

Futó Péter

**„A *KLEBSORMIDIUM FLACCIDUM* FONALAS ZÖLDALGA FIZIOLÓGIAI ÉS  
BIOTECHNOLÓGIAI VIZSGÁLATA - FOTOSZINTÉZIS, NÖVÉNYI HORMONTERMELÉS ÉS  
TALAJJAVÍTÓ KÉPESSÉG”**

**című doktori (PhD) értekezésének bírálata  
(nyilvános vitára)**

A bírálat elkészítésekor a *Pannon Egyetem Kémiai és Környezettudományi Doktori Iskola* doktori (PhD) értekezés elbírálásához küldött javaslataiban leírt szempontokat vettem figyelembe.

A doktori értekezés elkészítésének célja annak igazolása, hogy a Jelölt a tudományterületén birtokában van a doktori fokozat megszerzéséhez szükséges szintű szakmai tudásnak, ismeri és alkalmazni tudja a szakmai információ forrásokat és eszközöket, valamint rendelkezik azzal az integrált szemlélettel és eszköztárral, amely lehetővé teszi a felmerülő szakmai kérdések kezelését és megoldását, továbbá képes egy precízen körülhatárolt tudományos feladat végrehajtására.

### **I. Általános rész**

A doktori (PhD) disszertáció újszerű és multidiszciplináris kutatást tárgyal a *Klebsormidium flaccidum* nevű fonalas mikroalga biotechnológiai lehetőségeinek vizsgálatáról. A dolgozat három alappillére: 1. ökofiziológiai vizsgálatok (hőmérséklet- és fényadaptáció, fotoszintetikus és növekedési paraméterek, stressz-tolerancia), 2. növényi hormonok termelésének kimutatása (brassinoszteroidok kimutatása biológiai tesztekkel és műszeres analízissel), 3. talajjavítási alkalmazás (biológiai talajréteg kialakítása, talajfizikai tulajdonságok javítása, erózió mérséklése).

A kutatás újdonsága abban rejlik, hogy egy Magyarországon izolált, barlangi eredetű *Klebsormidium* törzs átfogó vizsgálatát végezte el. Ez az első alkalom, hogy tudományos igazolást nyert:

- ez a törzs még szántóföldi körülmények között is gyorsan és hatékonyan képes biológiai talajkéreg kialakítására,
- jelentős mértékben javítja a talaj fizikai, hidrológiai és biológiai tulajdonságait, valamint csökkenti a talajeróziót,
- széles ökofiziológiai tűréstartománnyal rendelkezik, de jól alkalmazkodott a barlangi, alacsony fényintenzitású környezethez is,
- ezen túlmenően jelentős mennyiségű endogén brasszinoszteroidot termel, ami növeli biostimuláns potenciálját.

A kutatás különlegessége, hogy mind az alapkutatás, mind a mezőgazdasági gyakorlat számára fontos új tudományos eredményeket szolgáltat:

- elősegítheti a fenntartható talajhasználatot,
- alternatívát kínál a környezetbarát talajoltási technológiák fejlesztéséhez,
- bővíti a mikroalgák hormonális vizsgálatának módszertani hátterét,
- hozzájárul az algák evolúciós és ökológiai szerepének jobb megértéséhez.

A Jelölt álláspontja szerint a jövőben érdemes lenne tanulmányozni a *Klebsormidium* törzs hosszú távú hatásait, más előnyös talajmikroorganizmusokkal való

kölcsönhatásait, valamint a technológia különböző mezőgazdasági modellekben és eltérő éghajlati körülmények között történő tesztelését.

A szövegszerkesztővel szerkesztett doktori (PhD) értekezés összeállítása megfelel tudományos közleményeknél általánosan elvártaknak. Bírálatom **részletes részében (II.)** doktori (PhD) értekezés elbírálásához javasolt szempontokat vettem figyelembe. A disszertáció nyilvános vitára benyújtott verziójában a Jelölt elvégezte a munkahelyi vita során általam javasolt módosításokat, továbbá figyelembe vette az akkor megjelölt megjegyzéseimet.

## **II. Részletes rész**

### **1. Az értekezés témájának újszerűsége, aktualitása, tudományos és társadalmi jelentősége**

A disszertáció a *Klebsormidium flaccidum* fonalas zöldalga élettani és biotechnológiai jellemzőinek elemzésére koncentrálnak, különös figyelmet fordítva a fotoszintetikus aktivitásra, a növényi hormontermelésre és a talajjavító képességre. Ez a kutatási terület a fenntartható mezőgazdaság, a biostimulánsok alkalmazása, valamint az ökológiai talajerózió-megoldások szempontjából különösen időszerű és jelentős. A *Klebsormidium* nemzetség meglehetősen kevésbé kutatott, különösen a barlangi eredetű törzsek tekintetében. Az a tény, hogy a Jelölt egy ilyen izolátumra alapozta kísérleteit, tudományos szempontból kétségtelenül újdonságot és értéket képvisel. A dolgozat társadalmi jelentősége abban rejlik, hogy a bemutatott módszerek hozzájárulnak a talajdegradáció mérsékléséhez, az ökológiai gazdálkodás erősítéséhez, valamint a fenntartható biotechnológiai alkalmazások támogatásához, amelyek középtávon is fontosak a klímaváltozás mezőgazdasági hatásainak enyhítésében.

### **2. A szakirodalom feldolgozásának színvonala**

A munkahelyi vitához képest rövidített szakirodalmi áttekintés alapos és jól strukturált. A Jelölt a biotechnológia általános kereteit bemutatva vezeti be a mikroalgák szerepét, különös tekintettel a *Klebsormidium* nemzetségre. A mikroalga fogalom pontosan meghatározásra került. Az értekezés összeállítása során 269 db hazai és nemzetközi hivatkozást alkalmaz, minden fejezet végén jól megfogalmazott szintézisek találhatók. A doktori (PhD) értekezés a szakirodalmat kritikus és elemző módon használja fel. Kiemelendő, hogy a jelölt nemcsak összehasonlít hasonló eredményekkel, hanem rávilágít a nemzetközi szakirodalomban található kutatási hiányosságokra is, mint például a barlangi eredetű törzsek esetében. A kutatási célok világosan illeszkednek a szakirodalmi háttérhez és pontosan körvonalazzák a tudományos probléma aktuális kereteit.

### **3. A kísérleti módszerek helyessége, korszerűsége, megbízhatósága**

A doktori (PhD) értekezés módszertana komplex, jól megtervezett és megfelel a környezettudományi doktori kutatások elvárásainak. A vizsgálati módszerek – legyen szó a talajjavítási kísérletekről, fotoszintetikus paraméterek meghatározásáról, vagy a brassinoszteroidok kimutatásáról – mind szakmailag megalapozottak és korszerűek. Az UHPLC-MS/MS alapú hormonanalitika, valamint a rizslevéllemezel-elhajlási bioteszt kialakítása és validálása kimondottan erős pontja a dolgozatnak. A munkahelyi vitán felvetett néhány módszertani kérdésemre (pl. „Mennyire vannak összhangban a PAR értékek a szántóföldi körülményeken, pl. kukorica kultúrában mérhető PAR

értékekkel?") megkaptam a válaszokat, ezek röviden a disszertáció végleges változatába is bekerülhettek volna. A rizslevéllemez-elhajlási bioteszt kiegészítése (ábra, fotók, leírás kiegészítés) a módszer leírásának pontosításához járult hozzá. A mezőgazdasági alkalmazhatóságra irányuló terepi kísérletek, mint például az algaoltás, a biológiai talajkéreg (BSC) képződés és az esőztetési tesztek, kiválóan kapcsolódnak a kutatási kérdésekhez. A doktori (PhD) értekezés különlegessége, hogy integrált módon mutatja be a laboratóriumi és a szabadföldi vizsgálatokat.

#### **4. Az eredmények értékelése, statisztikai feldolgozása**

Az eredmények számszerűsítése következetes, a statisztikai módszerek (pl. redundanciaanalízis, ANOVA, Welch-teszt, stb.) jól kiválasztottak. A legtöbb ábra és táblázat informatív, világos és a dolgozatban közölt következtetések jellemzően ezekre alapozottak.

#### **5. A következtetések helytállósága, a diszkusszió értékelése**

A dolgozat következtetései kellően alátámasztottak és világosan a Jelölt a diszkusszió során összehasonlítja saját eredményeit a releváns szakirodalommal, több helyen is kiemelve, hogy a vizsgált barlangi *Klebsormidium* törzs viselkedése korábban nem ismertetett, új ökológiai mintázatot mutat. A kutatás során feltárt információk új tudományos felismeréseket eredményeztek, különösen a barlangi adaptációk, a biológiai talajkéreg (BSC) képződés és a hormontermelés hőmérséklet függésének vonatkozásában. Ezeket a tézisekben a Jelölt világosan elkülöníti.

#### **6. A Jelölt publikációs tevékenysége**

A doktori (PhD) értekezésben megadott publikációs és konferencia részvételi lista imponáló, összesen 14 db közleményt tartalmaz. Különösen érdemes kiemelni a Jelölt által első szerzőként jegyzett, külföldi impakt faktoros folyóiratokban megjelent két tudományos közleményt. A Jelölt számos, a témához közvetlenül kapcsolódó hazai és nemzetközi fórumon prezentálta eredményeit és lektorált szakfolyóiratokban is közölt első szerzős cikkeket. A publikációk témái szorosan kapcsolódnak az értekezés fő irányvonalaihoz, mint például a BSC, fiziológia és hormonanalitika. Ez a kutatási aktivitás jól példázza a Jelölt tudományos beágyazottságát és önálló kutatómunkáját a doktori képzés alatt.

#### **7. Tartalmaz-e az értekezés új tudományos eredményeket?**

Igen. Az értekezés több ponton tartalmaz új tudományos megállapításokat, melyek közül különösen említésre méltó:

- a barlangi eredetű *Klebsormidium* törzs fiziológiai jellemzőinek első részletes leírása,
- a rizslevéllemez-elhajlási bioteszt alkalmazhatóságának validálása mikroalga tenyészetekre és annak optimalizálása,
- a mesterségesen létrehozott biológiai talajkéreg hatása mezőgazdasági talajok fizikai és mikrobiális paramétereire.

A tézisekben ezek az eredmények egyértelműen elkülönítve és jól megfogalmazva jelennek meg.

#### **8. A dolgozat szerkezeti felépítése, tagolása**

A disszertáció logikusan felépített, a fejezetek sorrendje következetesen követ egy világos tematikus ívet (a javított fejezet sorrend így logikusabb számomra). Az alfejezetek, mint a bevezetés, módszerek, eredmények és diszkusszió, tartalmilag jól elkülönülnek egymástól, az értelmezés és a következtetés néhány fejezetben most már világosabban követhető. A tartalomjegyzék, valamint az ábra- és táblázatjegyzék

pontos és jól használható. A rövidítések listája különösen hasznosnak bizonyul.

#### **9. A táblázatok, ábrák minősége**

Az ábrák és táblázatok többsége informatív és jól illusztrálja az elvégzett méréseket, az ábrák forrása mindenhol feltüntetésre került. Néhány ábrán a jelmagyarázat vagy betűméret javításra került.

#### **10. Irodalmi hivatkozások**

Az irodalmi hivatkozások megfelelőek és teljes körűek. A hivatkozási rendszer következetes, a források relevánsak és korszerűek. A dolgozat munkahelyi vitájára készült változathoz képest néhány új nemzetközi publikációval bővített.

#### **11. A dolgozat stílusa, külső megjelenése**

A szöveg tudományos, olvasmányos és nyelvi szempontból igényes stílusú. A megfogalmazás a bonyolult módszertani kérdések esetén is közérthető marad. A helyesírási és nyelvhelyességi hibák száma minimális. A külső megjelenés, beleértve a tördelést, betűtípust és szedést, igényes, és a doktori (PhD) értekezések színvonalának is megfelel.

A magyar nyelvű tézisek terjedelme 15 oldal, formailag megfelel a doktori iskola előírásainak, tartalmazza az értekezés témaköréhez kapcsolódó publikációk felsorolását.

Az angol nyelvű tézisek terjedelme szintén 15 oldal, tartalma és formai szerkesztése szintén megfelelő.

### **III. Nyilatkozat**

Összefoglalva véleményemet, **Futó Péter** doktori (PhD) értekezése **új, eredeti tudományos megállapításokat tartalmaz**, módszertani kivitelezése megbízható, a szakirodalom feldolgozása példaértékű. A dolgozat **korszerű és aktuális** tudományos kérdéseket vizsgál multidiszciplináris szemléletben és a szerző **önálló, érett kutatói munkát** végzett. **Futó Péter** benyújtott doktori (PhD) értekezésével és publikációs listájával igazolta felkészültségét, kutatói alkalmasságát. Az értekezést ebben a formában **elfogadom, javaslom** a nyilvános vitára tűzését. Sikeres nyilvános vitát (védést) követően **javaslom** a doktori (PhD) cím odaítélését.

### **IV. Kérdések**

1. Milyen módon lehet a biológiai talajkéreg kialakítását beépíteni a fenntartható mezőgazdasági gyakorlatokba és milyen előnyöket kínálhat ez a talajszerkezet javításában?
2. Milyen konkrét helyzetben alkalmazná a biológiai talajkéreg technológiát és milyen eredményt várna el tőle?

Mosonmagyaróvár, 2025. október 14.



Dr. Molnár Zoltán PhD  
egyetemi tanár  
Széchenyi István Egyetem  
Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar