



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Budai Campus

Környezettudományi Intézet

Biológiai Talajerőgazdálkodási szakmérnök

szakirányú továbbképzési szak

**A TRICHODERMA ASPERELLUM HATÁSA A NAPRAFORGÓ
TÁPANYAGFELVÉTELÉRE**

Konzulensek:

dr. Madarász Balázs
egyetemi docens

tanszék:

Agrárkörnyezettani Tanszék

Készítette:

Tóth Gábor

Budapest

2024

TARTALOMJEGYZÉK

1.	BEVEZETÉS	4
2.	IRODALMI ÁTTEKINTÉS	6
2.1.	A napraforgó	6
2.1.1.	Származása és elterjedése	6
2.1.2.	Élettani jellemzői	7
2.1.3.	Anatómiája	7
2.1.4.	Hasznosítása	8
2.2.	A foszfor	8
2.2.1.	Foszfor a talajban és a felvehetőségének tényezői	9
2.2.2.	Foszfor a növényben	12
2.2.3.	A foszformobilizáció mechanizmusai	14
2.3.	A Trichoderma asperellum	15
2.3.1.	A biokontroll hatás	16
2.3.2.	Trichoderma a foszfor szolubilizálásában	18
3.	ANYAG ÉS MÓDSZER	19
3.1.	Kísérleti elrendezés és technológia	19
3.2.	A kísérletben használt anyagok és termékek	21
3.3.	Vizsgálati módszerek	21
4.	EREDMÉNYEK ÉS MEGVITATÁSUK	23
4.1.	Tőszám vizsgálat	23
4.2.	Talajvizsgálati eredmények	23
4.3.	Levélanalízis	25
4.4.	Terméseredmények	27
4.5.	Következtetések	28
5.	ÖSSZEFOGLALÁS	30
6.	KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	31
7.	IRODALOMJEGYZÉK	32

1. BEVEZETÉS

A mezőgazdasági növények megfelelő mennyiségű és minőségű tápanyaggal történő ellátása alapvető feladata az agrártudományok területének. Ez biztosítja a megfelelő szintű hozamokat. Minden fejlesztés ezt hivatott szolgálni közvetlenül vagy közvetetten. A lovakat felváltották az erőgépek, nagyobb területek lettek művelésbe vonva. A vegyipar segítségével szerves trágyák mellett műtrágyákat kezdtünk használni, jelentősen növelve a termesztés intenzitását. Napjainkban azonban egyre inkább előtérbe kerül a környezettudatosság, és egyre kevésbé áldozunk fel mindent a csúcshozamok oltárán. Keveredik az agronómia és az informatika, és hihetetlennek tűnő digitális és térinformatikai megoldások jelentek meg a traktorok műszerfalain. A fejlődés folyamatos, a változás állandó. Ez alól a tápanyagutánpótlás sem kivétel.

Az 1970-es években az ipari expanzió mérete meghaladta az energiahordozók lehetőségeit. A mezőgazdaságban a termőföldet, a természetes csapadékot, az élők munkát, a vonóerőt mind mesterséges energiával, leginkább fosszilis eredetű energiával helyettesítették. Ezek végeessége és talajaink degradációja viszont súlyos kérdéseket vetett fel. A Föld rohamosan emelkedő népességét élelmiszerrel ellátni komoly kihívás a mezőgazdaság és a ráépülő élelmiszeripar számára. Annak minimális a lehetősége, hogy a növénytermesztés számára új területeket vonjunk művelés alá. Ez szinte csak környezeti rombolással lehetséges. Bár Magyarországon kifejezetten jó az 1 főre jutó mezőgazdasági területek aránya és ezek összterülethez viszonyított aránya is kedvező, a probléma nálunk is fennáll, érezzük súlyosságát. A termeléshez újabb területeket foglalni nálunk sem lehet már és tovább ront a helyzeten, hogy a klímaváltozás okán több szakértő is a Duna-Tisza köze elsivatagosodását vizionálja. Világviszonylatban ez még komolyabb probléma. Sorra tűnnek el a termőterületek. Jó a rosszban, hogy amikor a nem megújuló energiaformák végeessége ténylegesen a figyelem középpontjába került, az új irányt adott a technológiai fejlesztéseknek és kutatásoknak, melyek elsődleges célja immár a hatékonyság növelése lett.

Az alternatív megoldások iránti igény a szigorodó uniós előírások miatt és az orosz-ukrán háború 2022-es kitörésével tovább nőtt. Az Európai Unió komoly hangsúlyt fektet a környezettudatos, fenntartható mezőgazdaság kialakítására, és a Közös Agrár Politika támogatásait ehhez kapcsolódó feltételekhez köti. A szén-dioxid megkötés, a diverzifikáció ugyanúgy része az agrárpolitikai tervnek, mint a növényvédelmi hatóanyag csökkentés vagy épp a talajkímélő művelés támogatása. A szomszédban zajló háború a műtrágyák elérhetőségének bizonytalanságát, az árak kiszámíthatatlanságát okozta. A másodlagos foszfortermékek egyik legnagyobb exportőre Oroszország volt, míg a Föld káliumkészletének nagy része Kanada után a szovjet utódállamokban, köztük Ukrajnában fellelhető. Mivel a két érintett ország meghatározó szereplője Európa gázellátásának is, a gázárak szintén az egekbe szöktek. A fenti okok alapjaiban rengették meg a műtrágyagyártást, a legpesszimisták előrejelzések az ellátórendszer teljes összeomlását jósolták. Hazánkban a műtrágyaárak a normál árszint négyszeresére emelkedtek. Ugyan a mezőgazdasági termelők árak szintje az ezt megelőző időszakban 49%-kal nőtt, mégis sokan egyszerűen lecsökkentették a kihelyezett inputanyag mennyiségét és alternatív tápanyagpótlási megoldásokat kerestek.

A leírt okok miatt előtérbe került a mikrobiológia ágensek szántóföldi növénytermesztéshez kapcsolódó tápanyag-gazdálkodási szerepe. A kompetens vállalatok a betakarítás után maradt tarlók okszerű kezelésében, a már régen felfedezett biológia nitrogénkötésben és a kötött foszfor mobilizálásában láttak fenntartható, költségcsökkentő megoldásokat. A tarlókon maradt nagy mennyiségű szerves anyag okszerű kezelésével a feltáródó tápanyagok csökkenthetik a műtrágyaköltségeket. A kezelések növényvédelmi jelentőséggel is bírnak, mivel a szakszerűen elvégzett művelet a kártevők, kórokozók áttelelésének esélyeit is nagyban csökkenti. Biológiai nitrogénkötésre a legáltalánosabb gyakorlat az *Azotobacter chroococcum* baktériumtörzs használata, de *Bacillus megaterium* is képes jelentős mennyiségű nitrogén megkötésére. A foszfor mobilizálása a talaj kötött foszforkészletének csökkentéséhez és a műtrágyák hatékonyabb felvételéhez járulhat hozzá.

Az élőlények különböző mértékben és különböző stratégiák mentén képesek alkalmazkodni a környezetükhöz. A PGPR baktériumok R-stratégisták, megfelelő körülmények esetén gyorsan szaporodnak, ám a környezeti források elapadásával ugyanilyen gyorsan le is csökken a számuk. A tápanyagokért folyó verseny viszont már egészen eltérő képességekkel és megoldásokkal ruházta fel a populációdinamikában hasonló mikroorganizmusokat. A Phylazonit Kft. végzett vizsgálatokat a PGPR baktérium törzsek hatásmechanizmusaival kapcsolatban. A vizsgált tulajdonságok között a felvehető tápanyag mennyiségre gyakorolt hatás mellett a növényvédelmi aspektusok is megjelentek.

1. táblázat: Különböző PGPR baktériumtörzsek képességei a Phylazonit Kft. mérései alapján

Phylazonit TO NG	<i>A. croococcum</i>	Nitrogén kötés	Foszfor mobilizálás	Sziderofor termelés	Indolecetsav termelés
	<i>B. megaterium</i>	Foszfor mobilizálás	Nitrogén kötés	Indolecetsav termelés	
	<i>B. circulans</i>	Cellulóz bontás	Foszfor mobilizálás		
	<i>P. putida</i>	Sziderofor termelés	Foszfor mobilizálás	Antagonizmus	Indolecetsav
Phylazonit TR NG	<i>P. putida</i>	Sziderofor termelés	Foszfor mobilizálás	Antagonizmus	Indolecetsav
	<i>P. fluorescens</i>	Sziderofor termelés	Foszfor mobilizálás	Indolecetsav termelés	
	<i>B. megaterium</i>	Foszfor mobilizálás	Nitrogén kötés	Indolecetsav termelés	
	<i>B. subtilis</i>	Antagonizmus	Foszfor mobilizálás	Nitrogén kötés	

A növényvédelem mikrobiológiai lehetőségei miatt került látókörbe a vizsgálat tárgyaként szereplő *Trichoderma asperellum*, mint a mezőgazdaságban általánosan felhasznált mikrobiológiai ágens, növényvédő szer alapanyag. A törzzsel való kísérletek során izgalmas eredmények születtek. A növényvédelmi hatás vizsgálata közben nem csak a fertőzött beállításokban eredményezett hozamtöbbletet a jelenléte, hanem több helyszínen a fertőzésmentes, steril kontroll területen is.

Vizsgálatom célja az volt, hogy a *Trichoderma asperellum* törzs különböző mértékű jelenlétében kimutatható-e a változás a növény tápanyagfelvételi dinamikájában, és van-e ennek hatása a betakarított mennyiségre. Vizsgáltam továbbá, hogy van-e összefüggés a beállított csíraszám és a tápelemek mobilizálása, illetve a hozam között. Ezekhez a vizsgálatokhoz a foszfor mennyiségi változását próbáltam követni a talajból és a növényből vett minták alapján, napraforgó állományban.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A napraforgó

A napraforgó (*Helianthus annuus*) az őszirózsafélék (*Asteraceae*) családjában a *Heliantheae* nemzetségcsoport egyik faja. A szántóföldi termesztésben kedvelt haszonnövény. Magyarországon a legfontosabb, a legnagyobb területen termesztett olajnövény. Olajának kedvező élettani hatásai miatt gyógynövénynek számít (www.wikipedia.org).

2.1.1. Származása és elterjedése

A ma közismert, egész világon elterjedt napraforgók története valahol Észak-Amerikában kezdődött, itt termesztették őket ugyanis az őslakos törzsek táplálék gyanánt, de orvosságokat, és olajat is készítettek belőle (SZÉLES 2022). Története 5000 évre nyúlik vissza, de Európába csak jóval később, az 1500-as években jutott el a spanyol felfedezőknek köszönhetően. Kezdetben dísnövényként termesztették, haszonnövénné azután vált, miután Arthur Bunyan 1716-ban Angliában szabadalmaztatta a napraforgóolaj sajtolásának módszerét.

Oroszországban a XIX. században már évente több, mint 800 ezer hektárral ültették belőle, azóta is a legnagyobb termelők közé tartoznak világszinten. Termesztése világviszonylatban is fejlődő tendenciát mutat. A világ olajmag termelésének 12 %-át a napraforgó adja.

Magyarországon a második világháború után is még alapvetően takarmánynövény volt. A termékértékelést a nagyobb olajtartalmú fajták és a nagyobb hozamú hibridek behozatala alapozta meg. Az 1970-es évek végétől olaja keresett exportcikké vált; termőterülete 300 000 ha fölé nőtt (DEMECS 2022). Termésátlaga a '70-es évek első felére jellemző 1,2 t/ha után napjainkra átlagosan megközelíti a hektáronkénti 3 tonnát. Jobb területeken és intenzív technológiával a 4 t/ha feletti eredmény sem ritka. Termőterülete a '80-as évek közepén érte el a 350 000 ha-t, majd gyorsuló ütemben nőtt tovább (www.wikipedia.org).

Az évezredfordulót követően a napraforgó vetésterülete elérte az 500 ezer hektárt, ez az őszi búza és a kukorica után a harmadik helyre elég a vetett területek összevetésében. Világviszonylatban a 2006-os 1 millió tonnát meghaladó termés mennyiséggel az Európai Unió tagországok közt a második legnagyobb napraforgó-termelő tagországgá váltunk (BICSKEI, 2008). A napraforgó betakarított terület növekedése Magyarországon az utolsó tíz év távlatában 30%-os volt. 2021-ben 653 ezer hektárral 1,8 millió tonna napraforgót takarítottak be (KSH 2021). Ezzel hazánk napraforgó termesztése továbbra is az Európai Unió élvonalában van. Az utóbbi évek 600 000 ha fölötti vetésterülete teljes szántóföldi termőterületünk több mint 12%-a. 2024-ben - elsősorban gazdasági indokból - tovább nőtt a napraforgó részaránya, 680.000 ha került elvetésre. Az aszálytűrő képessége, a hozambiztonsága, a kiszámíthatóbb gazdasági megtérülése sok termelőnél a kukorica elé helyezte a vetéskorban. Aki vizet talál az nyer. Az erős és mélyre hatoló gyökérzet az egyszikűekre jellemző bojtos, sűrű, felső talajréteget jól hasznosító, de kevésbé mélyre nyúló gyökérzetű kukoricával szemben kétségtelenül előnyt jelent (SZELECKI 2024).

2.1.2. Élettani jellemzői

A napraforgó egy kifejezetten meleg- és fényigényes, egyéves növény. Ehhez igazodva a szárazságot relatív jól tűri, azonban a magas hozamokhoz szükséges a megfelelő eloszlással és mennyiséggel érkező csapadék. A víz különösen virágzáskor és az azt követő olajképzéskor fontos. A teljes vízszükséglet közel 80%-át ebben az időszakban használja fel a növény. A citromérés és a teljesérés időpontjában mért tápanyagértékek alapján megállapítható, hogy a napraforgó élettani folyamataihoz a tenyészidőszakban lényegesen nagyobb mennyiségű tápanyag szükséges, mint amit a teljes éréskor mérhetünk. Tehát a korábban felvett tápanyagokat a növény éréskor leadja (SEBESTYÉN, GYULAI 2011). A talajra kevésbé érzékeny, annak tápanyagtartalmát és vízkészletét kifejezetten jól hasznosítja (PEPÓ 2004). A mélyre hatoló gyökérrendszert exploratív gyökérzetnek is nevezzük, azaz kereső, kutató, feltáró típusú gyökérzetnek, amellyel a napraforgó képes megtalálni a mélyebb talajrétegekben lévő vizet és tápanyagot (PIUKOVICS 2022). Ezen tulajdonsága miatt „talajzsigerelő” növénynek is nevezik. Negatív allelopatikus hatása is van. A napraforgószárban, illetve levélzetében levő alkaloidák miatt a napraforgó erős gátló hatással van a következő évben termesztett kalászosokra vagy egyéb kultúrákra. Gátolja mind a csírázást, mind a fiatal növények gyökérfejlődését (PETROHAY 2016). Ezen tulajdonságait is figyelembe véve kialakult a kép, hogy nem a legjobb előveteménye a követő kultúrának. Azonban mikrobiológiai készítményekkel a napraforgó allelopatikus hatását csökkenteni lehet, és a jelentős mennyiségű szár- és gyökérmaradványba beépült tápanyagok feltárása pedig értékes az utóvetemény számára. A tarlójának kezelése kedvező növényvédelmi aspektusból is. Fő kórokozói gombák: a szklerotínia (*Sclerotinia sclerotiorum* – fehérpenészes szár- és tányérrothadás), a botritis (*Botrytis cinerea* – szürkepenészes szár- és tányérrothadás) és a diaporte (*Diaporthe helianthi* – szárfoltosság és korhadás).

2.1.3. Anatómiája

A napraforgó egy kórós lágyszárú növény. (1. ábra). Az üzemi termelésbe fogott fajták nem elágazóak, egytányérosak. Az akár 3 m magasra nyúló szára dudvás, szivacsos. Fejlett gyökérzete 60-70 cm mélységig szövi át a talajt. Megfelelő csapadék mennyiség esetén az oldalgyökök nagy számban jelennek meg, aszály idején a mélyebbre lenyúló főgyökér biztosítja a vízellátást. Nagy méretű, szív alakú mellékeres levelei szórt állásban, erős nyéllel kapcsolódnak a szárhoz. Fészekvirágzatát (tányér) kintről befelé fészekpikkelyek, majd a jellegzetes nyelvess, sárga virágok alkotják. Aztán szabályos körökben elhelyezkedve a hímnős csöves virágok következnek, melyek kölcsönös beporzással,



1. ábra: Napraforgó és részei (Forrás: ResearchGate)

rovarok segítségével biztosítják a megtermékenyülést. A virágzat átmérője fajtától és élettértől függően széles skálán változik, találhatunk 40 cm széles tányérokat is. Termése szintén a fajtától függő színű és méretű, egymagvú kaszat (PEPÓ 2004).

2.1.4. Hasznosítása

Elsősorban a napraforgó magbelét hasznosítjuk, mely értékes vitaminokat (B1, B2, E), tápelemeket, növényi zsírokat és sok fehérjét tartalmaz. Önmagában a sporteseményeken népszerű szotyolaként is fogyasztható, de a legnagyobb mennyiséget az étolaj előállítására használjuk fel. A gyártás során visszamaradt fehérjedús melléktermék értékes állati takarmány. Alapanyaga a margarin- és szappangyártásnak, a bioetanol előállításnak is. Ipari felhasználása mellett a mezőgazdaságban sűrűn vetve stabilan termő zöldtrágyanövényként is hasznosítható lenne, azonban én erre még nem láttam termelői gyakorlatot.

A napraforgómag tartalmazza a növény legtöbb tápanyagát. Megtalálható benne a kálium, a foszfor, a kalcium, a vas, a magnézium és egyéb nyomelemek is. Különösen fontos az esszenciális zsírok és savak jelenléte. A napraforgómagból sajtolt olajok humán egészségügyi szempontból is hasznosak, gyulladáscsökkentő hatásúak. Egyes tápanyagok javítják az idegrendszert, és ezért javasoltak bizonyos betegségek, például a Parkinson-kór vagy az Alzheimer-kór kezelésére. A magokat ajánlják a szem egészségének javítására, illetve a magas vérnyomásban vagy szív- és érrendszeri problémákban szenvedők diétás étrendjéhez. A napraforgó a test megsegítésén túl felhasználható a gasztronómiában is. Magjai joghurtokban, salátákban, gabonapelyhekben, kenyerekben, pizzákban és sok más készítményben jelen vannak, és a méze is megtalálható a polcokon (TIHANYI 2014).

2.2. A foszfor

A foszfor a növénytermesztés fontos eleme, hasznosításának mennyisége miatt makroelemként tekintünk rá. A szerves anyagok fontos biogén építőeleme, részt vesz többek között a DNS és RNS molekulák kialakításában is. Felfedezését Hennig Brand alkímistának köszönhetjük, aki 1669-ben vizeletből nyerte ki a viaszos anyagot, mely a sötétben is világított. A nevét is erről kapta, a görög fény (phos) és hordozó (phoros) szavak párosításával. A szerves anyagokkal való szoros kapcsolatát az is mutatja, hogy az első elem, melyet előbb állati, illetve emberi testnedvből mutattak ki, majd ezt követően találtunk rá a növény- és ásványvilágban. Minden élő szervezet számára létfontosságú elem. A természetben a foszfor legnagyobb része apatitokban és amorf foszfátkőzet-telepeken található. Évi 20 millió tonnát termelünk ki, de a telepeken található foszfor így is több évszázadra elegendő (www.wikipedia.org).

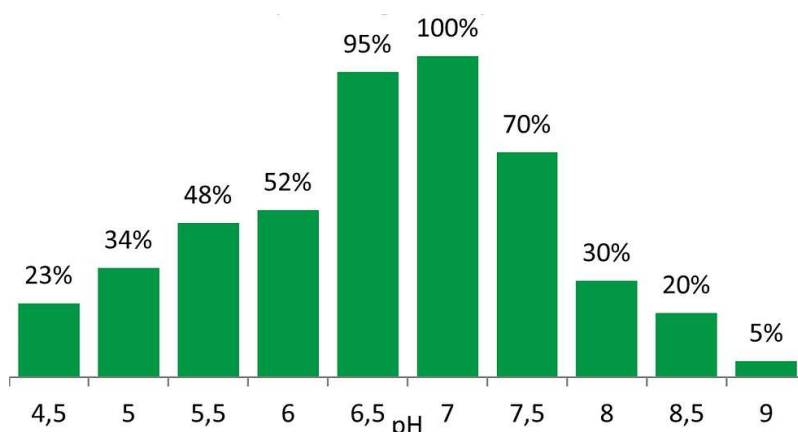
Allotróp módosulatait színük alapján különböztethetjük meg. A sárgás, viasz szerű fehérfoszfor rendkívül veszélyes anyag. Oxidációs képessége miatt a hadiipar is használja részben ködöt képezve harci alakulatok elrejtésére, és sajnos fegyverként is bevetik súlyos égési és légúti sérüléseket okozva. A vörösfoszfor gyúlékonyságát az Irinyi János által felfedezett gyufával tesztelhetjük mindennapjainkban. A fekete foszfor jól vezeti a hőt és az elektromosságot.

A bányászott terméket műtrágyagyártáshoz, növényvédőszergyártáshoz használjuk fel legnagyobb mértékben, de az élelmiszeripar is jelentős mennyiséget használ fel a foszforsav savanyító hatását kihasználva. A mosószerekben felhasznált foszfátok nem megfelelő szennyvízkezelése komoly környezetvédelmi problémákat okozhat az élővizek eutrofizációja révén. Erre figyelni kell a mezőgazdaságban is, a műtrágyák elmosódása, kimosódása ugyanehhez a környezeti problémához vezethet.

2.2.1. Foszfor a talajban és a felvehetőségének tényezői

A három fő tápelem közül a foszfor megfelelő arányú alkalmazását övezik leginkább bizonytalanságok. A foszfor a talajoldatban, a kalcium, magnézium, nátrium és kálium kationokkal ellentétben negatív töltésű ion (anion) formájában van jelen, ebből adódóan könnyen kötődik pozitív töltésű ionokhoz, például a kalciumhoz. A kalcium-hidrogénfoszfát kötések nehezen bonthatók, különösképpen az alacsony biológiai aktivitású talajokon, ebből adódóan nagy mennyiségű foszfor lehet jelen lekötve a talajban a növények által nem felvehető formában (SZENTES 2021).

A hazai szántóterületek foszfortartalma erősen változó. A mezőszégi talajokon nagyobb a foszfortartalom és nagyobb ennek szerves aránya is. A foszfor felvehetőségét számos abiotikus és egyéb tényező befolyásolja.



2. ábra: A talaj kémhatás és a foszforfelvétel összefüggései (Forrás: agromasters.hu)

A talaj kémhatása, pH értéke 6,5-7 között ideális a foszforfelvétel szempontjából. Ettől az értéktől eltérve drasztikusan, akár 50% felett romlik az elem felvehetősége. Nagyon fontos gazdasági tényező (2. ábra)!

A talaj semlegestől eltérő kémhatása esetén a foszfor hajlamos stabil, vízdoldhatatlan vegyületeket alkotni más elemekkel. Lúgos tartományban, vagyis mészben gazdag talajokon kalcium-hidrogénfoszfát, savanyú talajokon vas- és alumínium-foszfát vegyületeket képez. E formák – a szerves vegyületek alakjában jelenlévő foszforral együtt – a nem mobilizálható foszforkészlethez adódnak, melyeket a növények nem tudnak felvenni. Ez okból a kiadagolt foszforműtrágya hatóanyagának is maximum a 40-60%-át tudja a növény közvetlenül hasznosítani, a többi lekötődik különböző foszfátok formájában (VARGA 2020). A foszforműtrágyákhoz kapcsolódó hasznosulási kérdések meliorációs megoldásokkal optimalizálhatóak, ezen kívül nincs lényeges

kimosódási vagy egyéb kockázatuk. Érthető tehát, hogy a műtrágyázási gyakorlatban gyakran találkozhatunk a monoammónium-foszfát (MAP) és a diammónium-foszfát (DAP) rövidített megnevezésével.

A foszfor elérhetőségére a talajban hatással van a talajművelés alaptermészetének is. Hazai tapasztalatok szerint a forgatás nélküli, csökkentett menetszámú művelés növeli a termésbiztonságot és csökkenti az időjárási anomáliák és szélsőséges vízháztartási helyzetek okozta károkat. A forgatás nélküli (mulcshagyó) művelésben a növényi maradványok legalább 30%-a a felszínen marad, ezáltal javítja a tábla vízgazdálkodását, növeli a beszivárgást, és csökkenti a lefolyást (JUHOS 2023). Ugyanakkor a forgatás nélküli művelés 20-30%-kal több foszfort is biztosít a talaj felső 20 centiméteres rétegében, mint a hagyományos szántásos, forgatásos művelés. Forgatással az általános foszforkészlet összesített szintjében csökkenés figyelhető meg, és a foszforkészlet nagyobb része a szántás mélységének megfelelően a 20 centiméternél mélyebb rétegekben lesz fellelhető a kultúrnövény számára.

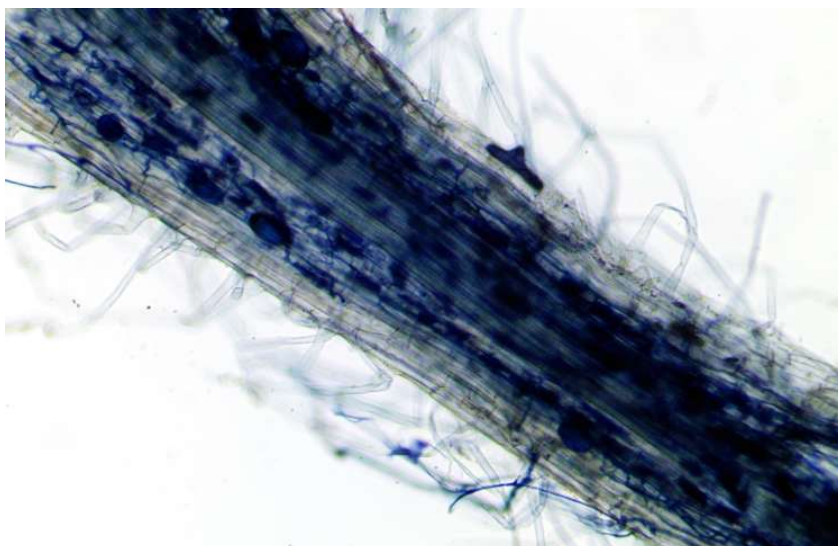
A talajműveléssel részben összefüggő, foszfor felvételét befolyásoló tényező a talaj vízgazdálkodási képessége. A kiszáradt talajban a talajoldat hiánya, a túllöntözött vagy a víz befogadására és elvezetésére nem képes területeken a levegőtlenesség jelent problémát. A vízzel telített pórusok a gyökérfunkciók gyengülését, szélsőséges esetben a gyökér halálát okozzák, de tápanyag-ellátási probléma biztosan jelentkezik.

A talaj hőmérséklete is akadályozhatja a hozzáférhető foszfor mennyiségét. A kora tavasszal lilára változó kukoricalevelek a relatív foszforhiány tüneteit mutatják. Ennek az is oka, hogy a hideg talajban dormans mikrobák nem végeznek mobilizáló feladatot, ami csak a talaj melegedésével indul újra. A homokos talajokra jellemző túlzott felmelegedés viszont ugyancsak problémát okoz. Az ilyenkor jelentkező levélszélperzselés, termésfoltosság, virágelrűgás és hajtáshervadás annak következménye, hogy a növény gyökérzete (hajszálgyökerek) a forró talajban perzselési kárt szenved, és az így sérült, funkcióját csak részben ellátni képes gyökérzet állandó öntözés ellenére sem tud elegendő vizet és tápanyagot felvenni az asszimilációhoz és a párologtatáshoz (www.agroinform.hu).

A tápanyagfelvételi zavarok megértésében (különösen a foszfornál) megoldást jelenthet a talajéletre figyelés, hiszen a talajban élő lények (baktériumok, fonálas és mikorrhiza-gombák, giliszták, ízeltlábúak, fonálféreg) befolyásolják és alakítják a talajok szerkezetét, szervesanyag-tartalmát, ezzel befolyásolva a tápanyagok mennyiségét, felvehetőségét a növények számára (PRETTL 2020).

Tehát a növények számára fontos foszforformák elérhetőségét nagyban befolyásolja a talajlakó mikroorganizmusok és a talaj táplálékhálóját (Soil Food Web) alkotó további élőlények száma, minősége, tevékenysége. Mivel a foszfor felvételére a növény erősen limitált távolságból képes (cca 5 mm), így számára kulcsfontosságú a növény-mikróba kapcsolat megfelelő kialakulása, kialakítása.

Például az endofita gombák megnövelik a feltárható talajréteg térfogatát, az oldott foszfort pedig hifák segítségével tudják közvetíteni a gazdanövénynek. Az arbuszkuláris mikorrhiza nevét az arbuszkuláról (szintén görög eredetű szó, jelentése fácska), a gomba és a gyökérsejt által közösen képzett szervecskéről kapta. A gyökérsejtek közé behatoló gomba a sejtfalat áttörve a sejt belsejébe is bejut, és ott a gomba és a növény sejtmembránja egy közösen szabályozott folyamat eredményeképpen szorosan összesimulva és sokszorososan elágazva egy nagy felületű tápanyagátadó szervecskét képez (3. ábra).



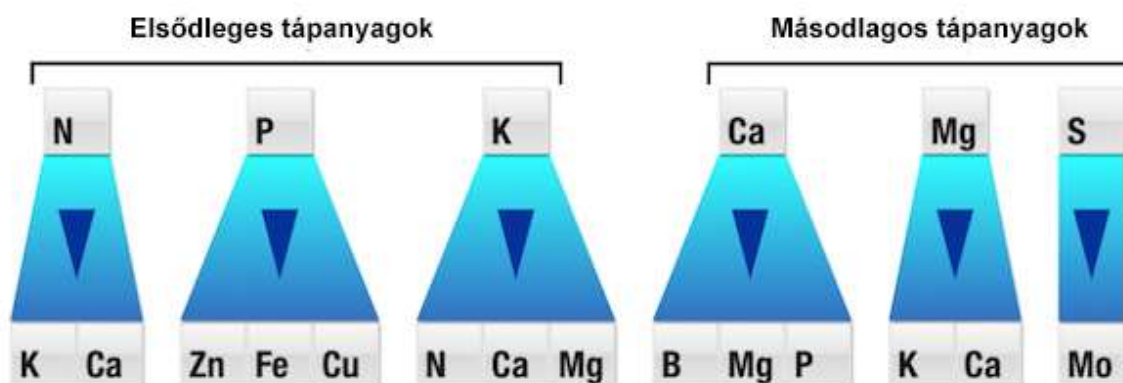
3. ábra: Gyökér és arbuszkuláris mikorrhiza kapcsolat (Fotó: DR. PARÁDI ISTVÁN)

A gomba a talaj gyökerek által elérhetetlen részeiből nagy hatékonysággal mobilizált és felvett ásványi tápanyagokat, elsősorban a foszfort juttatja a növénynek, az pedig cserébe a fotoszintézis által megtermelt cukrokkal látja el a gombát. A növény által előállított cukroknak akár a 30%-a is a gombához juthat, ám ez a kapcsolat mégis olyan előnyös a növény számára, hogy a mikorrhizával élő növények esetén a kísérleti eredmények többségében növekedési és terméshozamban mérhető előny mutatható ki a mikorrhizától megfosztott egyedekkel szemben (PARÁDI 2023). Megnövekszik a nehezen felvehető foszfor oldódása, a foszfor elérési útvonala és a növényt körülvevő foszforfeltárási régió is. Ez a réteg a mikorrhiza nélküli gyökérnél alig több, mint 0,5 cm, de a gomba segítségével a növény akár 7 cm-es távolságból is eléri, fel tudja venni a gomba által odaszállított foszfort. Ennek felvétele továbbá 1000-szer gyorsabb és 3-4-szer nagyobb mennyiségű, mint ahogy az az endofita mikorrhiza gomba nélkül megvalósulhatna (BÍRÓ 2023).

A gombák és baktériumok által termelt foszfatáz enzimek inorganikussá teszik az oldhatatlan szerves foszforformákat. Tevékenységük nélkül az elhalt élőlények maradványaiban fellelhető foszfor eltűnne a tápanyag körforgásból. A mikroorganizmusok az ásványi szervesetlen formák átalakításban is kulcsszerepet játszanak. Az ismert heterotróf mikrobák fele képes olyan szerves savak előállítására, mint például a tejsav, ecetsav, oxálsav, glükonsav, és ezzel a szervesetlen foszfátot oldatba vinni (szolubilizáció). Ennek azért is nagy a jelentősége, mert a felvehető foszfor és a talaj foszfor mennyisége 1:17 arányban oszlik meg az EU országaiban átlagosan (BÍRÓ 2023). Tehát a rendelkezésre álló foszforkészletek nincsenek kellően kihasználva, pedig abszolút értelemben megfelelő mennyiség áll rendelkezésre.

Napjainkra az okszerű tápanyagpótlás előtérbe helyeződésével felerősödött tényező a talaj tápanyagellátottsága, a kialakuló szinergista és antagonista hatások. A felesleges foszfor blokkolhatja a cink, vas, réz felvehetőségét, de ezen mikroelemek túlsúlya viszont a foszfor hozzáférhetőségét csökkenti. Gyakori ionantagonizmus, hogy a túlzott meszesség kalcium-hidrogénfoszfát képződést és kötött foszfort eredményez. A makroelemek között is figyelni kell a kiegyensúlyozottságra. A nitrogén és a foszfor fiziológiai hatásukat tekintve egymásnak antagonistái. A nitrogén a vegetatív szervek növekedésében játszik nélkülözhetetlen

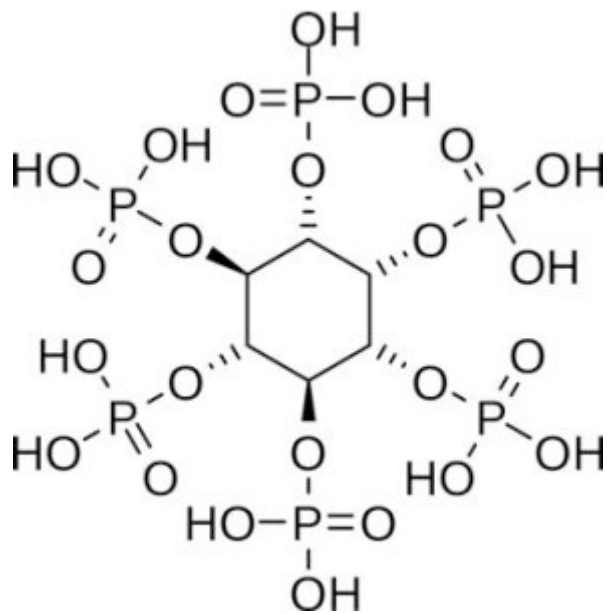
szerepet, míg a foszfor a generatív szervek megjelenését, a termésképzést serkenti. A túl sok foszfor nitrogénhiányként mutatkozik meg a növényeknél (4. ábra).



4. ábra: Tápelemek túladagolásának hatása más elemekre (Forrás:zsoty.blogspot.com)

2.2.2. Foszfor a növényben

A növény számára a felvehető kémiai foszforvegyületek a hidrogén-foszfát (H_2PO_4^-) és a dihidrogén-foszfát (HPO_4^{2-}). Az anyagáramlásból és intercepcióval felvehető foszfor mennyisége elenyésző, elsősorban diffúzióval kerül a növénybe. A növényen belüli szállítás is a foszfát vegyületekkel történik (DECSI 2023). Azonban a műtrágyával kihelyezett foszfátok még ún. feltöltő foszfortrágyázás esetén sem állnak rendelkezésre folyamatosan. Ezért is nagyon fontos tápanyag források a szerves nukleinsavak és a fitinsav, valamint ennek ásványokat kötő formája, a fitát. A különböző növényi szövetekben, különösen a gabona és egyéb magvak korpájában a fitinsav az elsődleges raktározási formája a foszfornak. Fitinsav esetén az ásványi foszfor erősen kötődik egy hópehely szerű molekulában (5. ábra). A molekula karjai ráadásul könnyen kötnek egyéb ásványi anyagokat is, mint a kalcium, magnézium, vas és cink, így ezek is nehezen hozzáférhetővé válnak (NAGEL 2010). A növény saját és a rizoszférájában élő mikroorganizmusok enzim támogatásával képes foszfátionokat leszakítani ezekből a talajba került anyagokból, melyek aztán a talajoldatból már könnyen felvehetővé válnak.



5. ábra: A fitinsav molekula (Forrás: paleokonyha.hu)

A foszfor az 5. leggyakoribb elem az élő szervezetekben. A növényekben kiemelt jelentősége van az energia tárolásában és az energia szolgáltatásban, mert alkotóeleme az ATP-nek. Az adenzin-trifoszfátot, vagy közhasználatú rövidítésben az ATP-t, a német Karl Lohmann fedezte fel 1929-ben, majd a pontos kémiai szerkezet tisztázása után 1948-ban a skót Alexander Todd állította elő mesterségesen. Azt, hogy ez a molekula az élő sejtek legfontosabb energiaforrása és egy ún. magas-energiájú foszfátkötést tartalmaz, Fritz Lippmann, az 1953-ban Nobel-díjjal kitüntetett tudós bizonyította. A baktériumoktól a gombákon és növényeken keresztül az emberig az ATP-molekula a táplálékból származó energia legfőbb raktározója, ill. szolgáltatója az életfolyamatok számára (GÁRDOS-SARKADI 1998).

A foszfornak fontos szerepe van az örökítőanyag átadásában, része az ezért felelős DNS, RNS vegyületeknek is. A DNS, vagyis dezoxiribonukleinsav minden élőlényben megtalálható biomolekula, a genetikai információkat hordozó örökítőanyag. A DNS tartalmazza többek között a géneket, amelyek nélkülözhetetlenek az élő szervezet biológiai fejlődéséhez és a sejtek anyagcseréjéhez. Minden egyes nukleotid egy foszfátgyökből, egy cukorból és négy szerves bázis egyikéből áll (SIEGFRIED 2009).

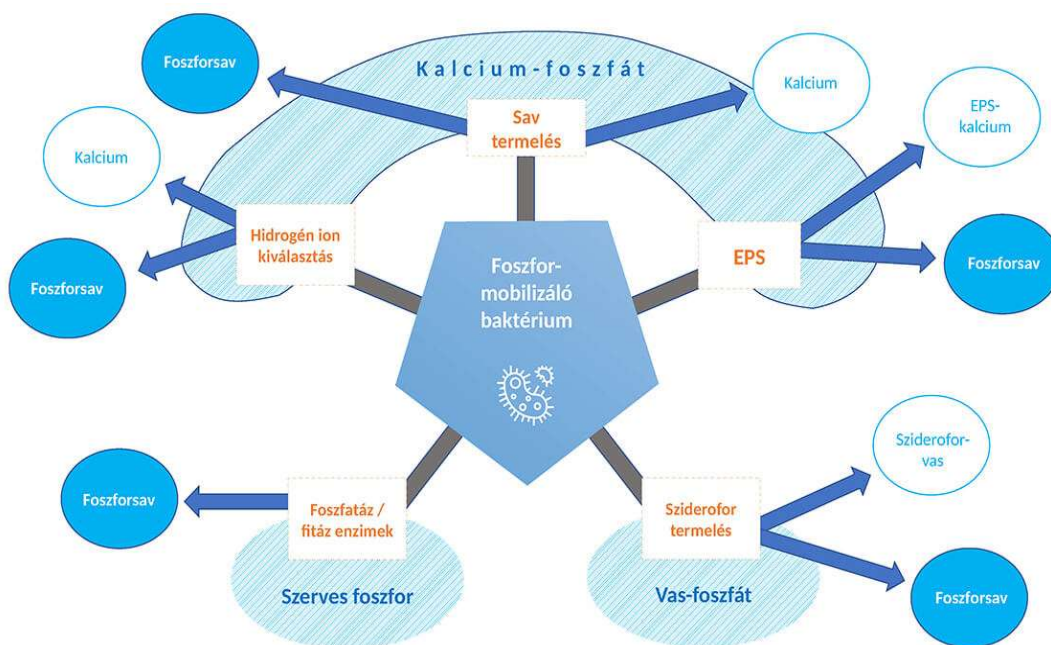
Jelenléte a gyökérképződésben, a gyökerek megerősödésében kulcsfontosságú. Hiányában a gyökerek fejletlenek lesznek, mely befolyással van a víz- és tápanyagfelvételre, a növény télállósága jelentősen csökken. Fontos tápeleme a raktározási folyamatoknak, hiányában a fehérje- cukor, keményítőszintézis lelassul, ellenben a cellulózképződés fokozódik. A virágzásra, terméskötésre, érésre gyakorolt hatása miatt hiánya ezeket késlelteti, mely végeredményben természsökkenéshez vezet.

A növények elég jól szabályozzák a foszfor háztartásukat, ezért érdemes vele kiegyensúlyozottan táplálni a növényt. Tapasztalataim ezzel ellentétesek. Meglepően sok a túlzott foszfor adag a műtrágyázási gyakorlatban. 2024-ben szinte minden esetben magas volt a növény foszforszintje a munkám során végzett levélanalízisek alapján. Ez a nitrogén felvételében okozhat gondot, és ezzel felerősítheti a más elem alacsony

sztintjéből eredő hiánytüneteket. Ilyen jellemzően hiányzó elem például a molibdén. Molibdén hiányában a nitrát akkumulációja és a biológia nitrogénkötés is problémákba ütközik, és szintén az abszolút nitrogénhiányhoz hasonló, könnyen tévútra vezető tünetet generál. Foszfor hiányában viszont nitrogén túlsúly alakulhat ki, mely szép sötétzöld színhez, de aztán antociános elszíneződéshez vezet. Érdekes figyelni a növények tartását, mely foszfor hiányában merevvé válik, és a gyökér fejletlensége is erre utal. A foszfor megfelelő szintje redukálja a vas és a réz felvételét, mely a cink felvételét támogató szinergista folyamat. A foszfor hőmérsékelt okozta relatív hiányát a növény alsó leveleinek sárgulása, majd felfelé történő fokozatos elhalása jelzi. A hajtáscsúcs növekedése a szöveti differenciálódás akadályoztatása miatt leáll. Foszfor hiányában a szaporodás is akadályozottá válik, virág- és termésképzési zavarok jelentkeznek. A foszforhiány csökkenti a gabonafélék sütőipari minőségét is, mivel gátolja a keményítő beépülését a szemekbe (DECSI 2023).

2.2.3. A foszformobilizáció mechanizmusai

Semlegestől eltérő kémhatás esetén a foszfor könnyen stabil, vízoldhatatlan vegyületeket alkot. A lúgos közegre jellemző kalcium-hidrogénfoszfát mobilizálása és a savanyú talajokra jellemző vas- és alumínium-foszfátok mobilizálása nem megoldható a növények számára. A baktériumok, gombák, sugárgombák, de még az algák egyes fajai viszont különböző mértékben és módon, de képesek a foszfor mobilizálására. (6. ábra)



6. ábra: A foszformobilizáció hatásmechanizmusai (Forrás: Talaj Plusz magazin)

A szervesen stabil foszfor formák oldhatóvá tételét foszfát-szolubilizációnak nevezzük. Ebben a folyamatban az ásványi foszfor a növények számára fontos hidrogén-foszfáttá, vagy dihidrogén-foszfáttá alakul. A mikroorganizmusok a folyamat során az ionos formát magukba zárják és életük végeztével válik az

felvehetővé a növények számára. A szolubilizáló mikroorganizmusok szerves sav kibocsátásukkal savanyítják a talajt, mely következtében az ásványi formából foszfát ionok válnak felvehetővé. A foszfáthoz kötött kationok helyét hidrogén ionok (H^+) veszik át.

A szerves foszfor mobilizálásában a vas-kelátot képező sziderofór vegyületek is részt vesznek, ugyanis a savanyú talajokra jellemző vas-foszfátok bontása és a vas átalakítása mellett szabad foszfátion is keletkezik. A mikroorganizmusok sokasága termel ilyen szolubilizációra képes sziderofór vegyületeket, ekképpen aktív részesei a foszfor mobilizálásának.

A gombák és a baktériumok egyes fajai a saját védelmükben biofilmet hoznak létre sejtfaluk külső felületén. Ez a réteg megóvjá őket a kiszáradástól, a pH hirtelen változásától, egyéb külső hatásoktól. Az ehhez felhasznált anyag a főleg szénhidrátból álló polimer, az ún. exopoliszacharid (EPS). Az EPS a védelmi funkció mellett részt vesz az oldhatatlan elemek, köztük a foszfor feltárásában is (VARGA 2024).

A foszfor biológia körforgásához alapvetően fontos a szerves anyagokban megkötött foszfor feltárása. A szerves kötések bontásához különleges enzimek termelésére van szükség. A foszfatáz enzimek termelésére a növények is képesek, de nagy mennyiségben csak savanyú talajokon használják ezeket az enzimeket. Lúgos foszfatázokat nem nagyon találunk a semleges és a lúgos közegben. Itt jóval nagyobb szerep hárul a foszformobilizáló baktériumokra és ezek foszfatáz enzim előállító képességére.

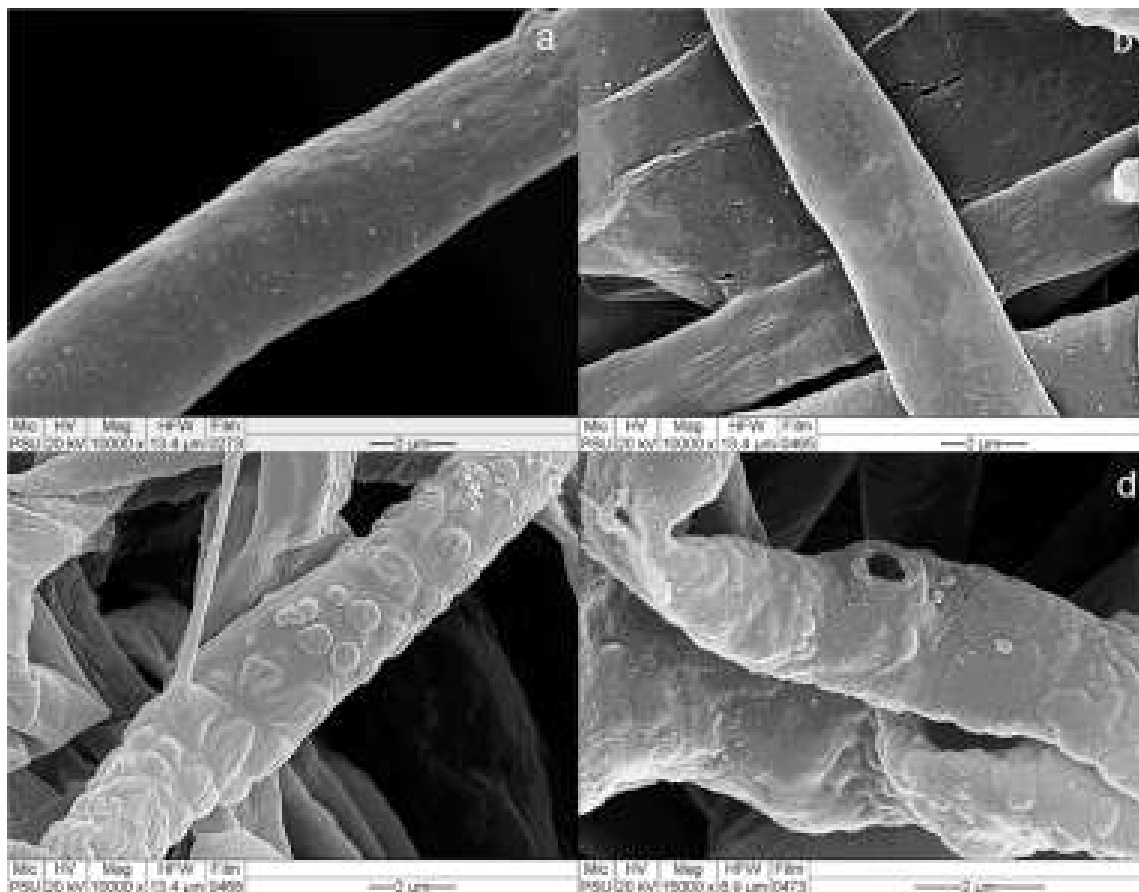
A talajban is megtalálható, de a növényi magvakban sokkal nagyobb mennyiségben beraktározott fitát bontására a fitáz enzimet előállító mikroorganizmusok jelenléte nélkülözhetetlen. A stabil szerves foszfát mineralizációjának nagy részét ezek az enzimek végzik el a foszfátionok ionkötésből történő kiszabadításával (VARGA 2024).

Újra megemlítem a sziderofór vegyületeket képző mikroorganizmusokat, melyek a szerves foszfor mobilizálása mellett képesek a szerves foszforkötések oldására is.

2.3. A *Trichoderma asperellum*

A *Trichoderma* nemzetség első említése 1794-ben történt meg, amikor Persoon fonalas bevonattal körbevett lisztszerű porként azonosította a gombát. Ma már tudjuk, hogy az akkori leírás alapját négy, egymástól független *Trichoderma* faj eredményezte. A fajok napjainkban is elfogadott, mikroszkopikus morfológiai alapon történő rendszerezése 1969-ig váratott magára (GAMS és BISSET 1998) (7. ábra).

A *Trichoderma* fajok közönséges fonalas talajgombák, melyek előfordulnak minden égvön az Antarktistól a trópusokig (DOMSCH 1980). Rendkívül alkalmazkodó szaprotróf szervezetként képesek szén-, illetve nitrogénforrásként felhasználni a környezetükben fellelhető anyagok nagy részét. Ehhez sokféle enzimet termelnek, például cellulázt, hemicellulázt, kitinázt melyekkel részt vesznek a növényi maradványok talajban történő lebontásában is. Az első talajból történő izolációjuk Oudemans és Koning nevéhez fűződik (GAMS és BISSET 1998). A *Trichoderma* világszerte elterjedtek és gyakori, nagyjelentőséggel bíró képviselői a talajok mikrobiotópjának (TURÓCZI 1999). Enzimtermelő képességük, illetve az, hogy képesek megtámadni és gátolni más gombákat óriási lehetőségeket nyújtanak a kutatásban számos területen (SAMUELS 1996).



7. ábra: *Trichoderma* T1 mikroszkóp alatt (Forrás: ScienceDirect)

2.3.1. A biokontroll hatás

A mikofungicidek olyan hasznos gombák, melyek segítségével sikeresen védekezhetünk növénykórokozó gombák ellen. Nem kémiai szerekről van tehát szó, hanem olyan élő szervezetekről, melyekkel vegyszermentes, biológiai védekezés, azaz biokontroll valósítható meg. Ennek során egy vagy több hasznos mikroszervezet környezetbe történő, célzott kijuttatásával és annak hatása révén gátoljuk meg a növénykórokozó gombák terjedését, kártételét. (KÖRMÖCZI 2018). A *Trichoderma* gombáknak kettős aktivitásuk van, mivel biokontroll és növénynövekedést serkentő tulajdonságokkal is rendelkeznek. Rendkívül gyakori alkalmazása biopeszticidként. Számos növényfajtában használják, a talajtípusra nem érzékeny és hosszú ideig fennmarad. A *Trichoderma* által termelt enzimek, metabolitok diverzifikáltsága és mennyisége sokoldalú felhasználását teszi lehetővé. A metabolitok antimikrobiális aktivitása miatt a *Trichoderma* hatékony biokontroll szer (NARASIMHA MURTHY et al. 2022).

Enzimek: celluláz, glukánáz, glükózidáz, xilanáz, kitináz, peptidáz, lipáz, glükóz-oxidáz.

Másodlagos metabolitok: pironok, laktonok, koniginik, trichoderamidok, viridinek, harzianopiridon.

Diketopiperazinok: gliotoxin és gliovirin, azaflonok, cerinoakton, trichosordarin A, harzianol A.

Hidrofinok: harziansav, harzichoterpin, trichosarcitrin, zianopiridon.

A *Trichoderma* fajokat elsősorban biológiai védekező szerként (BCA) ismerjük. A jelenlétére adott növényvédelmi válaszok a túlérzékeny válasz (HR), a szisztémás szerzett rezisztencia (SAR) és az indukált szisztémás rezisztencia (ISR) aktiválódásához kapcsolódnak. Ezek segítségével lelassítják a fertőzést és akadályozzák a kórokozó megtelepedését. A *Trichoderma* fajok antibiotikumokat termelnek, versengenek a tápanyagokért és a helyért, enzimeket szabadítanak fel, elősegítik a növények növekedését és védekező mechanizmusát hasznos katalizáló enzimek termelésével.

A β -1,3-glükánáz és a kitináz a fitopatogén gomba β -1,3-glükánját és kitinét hidrolizálják, és ezzel megakadályozhatják a gomba növekedését. A peroxidáz részt vesz a lignin polimerizációjában és a sejtfalban lévő izoditirozin hidak általi térhálósodásban, amely fizikai gátként működik a kórokozók behatolásával szemben. A polifenol-oxidáz katalizálja a fenol kinonokká történő átalakulását, amelyet a növény alaphelyzetben sebesült vagy fertőzött állapotban termelne. Tanulmányok kimutatták, hogy a *Trichoderma* spp. képes β -1,3-glükánázt és kitinázt termelni. Mindkét enzim szisztémás rezisztenciát indukálhat a növényekben (ISR). Szisztémás rezisztenciát (SAR) pedig peroxidáz és polifenol-oxidáz termelésével indukálhat (BAIYEE et al. 2018).



8. ábra: A *T. asperellum* fitopatogén gombákkal szemben agaron (Forrás: bioego.hu)

A *Trichoderma* esetében fontos tulajdonság lehet a kémiai fungicidekkel szembeni ellenállóképesség is, mely lehetőséget biztosíthat a törzsek csökkentett mennyiségű gombaellenes növényvédőszerrel történő együttes alkalmazására. A mezőgazdasági talajaink kémiai fungicidekkel történő terhelése ugyanis rezisztens

vonalak kialakulását és elterjedését eredményezi. A rezisztens törzsek kialakulása és terjedése persze nem csak a hasznos, mikofungicid hatású gombákra jellemző, hanem a növénykórokozó gombákra is, mely újabb nyomás érvként szolgál a biológiai védekezésben alkalmazható készítmények fejlesztésének szükségessége mellett (KREDICS et al. 2018).

Kereskedelmi forgalomban is több törzs mozog, sokféle megnevezéssel. Ezeket biológia védekezőszerként (BCA) alkalmazzák. A legelterjedtebb és legismertebb szer forgalomban a *Trichoderma asperellum* T1-es törzsét felhasználó Trifender WP. A törzs rendkívül gyorsan kolonizálja a növények hajszálgököreit, és kiszorítja élőhelyükről a talajban élő és onnan fertőző gombákat, védi a növényt a talajból fertőző kórokozók támadásával szemben. Labor és szántóföldi kísérletek bizonyították hatékonyságát a gazdasági károkat okozó fajokkal szemben (pl.: *Sclerotinia*, *Fusarium*, *Phytium*, *Phytophthora*) (8. ábra).

Antibiotikus hatású anyagokat termel, a patogén gombafonalakat parazitálja, növényi növekedést serkentő anyagokat termel, az egészséges rizoszféra kialakításáért is felel. Növényre permetezve indukált rezisztencia (ISR) kiváltásával ellenállóbb lesz növényünk a kórokozók támadásával szemben. Használatával a növények fotoszintetikus aktivitása is nő. Cellulózbontó hatása is van, ezáltal lehetővé teszi bizonyos mikroelemek felvételét a növények számára, illetve segíti a hasznos lebontó szervezetek munkáját a talajban. A biokontroll hatás mellett a *Trichoderma* közvetlenül is képesek serkenteni a haszonnövények növekedését, mely egyrészt növényi hormon vegyületek termelése, másrészt a tápanyagok -elsősorban foszfor- növény számára hozzáférhetővé tétele révén valósul meg (BIRÓ 2023).

2.3.2 *Trichoderma* a foszfor szolubilizálásában

Mivel a foszfát-szolubilizáló mikroorganizmusok alkalmazása a növények foszfor felszívódásának elősegítésére ígéretes fenntartható stratégia a mezőgazdasági talajok foszfor hiányának kezelésére, az elmúlt időszakban a mikroorganizmusok ezirányú vizsgálata felerősödött. A *Trichoderma* törzsek a fent említett sok jó tulajdonság miatt az egyik legtöbbet tanulmányozott fonalas gomba számos növényfaj termésének és fejlődésének javítására.

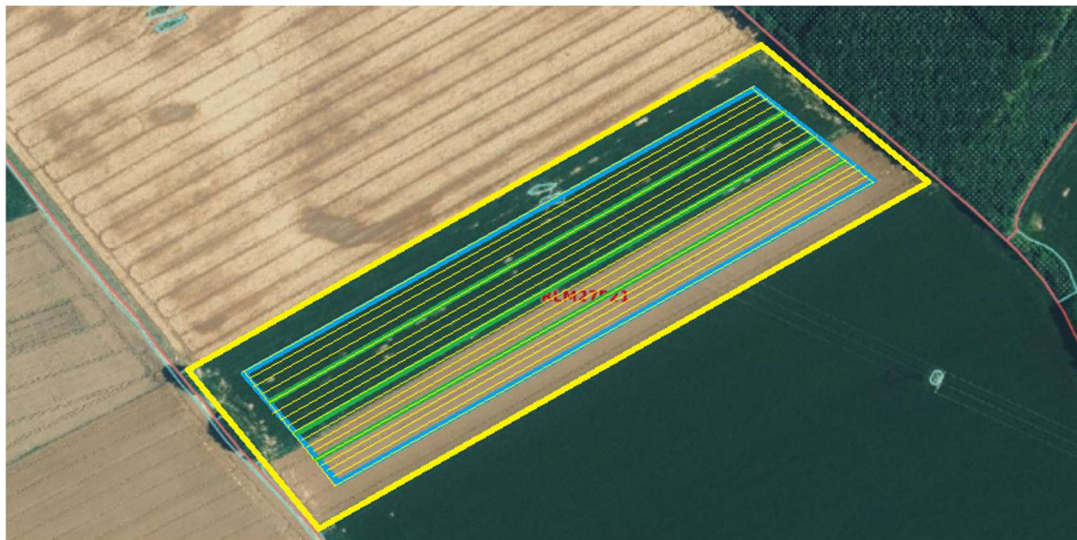
Brazíliában a mezőgazdasági termesztés eredményessége leginkább a foszfor műtrágyázástól függ. Egy itt végzett vizsgálat, mely az Amazonas esőerdőiből származó *Trichoderma* törzsek biológiai felkutatására törekedett, a következő eredményekre jutott üvegházi körülmények között, közet-foszfát és hármasszuperfoszfát gradiens mellett, szója növényben (LAURA et al. 2020).

- Az izolált *Trichoderma* törzsek 19,5%-a (49/251) képes volt foszfátot szolubilizálni. Ezenkívül ezek a törzsek különböző szerves savakat termeltek a szolubilizációs folyamat során.
- A törzsek pozitív választ mutattak a szójabab növekedésének elősegítésében (+39%).
- *Trichoderma* spp. törzsek pozitív választ mutattak a szójabab P-felvétel hatékonyságában (+41%).
- A *Trichoderma* és a foszfát műtrágya kombinációja sokkal előnyösebb lehet a növény számára, mint csak a *Trichoderma*-t használni foszforforrás nélkül, vagy foszforforrást alkalmazva *Trichoderma* nélkül.

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1. Kísérleti elrendezés és technológia

A kísérletet Somogy megyében, Somogyjád és Bodrog között, Pánger Zsolt termelő területén és közreműködésével végeztem el (9. ábra). A kísérletek talajtípusa barna erdőtalaj volt, sekély 20-30 cm termőréteggel. A kísérlet napraforgó kultúrában, 4 féle kezelés típussal és 4 ismétlésben került beállításra.



9. ábra: A kísérleti helyszín vázrajza a Google Earth felvételén

A kísérleti vetés 2023 áprilisában zajlott le, a betakarítás 2023 szeptemberében történt. A parcellák vetéstechnológia adatai a 2. táblázatban, a talajművelési munkák és a növényápolási technológiák felsorolása a 3. táblázatban találhatóak meg, időrendi sorrendben.

2. táblázat: A kísérlet során elvetett napraforgó vetéstechnológiai adatai és a parcellaméretek

Megnevezés	Adatok, paraméterek
Tőszám	56000 tő/ha
Sortáv	75 cm
Fajta	Syngenta Excellio
Parcella hossza	600 m
Parcella szélessége	9 m
Parcella területe	0,54 Ha
Ismétlések (blokkok) száma	4
Parcellák száma blokkonként	4
Összes parcella	16 db

3. táblázat: A növénytermesztési technológia műveleteinek felsorolása (Somgyjád, 2023)

Időpont	Elvégzett technológiai művelet
2022.november 20.	alpművelés (szántás)
2023. március 14.	kombinátorozás
2023 április 11.	műtrágyázás (300 kg/ha pétisó) + kombinátor
2023 április 23.	vetés+gyomirtás (2 liter/ha Racer + 1 liter/ha Spektrum)
2023 július 6.	gombaölözés (Mirador Supreme 1 liter/ha) + lombtrágyázás (2 liter/ha Energia Humin + 25 liter/ha Energia Plusz)
2023 szeptember 8.	desszikálás (Reglon Air 1,8 liter/ha)
2023 szeptember 19.	betakarítás

A kísérleti parcellák beállítása ismétlésenként eltolással történt, tehát minden ismétlés más típusú kezeléssel kezdődött. Ezzel több különböző parcella is egymás mellé kerülhetett, biztosítva a kísérleti beállítás kis mértékű variabilitását. A pontos kísérleti beállítás a 4. táblázat alapján értelmezhető.

4. táblázat: A kísérleti beállítás

Blokk	Parcella	Azonosító	Kezelések
1	1	11	50 g Phylazonit Trichon vetéssel egymenetben kijuttatva
1	2	21	100 g Phylazonit Trichon vetéssel egymenetben kijuttatva
1	3	31	200 g Phylazonit Trichon vetéssel egymenetben kijuttatva
1	4	K1	kontroll
2	5	22	100 g Phylazonit Trichon vetéssel egymenetben kijuttatva
2	6	32	200 g Phylazonit Trichon vetéssel egymenetben kijuttatva
2	7	K2	kontroll
2	8	12	50 g Phylazonit Trichon vetéssel egymenetben kijuttatva
3	9	33	200 g Phylazonit Trichon vetéssel egymenetben kijuttatva
3	10	K3	kontroll
3	11	13	50 g Phylazonit Trichon vetéssel egymenetben kijuttatva
3	12	23	100 g Phylazonit Trichon vetéssel egymenetben kijuttatva
4	13	K4	kontroll
4	14	14	50 g Phylazonit Trichon vetéssel egymenetben kijuttatva
4	15	24	100 g Phylazonit Trichon vetéssel egymenetben kijuttatva
4	16	34	200 g Phylazonit Trichon vetéssel egymenetben kijuttatva

3.2. A kísérletben használt anyagok és termékek

A kísérlet során Phylazonit termékcsalád Trichon készítményét használtam, mely készítmény a *Trichoderma asperellum* T1-es törzsét tartalmazza legalább 1×10^9 összecsíraszámban (CFU(g)). A készítményt a teljes területen üzemi technológiaként alkalmazott talajoltással egy menetben juttattuk ki. A kísérleti anyagot precíziós mérlegem mértem ki, majd kevertem lassan adagolva az eredeti talajoltó készítményhez (Phylazonit Talajregeneráló). Az előkészített keverékeket kannákban vittük a vetés helyszínére. A kijuttató rendszer szívó ágát a megfelelő kannákba helyezve, azokat a vetés során adott parcellának megfelelően cserélve biztosítottuk a tervezett kezelések 4. táblázat szerinti végrehajtását.

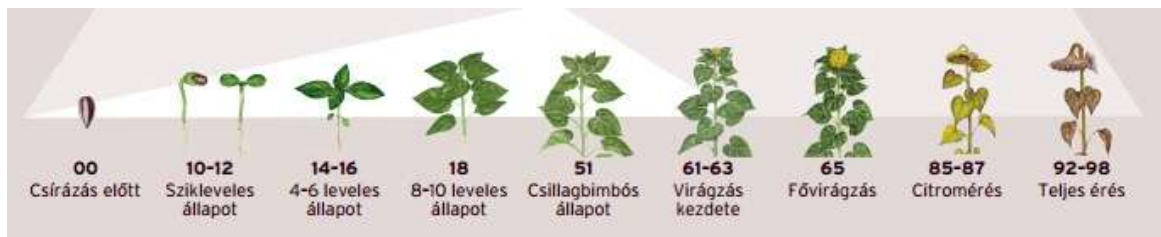
A kijuttatott folyadék mennyisége 15 liter/ha volt. A kísérlet beállítása során a kísérleti mennyiségek a magárokba injektálva kerültek kijuttatásra, értelem szerint a kontroll parcellák területei csak az üzemi technológiával lettek kezelve. A kísérleti kannák cserélése előtt azokat összeráztuk, így igyekeztem meggátolni a termék ülepedését. A kijuttatás végén ettől függetlenül maradt minimális mennyiség mindegyik kanna aljában.

A kísérletben a rövid tenyész idejű, magas olajsavas Syngenta Excellio magot használtunk.

3.3. Vizsgálati módszerek

A május elején kikelt napraforgó kelési erélyét egyszeri tőszámvizsgálattal ellenőriztem 3-4 leveles állapotban. A parcellánkénti tőszám felvételezése során minden kezelés minden ismétlésében, parcellánként 3 darab, véletlenszerűen kiválasztott 5 folyóméteren számoltam meg a kikelt napraforgó egyedek számát.

Az alapgondolat szerint a kezdeti és végső talajvizsgálattal a foszfor mennyiségének változását szerettem volna követni. A hivatalos gyakorlattól eltérve ezért 1 nappal a vetés előtt vettem talajmintát kézi talajmintavevő segítségével. Céлом az volt, hogy a kihelyezett műtrágya hatóanyag is számítson bele a vetést megelőző talajvizsgálati értékekbe. Mivel csak pétisó lett kihelyezve, a foszfor szempontjából nem is volt releváns a mintavétel időpontja. A mintavétel során blokkonként (ismétlésenként) átlósan haladva 25 mintavételi pontból vettem mintát, melyekből átlagmintát képeztem. A második talajvizsgálathoz az AgroForce Kft. gépi talajmintavételi szolgáltatását vettem igénybe. A mintákat minden egyes parcellán végighaladva parcellánként 20 mintavételi pontból vettük. Később az azonos *Trichoderma* adagokkal kezelt parcellák mintáiból képeztünk 4 db átlagmintát. A mintákat mindkét talajvizsgálat esetében az akkreditált H-Lab laboratóriumában, Debrecenben vizsgáltattam meg.



10. ábra: A napraforgó fenofázisai (Forrás: agroinform.hu)

Az állományból levélanalízis elvégzése céljából két fenofázisban is levélmintát szedtem. Az első mintázást 8-10 leveles állapotban (BBCH 18) hajtottam végre, a másodikat a fővirágzás után (BBCH 75). A vizsgálatokhoz szükséges mintavételi időpontok meghatározásához a 10. ábrán látható BBCH skálát használtam. A levélmintákat a régi leveleket és újabb hajtásokat vegyesen szedve, a parcellákban átlósan haladva szedtem meg. Minden parcellához 120 db levélből álló átlagmintát képeztem (10 db/sor). A levélanalízis vizsgálatokat mindkét esetben az Eurofins szekszárdi laborjában végezték el.

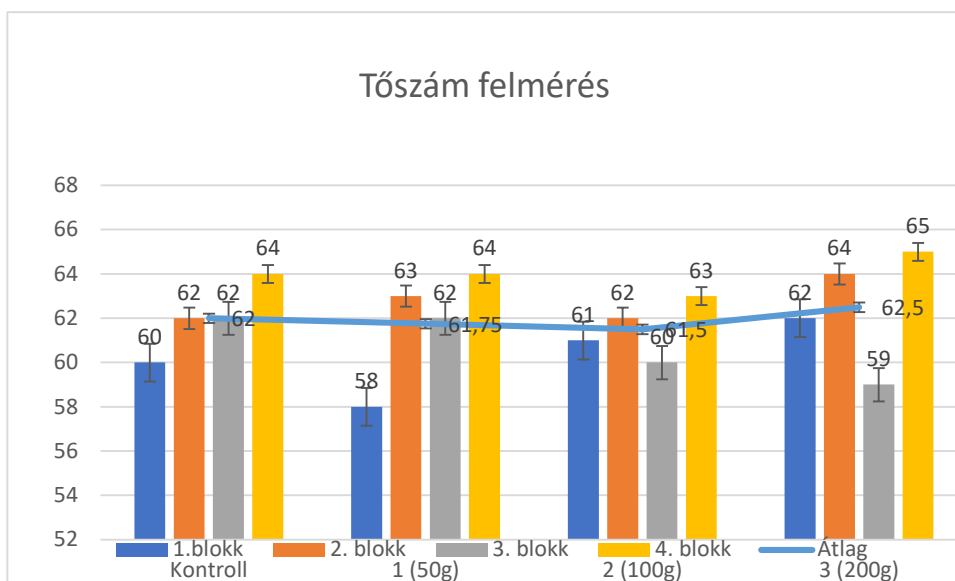
A mintavétel során számottevő vadkárt észleltem a tábla egy részén, ezt a hozam mérési eredményekben szükségesnek láttam kompenzálni.

Statisztika elemzéseket a hozam- és levelanalízis adatokkal végeztünk. Megvizsgáltuk az adatok normalitását, majd ezt követően homogenitás és függetlenség vizsgálatot hajtottunk végre. A vizsgálatokat követően egytényezős varianciaanalízist futtattunk le, majd 5%-os hibaérték mellett ($p \leq 0,05$) Tukey-HSD tesztet használtunk az átlagok összehasonlítására a vizsgált paraméterek esetében.

Az adatok statisztikai értékelése az IBM SPSS Statistics (IBM Corp, Armonk, NY, USA) program segítségével valósult meg. Az eredmények vizuális ábrázolását Microsoft Excel program segítségével végeztem.

4. EREDMÉNYEK ÉS MEGVITATÁSUK

4.1. Tőszám vizsgálat



11. ábra: A tőszám felmérés adatai

A tőszám felmérése közben az volt az érzésem, hogy nincsen különbség a parcellák között, viszonylag szabályosan, jó eréllyel kelt ki az állomány. Ezt a számok összevetése is visszaigazolta. Megemlítendő, hogy a számolás közben fény derült egy vetési hibára. A hatodik vetőelem nagy százalékban hagyott vetetlen részeket az állományban, azonban ez minden parcellában, rendszeres ismétlődéssel történt. Az összhozam szempontjából ez nyilván releváns tényező, de a hiba általánossága miatt a kísérlet szempontjából nem vettem figyelembe. Összességében megállapítható, hogy tőszám tekintetében a mérés elvégzésének idején egységesnek volt nevezhető a teljes állomány (11. ábra).

4.2. Talajvizsgálati eredmények

Az 5. táblázat összefoglalt eredményeiben sárgával emeltem ki a foszfor-pentoxid mérési eredményeit. A terület kémhatása enyhén savanyú kategóriába esik, viszont ezen belül heterogenitást mutat. A kísérleti vázrajzon is látszik, hogy az első két blokk más elővetemény múlttal rendelkezik, mint a másik kettő. Ez talán nem okozhat ekkora különbséget, az utolsó elővetemény pedig már közös volt. Engem minden esetre meglepett a fiziológiailag és talajállapotra azonosnak tűnő terület pH értékeinek szórása. A 4. blokk semlegeshez közeli pH értékét magyarázná a szénsavas mésztartalom jelenléte, mely a többi területen a nem mérhető tartományba esett., de a második talajvizsgálat alapján inkább mérési hibára vagy mésszel „szennyezett” átlagmintára gondolok. Az információk tudatában szerencsésebb lett volna parcellánként kiinduló talajmintát venni.

5. táblázat: Talajvizsgálati eredmények a kísérlet beállítása előtt (H-Lab, Debrecen)

Vizsgált paraméterek	Mérési eredmények			
	Blokk 1	Blokk 2	Blokk 3	Blokk 4
Szint mélysége (cm)	0-30	0-30	0-30	0-30
pH (KCl 1:2,5) (-)	5,26	5,33	6,07	6,61
Arany-féle kötöttségi szám (K_A)	40	38	40	40
Vízben oldható összes só (m/m%)	0,05	0,04	0,06	0,07
Szénsavas mész (m/m%)	<0,1	<0,1	<0,1	1,0
Humusz (m/m%)	1,2	1,3	1,2	1,6
Nitrogén-nitrit+nitrát (kálium-klorid oldható) (mg/kg légsz.a.)	42	37	35	31
Magnézium (kálium-klorid oldható) (mg/kg légsz.a.)	145	143	144	173
Kén (kálium-klorid oldható) (mg/kg légsz.a.)	3,0	1,7	1,6	2,0
Kálium-oxid (ammónium-laktát oldható) (mg/kg légsz.a.)	145	131	122	123
Nátrium (ammónium-laktát oldható) (mg/kg légsz.a.)	19	15	14	22
Foszfor-pentoxid (ammónium-laktát oldható) (mg/kg légsz.a.)	50	42	32	34
Réz (kálium-kloridos EDTA oldható) (mg/kg légsz.a.)	4,0	3,2	2,6	2,8
Mangán (kálium-kloridos EDTA oldható) (mg/kg légsz.a.)	228	229	207	172
Cink (kálium-kloridos EDTA oldható) (mg/kg légsz.a.)	1,5	0,9	0,5	0,6

Az aratás utáni gépi talajmintavételhez tartozó adatokban lényegesen alacsonyabb pH és némileg emelkedő foszforértékeket kaptunk (6. táblázat). A foszforértékek növekedése semmilyen összefüggést nem mutatott a kezelés fajtájával és statisztikailag sem volt szignifikáns.

6. táblázat: Talajvizsgálati eredmények a kísérlet beállítása után (H-Lab, Debrecen)

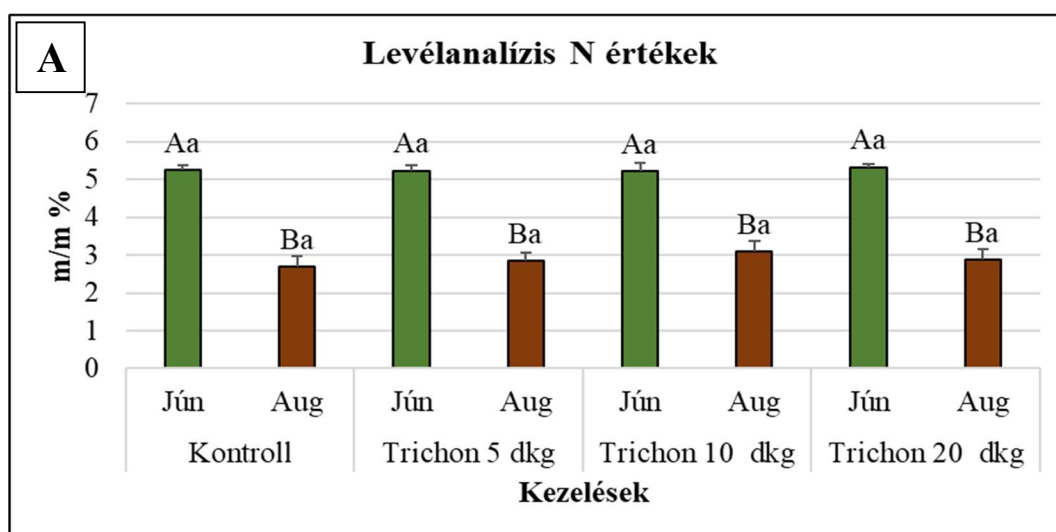
Kezelés típusa	Kontroll	1 (50g)	2 (100g)	3 (200g)
pH (KCl 1:2,5) (-)	4,85	4,79	5,16	4,78
Arany-féle kötöttségi szám (K_A)	39	39	37	39
Vízben oldható összes só (m/m%)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Szénsavas mész (m/m%)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Humusz (m/m%)	1,20	1,18	1,17	1,24
Nitrogén-nitrit+nitrát (kálium-klorid oldható) (mg/kg légsz.a.)	5,65	6,38	6,78	5,18

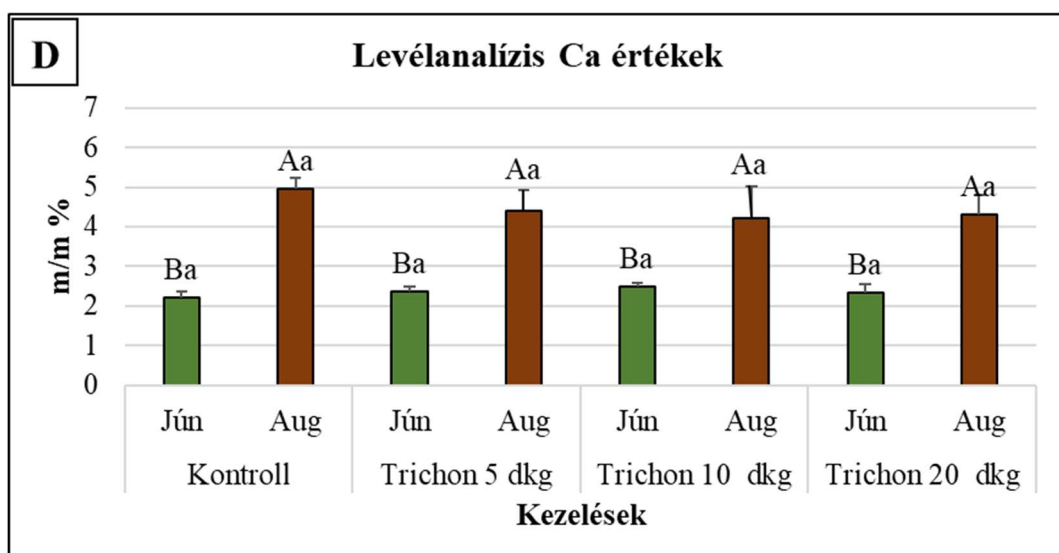
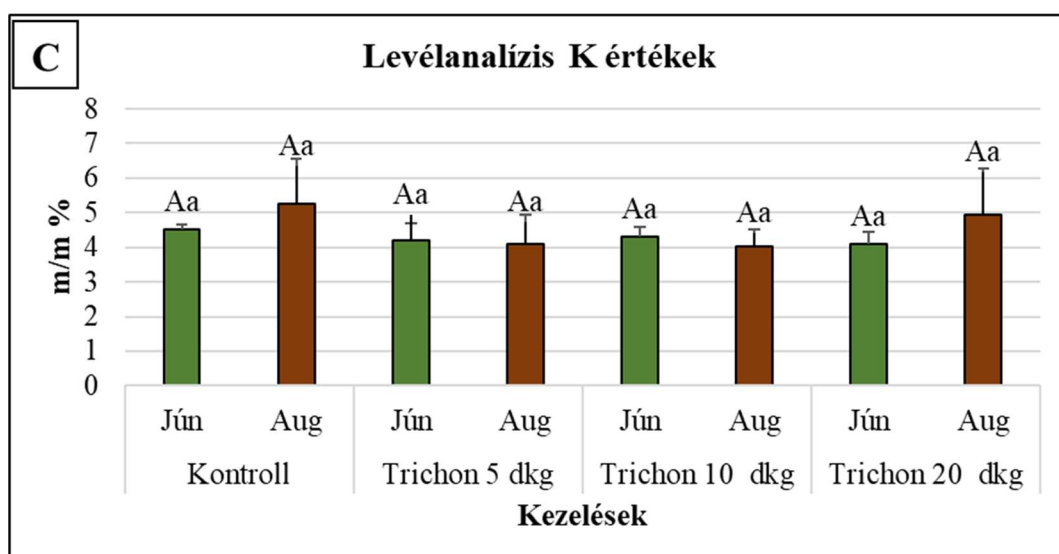
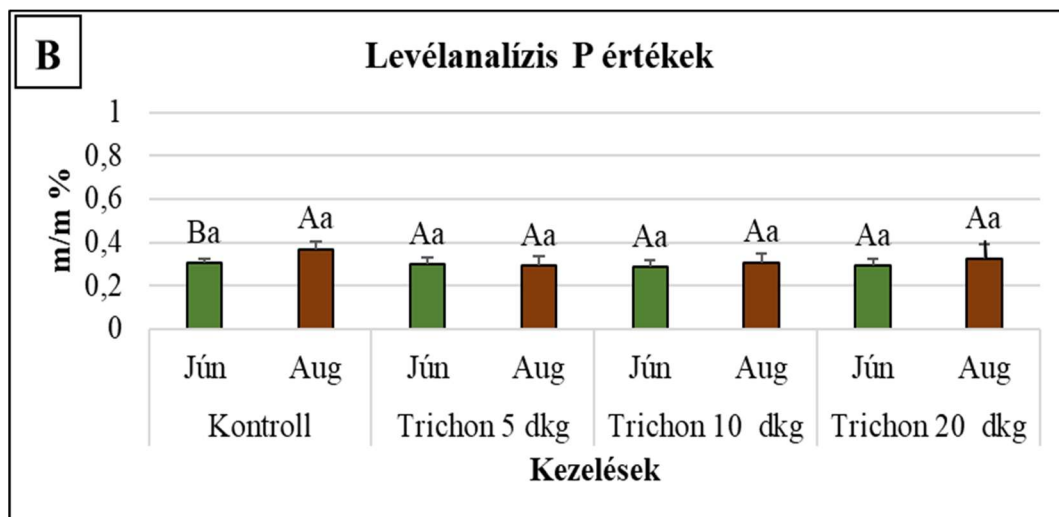
Foszfor-pentoxid (ammónium-laktát oldható) (mg/kg légsz.a.)	47,0	43,8	47,0	38,8
Kálium-oxid (ammónium-laktát oldható) (mg/kg légsz.a.)	154	153	159	159
Magnézium (kálium-klorid oldható) (mg/kg légsz.a.)	210	198	204	214
Nátrium (ammónium-laktát oldható) (mg/kg légsz.a.)	29,3	39,4	32,5	26,8
Cink (kálium-kloridos EDTA oldható) (mg/kg légsz.a.)	0,54	0,51	0,52	0,53
Réz (kálium-kloridos EDTA oldható) (mg/kg légsz.a.)	2,94	2,82	2,84	3,06
Mangán (kálium-kloridos EDTA oldható) (mg/kg légsz.a.)	250	252	241	260

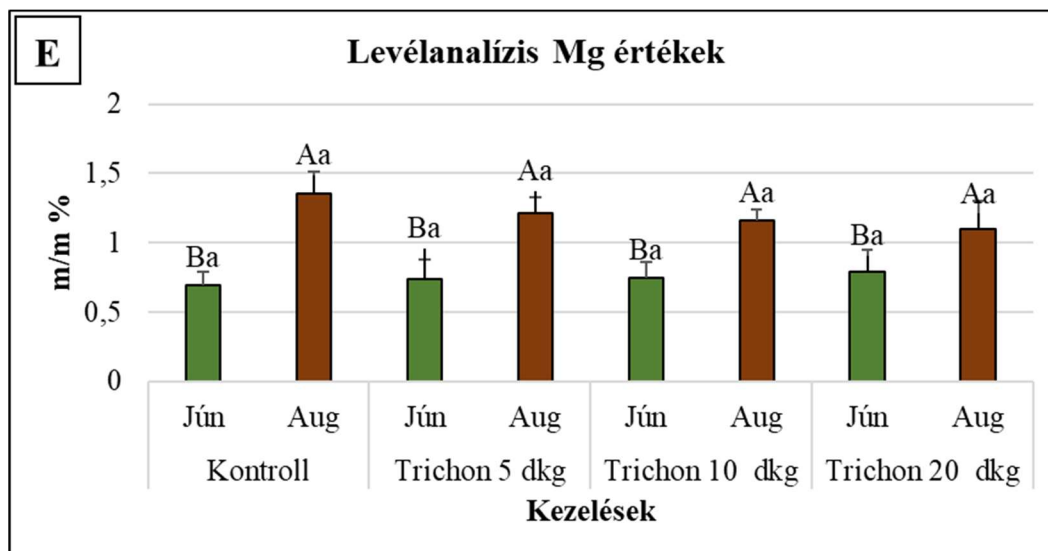
Az alacsony humusz és pH, a gyenge foszforellátottság nem kedvez a napraforgónak. Az alacsony pH értékű talaj nem a legideálisabb körülményeket biztosítja a tápanyagfelvételhez, viszont a patogén gombák jelenlétének esélyét növeli.

4.3. Levélanalízis

A levélanalízis esetében a vizsgálati hónapok eredményét is összehasonlítottuk kétmintás t-próbával az adott kezelések esetében:







12. ábra: A növényi minták átlagos elemtartalma +SD (n=4)

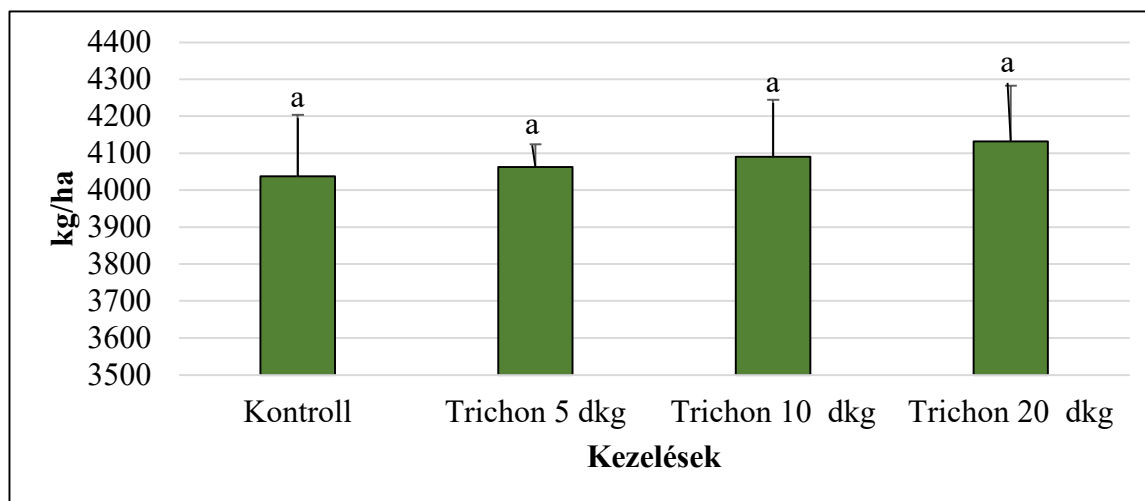
A mérések a fenofázisoknak megfelelő asszimilált tápanyagot és tápanyagvesztést mutatnak. Az oszlopok feletti eltérő kisbetűk a kezelések közötti szignifikáns különbségekre utaltak volna ($p \leq 0,05$). Az eltérő nagybetűk az adott kezelés két hónapja közötti szignifikáns eltérésekre utalnak ($p \leq 0,05$) (12. ábra).

A teljesérés idejére a nitrogén szintje szignifikánsan csökkent minden kezelés esetén. Ez természetes folyamat. A kalcium és magnézium jelenléte a második vizsgálat idejére szignifikánsan emelkedett minden kezelés esetén. Ez is normális a BBCH távolságokat figyelembe véve. A kálium és foszforértékek nem mutattak szignifikáns eltérést a két mintavétel között. Mivel a többi elem fenofázisnak megfelelő változása jól követhető a növényben, a levélanalízis által szolgáltatott foszfor adatok is relevánsak a kísérletben, lehet velük számolni. Ez alapján a foszfor felvételének dinamikáját nem változtatta meg egyik kezelés sem a növényben.

4.4. Terméseredmények

A termésátlagok 2045 kg és 2320 kg között alakultak parcellánként. A kontroll parcellák eredményeit jelentős mértékben nem haladták meg a kezelt parcelláról betakarított mennyiségek, a növekvő kísérleti mennyiségekhez mérve enyhe növekvő tendencia mutatkozott a hozamokban.

A 13. ábrán látható, hogy a legnagyobb átlagos terméshozam a 200 grammal kezelt napraforgó parcellák esetében mutatkozott (4131,94 kg/ha), azonban elmondhatjuk, hogy a különböző kezelések esetében statisztikailag igazolható különbség nem volt kimutatható, mivel az elvégzett statisztikai elemzésben az oszlopok feletti eltérő betűk utalnának szignifikáns különbségekre ($p \leq 0,05$). A végeredményre esetleg befolyással lehetett, hogy a Trichoderma asperellum biokontroll hatása a kései fenofázisokban már jelentkezett, ami a termésvesztés csökkenésével járt. Így a legmagasabb csíraszámú kezelt területen lett a legnagyobb hozam – nem szignifikáns eredménnyel.



13. ábra: Különböző dózisú Trichoderma készítmény hatása a napraforgó átlagos termés hozamára +SD (n=4).

4.5. Következtetések

A kísérlet során nyert adatok alapján azt állapítottam meg, hogy a *Trichoderma asperellum* jelenléte a gyökérszónában nem okoz szignifikáns tápanyagtöbbletet foszforból a napraforgó növény számára. A levélanalízis alapján a növényi tápanyagfelvételében a gomba foszfát szulobilizáló tevékenysége nem mutatkozott meg, többlet foszfor felvételére nem került sor. A kísérlet kezdetén és végén elvégzett talajvizsgálatok sem mutattak a mikroorganizmus tevékenységére utaló elmozdulást a talaj foszforkészletében.

Vizsgálataim azt mutatták, hogy a *Trichoderma asperellum* T1-es törzse a beállított mennyiségekkel nem okozott változást a növény tápanyagfelvételi dinamikájában. Ennek következtében a betakarított mennyiségre se volt szignifikáns hatása. A különböző csíraszámú kezelések között sem lehetett érdemi különbséget kimutatni.

Az eredménytelen kísérlet ellenére azt gondolom, hogy a *Trichoderma asperellum* T1-es törzse képes foszfort mobilizálni megfelelő körülmények között. A munka során megismert szakcikkek, publikált eredmények csak megerősítettek ebben. Viszont több tényező is negatív befolyással volt az általam beállított kísérletre.

A kísérlet egy heterogén területen zajlott, a betakarítás utáni talajvizsgálat 4,78 és 5,16 közötti pH értéket mutatott ki. Ez alapvetően nem kedvez a foszfor felvételének, viszont a patogén gombák jelenléte erősödik az ilyen savanyú közegben. A levélanalízis mintázása közben ennek látható nyomai is voltak, több egyed kidőlt szárhothadás miatt és jelentős mennyiségű fehér micélium szövedéket is észleltem a napraforgók tövében. Ez általában igaz volt az egész táblára, pedig a *Trichoderma* törzsek biokontroll hatása miatt én csak a kontroll parcellákon számítottam ilyen mértékű fertőzésekre. Egyértelmű, hogy a teljes táblára jellemző volt a fertőzöttség, ez pedig megkérdőjelezi a *Trichoderma* aktív jelenlétét is. Elképzelhető, hogy a kihelyezett mennyiségek nem voltak elégségesek a rizoszféra mikrobiológiai biomjának azonnali megváltoztatására.

A kezdeti foszforállapot változására érdemes lehet egy korábbi fenofázisban, 3-4 leveles állapotban elvégezni egy levélanalízist és egy gyökértömeg mérést, hogy a gyökér- és növény fejlődés korai szakaszában észlelhető-e már a *Trichoderma* aktivitása és annak mértéke, különböző dózisok mellett.

A kérdésre, hogy a *Trichoderma* gomba spórák dormanciája egyáltalán megszakadt-e a kihelyezés során, feléledt-e, nekiállt-e szaporodni a gyökérszónában, egy mikrobiológia mérésekkel támogatott talajvizsgálat tudott volna választ adni. A megfelelő mennyiségű és releváns adat beszerzéséhez több mérésre lett volna szükség. Minden bizonnyal érdemi információkat hordozott volna, ha parcellánként és professzionális eszközökkel végezzük el a talajvizsgálatokat. Az első talajvizsgálat kézzel vett mintái is hoztak megkérdőjelezhető eredményeket, gondolok itt a 4. blokk pH értékére és savas mésztartalom adatára, ami teljesen eltért a tábla többi részétől. Sajnos a pontos, kellő számú méréshez nem volt meg az anyagi hátterem, így az átfogó és érdemi statisztikai elemzés hiányzik a talajvizsgálat tekintetében.

A terület eleve nagyon alacsony felvehető foszforszintje is negatív hatással lehetett a különbségek mérhető kimutatására. Itt kell megemlíteni azt is, hogy érdemes lett volna egy teljes foszfor (kötött és felvehető) vizsgálatot is csinálni a területen, az is újabb információval szolgált volna a foszfor változásával kapcsolatban.

A szerzett tapasztalatok alapján a foszformobilizálás érdemi vizsgálatához nagyobb eszköz és/vagy anyagi kapacitás, vagy lényegesen egyszerűbb, jól nyomonkövethető megközelítés szükséges.

5. ÖSSZEFOGLALÁS

Napjainkra felerősödtek azok a törekvések, melyek a konvencionális termeléstől eltérően innovatív, környezetbarát megoldásokkal próbálják meg növelni a termesztett növények hozamát, kiegészíteni az integrált növényvédelmet, vagy épp csökkenteni a költségeket. A növények fejlődésére kedvezően ható, a kártevők visszaszorítását természetes úton megvalósító mikrobiológiai készítmények szerepe és a hozzájuk kapcsolódó tudásanyag folyamatosan nő. A témában a kísérlet kezdetekor a következő kérdésekre kerestem a választ:

Egy forgalomba kerülő *Trichoderma* termék képes-e változást eszközölni a talaj foszforkészletében, ez meg tudja-e változtatni a napraforgó tápanyagfelvételi dinamikáját?

Hogyan hat egy *Trichoderma* faj különböző mértékű jelenléte a talaj foszforkészletére és a talajban fejlődő növény foszforfelvételére, hozamára?

Az adatgyűjtés időszakában talajmintát vettem, leveleket gyűjtöttem, lehetőségeimhez mérten számos vizsgálatot végeztettem laboratóriummal, és a feladat befejezésével a következő megállapításokat tettem:

Megállapítást nyert, hogy kísérletemben a *Trichoderma asperellum* szignifikáns hatást nem gyakorolt sem a napraforgó tápanyagfelvételére, sem a talaj foszforkészletének változására. A statisztikailag nem értelmezhető eredmények arra alkalmasak, hogy irányt mutassanak hasonló kísérletek beállításához.

A talajvizsgálatok kezdeti és záró vizsgálatai alapján statisztikailag nem lehetett megállapítani, hogy a *Trichoderma asperellum* és annak különböző dózisokban kihelyezett mennyisége hatást gyakorolt volna a talaj foszforkészletére.

A levélanalízisek alapján nem találtam statisztikailag igazolható különbségeket a felvett foszfor szintjében és értelemszerűen a kihelyezett különböző kísérleti mennyiségek vonatkozásában sem.

A terméseredmény ugyan emelkedő tendenciát mutatott a legnagyobb dózisú kezelés (200 g) irányába, de a különbség nem volt szignifikáns sem a kontroll, sem az alacsonyabb dózisú kezelésekhez képest.

Bár a *Trichoderma* kezeléseim hatására nem történtek érdemi változások sem a napraforgó, sem a talaj foszforkészletében, azt gondolom, a *Trichoderma* gombákban rejlő gazdasági előnyök kiaknázása érdekében érdemes tovább vizsgálni a kérdéskört és további vizsgálatokat, tartamkísérleteket beállítani a témában. Könnyen elképzelhetőnek tartom, hogy a különböző mikrobiológiai-növényi kapcsolatok más-más eredményeket hoznak a kísérletekben párosított fajok, törzsek diverzifikációjától függően. Az abiotikus tényezőket sosem lehet teljesen kizárni, de több kultúrnövény és több talajtípus egyidejű bevonásával pontosabb ismereteket fogunk szerezni a *Trichoderma asperellum* T1-es törzse és a többi *Trichoderma* törzs tápanyagfeltárási tevékenységéről, és ezáltal fontos szereplői lehetnek a jövő fenntartható mezőgazdaságának.

„Az igazi élvezet maga a találgatás, a megoldás csupán értéktelen jutalom. A legfőbb gyönyörűség, ha egy titokban újabb titok rejtőzik, abban egy másik és így tovább.” (PIRINCCI)

6. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönetem fejezem ki az Agrova Kft-nek, hogy vizsgálataimhoz rendelkezésemre bocsájtotta a kísérletek beállításához szükséges anyagot.

Köszönöm Pánger Zsoltnak a kísérleti terület biztosítását és a nélkülözhetetlen szakmai és gépi segítséget a kísérlet beállítása során.

Köszönöm az önzetlen szakmai segítséget munkatársaimnak, Dr. Varga Sándornak és Csatári Gábornak, melyet a szakdolgozat elkészítéséhez nyújtottak,

Köszönetem szeretném kifejezni konzulensemnek, Dr. Madarász Balázs egyetemi docensnek türelméért és a konstruktív tanácsaiért.

7. IRODALOMJEGYZÉK

1. ANTAL JÓZSEF: Növénytermesztéstan 2. (2005) – DR. PEPÓ PÉTER: Napraforgó 223-234 o.
2. BICSKEI KÁROLY (2008): Hogyan termesszünk Napraforgót, NSZFI-Növénytermesztés modul
3. BÍRÓ BORBÁLA (2023): Biológiai taljerő gazda(g)ság 11., Mezőhír, 2023/10
4. BÍRÓ BORBÁLA (2023): A foszfor-ellátás javítása a biológiai életerő fokozásával a talaj-növény-mikróba rendszerben, Talaj Plusz Magazin I. évfolyam/3. szám
5. BURHANAH HAIYEE, SHIN-ICHI ITO, ANURAG SUNPAPAO (2019): Trichoderma asperellum T1 mediated antifungal activity and induced defense response against leaf spot fungi in lettuce (Lactuca sativa L.), Physiological and Plant Pathology vol 106.
6. DOMSCH, K.H., GAMS, W., ANDERSON (1980): Compendium of soil fungi, Vol. 1. Academic Press, London
7. DR. SEBESTYÉN ENDRE, GYULAI BALÁZS (2011): Adalékok a napraforgó trágyázásához, Agrárágazat
8. DR. DECSI KINCŐS (2023): A foszfor növényélettani szerepe, Mezőhír 2023/5
9. DR. PARÁDI ISTVÁN (2023): Néhány szó a mikorrhizáról és a mikorrhiza inokulumokról, Mezőhír 2023/8
10. DR. PIUKOVICS LÁSZLÓ (2022): Napraforgó termesztés aszályos körülmények között, Mezőhír
11. GAMS, W., BISSET, J. (1998): Morphology and identification of Trichoderma
12. GÁRDOS GYÖRGY – SARKADI BALÁZS (1998): Az ATP – az élet tüzelőanyaga, Természet világa 129/2 évf.
13. IFJ. PETROHAY GYÖRGY (2016): Tarlóbontás más szemszögből, Agrárágazat
14. JUHOS KATALIN (2023): A talajkímélő művelés hosszútávú hatása, Agrárágazat 2023/4
15. KÖRMÖCZI PÉTER (2018): Trichoderma alapú mikofungicidek, BioKultúra 2018/1-2
16. KÖZPONTI STATISZTIKAI HIVATAL WEBOLDALA//<https://www.ksh.hu/>
17. KREDICSLÁSZLÓ, MANCZINGER LÁSZLÓ, NAGY VIKTOR DÁVID, VÁGVÖLGYI CSABA (2018): Gomba gombának farkasa – Trichoderma alapú mikofungicidek, Biokontroll Hungária
18. LAURA BONONI, JOSIANE BARROS CHIARAMONTE, CAMILA CRISTIANE PANSA, MARTA ALVES MOITINHO&ITAMAR SOARES (2020): Phosphorus-solubilizing Trichoderma spp. from Amazon soils improve soybean plant growth, Nature.com/Scientific reports
19. NARASHIMA MURTHY KONAPPA, UDAYASHANKAR, C. ARAKERE, SHUBHA JAGANNATH, SOUMYA KRISHNAMURTHY, SRINIVAS CHOWDAPPA (2022): Microbial bio-pesticide as sustainable solution for management of pests – Biopesticides Vol 2.
20. RAMIEL NAGEL (2010): Együttélés a fitinsavakkal
21. SAMUELS, G.J.: TRICHODERMA (1996): A review of biology and systematics of the genus
22. SIEGFRIED NIESE (2009): HEVESY GYÖRGY 1885-1966 – Tudomány határok nélkül – A foszfor kicserélődése a DNS-ben
23. SZELECKI ATTILA (2024): A felgyorsult klímaváltozás kihívást jelent a napraforgó hibrideknek, syngenta
24. SZENTES DÓRA (2021): Tápelem tipikusan relatív hiányban – a talaj foszfortartalma (Agronapló)
25. SZÉLES FERENC (2022): 5 érdekesség, amit jó tudni a napraforgóról, Agrár Oldal

26. TURÓCZI GYÖRGY (1999): Biológiai védekezés növényi kórokozókkal szemben
27. VARGA SÁNDOR (2020): Foszfor a talajban: Mikroorganizmusok szerepe a növények foszforellátásában, Agrárágazat 2020/11
28. VARGA SÁNDOR (2024): Mikroorganizmusokkal a felvehető foszforért, Talaj Plusz Magazin, II. évfolyam/2.szám

INTERNETES HIVATKOZÁSOK

29. <https://hu.wikipedia.org/wiki/Foszfor>
30. <https://hu.wikipedia.org/wiki/Napraforgo>
31. https://www.agroinform.hu/kerteszeti_szoleszet/van-eleg-tapanyag-a-talajban-a-noveny-megis-ehezik-mit-tehetunk-44277-001

ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra: Napraforgó és részei (Forrás: ResearchGate).....	7
2. ábra: A talaj kémhatás és a foszforfelvétel összefüggései (Forrás: agromasters.hu)	9
3. ábra: Gyökér és arbuszkuláris mikorrhiza kapcsolat (Fotó: DR. PARÁDI ISTVÁN)	11
4. ábra: Tápelemek túladagolásának hatása más elemekre (Forrás:zsoty.blogspot.com)	12
5. ábra: A fitinsav molekula (Forrás: paleokonyha.hu)	13
6. ábra: A foszformobilizáció hatásmechanizmusai (Forrás: Talaj Plusz magazin)	14
7. ábra: Trichoderma T1 mikroszkóp alatt (Forrás: ScienceDirect)	16
8. ábra: A T. asperellum fitopatogén gombákkal szemben agaron (Forrás: bioego.hu)	17
9. ábra: A kísérleti helyszín vázrajza a Google Earth felvételén	19
10. ábra: A napraforgó fenofázisai (Forrás: agroinform.hu)	22
11. ábra: A tőszám felmérés adatai	23
12. ábra: A növényi minták átlagos elemtartalma +SD (n=4)	27
13. ábra: Különböző dózisu Trichoderma készítmény hatása a napraforgó átlagos termés hozamára +SD (n=4).....	28

TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE

1. táblázat: Különböző PGPR baktériumtörzsek képességei a Phylazonit Kft. mérései alapján	5
2. táblázat: A kísérlet során elvetett napraforgó vetéstechnológiai adatai és a parcellaméretetek	19
3. táblázat: A növénytermesztési technológia műveleteinek felsorolása (Somgyiád, 2023).....	20
4. táblázat: A kísérleti beállítás	20
5. táblázat: Talajvizsgálati eredmények a kísérlet beállítása előtt (H-Lab, Debrecen)	24
6. táblázat: Talajvizsgálati eredmények a kísérlet beállítása után (H-Lab, Debrecen)	24

MELLÉKLETEK JEGYZÉKE

1. Melléklet: Napraforgómag termesztése Magyarországon 2019-2023 (Forrás: KSH)	37
2. Melléklet: Mintavételezés a kísérleti táblában – 2023. augusztus (Forrás: saját fotó)	37
3. Melléklet: Betakarítás és hozam mérése – 2023. szeptember (Forrás: saját fotó)	38
4. Melléklet: Talajmintavétel betakarítás után – 2023. október (Forrás: saját fotó)	38
5. Melléklet: Hozamok statisztikai elemzése (Tukey és LSD teszt) (Forrás: saját elemzés).....	39

NYILATKOZAT

Tóth Gábor József (hallgató Neptun azonosítója: LDIP5R) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védeésre **javaslom** / **nem javaslom**¹.

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

Kelt: Budapest, 2024. év november hó 4. nap



belső konzulens

¹ A megfelelő aláhúzendó.

² A megfelelő aláhúzendó.

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Tóth Gábor József

A Hallgató Neptun kódja: LDIP5R

A dolgozat címe: A Trichoderma asperellum hatása a napraforgó tápanyagfelvételére

A megjelenés éve: 2024

A konzulens intézetének neve: MATE Budai Campus Környezettudományi Intézet

A konzulens tanszékének a neve: Agrárkörnyezettani 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 valótlan állítottnak veszem, 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 MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumba. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
 - titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után
- nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumban.

Kelt: Kiskorpad 2024. év november hó 04. nap



Hallgató aláírása

MELLÉKLETEK

1. Melléklet: Napraforgómag termesztése Magyarországon 2019-2023 (Forrás: KSH)

Területi egység neve	Területi egység szintje	2019	2020	2021	2022	2023
Betakarított terület, hektár						
Budapest	főváros, régió	3 406	82	27	367	70
Közép-Dunántúl	régió	52 623	56 417	60 065	65 511	66 245
Nyugat-Dunántúl	régió	29 378	30 668	31 943	32 731	32 414
Dél-Dunántúl	régió	74 760	79 468	84 827	91 661	94 231
Észak-Magyarország	régió	63 590	75 300	89 837	84 912	78 836
Észak-Alföld	régió	166 085	189 663	200 735	209 180	206 534
Dél-Alföld	régió	134 773	147 262	152 649	158 332	160 760
Ország összesen	ország	564 112	612 565	654 693	679 595	674 202
Betakarított összes termés, tonna						
Budapest	főváros, régió	11 317	113	85	531	162
Közép-Dunántúl	régió	162 295	149 570	172 149	134 684	201 175
Nyugat-Dunántúl	régió	83 713	88 030	92 767	86 450	92 938
Dél-Dunántúl	régió	240 305	248 977	238 378	241 924	304 951
Észak-Magyarország	régió	193 230	199 209	238 887	143 139	234 111
Észak-Alföld	régió	506 258	523 759	537 787	348 989	586 109
Dél-Alföld	régió	392 032	397 463	393 473	274 733	449 082
Ország összesen	ország	1 706 851	1 697 961	1 757 713	1 286 195	1 970 150
Termésátlag, kg (hektár)						
Budapest	főváros, régió	3 320	1 380	3 150	1 450	2 310
Közép-Dunántúl	régió	3 080	2 650	2 870	2 060	3 040
Nyugat-Dunántúl	régió	2 850	2 870	2 900	2 640	2 870
Dél-Dunántúl	régió	3 210	3 130	2 810	2 640	3 240
Észak-Magyarország	régió	3 040	2 650	2 660	1 690	2 970
Észak-Alföld	régió	3 050	2 760	2 680	1 670	2 840
Dél-Alföld	régió	2 910	2 700	2 580	1 740	2 790
Ország összesen	ország	3 030	2 770	2 680	1 890	2 920

2. Melléklet: Mintavételezés a kísérleti táblában – 2023. augusztus (Forrás: saját fotó)



3. Melléklet: Betakarítás és hozam mérése – 2023. szeptember (Forrás: saját fotó)



4. Melléklet Talajmintavétel betakarítás után – 2023. október (Forrás: saját fotó)



5. Melléklet: Hozamok statisztikaelemzése (Tukey és LSD teszt) (Forrás: saját elemzés)

	(I) Kód	(J) Kód	Mean Difference (I- J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	Kontroll	1. kezelés	-25,4630	99,04685	,994	-319,5233	268,5973
		2. kezelés	-53,2407	99,04685	,948	-347,3010	240,8196
		3. kezelés	-94,9074	99,04685	,775	-388,9677	199,1529
	1. kezelés	Kontroll	25,4630	99,04685	,994	-268,5973	319,5233
		2. kezelés	-27,7778	99,04685	,992	-321,8381	266,2825
		3. kezelés	-69,4444	99,04685	,895	-363,5047	224,6159
	2. kezelés	Kontroll	53,2407	99,04685	,948	-240,8196	347,3010
		1. kezelés	27,7778	99,04685	,992	-266,2825	321,8381
		3. kezelés	-41,6667	99,04685	,974	-335,7270	252,3936
	3. kezelés	Kontroll	94,9074	99,04685	,775	-199,1529	388,9677
		1. kezelés	69,4444	99,04685	,895	-224,6159	363,5047
		2. kezelés	41,6667	99,04685	,974	-252,3936	335,7270
LSD	Kontroll	1. kezelés	-25,4630	99,04685	,801	-241,2675	190,3416
		2. kezelés	-53,2407	99,04685	,601	-269,0453	162,5638
		3. kezelés	-94,9074	99,04685	,357	-310,7119	120,8971
	1. kezelés	Kontroll	25,4630	99,04685	,801	-190,3416	241,2675
		2. kezelés	-27,7778	99,04685	,784	-243,5823	188,0268
		3. kezelés	-69,4444	99,04685	,497	-285,2490	146,3601
	2. kezelés	Kontroll	53,2407	99,04685	,601	-162,5638	269,0453
		1. kezelés	27,7778	99,04685	,784	-188,0268	243,5823
		3. kezelés	-41,6667	99,04685	,681	-257,4712	174,1379
	3. kezelés	Kontroll	94,9074	99,04685	,357	-120,8971	310,7119
		1. kezelés	69,4444	99,04685	,497	-146,3601	285,2490
		2. kezelés	41,6667	99,04685	,681	-174,1379	257,4712

Descriptive Statistics

Dependent Variable: Kilogramm

Kód	Mean	Std. Deviation	N
Kontroll	4037,0370	167,18028	4
1. kezelés	4062,5000	61,59322	4
2. kezelés	4090,2778	154,45210	4
3. kezelés	4131,9444	151,27393	4
Total	4080,4398	130,45236	16