezetekkel szemben. Ez kétféleképpen történik: a versengés során hatékonyabban végzik tevékenységüket, emellett antibiotikumok termelésével fejtik ki jótékony hatásukat (MAKÁDI, 2010).

Összességében ezen élőlények tevékenységükkel visszahatnak a talajok állapotára fizikai, kémiai és különböző biokémiai folyamataira. A folyamatok eredményeképpen a talaj szerkezete és vízgazdálkodási képessége, valamint a tápanyag szolgáltató képessége is nagymértékben különbözik az egyes talajtípusok esetén (KÁTAY, 2011).

A fizikai behatások következtében, amelyet a mezőgazdasági tevékenység során alkalmaznak, mint például a forgatásos és forgatás nélküli talajművelés, tömörítés, talajszerkezet javítás, romlik azok állapota, összetétele, és ezáltal a mikroorganizmusok életfeltételei. A talajlakó organizmusok a talaj oxigén- és víztartalmára, valamint a kémhatására kifejezett érzékenységet mutatnak. A monokultúrás termesztés a talaj termőképességét rontja, mert egyoldalúan zsarolja ki a talajban lévő tápanyagokat, másrészt pedig az adott kultúrára jellemző kórokozók és kártevők felszaporodása szintén kedvezőtlenül hat a mezőgazdasági kultúra állapotára és hozamára (MATICS-BIRÓ, 2013).

Dolgozatomban annak lehetőségét vizsgálom, hogy a különböző, talajban lévő mikrobák tevékenységének serkentésével hogyan lehet javítani annak termőképességét, és ezáltal milyen

hatást gyakorol az adott növényi kultúra fejlődésére és termőképességére, a stressztűrésre és nem utolsósorban a termés minőségére.

A Kompolton található, korábban Fleischmann Rudolf nevével fémjelzett Kutatóintézet már több, mint 100 éve végez meghatározó szaktanácsadási tevékenységet a régióban. Munkássága sokrétű, hiszen a komplex tápanyag-utánpótlási rendszerek létrehozását és tesztelését folyamatosan végzi a növénynemesítő tevékenysége mellett. Elsősorban őszi és tavaszi árpa fajták nemesítését végzi, ám egyéb gabonafélék is megtalálhatók a palettáján. Mindig nagy hangsúlyt fektetett arra, hogy elsősorban környezetkímélő megoldásokat alkalmazzon a munkavégzés során.

A környezetkímélő technológiák és készítmények alkalmazása magába foglalja a különböző talajbaktérium készítmények kipróbálását is kisércellás és nagytáblás, szántóföldi termelési körülmények között is. 2015-ben kezdte el az ilyen irányú kísérleteit, amit pályázati forrásból 2017-2020 között az EFOP 3.6.1. projekt is támogatott. Ebben az időszakban kapcsolódtam be a munkákba, az árpafajták termesztése területén.

A dolgozatban különböző árpafajták hozamaira és termésminőségére gyakorolt hatását vizsgálom és mutatom be a Mikro-Vital készítményeknek. Emellett a virágzáskor mért fotoszintetikus paraméterek és stressztűrés vizsgálatát és elemzését végeztem el egy 2020-as nagytáblás, és két kisércellás (2021 és 2022) kísérlet eredményei alapján. A gyakorlataim folyamán részt vettem a tábla és a parcellák megművelésének munkafolyamataiban, valamint a vizsgált árpafajták élettani paramétereinek mérésében és az eredmények rögzítésében egyaránt.

2. Irodalmi áttekintés

2.1 A tápanyagutánpótlás lehetőségei a növénytermesztésben

Szinte minden, a növénytermesztésben jelentősebb munkássággal bíró szakember szerint a termés mennyisége, a termés minősége, és a biztonságos termesztés szempontjából a tápanyagellátás bír a legnagyobb jelentőséggel. Emiatt az árpa esetében is kiemelkedően fontos ez az agrotechnikai művelet. A kijuttatott tápanyagokra pozitívan reagál, jól hasznosítja, és terméstöbblet formájában fog majd megjelenni a hozamokban. A szükséges tápanyag-ellátottság csak trágyázással, főként műtrágyázással érhető el (RADICS, 2003).

A műtrágyák olyan, növények által hasznosíthatóformájú tápanyagok, amelyek pótolják a talajból hiányzó mikro- és makroelem mennyiségeket, ezáltal elősegítve a növényzet fejlődését. A tápanyag-visszapótlás mellett a talaj tulajdonságait is javítja, mert kedvező hatással van a talaj kémhatására is, csökkentve annak savas vagy lúgos voltát. A termékenység növelése lehetővé teszi a nagyobb hozamok elérését, hosszú távon pedig ennek következtében kevesebb természetes hasznosítású (erdő, rét) területet kell termelésbe vonni. Segítségével növelhető a szerves növényi maradványok lebontásának üteme, kedvező hatással van a talaj szerkezetére, javítja a gyökérzet differenciálódását, ezzel pedig a vízgazdálkodási jellemzőket (PEPÓ-SÁRVÁRI, 2011).

Szintén egyre gyakrabban alkalmazott mód a zöldtrágyák használata. A zöldtrágya növények (facélia, mustár, olajretek, pohánka, stb...) nagy tömegvetett növények, melyek talajba dolgozásával és lebomlásukkal segítik a talajéletet és annak termékenységi mutatóinak javulását. Segítségükkel a talajszerkezet javul, csökkenthetők az eróziós hatások, javul a vízháztartás, és aktivizálódik a talajélet. Fokozódik a biodiverzitás, és egyszerűbb a gyomszabályozás is (INTERNET 2).

Már nagyon régen tudják a gazdálkodók, hogy a gyenge minőségű talajaink javítása szerves trágya használatával nagyobb terméseredményt tud produkálni, kevesebb ráfordítással. Azonban a szerves trágyázás ellen jelenleg több érv szól, mint mellette:

- szerves trágya az állattartó telepek kis száma miatt nem szerezhető be megfelelő mennyiségben
- környezetvédelmi előírások betartása nehezebb lenne
- a gazdaságunk nem rendelkezik a szerves trágya kijuttatásához megfelelő gépekkel
- nem tudnánk hol kezelni és tárolni a trágyát a kijuttatásig
- nagyon gyomosít, és a benne élő kártevők is sok problémát okoznának
- a szerves trágya megfelelő hasznosulásához éveket kellene várni
- ha nem tudnánk azonnal a talajba dolgozni, nagy lenne a párolgási veszteség
- a szükséges vízutánpótlás a területeinken nem megoldott (KÁDÁR, 2013).

Azonban mára már alternatív lehetőség is található, ami esetleg hosszú távon megoldhatja a gazdálkodók szerves trágya utánpótlási problémáit. Ez pedig nem más, mint az ökológiai állattartás. A nitrátrendelet értelmében a 170kg/ha/év nitrogén mennyiséget nem lehet túllépni, és az ökológiai állattartás szabályozása pedig emiatt előírja, hogy hektáronként milyen állatfajból mennyi tartható, és ha ezt túllépi a gazdálkodó, akkor a keletkezett szerves trágyát el kell szállítani az ökotartásba vont területre. Emellett az ökogazdálkodás az EU és a magyar állam által is támogatott tevékenység. Az így előállított trágya alapot képezhet a hagyományos gazdálkodásban a tápanyag-utánpótláshoz (NAK, 2015).

A szerves trágya hiánya, a műtrágyák kiszorításának igénye egyre inkább a hasznos élő szervezetek, és a baktériumtrágyák felé tereli a figyelmet. Mára már széles körben ismertté válnak, egyre több helyen forgalmazzák őket, és jótékony hatásuk révén a gazdálkodók is kezdik megkedvelni. A költségesebb beszerzése a többlet terméshozamok realizálása révén megtérül (MATICS-BIRÓ, 2013). Úgy gondolom, hogy a jövő mindenképpen ezé a tápanyag-utánpótlási módé lesz.

2.2 A környezetkímélő gazdálkodás támogatási lehetőségei

Magyarország földrajzi szempontból a mezőgazdaságnak kedvező területen helyezkedik el, és hazánk Európa egyik legtermékenyebb talajtípusokkal rendelkező országa (KOSCSÓ, 2014). A mezőgazdasági termelés nélkülözhetetlen erőforrásai a termőföld, a munkaerő és a termelőeszközök. Magyarországon megfelelő minőségű és mennyiségű termőföld áll a gazdák rendelkezésére ahhoz, hogy minőségi növénytermesztés folyhasson, és ez által az állattenyésztés is magas szinten folytatható. Mindezek pedig megfelelő alapanyagként szolgálnak az élelmiszeriparban. A történelem során Magyarország számára a megélhetést elsősorban a mezőgazdaság biztosította. A termőföld kulcsszerepet játszik gazdálkodásukban. A mezőgazdasági termelésre használt föld tulajdonviszonyait a rendszerváltozáskor még az állami, a szövetkezeti és a magántulajdon jellemezte. A termelőszövetkezet elsősorban mezőgazdasági kistermelők társulása (GYARMATI ET AL, 1997).

Az Unió csatlakozása a magyar gazdálkodók számára új lehetőségeket és kötelezettségeket is hozott. A belépéssel a magyar mezőgazdaság fejlődését elsősorban az európai tőke, munkaerő, áru és információ szabad áramlásához való alkalmazkodóképessége határozza meg. A csatlakozással együtt járó piaci-, szabályozási-, támogatási béli változások eltérően hatottak az egyes ágazatokra és így az egyes gazdálkodók helyzetét is eltérő mértékben és módon befolyásolták (GYARMATI ET AL, 1997).

Magyarország számára a felzárkózás szempontjából fontos a gazdasági modernizáció elősegítése, a versenyképesség javítása és a támogatási források alakulása. Az ország célja tehát, hogy a fenntartható fejlődés kiadási kategóriából a lehető legtöbb támogatást kapja, ugyanis ebbe a kategóriába tartoznak a versenyképességi és kohéziós intézkedések. A kedvező természeti adottságaink ellenére viszont a magyar agrárszektor jelentőségének csökkenéséről és versenyképességének romlásáról beszélhetünk (GÉCZI, 2010).

A versenyképesség romlásához a magyar mezőgazdasági birtokszerkezet szétaprózódása vezetett. A magyar birtokszerkezetet kétpólusúnak, duálisnak nevezzük. Ez azt jelenti, hogy a mezőgazdaságban kétféle birtoktípus jellemző: a nagy - és kisterületű gazdaságok. Viszonylag kicsi azoknak a gazdaságoknak a száma, amelyek nagy területtel rendelkeznek, ugyanakkor nagyobb számban vannak azok, akik kisebb területet birtokolnak. A földbirtok mérete hatással van a gazdák megélhetési viszonyaira, emellett a birtokméret befolyásolja az egy hektárra jutó támogatás mennyiségét is (GÉCZI, 2010).

A leginkább jellemző támogatási forma a területalapú támogatás, és itt a birtokméret meghatározza, hogy mekkora támogatást tud igénybe venni egy gazdálkodó szervezet. Minél nagyobb földterületen gazdálkodik, annál nagyobb az igénybe vehető támogatás nagysága. Fix összegű támogatási formáknál, mint amilyen a területalapú támogatás is, az árbevétellel együtt a támogatással befolyt összeg is kalkulálható. Hosszú távon lehetőséget biztosít mindkét esetben arra, hogy a gazdálkodó fenntartsa a termelő tevékenységét, és ne kelljen csődöt jelentenie és abbahagynia a tevékenységét. Ma jelenleg Magyarországon nem folytatható teljesen önerőből, önfenntartó mezőgazdasági termelés a támogatások igénybevétele nélkül (KOSCSÓ, 2014).

Jelen esetben, dolgozatom témájához kötődően az idei évtől, vagyis 2023-tól a területalapú támogatások között igényelhető, választható lehetőséget, az Agrár-ökológiai Programot szeretném bemutatni. Azért hozták létre, hogy a gazdálkodók igazodni tudjanak a megváltozott környezeti feltételekhez a termelésben, mindezt a környezet- és klímatudatos gazdálkodási gyakorlatok alkalmazásának egyidejű megvalósításával (INTERNET 2).

Ez mindig az adott évre vonatkozó, szabadon választható kiegészítő támogatási lehetőség. Külön szükséges a felmerülő igényt jelölni, illetve erről nyilatkozni is kell a kérelem benyújtásakor. Lehetőség van ültetvény, szántó és gyepterületek teljes bevonására, eltérő vállalatokat téve minden művelési ágban (INTERNET 2).

Az igénylés feltétele, hogy legalább 2 pontot el kell érni a vállalással, és megvalósítani azt minden földhasználati kategóriájára vonatkozóan. Ezt a kérelemben be kell jelenteni. Nem teljes egész területre vállalt gyakorlatot külön kell jelezni, melyik táblára vonatkozik. A támogatás mértéke vállalt kötelezettségtől függően 61 és 105 Euro/ha közé esik. Emellett kötelező az elektronikus gazdálkodási napló vezetése (INTERNET 2).

Nem kötelező gyakorlatot vállalni az adott földhasználati kategóriára, ha tárgyévben a mezőgazdasági üzem:

- szántóterületeinek együttes nagysága az 5 hektárt nem éri el
- egyéb gyepterületeinek együttes nagysága az 5 hektárt nem éri el
- ültetvény területeinek együttes nagysága az 1 hektárt nem éri el
- Natura 2000 gyepterületére vonatkozóan mérethatártól függetlenül (INTERNET 2).

Választható jó gyakorlat mikrobiológiai készítményekkel 2 pont (A szántók 50%-án minimum megvalósul a vetés előtt, vagy azzal egy menetben mikrobiológiai készítmények alkalmazása, illetve a szármaradványokra kiszórva és azt a talajba keverve). 1 pontért alkalmazhatók növény kondicionálók vagy nitrogén megkötők alkalmazása is (INTERNET 2).

2.3 A talajban élő mikroorganizmusok jelentősége

A faji összetétel teljes feltérképezése a leírt fajok kis száma és a talajmintákban talált fajgazdagság miatt lehetetlen. A mintákból csak kevés faj tenyészthető ki (mai ismereteink szerint). A mikrobiológiai szintű talajélet a növények gyökereivel szorosan kapcsolódik, térben és időben is változik. A gyökértömeg számunkra láthatatlan, kimosás után elveszti struktúráját és a mikroszkopikus élőlények vizsgálata sem lehetséges többé (BIRÓ, 2003).

A talajbaktériumok kutatásának története többszáz éves múltra tekint vissza. Az 1800-as évek végétől a szimbiota kapcsolatban élő nitrogénkötő organizmusok kutatására fókuszáltak, majd a gyökérgümőket nem képző, asszociatív nitrogénkötő baktériumok vetőmagon történő alkalmazása következett. Hazai kutatások rávilágítottak, hogy nagy mennyiségű műtrágyaadagok gátlóan hatnak a nitrogéntermelő organizmusok szaporodására és aktivitására. Az első generáció tehát a műtrágya csökkentő funkcióra fókuszált (KÁTAI, 2011).

1978-ban definiálták PGPR néven a baktérium-gazdanövény közti kapcsolatot, mely a növény növekedését a N-fixáción túl is elősegíti, noha a fogalomnak nincs kötelező érvényű definíciója. Ezek az életformák – baktériumok és gombák - a gyökér felületén vagy a növénybe hatolva léteznek. Utóbbi esetben egyes baktériumok a gazdanövény valamennyi szervébe eljuthatnak a nedvkeringés segítségével. Elmondható, hogy egy baktérium(gomba) akár több hatásmechanizmus szerint is segítheti a gazdanövény fejlődését: a nitrogénkötésen kívül más tápanyagokat is feltárhatnak, védelmet nyújthatnak kórokozókkal és növekedést gátló mikroorganizmusokkal szemben és serkentő hormonokat is juttathatnak a gyökérszónába (BAIS ET AL, 2004).

Az 1990-es évek elejétől indult kutatások világítottak rá a *mikorrhiza* gombákkal kezelt növények fokozódó foszfor, cink, réz és kálium-ellátottságára. Ugyancsak növekedett a sótűrő képesség és szárazság-tűrés is. Megfigyelték, hogy *Azospirillum* és *Rhizobium* fajok jelenléte fokozta a *mikorrhizák* aktivitását, tovább segítve a növény fejlődését (BIRÓ, 2003).

Bakteriális növekedést gátló anyagokat gombák és baktériumok is képesek előállítani. A *Penicillium*-típusú gombák megfigyelése az 1890-es évektől dokumentált, míg Fleming felfedezése az első antibiotikumról 1928-ból, míg maga az elnevezés 1942-ből való. Csak a *Bacillus* fajokból több mint 700 féle antibiotikumot azonosítottak. A bakteriális antibiotikum-termelés környezeti hatásokra indul meg, az egyes antibiotikumok hatásspektruma pedig specifikus (MAKÁDI, 2010).

A talajoltó baktériumok kedvező hatást fejtenek ki pusztá jelenlétükkel is, hiszen a mikroszervezetek élettevékenységében központi szerepet játszó Fe^{3+} ionok fogyasztásával, sziderofor (vaskötő) fehérjék termelésével és kelát-képzéssel elérhetetlenné teszik azokat a patogén szervezetek számára (FÜZY 2007).

A gombák és talajlakó baktériumok által is termelt hormonok hatásának kutatása 1870-es években kezdődött, majd később az 1930-as évektől leírásuk is megtörtént. Ezen szervezetek egyaránt képesek a növények növekedését és nyugalmi állapotának beálltát befolyásolni. Mindkét anyagcsoport folyamatosan jelen van a rizoszférában, ahol mennyiségük mellett egymáshoz viszonyított arányuk is befolyásolja hatásukat. Közvetlenül a gyökérzet növekedését serkenthetik, mely befolyásolja a teljes gazdanövény fejlődését, de egyes mikrobák a növény által termelt hormonok felszabadítását is generálhatják. Ugyanilyen eredményt érnek el más fajok a gátló hormonok blokkolásával (MATICS és BIRÓ, 2013).

Az 1970-es és 80-as évek intenzív növénytermesztési gyakorlata világszerte, így Európában is mély nyomot hagyott a szántóföldek mikrobiológiai flóráján és faunáján, a talajok táplálóképessége leromlott vagy teljesen kimerült. A folyamat megállításának természetes módjára, a szerves trágyák gyakori és nagy mennyiségű kijuttatására az elégtelen állatállomány miatt nincs lehetőség, ezért az Európai Unió mezőgazdasági projektjei közt megtalálhatóak a talajoltó kultúrák fejlesztését, teljesítményük értékelését támogató kezdeményezések (MATICS és BIRÓ, 2013).

A kutatási célok mára a bioremediáció, a szerves trágya-helyettesítő megoldások, hulladékok trágya-ként való felhasználásának, sok törzset tartalmazó készítmények fejlesztésének és az új fejlesztések eredményeinek irányába tolódtak el. Felismerték, hogy az egyes készítmények teljesítményét azok életkörülményei, tehát a talajállapot döntően befolyásolja. Nem elhanyagolható ugyanakkor a kialakult mikroorganizmusok összetétele és köztük fellépő kölcsönhatások sem. Mivel ezek a jelenségek időben és térben folyton változó környezetet

képeznek, a második és harmadik generációs talajoltó rendszerek teljesítményét és hasznosságát befolyásoló tényezők korán sincsenek feltérképezve (MATICS és BIRÓ, 2013).

2.4 A talajmikróbák mezőgazdasági alkalmazása

A talajban előforduló hasznos mikroorganizmusok élettevékenységének jótékony hatásai a termesztett növények minőségi és mennyiségi hozamaiban egyaránt jelentkezők. A termésfokozó baktériumok megfelelő mennyiségű kijuttatása mellett meg kell teremteni a tevékenységük kifejtéséhez szükséges optimális feltételeket is. Ez elsősorban a megfelelő talajműveléssel érhető el a rájuk káros kémiai anyagok (növényvédő szerek, talajfertőtlenítők, érésgyorsítók) mennyiségének csökkentése mellett (BIRÓ, 2003).

A következő kedvező hatások érhetők el működésük révén:

- patogén szervezetek működésének csökkentése
- humuszképződés fokozása
- tápanyagok feltáródásának növelése
- mikroelem hasznosítás elősegítése
- kötött foszfor feltáródás elősegítése
- légköri nitrogén megkötés fokozódása
- növények tápanyagellátására gyakorolt kedvező hatás
- szárazságtűrés elősegítése
- fokozódó enzimtermelés
- vitamin szintézis javulása (MATICS-BIRÓ, 2013).

2.5 A kísérleteinkben alkalmazott talajmikróba készítmények bemutatása

A Magyarországon kereskedelmi forgalomban kapható és engedélyezett, mikroorganizmusokat tartalmazó, tápanyag -utánpótlásra alkalmas készítmények elősegítik a talajban történő nitrogén megkötést és feltárást, a foszfor és a kálium felvehetőségét növelik. A cellulózbontó képességük hatása révén alkalmasak a szármaradványok és a tarlómaradványok lebontására, a pillangósvirágúak gümőképző baktériummal történő beoltására, valamint a szerves trágya hasznosulásának elősegítése mellett a PGPR hatást is elősegítik (INTERNET 3).

A jelenleg piacon elérhető készítmények közül a kísérletben alkalmazásra kerültek BioNat Kft. Mikro-Vital termékei (Mikro-Vital, Mikro-Vital Plusz, Mikro-Vital C+, Mikro-Vital Supary és a Tigra), amelyek a *trichoderma* gombák hatásain alapulnak. Mellettük ismertek még és széles körben elterjedtek a Phylazonit termékei, valamint az ATTENDSA készítményei is. A teljesség igénye nélkül a gazdálkodók az Agrobio, a Biofil, a NaturAgro, a Greenman készítményeit egyaránt meg tudják vásárolni. Ezeknek felértékelődik a jelentősége, amióta a 2023-as évtől kezdve az Agrár Ökológiai Programban kifejezetten ilyen jellegű készítmények felhasználása mellett plusz támogatást lehet igényelni a gazdálkodáshoz (INTERNET 4).

A Magyar Talajvédelmi Baktérium-gyártók és Forgalmazók Szakmai Szövetsége folyamatosan felügyeli és bevizsgálja a kereskedelmi forgalomban megjelenő készítményeket. 2016. január 27-én jött létre ez a szakmai szervezet, ami 2020-ban alakult át szövetséggé. Célja, hogy információkat és szakmai támogatást nyújtson a gazdálkodók részére, és elősegítse ezzel a hozamtöbbletek elérését, és a fenntartható gazdálkodás megvalósulását (INTERNET 4).

A Mikro-Vital készítmények olyan foszfor feltáró és nitrogénmegkötő organizmusokat tartalmaznak, mint például az *Azospirillum brasilense*, *Azotobacter vinelandii* és *Pseudomonas fluorescens* baktériumok, kiegészítve különböző mikroelemekkel. Nem található meg bennük semmilyen hormon és mesterségesen előállított egyéb kémiai anyag sem. Mind a gyártók, mind pedig a forgalmazók a műtrágyázás mellett kiegészítő kezelésként javasolják a kijuttatásukat. A felhasznált dózisok és a megfelelő hatékonyság elérése érdekében tápanyag gazdálkodási terv készítése szükséges. A Mikro-Vital Plus készítmény tartalmaz még *Bacillus aryabhattai* törzseket is, amelyek hatásukat tekintve a stressztűrő képességet növelik az alkalmazott kultúráknál (INTERNET 3).

A Mikro-Vital C + egy olyan készítmény, amely cellulózbontó baktériumokat tartalmaz. Ezek az élettevékenységeik során termelt enzimek (mint a proteáz celluláz kitináz) hatására gyorsítják fel a területen lévő szár és tarlómaradványok lebomlását. A lebontás során növekedni fog a talaj tápanyag készlete, másrészt pedig a növényre patogén hatással lévő gombák mennyisége fog csökkenni, mivel jelentősen redukálódnak a számukra ideális életkörülmények feltételrendszerei. Tartalmaz *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Pseudomonas fluorescens*, *Paenbacillus* és *Cellumonas* fajokat (INTERNET 3).

Segítségével a növényt érő hőstressz és az aszályos, vízhiányos körülmények által indukált kedvezőtlen folyamatok átvészélése válik jelentősen könnyebbé a növények számára (INTERNET 3).

A *trichoderma* gombafaj képezi a Tigra nevű készítmény elsődleges hatóanyagát. Olyan patogén gombákra károsan ható, ezáltal a növényt védő vegyületeket termel, mint a gliotoxin, gliovirin, peptaibolok, 6-pentil-piron, viridin, alkoholok, ketonok, szeszkviterpének. Emellett az olyan növénykórtani problémákat okozó fajokat, mint például az *Alternaria*, *Armillaria*, *Botrytis*, *Fusarium*, *Monilia*, *Phytophthora*, *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Sclerotinia* és *Verticillium* parazitaként támadja meg, és ezáltal mérsékli vagy megszünteti azok a káros hatásait (INTERNET 3).

Elmondható még a Tigra nevű készítményről, hogy amíg az előbb felsorolt Mikro-Vital készítmények csak vizes szuszpenzióban juttathatók ki, addig a Tigra mikro granulátum formájában is megvásárolható, és kombináltan is alkalmazható a többi készítménnyel együtt (INTERNET 3).

2.5.1 A jelenleg forgalmazott hazai talajbaktérium készítmények összetétele

Auxin: Egy növényi hormon, amelyet indol-ecetsav néven is ismerünk. A növények gyökércsúcsában zajló folyamatokban fedezték fel a hatását az 1800-as évek második felében, de 1937-ben írták le először a szerkezetét. Serkenti a gyökérszőrök növekedését, valamint a gyökerek hosszirányú fejlődését. A hajtás tenyésző csúcsaiban képződik, és a szárban halad lefelé a megvilágítással ellentétes oldalon. Termelődése fajspecifikus, amit nagymértékben befolyásol a növény tápanyag ellátottsága és a környezeti tényezők is. Több *Pseudomonas*, *Azospirillum*, *Rhizobium*, *Azotobacter* törzs is képes indolecetsavat termelni. (OLDAL, 2006).

Gibberellin: A gibberellinsavat az 1930-as években vonták ki először növényekből és ekkor nevezték el őket (WASS-MATICS, 2018). A leggyakrabban előforduló változata a GA3, ami a *Gibberella fujikuroi* nevű gomba egyik vegyülete. Viszont a növények életfolyamataiban a legintenzívebben résztvevő változata a GA1, melynek szerepe hajtások megnyúlásában és a tönk növekedésében van. Emellett más giberellin fajták a hajszálgökök növekedését is serkentik. A ma ismert gibberellin változatokat felfedezésük sorrendjében számozták meg és nevezték el, és már mintegy 89 fajtája ismert a tudomány előtt. Egyéb hatásaik révén a virágok növekedését és fejlődését is stimulálják. Amennyiben túl sok található meg belőlük egy növényben, akkor az ivari dimorfizmusára van hátrányos hatással, és a magok csírázása is felgyorsul tevékenysége révén (OLDAL, 2006).

Citokininek: A citokininek sejtmegújulást stimuláló purin vázas vegyületek, amelyek egyéb hatásait mellett a kloroplasztiszok beérését segítik elő, az organogenesis folyamatát szabályozzák, valamint hatással vannak a nitrogén felvételre és az öregedési folyamatokra is. A gyökerekben termelődnek, és honnan kerülnek fel a levelekbe. Fangchun és munkatársai megállapították, hogy ezen hormon hatására növekedhet a szárazságtűrő képessége is a növényeknek (FANG-CHUN et al, 2013). Erre a felfedezésre úgy jöttek rá, hogy *Bacillus subtilis* baktériumot oltottak keleti tujába, és az általa okozott élettani hatásokat vizsgálták meg. Többek között megállapították azt is, hogy az aminosavak, szerves savak és cukrok a növényben lévő víz mennyiségétől függetlenül megnövekedett mértékben voltak kimutathatók.

Abszcizinsav: Az abszcizinsav a növények minden egyes szervében előforduló anyag. A növények rügyeinek nyugalmi állapota, és az idő előtti csírázás egyaránt a hatására történik meg. Pozitív hatással van a szárazságtűrő képességre, a magok tápanyag felhalmozódását szabályozza, elősegíti a gyökérnövekedést, és negatív hatású enzimek termelődését gátolja. Szintén az a abszcizinsav hatására a járulékos gyökerek képződése fokozottabb mértékű lesz, a levelek öregedését idézi elő, és elősegíti a növényekről a különböző részek leválását. Reproductív időszakon kívül is előidézhet virágzást a növényen (PETHŐ, 2016).

Az *Azospirillum brasilense* a rhizobaktérium fajok közül az, amelyik leginkább a kutatások tárgyát képezi. Olyan szimbiózisban él a gazdanövényekkel, melyben elősegíti a növekedési hormon szint emelkedését, befolyásolja az anyagcsere folyamatokat, és ezáltal közvetve a növény fejlődését, stimulálja a gyökérszőrök képződését és természetesen leköti a légköri nitrogént is. Élettere a gyökérszőrök felülete, és a sejt közötti teret nem használja ki. Alapvetően megtalálható a talajban azonban a gyökerek környezetében. A növény által kiválasztott poliszacharidok hatására találhatók meg koncentrált mennyiségben a hajszálgyökerek felületén. A nitrogénmegkötő tevékenységét a talajban lévő nitrogén tartalom befolyásolja, és emellett az oxigén jelenlétére is érzékeny a kutatások szerint (JONES, 2023).

Az *Azotobacter vinelandii* egy olyan gram negatív baktérium, amely a levegőből és a természetes környezetben is meg tudja kötni a légköri nitrogént. Pozitív tulajdonsága a könnyű szaporíthatóság és tenyésztethetőség. Emellett különböző fitohormonokat és vitaminokat is létrehoz életfolyamatai közben. A talajban elsősorban a nitrogén kötés tanulmányozására használják fel. Genetikailag módosítható, és az így manipulált baktériumtörzsek nagyobb mennyiségű ammóniát képesek termelni a nem génmódosított társaiknál. A növények számára szükséges nitrogén mennyiséget az említett ammónia kibocsátással tudja biztosítani, miközben

ammónia nem kerül a légkörbe, amely a levegőt és az élő vizeket egyaránt szennyezi (MENHART ET AL, 1991).

A *Pseudomonas fluorescens* a gyökerek között, vagyis a talaj gyökérszónájában végzi tevékenységét. Stimulálja a növekedést, és különböző patogén vegyületeket kibocsátó mikroorganizmusokkal szemben védelmet biztosít a növények számára, miközben hozam többletet képes produkálni. Mivel a patogén vegyületeket összegyűjti és lebontja, ezért jótékony hatása révén meggátolja a növényekben a számukra káros mérgező anyagok koncentrációjának kialakulását. Redukálja a nitrogéntartalmú vegyületeket, minek következtében csökkenti a talajvizet szennyező vegyületek képződött mennyiségét. Képes muporicin nevű anyagot szintetizálni, ami gram pozitív baktériumok ellen hatásos antibiotikumként működik. Emellett némely módosulásai mérgező hatást fejtenek ki a növényekre. (HOUSSEM ET AL, 2022).

A *Bacillus aryabhattai* stressztűrő enzimek termelését végzi, melyek hatására például a növények sokkal toleránsabban reagálnak az aszályos az időjárási körülményekre. Nagyon jó a nitrogén megkötő képessége, és a talajban lévő szármaradványokat és növényi számozású szerves anyagokat is lebontja. Endospórát is tud termelni, ami által könnyebben fent marad, és nagyobb mennyiséget tud önmagából reprodukálni. A talajban a glifozát tartalmú növényvédő szerek semlegesítésére is képes, és ezáltal felszabadítja azok szerves foszfor tartalmát (NAGWA et al, 2020).

A *Cellulomonas* törzs talajból kimutatott különféle fajtái cellulózbontó tevékenységet végeznek. Cellulóz és hemicellulóz enzimeket is képesek kiválasztani, amelyek alkalmasak arra, hogy ipari felhasználásra kerüljenek. A legismertebb fajok a *C. biazotea*, *C. cellesea*, *C. cellulans*, *C. fimi*, *C. flavigena*, *C. fermentans*, *C. gelida* és a *C. uda*. Igen táp kémhatású tartományban képesek működésüket kifejteni. Egy 27-32 Celsius fok közötti hőmérsékleten egy, maximum öt óraregenerációs folyamat után alkalmazkodnak a talaj pH-jához. Képesek a nitrátokat elbontani, és az enzimjei katalizátorként működve képesek vizet felhasználva kémiai kötések megszakítására. Emellett pedig le tudják bontani az élesztő szénhidrogén származékait is. (RAJOKA ET AL, 1999).

A *Bacillus subtilis* egy olyan pálcá alakú gram pozitív baktérium, amely fokozott mértékben hő és szárazságtűrő tulajdonságokat mutat. A növények által kiválasztott szén-dioxidot és a poliszacharidokat használja fel az élet folyamataihoz. Az általa kiválasztott anyagcsere termékek antibakteriális hatásúak. A növények gyökér szélein telepednek meg (HASHEM ET AL, 2019).

A *Paenibacillus peoriae* szintén gram pozitív pálca alakú baktérium, amely egyfajta filmet tud képezni a gyökér felületén, és ezáltal mintegy védőzónát létrehozva más mikroorganizmusokkal szemben. Levegőtlen körülmények között is megél. A belőle szintetizált antibakteriális hatású anyagok a coli és a candida baktériumtörzsek ellen is felhasználható vegyületek (LIFANG ET AL, 2022).

A *Trichoderma* gombafaj a növények számára káros gombatörzsek közül sokat képes elnyomni, és gátolja azok a gyökérfelületén történő megtelepedését. Emellett antifungális vegyületek előállítására is képes, amelyek hatására a betegséget okozó gombafajok vagy elpusztulnak, vagy pedig gátolják azok tevékenységét (HERMOSA ET AL, 2014). Ez a gyors gombaölő hatása annak köszönhető, hogy nagyon változatos anyagcserét folytat, sok hasznos anyagcseretermék termelése közben. Ezek nem csak változatosak, hanem nagyon gyors reakciót is képesek kifejteni egyéb gombafajokkal szemben, ami elsődlegesen növeli az antibiotikumként való felhasználhatóságát (WHITMORE és WALLACE, 2006)

2.6 Az őszi árpa termesztéstechnológiájának bemutatása

Az éghajlatigénye szempontjából hazánk klímája az egész ország területén alkalmas, de nem egyformán kedvező a termesztésére. A csapadékosabb Dunántúlon kisebbek a termésingadozások, mint a szélsőségesebb éghajlatú Alföldön, de a termés minőségére az Alföld éghajlata a kedvezőbb, mivel a szárazabb klíma kedvez a jobb minőségű termés kialakulásának. Az őszi árpa tenyészidője fajta és környezeti hatásoktól függően 270-300 nap, hasznos hőösszegigénye 2000-2200 °C (TURCSÁNYI, 2000).

Az őszi és tavaszi árpa együttes termőterülete mintegy 46-50 millió hektár a világon, 3 t/ha körüli termésátlaggal. A megtermelt összes mennyiség mintegy 147 millió tonna (FAOStat, 2017). Az ötödik helyet foglalja el a vetésterület nagysága szerinti sorrendben a világon, a búza, kukorica, rizs és szója után. Az árpát eredetileg emberi tápláléknak termelték, ma a termés körülbelül 85%-át takarmánnyként hasznosítják (INTERNET 5).

Az őszi árpa közepes vízigényű növény, a tenyészidőben kb. 420-460 mm az átlagos igénye vízre vonatkoztatva. Ez az igény a virágzástól kezdve a szemfejlődésig a legmagasabb. Sajnos éppen ezekre a fejlődési fázisokra jellemző hazánkban a párolgás okozta vízvesztés, valamint az aszályos időjárás. Transzspirációs koefficiense 290-370 l/kg (1 kg szárazanyag képzéséhez felhasznált vízmennyiség), ez közepes-jó hatékonyságot jelent (CSAJBÓK, 2012).

Magyarországon művelése során öntözés csak kivételesen száraz időszakban fordul elő, egyéb esetben nem gazdaságos, érzékelhető termésmennyiség növekedést nem okoz.

2.6.1 Talajigény

Az árpa talajigényéről elmondható, hogy az olyan talajokon érzi jól magát a növény, amelyek képesek sok vizet biztosítani számára, és a gyökérzete könnyen fel tudja venni belőlük a tápanyagot. Szükséges a mély termőréteg, a laza talajszerkezet, és a jó vízgazdálkodás is. Ilyen tulajdonságú talajok elsősorban a mezősegi talajok. Ezenkívül alkalmas még a természetére a humuszos homoktalaj, a vályogos öntéstalaj, és a réti talaj is. Kevésbé alkalmas a kötött barna erdőtalaj. Az árpa a mély termőrétegű, jó szerkezetű, tápanyagokkal jól ellátott, semleges kémhatású (pH érték 6,5-7,5 közötti), jó vízgazdálkodású talajokat kedveli. Ilyenek például a mezősegi talajok. Növénytársítás szempontjából vizsgálva az árpát, nagyon jól illeszkedik be az itthon alkalmazott géprendszeres biztosított növénytársítási rendszerekbe. Cukorrépa esetén előveteményként is jól alkalmazható (PEPÓ, 2014).

2.6.2 Elővetemény, vetésváltás

Az árpa nem tartozik a monokultúrában termeszthető növények közé, vagyis jelentősebb terméseszkökenél nélkül két évnél tovább önmaga után nem termeszthető. Ha ez mégsem kerülhető el, fajtaváltásra van szükség. Elégé érzékeny az előveteményekre, mivel azok eltérő módon szárítják ki a talajt. Ezért olyan előveteményeket igényel, amelyek korán lekerülnek, jó erőben, gyommentesen és elegendő vízkészlettel hagyják vissza a talajt. Attól függően, hogy az elővetemények az árpa igényeit milyen mértékben elégítik ki, vannak jó, közepes és rossz elővetemények.

- Jó elővetemények: a hüvelyes növények; az őszi- és tavaszi keveréktakarmányok; a korán lekerülő növények (rost és olajlen, repce, mák, dohány, korai burgonya stb.); az időben feltört pillangós szálak takarmánynövények (lucerna, vöröshere stb., és a füves herék).
- Közepes elővetemények; A főnövényként vetett csalamádé és silókukorica; kender; a korán letakarított kapások (pl. a napraforgó, burgonya, a korán érő kukoricák (és a gabonafélék (búza, árpa), valamint a később feltört pillangósok).
- Rossz elővetemények: minden későn lekerülő növény (pl. a később érő kukoricák, cukorrépa, takarmánycirkek stb. (NAGY, 2017)

2.6.3 Tápanyagigény és trágyázás

Szinte minden, a növénytermesztésben jelentősebb munkássággal bíró szakember szerint a termés mennyisége, a termés minősége, és a biztonságos termesztés szempontjából a tápanyagellátás bír a legnagyobb jelentőséggel. A szükséges tápanyag-ellátottság csak trágyázással, főként műtrágyázással érhető el (BOCZ, 1992).

Az árpa fajlagos tápanyagigénye 100 kg szem- és a hozzá tartozó szalmaterméshez:

- 2,7 kg N, 1,1 kg P₂O₅, 1,8 kg K₂O, 0,6 kg CaO és 0,2 kg MgO. A tápanyagok
- (N:P: K) aránya megközelítően 1:0,4:0,7 (RADICS, 2003).

A foszfor- és káliumműtrágyát alaptrágyaként ősszel, a talaj-előkészítést megelőzően szoktuk kijuttatni. A talajba a forgatásos művelés, a tárcsázás, vagy a magágy-készítés során kerül bedolgozásra. A nitrogén megosztva kerül általában kiszórásra: ősszel a magágy készítésekor, kb. az összes dózis 70%-a, míg tavasszal a posztemergens gyomirtással egy időben a maradék 30%. Az őszi nitrogén-trágyázás mennyisége nagyban függ a talaj fizikai tulajdonságaitól, az előveteménytől, a visszamaradó tarló- és szármaradványok tömegétől is. A pentozánhatás miatt sok nitrogén kerül ki úgy a talajból, hogy a búza számára nem hasznosul. Ekkor ugyanis a cellulózbontó organizmusok a tevékenységükhöz nitrogént vesznek fel a talajból. Segíti az őszi bokrosodást, tavasszal pedig a kalász differenciálódást segíti elő. A nitrogén harmadik részletét a szakirodalom szerint a kalászosodás előtt kellene kiadni, ezzel szemben ez általában elmarad, vagy esetleg lombtrágya formájában egy menetben gyomirtással kapcsolják össze (ANTAL és JOLÁNKAI, 2011).

2.6.4 Talajművelés

Az árpa igényli vetés előtt a nedvesebb, morzsalékos, jól előkészített, tömörödött magágyat. Azt, hogy milyen módon és eszközökkel történik a talaj előkészítése, befolyásolja a talaj típusa, a gyomosodása, a rajta lévő tarlómaradványok mennyisége, az elővetemény, talajnedvesség. De hatással van még rá természetesen az aktuális időjárás, és a műveléshez felhasznált gépek típusai is. A talaj-előkészítés idejét és módját mindig adott feltételek és körülmények határozzák meg. Ezek közül is az időjárás a fő befolyásoló tényező (ANTAL-JOLÁNKAI, 2011).

Az alapművelési rendszer leggyakoribb változatai a következők:

- tarlóhántás (tárcsa, kultivátor)
- szántás (eke)
- szántás elmunkálása (kombinátor)
- talajápolás (vízgazdálkodás, gyomosodás megszüntetése; kultivátor)
- vetés előkészítése (kombinátor)
- vetés, a talaj lezárásával, amit a vetőgép kapcsolt szerkezete, vagy egy henger végez

A talaj- előkészítést az elővetemények betakarítása határozza meg. Ez alapján az elővetemények két csoportba oszthatók: korán és későn lekerülő előveteményekre (PEPÓ-SÁRVÁRI, 2011).

Korán lekerülő elővetemény esetén:

- szárzúzás aratással egy menetben;
- sekély tarlóhántás síktárcsával, vagy hagyományos tárcsa – rögtörő henger kapcsolással;
- alapművelés:
- tárcsás,
- kultivátoros (a borsó, repce után maradt állapot kímélésére),
- lazításos (ha a talaj 28-30 cm alatt erősen tömörödött),
- szántásos
- alapművelés elmunkálása;
- magágy készítés 8-10 cm mélyen kombinátorral (BALLA, 2002).

Későn lekerülő elővetemények után:

- növényi szármaradványok aprítása tárcsával, szárzúzóval;
- alapművelés:
- szántás (nagy szártömeg talajba forgatásához szükséges),
- száraz talajon 25-30 cm-es kultivátoros művelés,
- magágy készítés (BALLA, 2002).

2.6.5 Növényvédelem

Az őszi árpa ápolása a talaj vízgazdálkodásának segítségével és a mechanikai gyomirtással függ össze. Ezen kívül az egyéb növényvédelmi technológiák alkalmazása is ide tartozik. A felfagyott vetést a fagyok elmúltával le kell hengerezni. A hengerezéssel a felfagyott növények gyökereit visszanyomjuk a talajba, elősegítve ezzel legyökerezésüket (BOCZ, 1992).

A vegyszeres gyomirtása állománypermetezéssel történik. Vegyszeres gyomirtás szempontjából három csoportot vehetünk figyelembe. Az első csoportba sorolhatók azok a kétszikű gyomok, amelyek hormonhatású készítményekkel jól irthatók. A második csoportba tartoznak az olyan kétszikű gyomnövények, amelyek hormonhatású szerekkel eredményesen nem irthatók. A harmadik csoportba sorolhatók a kalászosokban előforduló, magról kelő egyszikű gyomnövények (GYULAI, 2014).

A több betegség ellen csávázással és fungicidekkel való védekezéssel (állományra való kifújással) tudunk eredményt elérni. A kártevők ellen a legjobb védelem a vetésváltás, a megelőző permetezés, valamint a talajfertőtlenítés. A vegyszeres gyomirtás alkalomadtán egybeköthető a lombtrágyázással, és a különböző növényvédő szerek kipermetezésével is (HOFFMANN, 2011).

Az őszi árpa legfontosabb betegségei a következők, a teljesség igénye nélkül. Ezek közül bármelyik jelenléte súlyos termés kieséshez vezethet:

- szártő betegségek (szártörő gomba és torszgomba),
- levélfoltosságok (helminthosporiumos-, hálózatos-, barna levélfoltosság),
- üszög betegségek (kőüszög, törpe kőüszög, búza porüszög),
- gabonalisztharmat,
- rozsdabetegségek (feketerozsda, vöröszroszda, sárgarozsda),
- fuzárium (CSAJBÓK, 2012).

Az állati kártevők az őszi árpa minden egyes életciklusában megjelenhetnek. Már a vetett magokra is veszélyt jelenthetnek a különféle rágcsálók és madarak, valamint a talajlakó kártevők. Emiatt is szükséges a vetőmag csávázása, ami sokszor jelenthet megoldást erre a problémára, ám teljes körű védelmet nem jelent. Az emlősök, rágcsálók és vadak elleni védekezés az őszi búza teljes tenyészidejében kiemelt figyelmet igénylő védekezési feladat. Továbbmenve, jelentősen csökkenthető némely állati kártevő száma egy adott területen a

megfelelő vetésváltás, és helyes elővetemény megválasztásával és alkalmazásával (RADICS, 2003).

Az árpa gyomosodását nagyon sok tényező befolyásolja. Hatással vannak rá a terület adottságai közül a terület klimatikus viszonyai, a gyomfertőzöttsége, a talaj típusa, az alkalmazott agrotechnika, a vetésváltás, a vetésidő, a vetés előtti és utáni csapadékviszonyok, az alkalmazott növényvédő szer stb. (RADICS, 2003).

A vegyszeres gyomirtás tekintetében lehetőség van a preemergens, presowing, posztemergens védekezési módok alkalmazására. A herbicidek használata azonban önmagában nem mindig eredményezhet teljes hatékonyságot. Az egyes árpafajták gyomirtószer-toleranciája eltérő. Némelyiknél a nagyobb dózis károsodást okozhat, mint például a levelek és a szár perzselődése. Kivételes esetekben, hosszú őszykőn előfordulhat a gyomirtás szükségessége. Az integrált növényvédelem tekintetében kiemelten szükséges az agrotechnikai elemek alkalmazása is (GYULAI, 2014).

2.6.6 Betakarítás és tárolás

Az aratás időpontjának kiválasztásakor az a cél, hogy a minőségi szempontok és a szemek veszteségeinek elkerülése összhangban legyenek. Az hibridek közötti érési idő eltérések ellenére 5-8 napos különbséggel kerülnek a fajták aratásra. Melegebb klímán hamarabb, csapadékos és hidegebb területeken később érik be. A lazább talajok korábbi, a kötött talajok későbbi érést tesznek lehetővé.

- Egymenetes betakarítás – A legszélesebb körben alkalmazott gépi betakarítási mód. A búzanövény levágását, kicséplését egy menetben végzik el a kombájnnal.
- Kétmenetes betakarítás – A búzát géppel rendre vágják, majd száradás, utóérés után kombájnnal felszedik és elcsépelik. Heterogén érésű állományok, bizonyos ökológiai feltételek mellett eredményesen alkalmazható (MAGDA és MARSELEK, 2000).

2.7 A tavaszi árpa termesztéstechnológiája

Vetésterülete 150–180 ezer ha között változik manapság, a söripar igényeitől függően A talajelőkészítés, és a tavaszi árpa talajigénye azonos az őszi árpáéval. Korán lekerülő elővetemény esetén tarlóhántást és tarlóápolást kell végezni elsősorban a víz megőrzése céljából. Az őszi alapművelés az elővetemény függvénye. Meghatározza a szármaradványok mennyisége, valamint a kijuttatni kíván tápanyag formája és mennyisége is. Forgatással, ekével végzik általában, még kevésbé elterjedt a forgatás nélküli művelés (PEPÓ-SÁRVÁRI, 2011).

1 tonna terméssel és annak szalmájával 20 kg N-t, 9 kg P₂O₅-t, 21 kg K₂O-t és 8 kg CaO-t vesz fel a talajból. Istállótrágyát nem közvetlenül az árpa, hanem előveteménye alá juttatják ki két okból kifolyólag is. Ezek az istállótrágya jelentős gyomosító hatása, valamint a benne lévő nitrogén első évben jelentkező hatásai miatt (ANTAL-JOLÁNKAI, 2011).

Az elővetemények hatása is megegyezik. A korai vetés kulcsfontosságú a tavaszi árpa technológiájában. A vetőmagot előzetesen csávázni szükséges a biztosabb kelés és a későbbi problémák elkerülése végett. A mag már 1 OC fokban elkezd kicsírázni. A vetés már február végén vagy március elején megtörténik. Nyilván ez nagyban függ az időjárási körülményektől, a talajállapottól, illetve attól, hogy mennyire teszi lehetővé mindez a gépek munkáját a talajfelszínen. A korai vetés előnyös, mert az árpa hamarabb kel ki és gyorsabban, nagyobb mértékben bokrosodik, így kevésbé lesz érzékeny a szárazságra. Ha azonban későbbi időpontban vetjük, akkor az árpa alacsonyabb marad, nem bokrosodik olyan jól, és az érése is elhúzódhat (BALLA, 2002).

A hagyományos sortávra történő vetés gabonavetőgéppel történik. A vetésmélységet (2,5-5 cm) a talajkötöttség és állapot határozza meg. A megfelelő csíraszám elérése érdekében 4-5 millió csíra/ha vetőmag szükséges, amely kb. 160-200 kg/ha vetőmagot jelent (PEPÓ-SÁRVÁRI, 2011).

Ápolás szempontjából, a gyomosodás visszaszorítása végett a hengerezés szokott az első lépés lenni. Mivel a betegségei és kártevői azonosak az őszi fajtákéval, növényvédelem terén sem kell másféle módon és időpontokban védekezni.

A tavaszi árpa leggyakoribb betegségei a sárgarozsda és levélfoltosság, valamint területenként eltérő módon előfordul a lisztharmat és az árpaporüszög. A vetésfehérítő bogarak, gabonaszipolyok, és a drótférgek a leggyakoribb kártevői a madarak és vadak mellett (CSAJBÓK, 2012).

Gyomok szempontjából itt is az időben elkezdett és elvégzett védekezésnek van a legnagyobb szerepe. preemergens állapotban meg kell kezdeni. A gyakran előforduló gyomok a következők: mezei acat, vadzab, apró szulák, pipacs, kamillák (HOFFMANN, 2011).

Eltérés leginkább a betakarítás során jelentkezik. Mivel más időben érik, ezért jól elkülöníthető az őszi árpától. 14–16% nedvességtartalom mellett történik. A söripari felhasználás (keményítőben gazdag, fehérjében szegény árpát igényel) megköveteli a teljes érést. Ám viaszérésben is betakarítható, felhasználási igénytől függően. Szalmája takarmányozásra is felhasználható (CSAJBÓK, 2012).

2.8 Árpa fajták bemutatása

A nemzeti fajtajegyzékben 2019-ben hazánkban összesen 30 fajta szerepelt tavaszi árpából, amelyek többsége külföldi nemesítésű, azonban az országban meghonosított fajtákat jelent. Ennek oka az, hogy a tavaszi árpát elsősorban a sörgyarak vásárolják meg, és ezért a termelőkkel kötött megállapodásokban általában meghatározzák azt, hogy mely fajtákat fogják tőlük megvásárolni. Az őszi árpából 64 fajta szerepel a fajtajegyzékben, amiből 21 kétsoros és 43 hatsoros változatot találunk. Érdekes még azt is megemlíteni, hogy az Európai Unióban 330 db hatsoros és 332 kétsoros árpafajta található meg.

2.8.1 Őszi árpa fajták

KH Heves: Nagy termőképességgel rendelkező hatsoros őszi árpa, ami korán aratható. Teljesítményét tekintve a kínálatból az egyik legkiegyensúlyozottabb hozamokkal rendelkezik. 9,5 tonnás átlagot is képes volt elérni Kompolton kísérleti körülmények között. Jó a télállósága és az állóképessége. Általánosan liztharmatra, a rozsdára és hálózatos levélfoltosságra rezisztenciát mutat (INTERNET 6).

KH Kárpátia: Szintén korán érő, és nagy termőképességű hatsoros árpa fajta, amelynek nagyon jó a bokrosodó képessége, és a télállósága is. Intenzív termésű, ideális körülmények között több mint 700 kalászt is találhatunk belőle négyzetméterenként. Alacsony növésű, állóképessége jó. Fogékonyabb a többi fajtánál a liztharmatra és a különböző gombás fertőzésekre, de emellett levélfoltossága jobb az ellenálló képessége az átlagosnál, ami mellett kitűnő szárazságtűrése és alkalmazkodóképessége is van (INTERNET 6).

KH Korsó: Nagyon jó termőképességgel rendelkező kétsoros fajta, amely korán érik. Alacsony a fehérjetartalma, viszont jó az állóképessége. Az első olyan elfogadott fajta, ami az őszi

sörárpák közé tartozik. Közepes a télállósága, de jól tűri a szárazságot, és nem fogékony a lisztharmatos fertőzésekre (INTERNET 6).

KH Rudolf: Magas terméshozamokkal bíró és korán érő hatsoros őszi árpa fajta, amit takarmányozásra használnak fel. A környezeti tényezőkhez való alkalmazkodóképessége megfelelő, és emellett jó a télállósága is. Átlagosan 75-85 cm magasságot érhet el az agrotechnikai és az időjárási körülmények hatásaitól függően. Kevésbé érzékeny a lisztharmatra (INTERNET 6)

KH Tas: Korán érő hatsoros fajta, amely nagyon jól tud bokrosodni, és jó hozamokat képes produkálni. Az egyik legnépszerűbb hazai termesztett árpa fajta, és időjárási körülményektől függetlenül is mindig jól képes teljesíteni. Laza kalászokat nevel, jó a szárszilárdsága, és nagyon jó a kalászok telítettsége. Nagyon jól bokrosodik, és az egyik legjobb a fagytűrő képessége. Nagyon jól alkalmazkodik a különféle szélsőséges időjárási körülményekhez (INTERNET 6).

KH Viktor: Szintén hatsoros árpa fajta. Jó bokrosodási képességgel rendelkezik, emellett jó a szár szilárdsága és közepes magasságúra nő meg. A szárazságtűrése kiemelkedő, ahogy a télállósága és alkalmazkodó képessége is. Intenzív körülmények között nagyon jó hozamokat tud produkálni, és rezisztens hálózatos levélfoltosságra, valamint közepes mértékben a lisztharmatos megbetegedésekre is (INTERNET 6).

2.8.2 Tavaszi árpa fajták

KH Gyöngyös: 2002-ben került be a fajtajegyzékbe. Zászlós levelei közepes mértékben elhajlanak, és a fülecske erősen antociános elszíneződés mutat. Magas fajta. Középkorai érésű, közepes hosszúságú, tömör kalászokat nevel nagy termőképességgel. Szintén jó az állóképessége és a bokrosodási mutatói is. Közepes a fehérjetartalma, kiváló takarmányozási értékkel rendelkezik, és emellett jó a söripari alkalmassága is. Az egyik legjobb rezisztenciával rendelkezik a lisztharmat iránt, közepes érzékenységgel a levélfoltosságra (INTERNET 6).

KH Dáma: 2004-ben ismerték el. Kezdetben közepes mértékű fejlődési értékeket mutat, és levelei félig felállóak. A fülecske és a szállahegy szintén mutat antociános elszíneződést. Kiváló az alkalmazkodó képessége és a hozamai is. A minősítő intézet által vizsgált években a standard fajták átlagát minden esetben meghaladta a hozama. Nagyon jó szár szilárdsággal rendelkezik, emellett alacsony a fehérjetartalma, ezért kiváló minőségű sörárpa fajta. Kiemelkedő a

termésbiztonsága, mert kifejezetten hazai körülmények és termelési viszonyok közé nemesített fajta. Lisztharmatra nagyon jó a rezisztenciája, és egyéb gombabetegségekre is csak alacsony mértékben mutat hajlamot (INTERNET 7).

KH Szofi: Már 1998-ban elismerték ezt a korai érésű tavaszi árpa fajtát. Zászlós levelei elhajlóak és erősen viaszoltak. Szára közepesen magas. Párhuzamos kalással rendelkezik, a közepes mértékű tömötséget mutat. Nagyon jó a termésbiztonsága és a hozamai, emellett kiváló bokrosodást is mutat. A standard fajták átlagát meg szokta haladni. Közepes a fehérjetartalma és a szár szilárdsága is. Egyaránt alkalmas söripari felhasználásra és takarmányozásra is. A szárazságtűrése az érés előtt a legjobb. Mindemellett jó az alkalmazkodó képessége. A legnagyobb mértékű rezisztenciát mutatja gombabetegségekre, és alkalmas ökológia gazdálkodásban való felhasználásra is (INTERNET 7).

KH Lédi (2005): Legfontosabb ismertetőjegye az, hogy a levél hüvelyének az alja nem szőrözött, és a szálka hegyének antociános elszíneződése kifejezetten erős. Közepes mértékben viaszolt és tömött, hosszú kalászt nevel. Magassága 80-100 cm közötti, és középkorai érésű. Sörárpaként hasznosítják. Jól bokrosodó, és a szárszilárdsága is megfelelő. A vizsgált fajták közül ennek az egyik legalacsonyabb a fehérjetartalma, ami elősegíti a felhasználhatóságát. Kiemelten magas a stressztűrő képessége. Hálózatos levélfoltosságra rezisztens, a lisztharmatra közepesen érzékeny, de a rozsdagombás jellegű fertőzésekre erősebben hajlamos.

3. Anyag és módszer

3.1. A kísérleti terület bemutatása

A vizsgálataim megvalósulása Kompolton történt, a korábban Fleischmann Rudolf nevével fémjelzett mezőgazdasági kutatóintézetben. Itt már 2015 óta folyamatosan történik különböző tápanyag utánpótlási kísérletek tervezése és megvalósulása. Ezek a talajban lévő mikroorganizmusok hatásait vizsgálják. A kísérletek során alkalmazott készítmények elsősorban a Mikro-Vital és a Phylazonit termékek közül kerülnek ki. Az EFOP 3.6.1. program már 2017-ben támogatási forrást biztosított ezekhez a vizsgálatokhoz egészen 2020-ig. Ebben a periódusban kapcsolódtam be a vizsgálatokba, mégpedig felsőfokú tanulmányai gyakorlatait töltöttem el itt.

A vizsgálati terület Eger és Gyöngyös között található az Északi-középhegységben, a Mátra déli oldalán, 125 méter tengerszint feletti magasságú lejtős vidéken. Nem véletlenül került a kutatóintézet ezen területen létrehozásra. Az időjárási körülményei alkalmassá teszik a mezőgazdasági jellegű kísérletek elvégzésére. A hőmérséklete mérsékelt meleg, ugyanakkor szélsőségesen száraz, aszályos körülmények is előfordulnak. A területen a csapadék eloszlása nagyon hektikus és változó. Szintén alkalmassá teszi a tápanyag utánpótlási kísérletek mellett a növénynemesítési munkálatok elvégzésére a területet az, hogy a téli időszakban gyakran nem esik itt hó, és ez megfelelő körülményeket tud biztosítani az őszi vetésű kalászosok nemesítési kutatásaihoz (HOLLÓ et al, 2009).

Olyannyira sikeres és eredményes nemesítő munkát végeznek az itt dolgozók kutatók, elsősorban az árpa fajták területén, hogy sok elismert, és az ország minden területén kiváló teljesítményt nyújtó fajtát sikerült már itt előállítani. Közös jellemzőjük a kiváló stressztűrés, a környezeti tényezőkkel szembeni tolerancia, valamint a különböző betegségek tekintetében is változó mértékű rezisztenciát sikerült elérni ezeknél a nemesített fajtáknál (TÓTH et al, 2019).

Az első táblázatban be szeretném mutatni az, hogy a vizsgált években hogyan alakult Kompolton a csapadék eloszlása a kísérlet ideje alatt. A csapadékmennyiségekre vonatkozó adatokat a kutatóintézet saját mérései, valamint az Országos Meteorológiai Intézet adatai alapján teszem közzé.

2019-2020	szept.	okt.	nov.	dec.	jan.	febr.	márc.	ápr.	máj.	jún.	júl.	összesen
<i>Csapadék [mm]</i>	33,4	15,4	91	49,1	14,1	29,6	37,3	6,4	24,2	19,4	41,3	361,2
<i>40 éves átlag</i>	45,6	46,6	44,0	34,6	30,9	33,1	27,8	34,8	58,0	62,5	72,0	490,0
<i>Eltérés</i>	-12,2	-31,2	47	14,5	-16,8	-3,5	9,5	28,1 8	-33,8	-43,1	-30,7	-128,8
2020-2021	szept.	okt.	nov.	dec.	jan.	febr.	márc.	ápr.	máj.	jún.	júl.	összesen
<i>Csapadék [mm]</i>	40,8	124,9	27,3	39,4	27,6	41,7	5,5	44,5	59,2	2,8	70,7	484,4
<i>40 éves átlag</i>	45,6	46,6	44,0	34,6	30,9	33,1	27,8	34,8	58,0	62,5	72,0	490,0
<i>Eltérés</i>	-4,8	78,3	-16,7	4,8	-3,3	8,6	-22,3	9,7	1,2	-59,7	-1,3	-5,6
2021-2022	szept.	okt.	nov.	dec.	jan.	febr.	márc.	ápr.	máj.	jún.	júl.	összesen
<i>Csapadék [mm]</i>	9,8	8,6	62,9	38,5	1,5	8,9	19,9	48,1	14,5	24,8	11,7	249,2
<i>40 éves átlag</i>	45,6	46,6	44,0	34,6	30,9	33,1	27,8	34,8	58,0	62,5	72,0	490,0
<i>Eltérés</i>	-35,8	-38,0	18,9	3,9	-29,4	24,2	-7,9	13,3	-43,5	-37,7	-60,3	-240,8

1. táblázat A vizsgált évek csapadék adatai Kompolton saját mérések és az OMSZ adatai alapján.

(forrás: saját szerkesztés)

Megvizsgálva a kísérlet időintervallumába tartozó éveket, a csapadék eloszlásának és a mennyiségének tekintetében is nagyon változatos képet tapasztalhatunk. A táblázat alapján elmondható az, hogy a vizsgált években a tavaszi időszak a 40 éves átlaghoz képest márciusban 2020 kivételével negatív eltérést mutatott, míg áprilisban pont fordítva, 2020-ban volt csapadékhiány az átlaghoz képest, 2021-ben és 2022-ben már nagyobb mennyiség hullott le az átlaghoz képest. Innentől kezdve a szélsőséges körülmények igazolásaként az látható, hogy az átlaghoz képest jóval kevesebb mennyiség esett le. Volt, ahol esetenként 60 mm eltérést is tapasztalhatunk. A május hónaptól kezdve folyamatosan jellemző, 40 éves átlaghoz viszonyított negativitás a hektikus eloszlást bizonyítja.

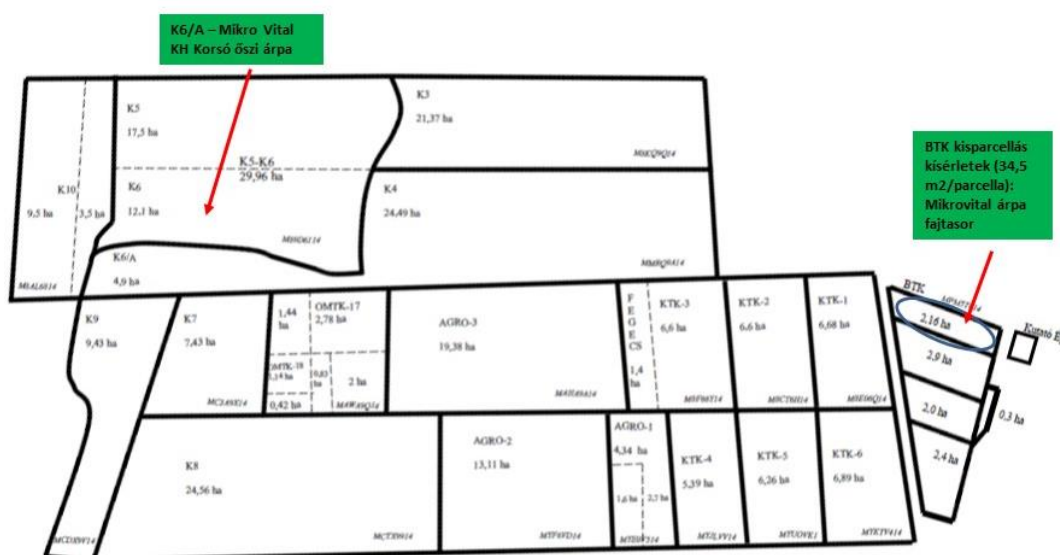
Összességében nézve a kapott eredményeket, mindhárom tenyészidőszakban átlagon aluli volt a lehullott csapadék mennyisége, eloszlása azonban nagy szórást mutat egy éven belül. A leginkább csapadékos szazon a 2020-2021 volt, amikor is csak 5,6 mm hiányzott a negyven éves átlagból. Ezt követte 2019-2020, amikor már 128,8 mm, míg végül 2021-2022-ben már 240,8 mm volt a hiány.

A jellemző talajtípus a vizsgálati területen egy nem karbonátos csernozjom erdőtalaj, amely vulkáni származású közettörmeléken, és löszös agyagon alakult ki. A humuszréteg vastagsága 50 és 80 cm közötti, viszont a réteg humusztartalma megközelítőleg csak mintegy 3%. A talajfelszínen mért kémhatás a savanyú közeghez tartozik (pH 4,7- 5,1) közötti. A kalcium karbonát százalékos aránya megközelítőleg nulla, emellett alacsony víztartalmú és erősen kilúgozott tulajdonságokat mutat.

A talaj alsó rétege már kevésbé savanyú, kötöttebb szerkezetű, és mintegy másfél méteres mélységben már lúgos kémhatást mérhetünk. Szerkezete nem a legkedvezőbb, művelési szempontból a nehezebben művelhető kategóriába tartozik. Repedezett felszínű, és nagy mennyiségű víz képes belőle elpárologni. Ezzel szemben a vízelvezető képessége csak gyenge, nem sok vizet nyel el a felszínről, ám ezzel ellentétben nagyobb mennyiségű víz raktározására is képes. A terület talajvíz bázisa körülbelül 12 méteres mélységben található meg. Ebből kifolyólag a lehullott csapadék mennyisége és eloszlása meghatározza az adott évben realizálható terméshozamokat, valamint a talajban lévő tápanyagok feltárhatóságát, és emellett a kijuttatott műtrágyák hasznosulását is (HOLLÓ és KÁDÁR 2003; HOLLÓ et al 2009; TÓTH 2019).

3.2. Az alkalmazott agrotechnika

Az alkalmazott agrotechnika vonatkozásában elmondható az, hogy az őszi árpa fajták közé tartozó KH korsó nagytáblás kísérlet keretében került termesztésre, míg a különböző tavaszi árpa fajtáknak beállított, kísérletei kisparcellás körülmények között történtek meg. A terület felosztása, a táblák elhelyezkedésének szempontjából a következő, 1. ábrán látható.



1. ábra A kísérleti területek elhelyezkedése Kompolton.

(forrás: Fleischmann Rudolf Kutatóintézet)

A 2019-es év őszén a K6A jelzésű táblán 3 parcellán volt beállított talajbaktériumos kísérlet. Ezen év október 21-én egy parcellában egy liter/ hektár dózissal, egy parcellában két liter/hektár dózissal, Mikro-Vital készítménnyel kezelt terület lett termesztésbe vonva. A táblákon a kijuttatott baktériumkultúra kultivátorral a kijuttatást követően rögtön bedolgozásra került a talajba. A harmadik parcella kontroll területként vett részt a kísérletben, és csak alap műtrágya kijuttatására került sor rajta. Ezt az alaptrágyázást a talajbaktériumokkal kezelt területek is megkapták. A kijuttatás időpontja ugyanúgy, mint a másik két parcellán is, október 7-e volt (NPK 10-20-10 250 kg/ha).

Október 27-én került sor a KH Korsó őszi árpa fajta elvetésére, ami egy Kompolton, helyben nemesített fajta. Február 27-én (2020-ban) a kísérleti parcellák Genezis pétisót (39%) kaptak 150 kg/ hektár dózisban. Április 6-án történt meg a gyomirtós kezelés, míg a rovarölő szer kijuttatása május 8-án került sor. Július 30-án történt meg a betakarítás, a terméseredmények lemérése, valamint összehasonlítása.

A kis parcella méretben megvalósított, különböző és helyben nemesített fajtákat összehasonlító kísérletnek a BTK-2 jelű tábla biztosított helyszínt. Összesen 12 darab, 34,5 négyzetméter nagyságú terület lett bevonva a kísérletbe. A kiválasztott 12 fajta közül 9 kompolti nemesítésű (KH Szofi, KH Lédi, KH Lilla, KH Szinva, KH Andrea, KH Sára, KH Réka, KH Noémi, KH Livia), 1 egyéb hazai (Mauritia) és 2 német tavaszi árpa fajta (Pasadena, Tocada).

Március 18-án 150 kg/ hektár dózisban pétisó alaptrágyát kaptak a parcellák. A vetés 2021. március 25-én történt meg, amikor azzal egy menetben Mikro-Vital Supary talajbaktérium készítmény is kijuttatásra került. Azért erre esett a választásunk, mert a gyártói ajánlás szerint 1 liter/ hektár dózisban kifejezetten száraz időjárási körülmények fennállásakor ajánlott az alkalmazása. Emellett még a vetőmag kiegészítő csávázására is alkalmas (INTERNET 8).

Április 29-én megtörtént a gyomirtó, majd május 12-én a rovarölő szer kijuttatása. A betakarítás, mint a nagytáblás kísérletnél, július 30-án történt meg, akárcsak az őszi árpa fajták esetében. 2021 szeptember 29-én az összes kísérletbe bevont parcella alaptrágyázás kapott (NPK 10-20-10 250 kg/ha) mennyiségben. 2022-ben március 9-én ugyanúgy a Mikro-Vital Supary talajbaktérium készítmény kijuttatása történt meg a vetéssel egy menetben.

Gyomirtás április 22-én, míg a rovarölő készítmények kijuttatása ugyanebben az időpontban történt meg. A betakarítás július 21-re esett. Ezután 14 napon belül megtörtént a FOSS Infratec 1241 Grain Analyzer-rel a szemtermés minőségének kielemezése. A készülék jelen esetben az árpaszemek víz és fehérjetartalmát határozta meg, száraz tömegszázalékos arányában megadva.

3.3. Az élettani paraméterek *in vivo* mérése

A talajbaktérium készítmények alkalmazásával történt kezelések hatásait elsősorban a termés mennyiségének és minőségének az alakulása fogja bemutatni. Emellett nagyon lényeges szempont a levelek fotoszintézise közben lejátszódó élettani folyamatok vizsgálata is, mert ez az előbb említett mennyiségi és minőségi paraméterek szempontjából a legnagyobb befolyással bíró élettani folyamat. Természetesen kiegészítésként a növény stressztűrő képességéről is fontos információkhoz tudunk jutni a mérések eredményeinek elemzésével.

A helyben, a termesztés helyszínén történt vizsgálatok elvégzése számos előnnyel bír a laboratóriumban lefolytatott vizsgálatokkal szemben. A szükséges készülék egyszeri megvásárlásával hosszútávon költséghatékonyabb elemzést lehet elvégezni. Sokkal gyorsabban kapjuk meg a mérési eredményeket, és a mérések száma is jóval több, mint a laborban elvégzett

vizsgálatok száma. Ezek nem károsítják a növényt, nem lesznek befolyással a területen realizálható hozamokra, hiszen a biomassa helyben marad, és annak betakarítása nélkül végezhető el a vizsgálat.

Egy nagyobb, 3 hektáros területen megvalósuló kísérlet eredményeihez elengedhetetlen a vizsgálatok során a nagyszámú mintavétel és mérés, mert az adatok nagy tömege fog valós képet szolgáltatni a szükséges eredményekhez. Még nagyobb méretben, táblaszinten a heterogén minták számát a drónra szerelt kamerák által elvégzett képalkotó vizsgálatok fogják majd elősegíteni. A növények vizsgálata a kalász fejlődésének kezdeti szakaszán történt tiszta és napfényes időben. Minden egyes kezelés tekintetében 10 darab növény lett kijelölve, amelyek azonos helyzetű és fejlettségű levelei lettek kiválasztva a parcellák teljes hosszában mintavételre. Ezek általában a zászlós levél alatt elhelyezkedő levelek voltak.

A levelek klorofill tartalma SPAD 502-es műszerrel került vizsgálatra, ami a japán Konica Minolta gyártó készüléke volt. A mérések a levél felső harmadában voltak elvégezve. Időpontjuk a nagytáblás kísérletekben 2020 május 18-a, kisparcellás körülmények között pedig 2021. 06. 17-én és 2022.05.15-én voltak.

Az alkalmazott műszer mérési felülete 0,06 négyzetcentiméter. A 650 nm-en és 940 nm-en mért abszorbancia alapján SPAD-egységekben számítja ki az indexet (GITELSON és MERZLYAK, 2004). A SPAD értéket, ami 0 és 100 közötti értékű mérőszám lehet, és nem rendelkezik külön mértékegységgel, az infravörös és vörös hullámhosszok viszonylagos optikai sűrűsége közötti különbségéből számolja ki a mérőműszer (MONJE and BUGBEE, 1992).

Megállapításaik szerint annál magasabb a levél klorofill tartalma, minél több fényt tud elnyelni a leveleiben. A SPAD érték a mezőgazdaságban is hasznosított olyan adat, ami a biomassa termelő képesség megbecsülésére, a nitrogén ellátottságra és az általános egészségi állapotára vonatkozóan ad információkat a növényekről (ARREGUI et al. 2006).



2. ábra: A SPAD-502 mérőműszer

(forrás: saját forrás)

Szintén gyakori alkalmazott terepi mérés a reflektancia elvén működő műszerek alkalmazása, amelyek világszerte elterjedtek mezőgazdasági hasznosítású növényfajok vizsgálatára. A leveleken áthatoló fény mennyiségét, majd az onnan a detektorba vissza jutó fényt vizsgálják ezek a készülékek (STAMPS és BOONE, 1989). A vizsgálataink során mi az ASD FieldSpec3 típusú spektrométert (3. ábra) alkalmaztuk, ami 400 és 2500 nm közötti tartományban képes adatokat szolgáltatni. Szintén roncsolásmentes terepi vizsgálatokat tesz lehetővé.



3. ábra: Az ASD Field Spec Pro terepi spektrométer

(forrás: saját forrás)

A műszer detektorai: VNIR (350-1000 nm); SWIR1 (1000-1830 nm); SWIR2 (1830-2500 nm). Spektrális felbontása: 3 nm 700 nm-nél, 10 nm 1400 nm-nél, 10 nm 2100 nm-nél. A látószög előtét optikával 8° volt. (ASD, 2007). Természetesen a helyszíni mérések előtt kalibrálás kellett végezni, ami Spectralon panel segítségével történt meg. Ennek ismert volt a reflektanciája. Minden további mérés eredménye automatikusan ehhez a referenciaértékhez lett viszonyítva, és ezáltal került rögzítésre. 10 egymás utáni mérés átlaga került tárolásra, és minden mérési ponton három spektrum került rögzítésre.

Ezekből az adatok későbbi feldolgozása során a két szélső spektrum értéke mérési és más hiba határok miatt eltávolításra került. A mért, nyers DN-értékeket tartalmazó spektrumokat ViewSpecPro szoftver segítségével dolgoztuk fel, és így kerültek reflexiós értékke az átalakításuk révén. Végül pedig az optikai vegetációs indexek a Microsoft Excel program alkalmazásával kerültek meghatározásra és kiszámolásra.

A következő, 2. táblázatban a dolgozatban alkalmazott spektrális vegetációs indexek és a velük kapcsolatba hozható élettani paraméterek megnevezése, és kiszámítása kerül bemutatásra.

Strukturális indexek	Képletek	Forrás
Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)	$(R_{800}-R_{670})/(R_{800}+R_{670})$	Rouse et al. (1974)
Renormalized Difference Vegetation Index (RDVI)	$(R_{800}-R_{670})/((R_{800}+R_{670})^{0.5})$	Rougean and Breon (1995)
Enhanced vegetation index (EVI)	$2.5 \times (R_{840} - R_{670}) / (R_{840} + (6 \times R_{670}) - (7.5 \times R_{450}) + 1)$	Huete et al. (2002)
Optimized Soil-Adjusted Vegetation Index (OSAVI)	$[(1 + 0.16) \times (R_{780} - R_{670})] / [(R_{780} + R_{670} + 0.16)]$	Rondeaux et al. (1996)
Levélpigmentek		
Carotenoid Reflectance Index (CRI)	$1/R_{550}-1/R_{700}$	Gitelson et al. (2002)
Transformed Chlorophyll Absorption in Reflectance Index (TCARI)	$3 \times [(R_{700}-R_{670})-0.2 \times (R_{700}-R_{550}) \times (R_{700}/R_{670})]$	Haboudane et al. (2002)
Modified Chlorophyll Absorption in Reflectance Index (MCARI)	$[(R_{700}-R_{670})-0.2 \times (R_{700}-R_{550})] \times (R_{700}/R_{670})$	Daughtry et al. (2000)
<i>Anthocyanin Reflectance Index (ARI)</i>	$R_{840} \times (1/R_{550}-1/R_{700})$	<i>Gitelson et al. (2001)</i>
Stresszérzékenység – karotinoid/klorofill arány		
Structure Insensitive Pigment Index (SIPI)	$(R_{800}-R_{445})/(R_{800}-R_{680})$	Peñuelas et al. (1995)
Fényhasznosítás – xantofill index		
Photochemical Reflectance Index (PRI)	$(R_{550}-R_{570})/(R_{550}+R_{570})$	Gamon et al. (1997)
Víztartalom		
Plant Water Index (PWI)	R_{970}/R_{900}	Peñuelas et al. (1997)
<i>SRWI (Simple Ratio Water Index)</i>	R_{858}/R_{1240}	<i>Zarco-Tejada et al. (2003)</i>

2. táblázat: A dolgozatban alkalmazott spektrális vegetációs indexek és a velük kapcsolatba hozható élettani paraméterek

(források részletesen itt: ZARCO-TEJADA et al. 2005)

A különböző hullámhosszokon miért reflektancia értékek az előbb bemutatott táblázatban feltüntetett képletek segítségével megadták azokat a spektrális vegetációs indexeket, amelyek alapot nyújtottak a levelekben található víztartalom karotinoid és antocián tartalmának mennyiségi megbecsülésére. Segítségükkel már a stressz érzékenységre és a fotokémiai aktivitásra is következtetni lehetett az adott növények esetében (ZARCO-TEJADA et al. 2005). Csak azokat a spektrális vegetációs indexeket választottuk ki a vizsgálatokhoz, amelyekről bebizonyosodott az, hogy az előbb említett fiziológiai paraméterekkel szoros kapcsolatban állnak (GARCIA-ROMERO et al., 2017), és a mezőgazdasági gyakorlatban is adatokat szolgáltatnak a növénykultúrák mennyiségi és minőségi paramétereiről (SANKARAN et al. 2015; GABRIEL et al, 2017).

3.4. Az adatok kiértékelése

A SPAD-értékek, a klorofill fluoreszcencia indukció paraméterei és a vegetációs indexek alapján a kezelések közötti szignifikáns eltérések egyutas variancia-analízissel (ANOVA) és Tukey-b teszttel (SPSS 20.0). kerültek kiértékelésre.

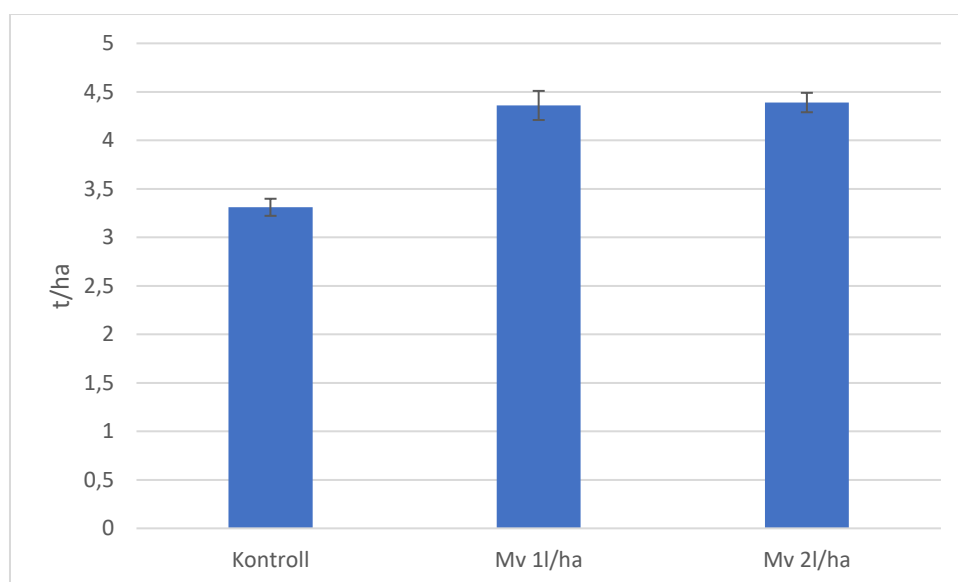
4. Eredmények és értékelésük

4.1. A Mikro-Vital kezelés hatása KH Korsó őszi árpa élettani paramétereire nagytáblás kísérletben 2020-ban

4.1.1 A Mikro-Vital kezelés hatása a termésátlagra és termésminőségre betakarításkor

A legjobban érzékeltetni egy szántóföldi növény esetében a talajbaktériumos kezelés eredményességét a termésmennyiségek növekedésének bemutatásával, illetve a termésminőség változásának összehasonlításával lehet. A különböző, szakirodalomban megtalálható elemzések, a termelői beszámolók és tapasztalatok, valamint a kísérleteink eredményei azt mutatják, hogy a betakarított termés mennyisége átlagosan, de minimum 25-30%-os növekedést mutat (4. ábra). Arra is volt már példa, hogy nagyon kedvezőtlen, szélsőséges időjárási körülmények esetén 100%-os terméstöbbletet is realizáltak árpában (LÁPOSI et al, 2019).

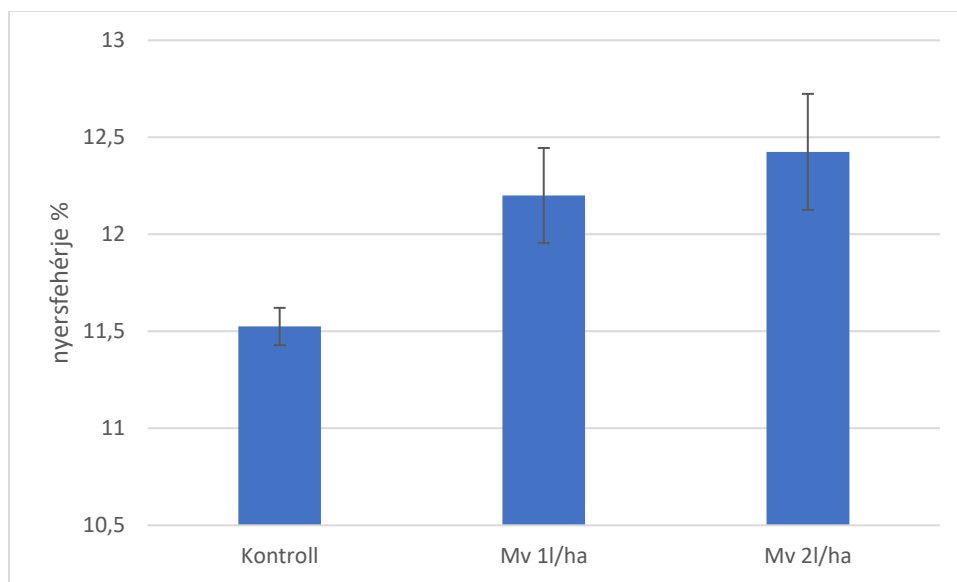
Természetesen a kezelés eredményességét nagyban meghatározza az adott évben hullott csapadék mennyisége és eloszlása. A talajbaktériumok aszályos időben és száraz környezetben nem tudnak olyan hatást kifejteni, amelyre ideális körülmények között képesek lennének. Mindezek ellenére növekszik a kezelés hatására a talaj homogenitása, ami végeredményben terméstöbblet formájában jelenik meg (LÁPOSI et al, 2020).



4. ábra: A talajbaktérium kezelés hatás az őszi árpa termésátlagára nagytáblás kísérletben (n=4, átlag+SD, 2020.07.30.)

(forrás: saját szerkesztés)

Mint az az ábrán jól látható, a kontroll tábla 3,31 t/ha-os termésátlagához képest, ahol egy liter per hektár dózisban kezelték a területet, ott 4,36 tonna per hektárra történt növekedés volt elérhető, ami 31,7 százalékos termés többletet jelent. A két liter per hektár dózis esetében nagyon jelentős változás már nem volt kimutatható, mert itt 32,6 százalék hozam növekedés volt realizálható. A fehérjetartalom változásai a kontroll táblához képest az 5. ábrán kerülnek bemutatásra.



5. ábra: A talajbaktérium kezelés hatás az őszi árpa fehérjetartalmára nagytáblás kísérletben (2020.08.15.)

(forrás: saját szerkesztés)

A kontroll területéről betakarított árpa fehérjetartalma 11,525% volt, 0,096-os szórási érték mellett. A Mikro-Vital kezelés után, ahol 1 ha/l dózis kijuttatása történt meg, az érték 12,2%-ra növekedett. Ez 10,5%-os mértékű emelkedés a kontroll értékéhez képest. a szórási mutató 0,245. A 2 l/ha dózissal kezelt állomány már nem mutatott arányosan nagyobb fehérjetartalmat az 1 literes adaghoz képest, hiszen csupán 0,225%-os növekedéssel 12,425%-os értéket tapasztaltunk, a kontroll értékhez viszonyítva. Ez 10,7%-ot jelent fehérjetartalom többletet vizsgálva. A szórás 0,299. Vagyis azt a megállapítást lehet megtenni, hogy míg az 1l/ha nagy arányban növeli a fehérjetartalmat, addig a 2l készítmény kijuttatása már csak minimálisan emeli meg ezt az értéket.

Mivel sörárpa esetében a kívánatos fehérjetartalom nem haladhatja meg a 11.5%-ot, ezért azt a megállapítást lehet tenni, hogy az emelkedett értékek károsan hatnak a söripari felhasználás szempontjából. A talajbaktériumos kezelés a termésmennyiség és takarmányozási célú

felhasználás szempontjából igen kedvező hatású, de a fehérjetartalmat vizsgálva szükséges annak mértékének csökkentése. Ez úgy oldható meg a leghatékonyabban, hogy a növény alá kijuttatott nitrogén mennyiségét kell alacsonyabbra venni. A nitrogén adagolása kényes kérdés, mert élettani hatásai miatt szükséges a megfelelő mennyiségek használata, azonban a talajban tevékenykedő mikroorganizmusok hatására is többlet nitrogént tud a növény felvenni. Emiatt a kisebb és megfelelően eltalált mennyiségek alkalmazása az indokolt.

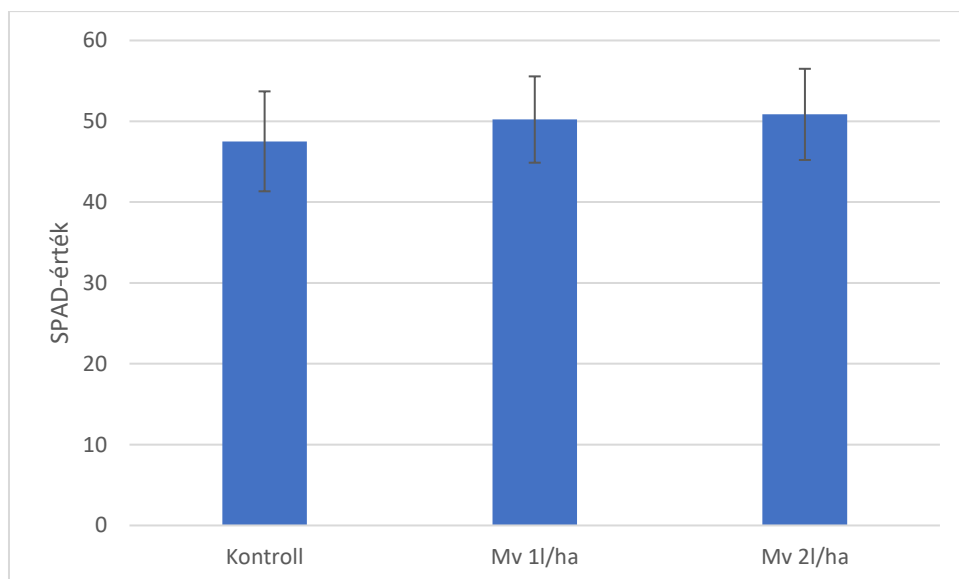
4.1.2 A Mikro-Vital kezelés hatása a levelek SPAD-értékére

- Természetesen elsődleges meghatározó tényezője a terméshozamoknak az, hogy a növényekben lejátszódó fotoszintetikus folyamatok hogyan mennek végbe, gátolja-e bármilyen tényező azok aktivitását, mint például a nyári aszályos időjárásban jelentkező nagy hőmérséklet és erős fényintenzitás. A klorofill, mint a folyamatot meghatározó egyik jelentős tényező, pontos információkat képes szolgáltatni a fotoszintézis állapotáról, és ezért szükséges az, hogy akár a termelés helyszínén is megbízható, összehasonlítható és gyors értékeket tudjunk mérni a levelek állapotáról.
- Ezt a klorofill tartalommal arányos SPAD érték meghatározásával tudjuk leggyorsabban megtenni. Ez egy olyan relatív mérőszám a növényekről a klorofill tartalomra vonatkozóan, amely biztos információval szolgál a növények biomassza előállító képességére a vonatkozóan. Aktív szerepe van a fényenergia kémiai energiává, és azáltal hasznosíthatóvá történő átalakításban a növényen belül, és emellett információt szolgáltat a termelési potenciálról is (CURRAN et al, 1990).

FILELLA és munkatársai 1995-ben kimutatták azt, hogy a klorofill tartalom alkalmas a növényi nitrogéntartalom, és ezáltal a tápanyag ellátottság mértékének a megbecsülésére is. Több kutatás is igazolja ezt (MERZVAK et al, 1999), mennyiségéből következtetéseket lehet levonni a növény stressz állapotáról, stressztűrő képességéről, és az öregedési folyamatairól is egyaránt. Több korábbi vizsgálat is igazolja azt, hogy a termelési körülmények között mért adatok jelentő szórást (STD) tudnak mutatni (LÁPOSI et al, 2020). Ebből adódik az, hogy az eltérések nem szignifikánsak, mert a legalacsonyabb értékeket a kísérletben a kontroll táblánál lehet mérni, míg a legmagasabbak a két liter per hektár dózissal kezelt parcellákban.

A kontroll esetében az átlagos érték 47,52, ami 2 liter/hektár mennyiségben történő kezelés során 50, 8533-ra emelkedik. Ez 10,7%-os növekedést jelent. A szórás tekintetében is változást tapasztalhatunk, mert az alap vizsgált területen az értéke 6,182534. Ez a 2 l/ha dózissal kezelt

területen visszaesik 5,640294-re. Ez 8,8%-os változást jelent. A SPAD érték grafikus ábrázolása a 6. ábrán kerül bemutatásra.



6. ábra: A őszi árpa (KH Korsó) levelek relatív klorofill tartalma (SPAD-érték) a kalászhányás kezdetén a nagytáblás kísérletben (2020.05.18.) (átlag és szórás, n=30)

(forrás: saját szerkesztés)

A Mikro-Vital kezelés hatása a fotoszintetikus és védő pigmentekkel, illetve a víztartalommal összefüggő vegetációs indexek értékére kalászhányáskor

A következő, harmadik táblázat bemutatja azt, hogy a spektrális vegetációs indexek elemzése milyen eredményeket mutatott a nagytáblás kísérletek során. A vizsgálat a kalászás kezdeti időszakában került elvégzésre.

Paraméter	Szignifikancia	Kontroll	Mikrovital 1l/ha	Mikrovital 2l/ha
NDVI	ns 132 – a a a	0,677±0,118	0,703±0,102	0,679±0,143
RDVI	ns 132 – a a a	0,446±0,130	0,478±0,113	0,476±0,137
EVI	* 123 – a ab b	0,891±0,400	1,009±0,379	1,067±0,448
VOG	** 123 – a ab b	1,341±0,065	1,357±0,066	1,368±0,073
REDGE	** 123 – a a b	-0,030±0,011	-0,030±0,009	-0,024±0,010
TCARI	** 123 – a b b	0,324±0,199	0,394±0,188	0,406±0,175
MCARI	** 123 – a b b	0,108±0,058	0,131±0,066	0,138±0,062
TCARI/OSAVI	*** 123 – a b b	0,519±0,212	0,616±0,242	0,632±0,230
MCARI/OSAVI	*** 123 – a b b	0,173±0,070	0,205±0,080	0,210±0,076
PRI	* 132 – a a b	0,008±0,009	0,011±0,013	0,008±0,009
SIPI	ns 321 – a a a	0,699±0,108	0,671±0,120	0,657±0,182
CRI	*** 312 – a b b	5,180±2,032	5,476±1,816	4,472±1,433
ARI	*** 312 – a b b	-0,269±0,059	-0,0686±0,143	-0,092±0,091
PWI	ns 213 – a a a	0,971±0,008	0,969±0,013	0,972±0,006
SRWI	* 213 – a a b	1,033±0,046	1,032±0,057	1,046±0,046

3. táblázat: Spektrális vegetációs indexek statisztikai elemzésének eredményei kalászás kezdetén Babona őszi búza nagytáblás kísérletében (2020.05.18.)

(forrás: saját szerkesztés)

ANOVA: ns-nem szignifikáns; *- $p \leq 0,05$; **-* $p \leq 0,01$; ***- $p \leq 0,001$; a, b, c index: Tukey-b teszt szerinti szignifikancia csoportok ($p < 0,05$).

A spektrális vegetációs indexek elemzése során azt tapasztaltuk, hogy a klorofill tartalommal összefüggő NDVI és RDVI alapján nem volt szignifikáns különbség a kezelések között, az EVI gyenge a VOG, TCAI, MCARI, TCARI/OSAVI, illetve MCARI/OSAVI erősebb szignifikancia mellett azt mutatta, hogy mind az első mind a második kezelésnél magasabb volt virágzás kezdetén a levelek klorofill tartalma.

A REDGE alapján csak a 2. kezelésnél volt ez szignifikánsan kimutatható. A fotokémiai hatékonyságra utaló PRI index gyenge szignifikancia mellett volt magasabb a kezelt levelekben, a védő pigmentek mennyisége (CRI, ARI) ezzel párhuzamosan 2. kezelésnél volt a legalacsonyabb, de a stresszérzékenység (SIPI) nem különbözött a 3 parcellában, illetve a levelek víztartalma is csak kismértékben volt magasabb a 2. kezelésnél (SRWI).

A vegetációs indexek alapján a virágzás elején a talajmikroba kezelés hatásai már kimutathatók, leginkább a 2l/ha kezelés esetében. Ez a különbség a betakarításra már világosan látszik, hiszen mind a termésátlag magasabb lett a kontrollhoz képest, mind a fehérjetartalom, ami alapvetően attól függ, hogy a vegetációs időszakban a fotoszintetikus folyamatok milyen intenzitással tudnak zajlani, és a nyári meleg és szárazság alatt a növények mennyire vannak stresszhatásnak kitéve, azzal hogyan tudnak megbirkózni. A kontroll leveleken mért értékek azt sugallják, hogy talajmikroba kezelés nélkül a növényeknek több energiát kellett fordítani a védő folyamatokra, ami a fotoszintetikus folyamatok lassulását eredményezi.

4.2. Mikroital kezelés hatása árpafajták élettani paramétereire kisparcellás kísérletben 2021-ben és 2022-ben

A kísérletben 12 árpa fajta került vizsgálatra 1 és 2 l/ha-os dózissal történő kezeléssel, ahol is a realizált termésmennyiségek tekintetében nagyon vegyes kép mutatkozott a 2021-es évben. A KH Szofi, Tocada, KH Színva és KH Lédi esetében a termésátlag több mint 20%-kal emelkedett. A KH Noémi, KH Livia, KH Andrea, KH Réka fajtáknál ennél jóval csekélyebb mértékű volt a gyarapodás, hiszen az 5%-ot sem érte el (4. táblázat).

Az a kapott adatokból nagyszerűen látható, hogy a KH Noémi kivételt képez a fajták között, hiszen ez az az egy kivétel, ahol a Mikro-Vital kezelés nem eredményezett hozamtöbbletet a

kontrollhoz képest. Ezen kívül minden esetben realizálható volt a termés mennyiség emelkedése.

Természetesen ez több tényező függvénye is volt, mert nem egyedül a kezelés dózisa határozta meg az eredményeket. Befolyásolta a termesztés helyszínének adottságai, az agrotechnika és annak időbeli kivitelezése, az időjárási körülmények, valamint természetesen a termesztett fajta tulajdonságai és genetikai potenciálja.

	<i>Fajta</i>	Ezermagtömeg (g)			Hozam (t/ha)		
		<i>kontroll</i>	<i>Mikro-Vital</i>	<i>%</i>	<i>kontroll</i>	<i>Mikro-Vital</i>	<i>%</i>
1	KH Szofi	32	32,8	2,44	0,71	0,91	22,22
2	KH Lédi	32,4	37,2	12,90	0,54	0,76	29,39
3	KH Lilla	37,6	39	3,59	0,99	1,12	11,69
4	KH Színva	35,2	39,3	10,43	1,20	1,63	26,29
5	KH Andrea	34,6	37	6,49	1,33	1,40	4,76
6	Pasadena	36	39	7,69	1,26	1,52	17,33
7	Mauritia	38,5	41,6	7,45	1,38	1,63	15,28
8	Tocada	39,8	42,1	5,46	1,82	2,45	25,68
9	KH Sára	37,7	40,9	7,82	1,90	2,06	8,01
10	KH Réka	38,3	39,8	3,77	2,75	2,90	5,00
11	KH Noémi	35,6	39	8,72	2,39	2,33	-2,36
12	KH Livia	34,2	38	10,00	2,41	2,48	2,81

4. táblázat: A vizsgált árpafajták ezermagtömege és hektáronkénti hozama 2021-ben (07.30)

(forrás: Láposi et al. (2022))

Ha a 2021-es évre vonatkozólag megvizsgáljuk a Központi Statisztikai Hivatal adatait a tavaszi árpa termésátlagára vonatkozóan, akkor Heves vármegyében 3,1 tonna per hektár értéket láthatunk, ami elmarad az Észak-Magyarországban realizált 4,4 tonna per hektártól, és az országos átlagként feltüntetett 4,7 tonna per hektáros hozam mennyiségtől (INTERNET 9).

Kompolton is jelentős elmaradásokat tapasztalhatunk 2021-re vonatkoztatva a tavaszi árpa termésátlagában mind a megyei, mind pedig az éves átlagokhoz képest, ami a tenyészidőszakban tapasztalt aszályos időjárási körülmények számlájára írható. Mind a virágzás, és mind a termés képződésének időszakában a lehullott csapadék mennyisége 30 éves átlag alatti mennyiségűnek bizonyult (5. táblázat).

Ennek következményeként a potenciális hozamok elmaradtak, negatívan befolyásolva az azévi eredményeket. Viszont ez is csak azt támasztja alá, hogy a megfelelően ideális időjárási körülmények mennyivel nagyobb átlagokat képesek eredményezni, és önmagában a mikrobiológiai készítmények alkalmazása még nem elegendő az elvárt eredmények produkálására.

Hónap	szept.	okt.	nov.	dec.	jan.	febr.	márc.	ápr.	máj.	jún.	júl.	összesen
<i>Csapadék [mm]</i>	40,8	124,9	27,3	39,4	27,6	41,7	5,5	44,5	59,2	2,8	70,7	484,4
<i>40 éves átlag</i>	45,6	46,6	44,0	34,6	30,9	33,1	27,8	34,8	58,0	62,5	72,0	490,0
<i>Eltérés</i>	-4,8	78,3	-16,7	4,8	-3,3	8,6	-22,3	9,7	1,2	-59,7	-1,3	-5,6

5. táblázat: Csapadékadatok 2020. szeptember és 2021. július között Kompolton (mm)
(forrás: FRKI, Kompolt)

Elemezve az adatokat, a 2020 októberi, decemberi, és a 2021 februári, áprilisi és májusi hónapok kivételével az látható, hogy hat hónapban is elmaradnak az értékek a negyven éves átlagtól. A legkisebb eltérés -1,3 mm, míg a legnagyobb -59,7 mm (2021 június). Ez átlagban nézve -5,6 mm-es elmaradást jelent. Összességében ez alátámasztja a realizált hozamkieséseket az érintett fajták teljesítményénél. A következő lépésben szeretném bemutatni a vizsgálat eredményeit a 2022-es évre vonatkozóan is, amit a 6. táblázat mutat be összefoglalva.

		Ezermagtömeg (g)			Hozam (t/ha)		
	<i>Fajta</i>	<i>kontroll</i>	<i>Mikro-Vital</i>	<i>%</i>	<i>kontroll</i>	<i>Mikro-Vital</i>	<i>%</i>
1	KH Szofi	41,8	46,3	10,77	4,15	4,83	16,40
2	KH Lédi	40	43,5	8,75	4,43	4,61	3,92
3	KH Lilla	41,3	42,8	3,63	3,92	4,51	15,00
4	KH Színva	40,50	44,00	8,64	4,81	5,13	6,57
5	KH Andrea	41,90	42,30	0,95	4,61	5,07	10,06
6	Pasadena	39,80	40,30	1,26	4,21	4,30	2,13
7	Mauritia	41,10	42,60	3,65	3,95	4,08	3,23
8	Tocada	44,30	45,00	1,58	4,26	4,32	1,50
9	KH Sára	41,70	44,70	7,19	4,43	4,81	8,64
10	KH Réka	44,30	45,00	1,58	3,54	3,93	11,07
11	KH Noémi	44,10	44,30	0,45	3,39	3,84	13,25
12	KH Livia	40,80	41,90	2,70	3,91	4,14	5,78

6. táblázat: A vizsgált árpafajták ezermagtömege és hektáronkénti hozama 2022-ben (07.21.)

(forrás: saját (Kompolt, 2022))

Megvizsgálva a kapott eredményeket, a hozamok tekintetében a Tocada és a Pasadena fajták esetében volt a legkisebb mértékű növekedés a kontroll táblákhoz képest (1,5-2,13%). Ezeken kívül még a Mauritia és a KH Lédi fajták teljesítettek 5%-os többlet alatt. Az összes többi fajta 5,78 és 16,4% közötti mennyiségben produkált nagyobb termésmennyiséget. Átlagosan a Mikro-Vital kezelés 8,12%-os növekedést tudott eredményezni a kontroll táblákhoz képest.

2022-ben a Heves vármegyei átlag 3,93 tonna volt hektáranként, míg az országos termésátlag 4,82 tonna/hektárt tett ki (INTERNET 7). Egyedül a KH Noémi teljesített megyei átlag alatt. A

KH Réka egy szinten volt vele, az összes többi fajta pedig felette teljesített a kezelt táblákon. A kontroll területeket vizsgálva a KH Lilla, KH Réka, KH Noémi és KH Livia hozamai maradtak el a megyei átlagtól, az összes többi nagyobb hozamokat mutatott.

Az országos termésátlaghoz viszonyítva a kontroll táblák terméseredményei minden fajta esetében alatta maradtak, egyedül a KH Színva közelítette meg (0,1%-os elmaradással csupán). A kezelt parcellák közül a KH Szofi, KH Színva és KH Andrea fajtái teljesítettek országos átlag felett. Minden más fajta hozama alatta maradt.

A hozamok vizsgálatához ebben az évben is szükséges elemezni azt, hogy a tenyészidőszakban milyenek voltak a csapadékviszonyok. Ezt a 7. táblázat segítségével teszem meg, amely 2021 szeptembere és 2022 júliusa között mutatja be a lehullott csapadék mennyiségét, a negyven éves átlaghoz viszonyítva.

Hónap	szept.	okt.	nov.	dec.	jan.	febr.	márc.	ápr.	máj.	jún.	júl.	összesen
<i>Csapadék [mm]</i>	9,8	8,6	62,9	38,5	1,5	8,9	19,9	48,1	14,5	24,8	11,7	249,2
<i>40 éves átlag</i>	45,6	46,6	44,0	34,6	30,9	33,1	27,8	34,8	58,0	62,5	72,0	490,0
<i>Eltérés</i>	-35,8	-38,0	18,9	3,9	-29,4	24,2	-7,9	13,3	-43,5	-37,7	-60,3	-240,8

7. táblázat: Csapadékadatok 2021. szeptember és 2022. július között Kompolton (mm)

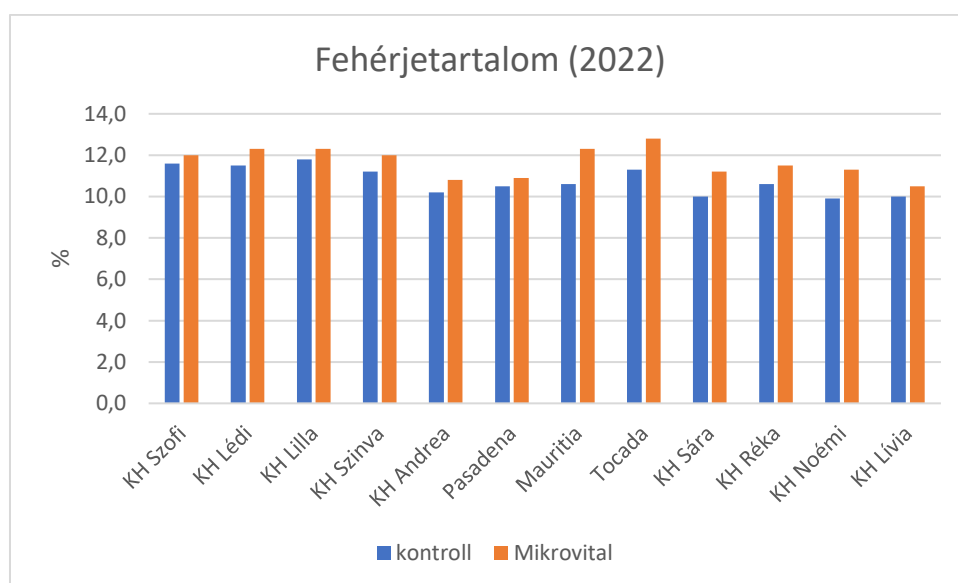
(forrás: FRKI, Kompolt)

Amint az a táblázatból leolvasható, 4 hónap kivételével (november, december, február, április) a havi csapadék mennyisége elmaradt a negyven éves átlagtól. Ez összesen 240,8 mm-el kevesebb esőt jelent a tenyészidőszakban, vagyis havi átlagban 34,4 mm-el kevesebb csapadékot. Azt gondolom, hogy az előző évhez képest jóval kevesebb csapadék ellenére is jól teljesítettek a vizsgált fajták, és az országos, illetve megyei átlagtól való eltérésük is elfogadható mértékű.

Az összes árpa tekintetében, kiemelten vonatkoztatva ezt a tavaszi árpa fajtákra, a szemtermés fehérjetartalma egy olyan érték, ami meghatározó a sörárpaként történő felhasználás során. Sör gyártásánál az árpák magas fehérjetartalma egy nem kívánatos tényező, mert negatívan hat a sörkészítés folyamatára. Emiatt a nitrogén utánpótlás mind mennyiségileg, mind pedig kijuttatás idejét tekintve is különös odafigyelést igényel. A kísérlet során a talajbaktériumos készítményekkel kezelt parcellákban a készítmény nem volt szignifikáns hatással az árpa

fehérjetartalmára, mert összesen csak kettő és hét százalék közötti növekedést tudtunk kimutatni. A Pasadena és a Tocada fajták esetében 2021-ben egyáltalán nem tapasztaltunk eltérést ebben a tekintetben. Ugyanakkor az elmondható, hogy a KH Szofi, KH Lilla, Mauritia, KH Sára fajták esetében meghaladta az optimális, 11,5%-os fehérjetartalmat a mért érték.

A 8. ábra mutatja be a 2022-es évben mért fehérjetartalmakat. Ugyanúgy, mint a 2021-es évben, mind a kontroll, mind pedig a Mikro-Vital készítménnyel kezelt tábláknál külön fel lettek tüntetve a mért értékek.



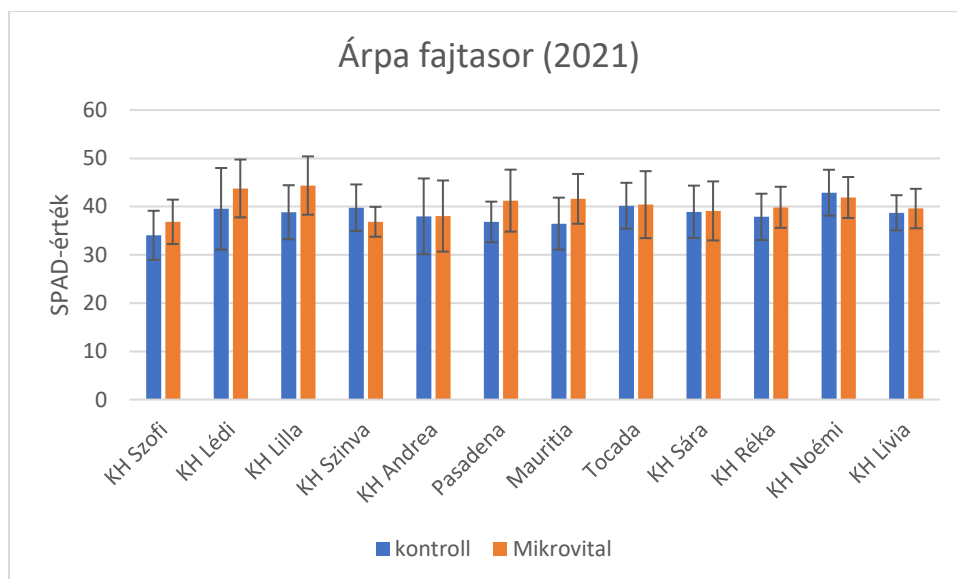
7. ábra: Árpafajták szemtermésének fehérjetartalma (%/sz.a.) 2022-ben

(forrás: saját (2022))

A 2022-es évben a szemnedvesség tartalom minden vizsgált fajta esetében 10 és 11 százalék közötti értéket mutatott a betakarításkor. A fehérjetartalmuk a KH Andrea, Pasadena, a Mauritia és Tocada fajták esetében a kontroll területeknél, valamint a KH Sára, KH Réka, KH Noémi, KH Livia fajtáknál alul maradtak a kívánt határértéknek. A KH Szofi, KH Lédi, KH Lilla és KH Színva esetében meghaladták a 11,5%-ot.

Szeretném bemutatni a folytatásban a SPAD értékek alakulását 2021-ben (8. ábra). A kísérlet során vizsgált fajták esetében a KH Lilla és Mauritia fajták SPAD-értéke 12%-kal, a Pasadena és KH Lédi fajtáké 10%-kal volt magasabb, szignifikánsan ($p \leq 0,05$) a Mikro-Vital-lal kezelt parcellákon. A KH Andrea, Tocada, KH Sára, KH Noémi esetében nem volt tapasztalható különbség ebben az értékben. Mivel az adatok nagy szórást mutattak ezért az eltérések nem voltak szignifikánsnak az összes többi vizsgálat fajta esetében sem. Ez alátámasztja a korábbi

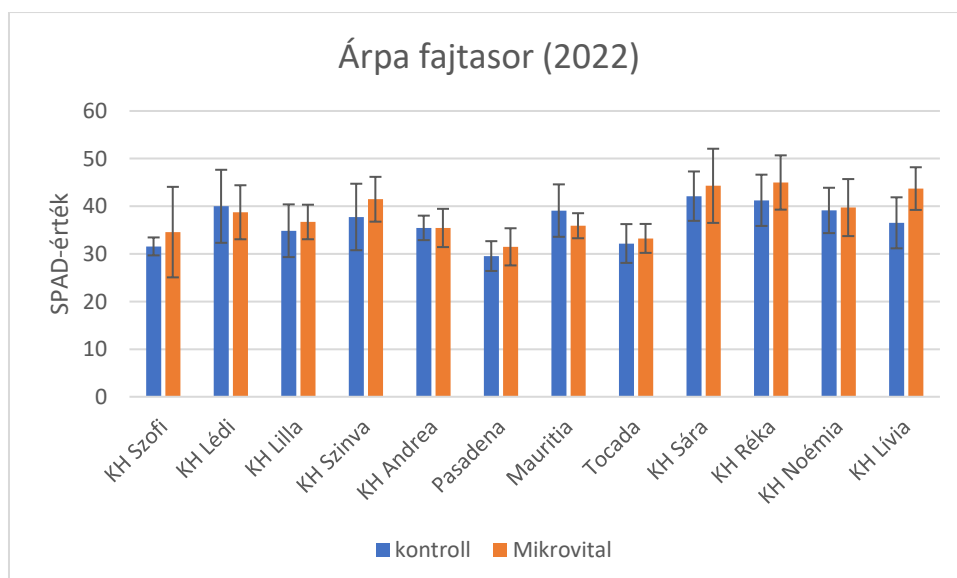
kísérleteink eredményeit is, ami igaz mind a szántóföldi, mind pedig a kisparcellás kísérleti körülményekre egyaránt (Láposi et al. 2020).



8. ábra: Árpafajták levelének SPAD-értéke 2021-ben (06.17.)

(forrás: Láposi et al. (2022))

Ugyanezek a vizsgálati eredmények 2022-re vonatkozóan is elkészültek, amelyek a 9. ábrán kerülnek szemléltetésre.



9. ábra: Árpafajták levelének SPAD-értéke 2022-ben (05.15.)

(forrás: saját (2022))

2022-ben csak a KH Livia esetében mutattunk szignifikánsan (19%-kal) magasabb SPAD-értéket a Mikro-Vitallal kezelt egyedeknél ($p \leq 0,01$). Emellett még a KH Szinva, KH Szofi és KH Réka esetében volt közel 10%-kal magasabb klorofill tartalom, a KH Sára, KH Lilla és Pasadena esetében 5-6%-kal.

A SPAD-érték nem az egyetlen mutató, ami a levelek klorofill tartalmának mennyiségére vonatkozik, mert több más mérőszámmal is meg lehet azt határozni (ZARCO - TEJADA et al. 2005). Olyan spektrális vegetációs indexek segítségével is lehet jellemezni a fotoszintetikus folyamatok egy részét, amelyek a karotinoidok mennyiségével (CRI) állnak összefüggésben. Ezek a karotinoidok elsősorban a fényvédelemben játszanak szerepet a fotoszintézis és a növény élete folyamán.

A növény stressztűrő képességét a karotinoid-klorofill aránnyal lehet kifejezni (SIPI). Szintén alkalmazható mutatók még a fotokémiai aktivitás (PRI), az antociánok mennyiségének meghatározása (ARI), valamint a levelek víztartalmának mennyiségi kimutatása (PWI) is. A SIPI a növények stresszérzékenységének mutatója (PENUELAS és mtsai. 1995), ugyanúgy, mint a fotokémiai reflexió vagy xantofill index, a PRI. Ez szoros összefüggésben áll a levelek fotokémiai aktivitásával, és a napfénytől védő pigmentek, vagyis a xantofilok mennyiségével fordított arányosságban áll.

Szintén fordított arányosság mutatható ki a PRI és a xantofill-ciklus intenzitása között, ami egyfajta membrán védő mechanizmust lát el (GAMON et al. 1997). Mivel a karotinoidok mennyisége megnő, viszont a klorofilok mennyisége csökken különböző stressz faktorok hatására, mint például a nagy fény vagy hő intenzitás, ezért a növényben lévő karotinoid-klorofil arány pontosabb információkat tud bemutatni, mint önmagában ennek a két alkotóelem mennyiségének a meghatározása. Éppen ebből kifolyólag az egymáshoz máshoz viszonyított arányukat egyre szélesebb körben használják fel a növényt érő környezeti stressz hatások meghatározására és vizsgálatára (YOUNG és BRITTON, 1990).

Maguk az antocianinok olyan vakuoláris pigmentek, amelyek vízben oldódnak és a növények vörös elszíneződését okozzák (GITELSON és MERZLYAK, 2004). Kiválóan alkalmasak a környezeti stresszhatások, valamint a levelek előregedésének indikátoraként való felhasználásra, hiszen mennyiségi növekedésüket és a szövetben történő halmozódását az UV-B sugárzás, sérülés, szárazság, nagy mennyiségű fényhatás, különböző gombás és bakteriális fertőzések, valamint a nitrogén és a foszfor tápanyagok hiánya idézi elő.

A PWI a lombkorona szerkezete által is befolyásolt olyan mutatószám, amely a levelek víztartalmáról ad információt. (SERRANO et al. 2000). Az előbbieken felsorolt különböző spektrális vegetációs indexeket többféle módon is meg lehet határozni. Talán a legelterjedtebb módja a leveleken alkalmazott reflektancia mérések, ami a leggyakrabban kerül alkalmazásra. Amennyiben egy nagyobb területegységről, vagy pedig egy teljes tábla homogenitásáról szeretnénk meggyőződni, akkor a betakarítás előtt a zöld növényi biomassza vizsgálható ezen szempontokra multispektrális, légi eszközökre szerelt kamerákkal, illetve lehetőség van a Sentinel-2 műhold által készített felvételek elemzésére is. A különböző spektrális indexeket a 8. táblázatban mutatom be 2021-re vonatkozóan.

Vegetációs indexek/ Árpafajták	NDVI	RDVI	EVI	PRI	SIPI	CRI	ARI	PWI
KH Szofi	n.s.	n.s.	** ↑	* ↑	n.s.	* ↓	*** ↑	*** ↑
KH Lédi	n.s.	n.s.	n.s.	* ↑	n.s.	n.s.	n.s.	*** ↑
KH Lilla	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	* ↓	n.s.	n.s.
KH Színva	n.s.	* ↑	*** ↑	*** ↑	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
KH Andrea	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*** ↓	n.s.	* ↑
Pasadena	n.s.	n.s.	n.s.	** ↑	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Mauritia	n.s.	n.s.	* ↑	* ↑	n.s.	* ↓	n.s.	** ↑
Tocada	* ↑	* ↑	** ↑	** ↑	n.s.	*** ↓	*** ↑	*** ↑
KH Sára	n.s.	n.s.	n.s.	*** ↑	n.s.	*** ↓	*** ↑	*** ↑
KH Réka	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	* ↑	*** ↑
KH Noémi	n.s.	n.s.	n.s.	*** ↑	n.s.	n.s.	n.s.	** ↑
KH Livia	n.s.	n.s.	n.s.	*** ↑	n.s.	n.s.	*** ↑	*** ↑

8. táblázat: Spektrális vegetációs indexek statisztikai elemzésének eredményei 2021-ben

(forrás: Láposi et al. (2022))

(ANOVA: *- $p \leq 0,05$); **- $p \leq 0,01$; ***- $p \leq 0,001$). Nyíl iránya: ↑ - Mikro-Vital-lal kezelt egyedekben szignifikánsan nagyobb az értéke, ↓ - kisebb az értéke, mint a kontrollban.

Mint arra már több vizsgálat is rámutatott, nagyon kell arra figyelni a termésmennyiség spektrális vegetációs indexek segítségével történő előzetes becslésében, hogy mikor történik meg az adott mérés. A vegetációs indexek és a hozamok közötti korreláció a növény különböző fejlődési fázisaival együtt folyamatosan változik (REN et al. 2008; HUANG et al. 2013). A kísérlet során az adott vizsgálati évben a májusban tapasztalt nagyobb mértékű esőzés akadályt gördített annak útjába, hogy optimális időben történjenek meg a mérések. Ennek következtében a vegetációs indexek meghatározása már a virágzás időszakába is áthúzódott. Feltételezhetően ez eredményezte azt, hogy nagymértékű szórás tapasztalható az egyes adatok között, hiszen ebben az időszakban már néhány kiválasztott növénynél megindult a levél előregeedése, és ebből kifolyólag alacsonyabb klorofill index mutatkozott szignifikánsnak, mint az azt megelőző évek kísérletei során. Az NDVI csak a Tocada esetében volt szignifikánsan magasabb, az RDVI a Tocada és a KH Színva esetében, az EVI, amely a legerősebb korrelációt mutatta a SPAD-értékkel ($r^2=0,84$) pedig a Tocada, a KH Színva a Mauritia és a KH Szofi esetében volt magasabb a kezelt parcellákon.

3 fajta (KH Lilla, KH Réka, KH Andrea) kivételével baktériumokkal kezelt táblákon a fotokémiai aktivitás magasabb volt, ami azt is jelenti, hogy kisebb aktivitást mutatott a xantofill ciklus. Ebből azt a következtetést lehet levonni, hogy a növényt érő stresszhatás, vagyis az erős fény nem volt olyan mértékben megterhelő számukra, mint a kontroll táblákon lévő növényeknél. Szintén kimutatható volt, hogy a SIPI, vagyis a stressz index a kontroll parcellákon nagyobb értékeket mutatott, de a nagymértékű szórás miatt ezek az eltérések nem voltak szignifikánsok. KH Színva, KH Lilla, Pasadena fajták kivételével a PWI is a baktérium kultúrával kezelt táblákon mutatott magasabb értékeket. Szintén nagyobb volt a kontroll táblákban a karotinoidok mennyisége, míg az antocián tartalom a kezelt egyedeknél volt kimutatható nagyobb mértékben (9. táblázat).

Vegetációs indexek/ Árpafajták	NDVI	RDVI	EVI	PRI	SIPI	CRI	ARI	PWI
KH Szofi	** ↑	n.s.	* ↑	*** ↑	n.s.	n.s.	* ↑	n.s.
KH Lédi	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*** ↑
KH Lilla	n.s.	n.s.	n.s.	*** ↑	n.s.	n.s.	n.s.	*** ↑
KH Szinva	n.s.	*** ↑	n.s.	* ↑	n.s.	*** ↑	*** ↓	** ↑
KH Andrea	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	* ↑
Pasadena	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Mauritia	n.s.	n.s.	* ↑	*** ↑	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Tocada	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
KH Sára	** ↑	n.s.	n.s.	*** ↑	*** ↓	*** ↓	n.s.	*** ↑
KH Réka	n.s.	n.s.	* ↑	*** ↑	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
KH Noémi	* ↑	n.s.	* ↑	* ↑	n.s.	n.s.	n.s.	* ↑
KH Lívía	n.s.	n.s.	** ↑	** ↑	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

9. táblázat: Spektrális vegetációs indexek statisztikai elemzésének eredményei 2022-ben

(forrás: saját (2022))

(ANOVA: *- $p \leq 0,05$); **- $p \leq 0,01$; ***- $p \leq 0,001$). Nyíl iránya: ↑ - Mikro-Vital-lal kezelt egyedekben szignifikánsan nagyobb az értéke, ↓ - kisebb az értéke, mint a kontrollban.

A két vizsgált év tekintetében a 2022-es csapadékban gazdagabb volt. Ellenben a 2021-es évben elvetett fajták esetében nagyobb mennyiségű csapadék hiánnyal kellett megbirkózniuk a növényeknek. Ez azt jelentette, hogy egyrészt mind a realizált hozamban, mint pedig a növény egyéb tulajdonságaiban egyaránt megmutatkozott a csapadék hiánya. Míg a nagytáblás kísérletben a kontrollhoz képest több, mint 30%-os hozam többletet ért el az 1 liter/ hektár dózisú kezelés, addig a két liter/hektár már csak minimális terméstöbblet növekedést eredményezett.

Ezzel szemben, ha a fehérjetartalmat vizsgáljuk, akkor a két liter/hektár dózis tovább növelte azt, ami a felhasználhatóságát rontja az árpnak. A kísérletben a levelek klorofill tartalma a kontroll táblához képest a Mikro-Vital kezelés hatására megnőtt. A változás két liter/ hektár dózisonál több, mint tíz százalékos növekedést eredményezett, a szórás tekintetében pedig 8,8 százalék volt az eredmény. A klorofill tartalomra vonatkozóan a kezelt táblákon a virágzás kezdetén magasabb értékeket mérhettünk, míg a klorofill tartalommal összefüggő NDVI és RDVI alapján nem volt szignifikáns különbség a kezelések között.

Kisparcellás kísérleti körülmények között a KH Noémi fajta kivételével a Mikro-Vital kezelés minden esetben hozam többletet eredményezett, melynek mértéke a 2,8 százaléktól a 29,39 százalékgig változott. Bár vármegyei és országos átlagokhoz viszonyítva elmaradnak a termésmennyiségek, ez a terület adottságainak és időjárási körülményeinek tudható be. A tenyészidőszakban átlagosan négy hónap kivételével 2021-ben elmaradt a csapadékmennyiség a 40 éves átlagtól, ami több, mint 240 mm-el kevesebb tenyészidőszakban lehullott csapadékot jelent. 2021-ben ez az elmaradás hat hónapot jelentett, ami havi átlagban 5,6 mm csapadékhiányt mutat a 40 éves átlaghoz képest. A levelek SPAD értékének vizsgálata azt mutatja, hogy 2021-ben az adatok nagy szórása miatt az eltérések nem voltak szignifikánsak, és 2022-ben is csak a KH Livia fajta esetében lehetett magasabb szignifikáns eltérést realizálni.

5. Következtetések és javaslatok

A dolgozatom a 2020-ban elkezdett, és a 2021-es és 2022-es években is folytatott vizsgálatokkal foglalkozik, amelyek különböző árpafajták talajbaktérium kultúrákkal kezelt termesztési kísérleteit mutatja be a hozamokra és a különböző vegetációs indexekre gyakorolt hatásainak tükrében. A kísérletek az EFOP 3.6.1. projekt keretében valósultak meg, és a 2021-es kispárcellán elvégzett vizsgálatok eredményei már korábban közlésre kerültek (LÁPOSI et al ,2022).

Az eredmények alapján elmondható az, hogy a Mikro-Vital kezelések megnövekedett termésmennyiséget eredményeztek a kontroll táblákhoz képest minden esetben. A termés beltartalmi értékeire vonatkozóan elsősorban a fehérjetartalmat vizsgáltuk, mert az árpa söripári felhasználásának tekintetében ez a legrelevánsabb érték. Megállapítást nyert, hogy szignifikáns hatással nem volt az árpa fehérjetartalmára a kezelés, mert 2 és 7% közötti növekedés volt realizálható a legtöbb fajtánál. A Pasadena és a Tocada fajtáknál egyáltalán nem volt semmilyen eltérés a kontrollhoz képest. Viszont négy fajta esetében az optimális 11,5 százalékos fehérjetartalmát meghaladta a mért érték, ami a felhasználását hátrányosan befolyásolja.

Az 1 liter/ hektár kijuttatott dózis a kontroll területek hozamaihoz képest elegendőnek bizonyult a növekedés elérésére, mert a két liter/hektárral történő kezelése nagytáblás kísérletben lényeges eredmény változást nem hozott. Az azonban kiderült a vizsgálat során, hogy a két liter/hektár kijuttatása a termésmennyiséget ugyan nem, de a fehérjetartalmat megnövelte. Ennek tükrében beigazolódott az, hogy az 1 liter/hektár kijuttatott mennyiség elegendő arra, hogy a kívánt termésmennyiség növekedést elérjünk a fehérjetartalom változása nélkül. Élettani paraméterek vizsgálata során a termőhelyi körülmények között történő vizsgálatok jóval nagyobb szórást mutattak az egyedek között, mint amit a labor kísérletek eredményei állapítottak meg. Ez visszavezethető a termőterület talajának heterogenitására, valamint emellett a növény egyedek között is különbségek tapasztalhatók. Bár a kísérlet a hasonló fejlettségi állapotú egyedeket vizsgálta meg, és azonos elhelyezkedésű leveleken történtek meg a mérések, azonban mégis nagy szórást mutattak az eredmények reflektancia és SPAD értékek tekintetében is.

A magasabb szórási mutatók eredményeképpen bár az átlagoknál jól látszanak az eltérések, a pozitív hatások a SPAD-érték és a vegetációs indexek tekintetében nem minden esetben szignifikánsak. Ezt már korábban is leírták más szántóföldi növényekkel (kukorica, repce, búza,

napraforgó), és más talajbaktériumos készítmények (Pl. Phylazonit) alkalmazásával elvégzett kísérletek kapcsán (LÁPOSI et al, 2020).

A legtöbb vegetációs indexnél és a SPAD érték tekintetében is kisebb mértékű szórást lehet tapasztalni a kontroll táblákhoz képest mért eredményekben a kezelt táblákon. A talajbaktériumos kezelésektől elvárt eredmények között első helyen szerepel az, hogy kedvezőbb víz és tápanyag ellátottságot biztosítsanak a szántóföldi kultúrák számára, ezáltal javítva azok stressztűrését. Ez a parcellák homogenitását is eredményezi, amelyet beigazoltak korábbi vizsgálatok során drónra szerelt multispektrális kamera felvételek (LÁPOSI et al, 2020). 2020 és 2022 között drónfelvételek készítésére nem volt lehetőségünk a kísérletekben, ám mindenképpen szükséges megerősíteni azt, hogy légi eszközök által készített felvételek használatával a kezelések pozitív hatásait könnyebben vissza lehet igazolni, és földfelszínen elvégzett méréseket is alá tudja támasztani.

A termésátlagok tekintetében beigazolódtak az előzetes elvárások és pozitív eredmények születtek. A nagytáblás kísérletnél 30% fölötti, míg a kisparcellás kísérleteknél 20% fölötti hozamnövekedést realizáltunk a kontroll táblák eredményeihez képest. A talaj heterogenitás, valamint az agrotechnikai és kijuttatási pontatlanságok azt eredményezték, hogy kisparcellás körülmények között nem minden vizsgálatba bevont fajta esetében volt a terméstöbblet-változás mértéke mérhető.

A termésátlagok növekedése mellett a kezelések hatására a fehérjetartalmat is megnövelte a kijuttatott készítmény. Ez az elsődleges söripari felhasználás tekintetében hátrányos tulajdonság, a takarmányozási célú felhasználásnak viszont kedvező. Minden kezelt tábla esetében történt alap trágyaként pétisó kijuttatása, és ezután történt meg a talajbaktériumos kezelés. Négy fajta esetében haladta meg az optimális fehérjetartalmat a mért érték. Nagytáblás kísérletnél 10,5% emelkedést lehetett mérni a kezelés hatására fehérjetartalomban egy liter/hektár dózisonál, míg ugyanaz az eredmény két liter/hektár dózisonál 12,4 százalék. Megállapítható tehát, hogy kimutathatóan megnöveli a fehérjetartalmat a talajbaktériumos kezelés az árpában. A megemelkedett fehérjetartalom optimális értéke teljes mértékben a termés felhasználásától függ. Míg sörrápa esetében az ideális 11,5 százalék meghaladása már hátrányosan befolyásolja a sör készítés folyamatát, addig takarmányként való hasznosítás szempontjából mindenképpen előnyt jelent a magasabb érték. Ilyen szempontból az elért változás pozitív hatású.

Ahhoz, hogy ne csak a betakarítás után, a hozamokban lehessen érzékelni a felhasznált talajbaktérium tartalmú készítmények pozitív hatásait, ezért vizsgáltuk a levelek fotoszintetikus pigment összetételét, a stressz hatására keletkező védő pigmentek mennyiségét és a víztartalmat, még a kalászosítás kezdetén. Ezen értékek összehasonlításakor a fotoszintetikus folyamatok fokozódása és a stressztűrő képesség növelése révén már ki lehetett ebben az időszakban is mutatni a készítmények áldásos hatását.

A magasabb klorofil tartalom (EVI, TCARI, MCARI és ezek aránya), a fotokémiai aktivitás fokozódása (PRI), magasabb víztartalom (PWI) és a karotinoidok megemelkedett mennyisége (CRI) szignifikánsan jelezték a kezelés hatásosságát. Ezek a mutatók virágzáskor a növényt ért stressz hatására alacsonyabbak lesznek, míg a kezelt területeken nem a stressz hatások kivédésével van a növény elfoglalva, hanem biomassza képzésére használja fel a benne rejlő potenciált. A fent említett indexek nem csak földi távérzékeléssel, hanem légi érzékeléssel is mérhetők, mint például a műholdas felvételek kielemezésével. A légifelvételek tábla szinten képesek bemutatni a növények állapotát azok roncsolása nélkül, és emellett nagy területről és nagyszámú adat szerezhető be a kultúra állapotáról.

A Sentinel-2 műhold, ami általánosan alkalmazásban van a mezőgazdasági területek megfigyelésére, csak nagy táblákon használható, mert a 10x10 méteres felbontású felvételek kis területről nem szolgáltatnak megfelelő adatot. Azonban a több hektáros kísérleti területek jól vizsgálhatók általa, és az éves szinten több mint 100 elkészített műholdfelvétel az adott területről vagy területegységről nagyszerűen összehasonlítható. Emellett a vegetációs időszak eltérő időpontjaiban pontosabb adatot lehet kapni a vegetációs indexekről (NDVI), ezáltal a termés mennyisége is jobban megbecsülhető lesz. Ugyanezt a munkát végzik el a kisparcellás kísérletek esetében a drónra szerelt multispektrális kamerák. Alkalmazásuk mezőgazdasági területen hozam becslésére vagy tápanyagutánpótlás szükségességére, valamint növényvédelmi kezelések tervezésére alkalmas elsősorban.

Véleményem szerint általánosan az 1 liter/hektár dózis alkalmazással megfelelő eredményeket lehet elérni, és a legtöbb esetben nem szükséges az ennél nagyobb koncentrációk használata, ami különböző gazdaságossági szempontok miatt előnyös. Ahhoz, hogy a megfelelő felhasznált mennyiséget meg tudjuk határozni, szükséges az egyéb termesztési paraméterek ismerete, mint például a talajvizsgálat alapján annak tápanyag szolgáltató képességéről nyújtott információk, és hogy azok felvehető formában vannak -e jelen a talajban? Érdemes megvizsgálni a kezelések után azt, hogy a kijuttatott talajbaktériumok milyen koncentrációban

vannak jelen az egyes területeken, milyen mértékben változtatták meg a talaj szerkezetét és kémhatását. A nem megfelelő talajszerkezet, oxigéntartalom és pH érték nagy mértékben képesek csökkenteni a talajbaktériumok hatásait.

6. Összefoglalás

A dolgozatomban kitűzött cél annak a vizsgálatnak a bemutatása volt, ami a kompolti mezőgazdasági kutatóintézetben folyik már több éve, és a különböző talajbaktérium készítmények hatását mutatja be az egyes árpa fajták tekintetében. A nagytáblás és kisparcellás kísérletek során minden egyes bevont fajta esetében az elvégzett vizsgálatok kiterjedtek az alkalmazott fajták kontroll parcellákhoz képest realizált hozamaira és a fehérje tartalomra. Vizsgáltuk a víztartalmat, valamint a különböző vegetációs indexekre és fotokémiai aktivitásra gyakorolt hatásukat egyaránt.

A kapott eredmények tekintetében elmondható az, hogy pozitív hatást gyakorolnak a Mikro-Vital készítmények a terméshozamokra már egy liter/ hektár dózisban is. A két liter /hektár dózis tovább növeli az eredményeket mind hozamban, mind pedig fehérjetartalomban, de az elért különbség már nem olyan jelentős, mint a hektáronkénti egy liternyi talajbaktériumot tartalmazó szer kijuttatása esetén. A fehérje tartalom növekedése kimutatható volt mind a nagytáblás, mind pedig a kisparcellás kísérleteknél.

Ez a tavaszi árpa fajták esetében az ideális 11,5 százaléktérteket meghaladó fehérjetartalom gátolja a söripari felhasználhatóságát az adott fajtának. Minden egyéb esetben, és a nagytáblás őszi árpa fajtakísérleteknél a megjelenő fehérjetartalom-növekedés pozitív hatással van a takarmányként való felhasználhatóságra.

A Mikro-Vital kezelés emellett a SPAD érték és a vegetációs indexek tekintetében is fokozottabb aktivitást jelentett a kísérletbe bevont fajták mindegyikénél. Ez azt jelenti, hogy már a virágzás kezdetén érzékelt lehetett a Mikro-Vital készítmények jótékony hatását azáltal, hogy a fokozódott a fotoszintézis, valamint a stressztűrő képesség megnövekedése az előállított biomassza, és ezáltal a hozam növekedését segítette elő, és nem kellett a növénynek a stressz hatások leküzdésére koncentrálnia, mint a kontroll táblákon történő termesztés esetén.

A különböző vegetációs indexek vizsgálata laboratóriumi körülmények között és a helyszíni mérések külön-külön egyaránt képesek adatot szolgáltatni a növény fotoszintetikus aktivitásáról és a fejlettségi állapotáról. Emellett a multispektrális kamerákkal felszerelt drónok, illetve a műholdak felvételei szintén alátámasztják a vizsgálatok során mért adatokat.

A talajbaktériumok hatásának kifejtéséhez szükség van arra, hogy megfelelő agrotechnikát alkalmazunk, a szükséges műveletek időben kerüljenek elvégzésre, valamint tisztában legyünk azzal, hogy milyen talaj adottságokkal rendelkezik a termesztésbe vont terület.

A művelt területen található talaj tápanyag szolgáltató képessége, a vízgazdálkodási tulajdonságai, a benne lévő hasznos mikroorganizmusok aránya mind befolyással vannak arra, hogy hogyan képesek hasznosulni a kijuttatott készítmények.

Bízom abban, hogy munkámmal sikerült feltárni a lényegi összefüggéseket az árpa termesztés során alkalmazott talajbaktériumos készítmények hatásosságáról, és bizonyítást nyert az általuk elérhető hozam többlet és fokozott stressztűrés is, amit a kontroll területek terméseredményeihez képest tudtunk elérni.

7. Irodalomjegyzék

Nyomtatott források

1. ANTAL J. – JOLÁNKAI M. (2011): Növénytermesztés Alapjai / Gabonafélék Mezőgazda Kiadó, BUDAPEST. PP. 267-274 ISBN 963-286-. 205-8.
2. ARREGUI, F.J., CABRERA, E., COBACHO, R., GARCÍA-SERRA, J. (2006): Reducing Apparent Losses Caused By Meters Inaccuracies. Water Practice & Technology 1(4). DOI:10.2166/wpt.2006.093 IWA Published by IWA Publishing, London, UK
3. ASD (2007): Field Spec 3 User's Manual. ASD Inc., USA.
4. BAIS HP, PARK SW, WEIR TL, CALLAWAY RM, VIVANCO JM (2004): How plants communicate using the underground information superhighway. Trends Plant Sci. 9: 26-32.
5. BALLA L. (2002): Kalászosgabona-termesztés: Gazdálkodási stratégia. Mezőgazda Kiadó, Budapest. ISBN: 9639358436
6. BIRÓ B. (2003): A növény-talaj-mikroba kölcsönhatások szerepe az elemfelvétel alakulásában. In: Mikroelemek a táplálékláncban. (Szerk.: Simon L., Szilágyi M.) Bessenyei György Könyvkiadó. Nyíregyháza. 1-11.
7. BOCZ E. (1992): Szánóföldi növénytermesztés Mezőgazda Kiadó, Budapest. 887 p. ISBN: 9638160101.
8. CURRAN, P.J.; DUNGAN, J.L; GHOLZ H. L. (1990): Exploring the relationship between reflectance red edge and chlorophyll content in slash pine. Tree Physiology 7,33-48. 1990. Heron Publishing-Victoria, Canada. DOI: 10.1093/treephys/7.1-2-3-4.33 · Source: PubMed
9. CSAJBÓK J. (2012): Szántóföldi növények termesztése és növényvédelme – egyetemi jegyzet. Debreceni Egyetem – Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma.
10. EVANS, J.R. (1989): Photosynthesis and nitrogen relationship in leaves of C3plants. Oecologia 78:9–19.

11. FANG-CHUN L., ZHEN-Y. D., QING-HUA W., SUKBDEY M. (2013): Movement of Phosphorus in a Calcareous Soil as Affected by Humic Acid. *Pedosphere*. Volume 23, Issue 2, April 2013, Pages 229-235. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(13\)60011-9](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(13)60011-9)
12. FÜZY A. (2007): Néhány sziki növény és a rizoszféra mikroorganizmusok közötti interakciók. Doktori értekezés, Szent István Egyetem.
13. GABRIEL J.L., ZARCO-TEJADA P.J., LOPEZ-HERRERA P.J., PEREZ-MARTÍN E., ALONSO-AYUSO M., QUEMADA M. (2017): Airborne and ground level sensors for monitoring nitrogen status in a maize crop. *Biosystem Engineering* 160: 124-133.
14. GAMON J.A., SERRANO L., SURFUS J.S. (1997): The photochemical reflectance index: an optical indicator of photosynthetic radiation use efficiency across species, functional types, and nutrient levels. *Oecologia* 112: 492-499.
15. GARCIA-ROMERO N., JOSEFA C.-N., ESTEBAN-RUBIO S., LAZARO-IIBANEZ E., PERIS-CELDA M., MARTA M. A., JUAN GUZMAN-D.-V., CARLOS F.-C., ANA O. de M., SARA G.-D., CARMEN E.-L., RICARDO P.-A., CRISTOBAL B.-I., ANGEL A.-S. (2017): DNA sequences within glioma-derived extracellular vesicles can cross the intact blood-brain barrier and be detected in peripheral blood of patients. PMID: 27902458 PMCID: PMC5352065 DOI: 10.18632/oncotarget.13635
16. GÉCZI B. (2010): Magyarország Agrártámogatási Rendszere az Unió Csatlakozás Után. Szakdolgozat, BUDAPESTI GAZDASÁGI FŐISKOLA KÜLKERESKEDELMI FŐISKOLAI KAR
17. GITELSON A.A., MERZLYAK M.N. (2004): Non-destructive Assessment of Chlorophyll Carotenoid and Anthocyanin Content in Higher Plant Leaves: Principles and Algorithms. *Papers in Natural Resources*. 263. <http://digitalcommons.unl.edu/natrespapares/263>
18. GYARMATI GY., PÜSKI L., BARTA R. (1997): Magyarország a XX. században II. Babits Kiadó. <http://mek.oszk.hu/02100/02185/html/322.html>
19. GYULAI B. (2014): Őszi búza gyomirtása integrált módszerek alkalmazásával. *Agrofórum Extra* 55. 94-101. p.

20. H. KAHLI, L. BÉVEN, C. GRAUBY-HEYWANG, N. DEBEZ, I. GAMMOUDI, F. MOROTÉ, H. SBARTAI, T. COHEN-BOUHACINA (2022): Impact of Growth Conditions on *Pseudomonas fluorescens* Morphology Characterized by Atomic Force Microscopy. *International Journal of Molecular Science*, 23(17): 9579.
21. HASHEM A, TABASSUM B., ELSAYED FAHTI A. A. (2019): *Bacillus subtilis*: A plant-growth promoting rhizobacterium that also impacts biotic stress. *Saudi Journal of Biological Sciences* 26 (2019) 1291–1297
22. HERMOSA R, ROSA ELENA C., MARÍA BELÉN R., SANTIAGO G., ENRIQUE M. (2014): Secondary Metabolism and Antimicrobial Metabolites of *Trichoderma*. *Biotechnology and Biology of Trichoderma*. 2014, Pages 125-137
23. HOFFMANN S. (2011): *Ipari- és takarmánynövények termesztése*. Debreceni Egyetem, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Pannon Egyetem
24. HOLLÓ S., KÁDÁR I. (2003): A műtrágyázás és a meszezés hatása a talaj termékenységére. In: Blaskó L., Zsigrai Gy. (szerk.), *Műtrágyázás, talajsavanyodás és meszezés*
25. HOLLÓ S., PETHES J., AMBRUS A. (2009): A tartós szerves és műtrágyázás hatása a talaj könnyen oldható foszfortartalmára Kompolton, csernozjom barna erdőtalajon. Tartamkísérletek jelentősége a növénytermesztés fejlesztésében. Jubileumi tudományos konferencia. Martonvásár, 2009. október 15. 227-234.
26. HUANG, J., WANG, X., LI, X., TIAN, H., & PAN, Z. (2013): Remotely Sensed Rice Yield Prediction Using Multi-Temporal NDVI Data Derived from NOAA's-AVHRR. *Plos One*, 8(8). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0070816>
27. JONES M. P. (2023): *Effect of azospirillum brasilense and nitrogen on maize grains*. Our Knowledge Publishing, London. ISBN: 6206562921
28. KÁTAI J. (2011): *Alkalmazott talajtan*. Debreceni Egyetem, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Pannon Egyetem
https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0010_1A_Book_02_Alkalmazott_talajtan/ch03s03.html

29. KOSCSÓ A. (2014): A hazai mezőgazdaság helyzete és az ágazat őstermelőinek gazdálkodási sajátosságai. Szakdolgozat. MISKOLCI EGYETEM GAZDASÁGTUDOMÁNYI KAR
30. LÁPOSI R (2006): Az UV-B sugárzás hatása a *Fagus sylvatica* L. és a *Fraxinus excelsior* L. pigmentösszetételére és fotoszintézis-aktivitására. PhD értekezés, Debreceni Egyetem, Környezettudományi Doktori Iskola, Debrecen
31. LÁPOSI R., KAPRINYÁK T., BEKŐ L., TÓTH Sz. (2019): Effects of soil bacteria treatments on some physiological parameters of winter barley based on in vivo field measurements (in Hungarian). In: KARSAI I. (szerk.) Növénynevelés a 21. század elején: kihívások és válaszok: XXV. Növénynevelési Tudományos Nap 06/03/2019. Budapest, pp. 376-379.
32. LÁPOSI R., BEKŐ L., KAPRINYÁK T., MOLJAK S., TÓTH Sz. (2020): Evaluation of soil bacteria treatments on some physiological parameters of crops by spectral vegetation indices. *Ecocycles* 6: 134-145. <https://doi.org/10.19040/ecocycles.v6i1.167>
33. LICHTENTHALER, H. K. (1998): The stress concept in plants: An introduction. *Annals of the New York Academy of Science*, 851, 187-198.
34. LIFANG YUAN, HANG JIANG, XILONG JIANG, TINGGANG LI, PING LU, XIANGTIAN YIN, YANGFENG WEI (2022) Comparative genomic and functional analyses of *Paenibacillus peoriae* ZBSF16 with biocontrol potential against grapevine diseases, provide insights into its genes related to plant growth-promoting and biocontrol mechanisms. *Frontiers of Microbiology Sec. Evolutionary and Genomic Microbiology* Volume 13
35. MAGDA S. - MARSELEK S. (2000): Növénytermesztés Szaktudás Kiadó Ház, Budapest, 2000
36. MAKÁDI M. (2010): Ásványi és szerves adalékanyagok hatása a nyírségi homoktalajok mikrobiológiai tulajdonságaira. Doktori értekezés, Szent István Egyetem, Környezettudományi Doktori Iskola, 157 p.
37. MARÁCZI K., ÉS BARACSI É. (2011): Roncsolásmentes ökofiziológiai vizsgálatok díszcserjéken. Pannon Egyetem, Georgikon Kar. 53. Georgikon Napok. Nemzetközi Tudományos Konferencia. 2011. szeptember 29-30. p. 471-477.

38. MARQUARD, R.D., AND TIPTON, J.L. (1987): Relationship between extractable chlorophyll and an in situ method to estimate leaf greenness. *Hort Science* 22 (6): 1327–1329.
39. MATICS H., BIRÓ B. (2013): A termékenységet javító baktériumos talajoltás történeti áttekintése. *JOURNAL OF CENTRAL EUROPEAN AGRICULTURE* 16:(2): 231-248.
40. MENHART N, THARIATH A, VISWANATHA T. (1991): "Characterization of the pyoverdines of *Azotobacter vinelandii* ATCC 12837 with regard to heterogeneity". *Biology of Metals*. 4 (4): 223–32.
41. MERZLYAK M.N., GITELSON A.A., CHIVKUMOVA O.B., RAKITIN V.Y. (1999): Non-destructive optical detection of pigment changes during leaf senescence and fruit ripening. *Physiol Plant*. 106: 135-141. <https://doi.org/10.1034/j.1399-3054.1999.106119.x>
42. M.I. RAJOKA, K.A. MALIK (1999) *Cellulomonas* című cikke az *Enciklopedia of Food Microbiology* című könyvben ISBN 978-0-12-227070-3
43. MONJE, O.A. AND BUGBEE, B. (1992): Inherent Limitations of Nondestructive Chlorophyll Meters: A Comparison of Two Types of Meters. *HortScience*. 27(1): 69-71.
44. NAGY J. (2017): Klímaváltozás és a műtrágyázás hatása a búza termésére debreceni tartamkísérletben. *Növénytermelés*, 66, 3, 11–32 p.
45. NEMZETI AGRÁRGAZDASÁGI KAMARA (2015): *Ökológiai Gazdálkodás – Kézikönyv a támogatási kérelem benyújtásához* (2015)
46. NAGWA I. ELARABI, ABDELHADI A. A., RASHA H. A., IBRAHIM S., IBRAHIM A. A., GAMAL O., DALIA S. A. (2020): *Bacillus aryabhattai* FACU: A promising bacterial strain capable of manipulate the glyphosate herbicide residues. *Saudi Journal of Biological Sciences* 27 (2020) 2207–2214. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.06.050>
47. OLDAL B. (2006): Rizoszféra-baktériumok és magasabb rendű növények interakciójának ökológiai értékelése (2006) [doktori értekezés] http://phd.szie.hu/JaDoX_Portlets/documents/document_3315_section_3719.pdf
48. PENUELAS J., BARET F., FILELLA I. (1995): Semi-empirical indices to assess carotenoids/chlorophyll a ratio from leaf spectral reflectance. *Photosynthetica* 31(2): 221-230.

49. PENUELAS J., FILELLA I. (1998): Visible and near-infrared reflectance techniques for diagnosing plant physiological status. *Trends Plant Sci* 3: 151-156.
[https://doi.org/10.1016/S1360-1385\(98\)01213-8](https://doi.org/10.1016/S1360-1385(98)01213-8)
50. PEPÓ P. (2014): Az intenzív búzatermesztés agronómiai tényezői / *Agrofórum* - 25: 9 (2014), p. 12-18.
51. PEPÓ P. – SÁRVÁRI M., (2011): Gabonanövények termesztése. 14-39. p
52. PETHŐ M. (2016): A növényélettan alapjai. Akadémiai Kiadó, Budapest. ISBN: 978 963 059 818 7
53. RADICS L. (2003): Szántóföldi növénytermesztés (2003), Szaktudás Kiadó Ház Zrt. 259 p. 72 – 89.
54. REN, J. Q., CHEN, Z. X., ZHOU, Q. B., & TANG, H. J. (2008): Regional yield estimation for winter wheat with MODIS-NDVI data in Shandong, China. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 10(4), 403-413.
<https://doi.org/10.1016/j.jag.2007.11.003>
55. SANKARAN S., L. R. KHOT, CARLOS Z. E., SANAZ J., VIDYASAGAR S., GEORGE J. V., PHILIP N. M., ARRON C., MICHAEL P., N. RICHARD K., MARK J. P. (2015): Low-altitude, high-resolution aerial imaging systems for row and field crop phenotyping. *European Journal of Agronomy* 70:112-123. DOI: 10.1016/j.eja.2015.07.004
56. SERRANO, L., USTIN, S. L., ROBERTS, D. A., GAMON, J. A., & PENUELAS, J. (2000): Deriving water content of chaparral vegetation from AVIRIS data. *Remote Sens. Environ.*, 74, 570– 581. [http://dx.doi.org/10.1016/S0034-4257\(00\)00147-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0034-4257(00)00147-4)
57. SPINETTI C., MAZZARINI F., CASACCHIA R., COLINI L., NERI M., BEHNCKE B., SALVATORI R., FABRIZIA B., PARESCHI M. (2009): Spectral properties of volcanic materials from hyperspectral field and satellite data compared with LiDAR data at Mt. Etna. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 11, 142-155.
58. STAMP S, R. H. – BOONE, C. C. (1989): Comparison of nondestructive chlorophyll-sensitive photometer and destructive methods of chlorophyll determination. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*. 101: 333-335.

59. TÓTH SZ., LÁPOSI R., AMBRUS A., BÉLTEKI I., TURY R., FODOR L. (2019): Nemesítés, gyakorlati alkalmazások a 100 éves évforduló tükrében Kompolton. In: Karsai, Ildikó (szerk.) Növénynemesítés a 21. század elején: kihívások és válaszok: XXV. Növénynemesítési Tudományos Nap 2019, Budapest, Magyarország: Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományok Osztályának Növénynemesítési Tudományos Bizottsága, (2019) pp. 481-485., 5 p.
60. TURCSÁNYI G. (2000): Mezőgazdasági növénytan. Szaktudás Kiadó Ház
61. VÁNYINÉ SZ. A. (2008): SPAD-érték és a kukorica (*Zea mays* L.) termésmennyisége közötti összefüggés elemzése különböző tápanyag- és vízellátottsági szinten. Doktori disszertáció. Debreceni Egyetem. Mezőgazdaságtudományi Kar. Kerpely Kálmán Doktori Iskola
62. WASS-MATICS H. (2018): Mikrobiális talajoltóanyagok működőképességét befolyásoló környezeti tényezők vizsgálata. Doktori értekezés, Pannon Egyetem, Festetics Doktori Iskola, Keszthely
63. WELLBURN, A.R. (1994): The Spectral Determination of Chlorophylls a and b, As Well As Total Carotenoids, Using Various Solvents with Spectrophotometers of Different Resolution. *Journal Plant Physiology*, 144, 307-313.
64. WHITMORE, L., WALLACE, B.A. (2006): *Handbook of Biologically Active Peptides*, 2006
65. YOUNG A and BRITTON G. (1990): Carotenoids and stress. In *Stress Responses in Plants: Adaptation and Acclimation Mechanisms* (ed. Alscher R.G. and Cumming J.R.), pp. 87-112. Wiley-Liss, New York
66. ZARCO-TEJADA, P. J., USTIN, S. L., WHITING, M. L. (2005): Temporal and Spatial Relationships between Within-Field Yield Variability in Cotton and High-Spatial Hyperspectral Remote Sensing Imagery. *Agronomy Journal*, 97(3): 641-653.

Internetes források

INTERNET 1: Bio-garancia.hu (2023): Miben más a bio művelés a hagyományoshoz képest? <https://www.bio-garancia.hu/en/faq/faq-143~miben-m-s-a-bio-m-vel-s-a-hagyom-nyoshoz-k-pest> (letöltve: 2023.07.30.)

INTERNET 2: Primag.hu (2023): AÖP 2023 - részvételi feltételek. <https://www.primag.hu/blog/primag-info/aop-2023-reszveteli-feltetelek-> (letöltve: 2023.07.30.)

INTERNET 3: Genezis.hu (2023): Zöldtrágya növények. <https://genezispartner.hu/termek-es-szolgaltatasok/zoldtragya-novenyek/> (letöltve: 2023.08.01)

INTERNET 3: Mikro-vital.hu (2023): Termékek, szolgáltatások. <https://mikro-vital.hu/> (letöltve: 2023.08.01)

INTERNET 4: Talajbakterium.hu (2023): A Magyar Talajvédelmi Szövetség Tagjainak baktériumkészítményei az AÖP támogatásban szerepelnek. <https://talajbakterium.hu/> (letöltve: 2023.08.01)

INTERNET 5: Mezőhír.hu (2019): A fajtamegválasztás szempontjai az ősziárpa-termesztésben <https://mezohir.hu/2019/07/18/a-fajtamegvalasztas-szempontjai-az-osziarpa-termesztésben/> (letöltve: 2023.08.01)

INTERNET 6: Varganetunde.com (2023): Őszi árpa fajtaleírások. https://varganetunde.com/dok/oszi_arpa_fajtaleirasok.pdf (letöltve: 2023.08.01)

INTERNET 7: frki.5mp.eu (2023): Elismert növényfajták. <https://frki.5mp.eu/web.php?a=frki&o=Y3STgYygAg> (letöltve: 2023.08.01)

INTERNET 8: MV-Supary (2023): MV-Supary talajkezelés szárazságban és melegben + vetőmag csávázás. <https://bionatkft.hosting.atw.co.hu/termekeink/mv-supary/> (letöltve: 2023.08.01)

INTERNET 9: KSH.hu (2023): Az árpa termelése vármegye és régió szerint. https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0073.html (letöltve: 2023.08.01)

Táblázatok és ábrák jegyzéke

Ábrák jegyzéke

1. ábra A kísérleti területek elhelyezkedése Kompolton.	30
2. ábra: A SPAD-502 mérőműszer.....	33
3. ábra: Az ASD Field Spec Pro terepi spektrométer	33
4. ábra: A talajbaktérium kezelés hatás az őszi árpa termésátlagára nagytáblás kísérletben (n=4, átlag+SD, 2020.07.30.)	37
5. ábra: A talajbaktérium kezelés hatás az őszi árpa fehérjetartalmára nagytáblás kísérletben (2020.08.15.)	38
6. ábra: A őszi árpa (KH Korsó) levelek relatív klorofill tartalma (SPAD-érték) a kalászhányás kezdetén a nagytáblás kísérletben (2020.05.18.) (átlag és szórás, n=30).....	40
7. ábra: Árpafajták szemtermésének fehérjetartalma (%/sz.a.) 2022-ben.....	47
8. ábra: Árpafajták levelének SPAD-értéke 2021-ben (06.17.).....	48
9. ábra: Árpafajták levelének SPAD-értéke 2022-ben (05.15.).....	48

Táblázatok jegyzéke

1. táblázat A vizsgált évek csapadék adatai Kompolton saját mérések és az OMSZ adatai alapján.	28
2. táblázat: A dolgozatban alkalmazott spektrális vegetációs indexek és a velük kapcsolatba hozható élettani paraméterek.....	35
3. táblázat: Spektrális vegetációs indexek statisztikai elemzésének eredményei kalászhányás kezdetén Babona őszi búza nagytáblás kísérletében (2020.05.18.)	41

4. táblázat: A vizsgált árpafajták ezermagtömege és hektáronkénti hozama 2021-ben (07.30)	43
5. táblázat: Csapadékadatok 2020. szeptember és 2021. július között Kompolton (mm).....	44
6. táblázat: A vizsgált árpafajták ezermagtömege és hektáronkénti hozama 2022-ben (07.21.)	45
7. táblázat: Csapadékadatok 2021. szeptember és 2022. július között Kompolton (mm).....	46
8. táblázat: Spektrális vegetációs indexek statisztikai elemzésének eredményei 2021-ben.....	50
9. táblázat: Spektrális vegetációs indexek statisztikai elemzésének eredményei 2022-ben.....	52

NYILATKOZATOK

A nyilatkozatok a következő oldalakon láthatóak.

NYILATKOZAT

Hutás László (Neptun azonosítója: **YORBP1**) 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 védésre javaslom / nem javaslom¹.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*2}

Kelt: Gyöngyös, 2023. 10. 27.



belső konzulens
Dr. Láposi Réka

¹ A megfelelő aláhúzendó.

² A megfelelő aláhúzendó.

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Hutás László
A Hallgató Neptun kódja: YORBP1
A dolgozat címe: Mikrobiológiai készítmények hatásának vizsgálata
árpa-kultúrákban Kompolton, a korábbi Fleischmann Rudolf Kutatóintézetben
A megjelenés éve: 2023
A konzulens intézetének neve: Növénytermesztési-tudományok Intézet
A konzulens tanszékének neve: Agronómia 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 valótlant 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 védelmet követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelté után

nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: Budapest, 2023 év október hó 23 nap


Hallgató aláírása