

Opponensi vélemény

Ördög Vince „MIKROALGÁK BIOTECHNOLÓGIAI ALKALMAZÁSA A NÖVÉNYTERMESZTÉSben ÉS NÖVÉNYVÉDELEMBEN” c. doktori értekezéséről

Az algák az egyik legrégebbi földi életformát képviselik, legalább két milliárd éve léteznek bolygónkon. Túléltek számos földtörténeti korszakot és a klímaváltozást. Kitűnő alkalmazkodási képességük mellett, néhány fajuk értékes és gazdag összetevőkkel rendelkezik, potenciális táplálékot biztosítva az emberiségnek. A mikro-algákat, mint táplálékot, már az aztékok is ismerték és a Természet ajándékának nevezték el ezen élőlényeket. A Bibliában többször is megjelennek, Mózes második könyvében leírt tíz csapás egyike volt a szárazság miatt iszapos folyóvá váló Nílus vizét vörösre festő Burgundi vörös (*Oscillatoria rubescens*) vízi alga megjelenése. A héber eredetű manna fogalma is az algákhoz köthető, jelentése égből hullott eledel (a vándorló zsidók mannája mannazúzmó lehetett).

A mikroalgák a napenergiát és a széndioxidot biomasszává konvertáló leghatékonyabb szervezetek közé tartoznak. A jelentős biomassza termelésük mellett másodlagos anyagcsere-termékeket is szintetizálnak, amelyek az emberiség számára fontos bioaktív anyagokat szolgáltatnak. Az ide tartozó szerves vegyületek már több mint fél évszázada az érdeklődés középpontjában állnak, s a gyógyszeripar és a mezőgazdaság potenciális alapanyagai.

Az algák mindennapi életünkben történő felhasználásnak számos módja, útkeresése ismert; napjainkban a biotechnológiai alkalmazásuk mellett a növényvédelmi felhasználásuk is előtérbe került. Mindezek tükrében a választott kutatási téma aktualitása vitathatatlan. A munka szorosan kapcsolódik a fenntarthatóság problémaköréhez, ugyanakkor anyagforgalmi, környezetvédelmi és ökonómiai szempontból is igen jelentős kérdéseket boncolgat.

Az alga-termelésen alapuló technológiák egyik előnyének egyike ugyanis az, hogy az alga biomassza előállításához nincs szükség értékes termőföldre, csak vízre, napfényre és széndioxidra. Az így nyert biomassza, a benne lévő értékes, kinyerhető termékek (gyógyszer- és kozmetikai alapanyagok, stb.) mellett, megújuló energiahordozónak is számít. Az egyik legfontosabb algaalapú termék a bioetanol előállítása fenntartható keretek között, nem élelmiszer eredetű mezőgazdasági terményből történhet.

Az akadémiai doktori értekezés témája – Ördög Vince életművének teljes körű, olvasmányos feldolgozása. A dolgozat a több mint két évtizedes munka tudományos eredményeit és azok gyakorlati hasznosítását foglalja össze; a saját kutatócsoport eredményei mellett a külföldi kollégák segítségével gyarapított munkásságot is bemutatja. Mindez jelölt szervezési és együttműködési készségét dicséri. Az egyes kutatási témakörök egyenként is érdekesek, alapos munkát tükröznek, a kapott eredmények azonban nem – témától függően – nagyon különböző értékűek.

Az értekezés a szokványos disszertáció struktúrájától kissé eltérően szerkesztett, 144 oldal (+ 28 oldal melléklet) terjedelmű alkotás. A disszertáció tartalmazza mindazon fejezeteket, amelyek a követelményekben meghatározottak. A Bevezetés három oldal terjedelmű, melyet a vizsgált négy terület célkitűzéseinek a tömör megfogalmazása követ az alábbiak szerint:

- Együttműködés keretében megvalósított, Európai szinten is kiemelkedő értéket képviselő algagyűjtemény létrehozása,
- A mikroalgák növényi hormontermelésének vizsgálata és a növénytermesztésben való alkalmazásuk lehetőségeinek tanulmányozása,
- A mikroalgák anyagcsere-termékeinek növénypatogén gombák elleni felhasználása,
- Algák által termelt illékony szerves anyagok rovar-repellens hatásának vizsgálata.

A négy terület mindegyikét Irodalmi áttekintés, Anyag és módszer, Eredmények és Eredmények megvitatása, valamint Új tudományos eredmények leírása tagolásban tárgyalja. Mindezt a doktori mű 6. pontjában az Új tudományos eredmények összefoglalása követi. Opponensi bírálatomban én is ezt felosztást követtem.

1. Európai szinten is jelentős számú törzsből álló mikroalga gyűjtemény létrehozása.

A témakör irodalmi összefoglalásában az algagyűjtemények kialakulásának történeti áttekintése és a tömeg-tenyésztési eljárások bemutatása mellett a mikroalgák által termelt anyagokat is tárgyalja. A szerző által használt „Mikroalga termékek és értékes anyagok” gyűjtőfogalom tudományos értelemben helytelen, hiszen olyan, filogenetikailag nagyon távol álló szervezeteket mos össze, mint a cianobaktériumok és valódi algák. Jó lett volna néhány oldalt szánni ezeknek a mikrobáknak a taxonómiájára és evolúciójára.

Az Anyag és módszer részben az izolálási módszereken kívül, a taxonómiai meghatározás elemeit is bemutatja a Jelölt. Véleményem szerint nem lett volna szükség ennek a résznek önálló megjelenítésére, hiszen a törzsgyűjtemény „screenelése” a következő fejezetekben történik, több átfedést tartalmazva. Néhány pontatlan, általános megfogalmazás is megtalálható - „Minta előkészítése a vizsgálatokhoz és kísérletekhez., c. alfejezet -, amit jó lett volna elkerülni.

Az eredmények részénél már jobban érezhető, hogy nem igazán önálló egységről van szó. Meg is jegyzi a Jelölt, hogy nem tér ki a molekuláris taxonómia részletes eredményire, mivel azok a PhD –hallgatók és témavezetőik munkáiból születtek. A molekuláris azonosítás „sem teljesen befejezett”, de egyértelműen megállapítható hogy a korábbi években alkalmazott morfológiai alapú taxonómiai besorolás nem elég megbízható. A morfológiai és molekuláris alapon nyugvó fajmeghatározás együttesen lehet csak a végső megoldás, mint ahogy ez már más mikroszervezetek esetében elfogadott.

A „mikroalga” gyűjtemény, amely 505 saját izolálású és 465 más gyűjteményből beszerzett törzset tartalmaz, Európa 13. legnagyobb algagyűjteményeként és Európa harmadik legnagyobb talajalga gyűjteményeként ismert. A törzsek 315 fajba (és 134 nemzetségbe) tartoznak. Kiemelkedik a gyűjtemény cianobaktérium gazdagsága, e szervezetek az egész gyűjtemény 29 %-át képviselik, ami Európában egyedül álló.

2. Cél: A mikroalgák növényi hormontermelésének vizsgálata és növénytermesztésbe történő bevonása

Mikroalgák növényi hormontermelésének vizsgálatakor cél volt a cianobaktériumok és eukarióta algák biotesztelése a növényi hormonszerű (auxin és citokinin) hatást mutató fajok/törzsek kiválasztására, az anyagok analitikai módszerekkel való azonosítása, valamint a sejtciklus és a növényi hormonok közötti kapcsolat tanulmányozása.

Az irodalmi részben a mikroalgák növényi hormonjainak rövid bemutatása mellett napjaink egyik újdonságáról, az algák mezőgazdasági alkalmazásáról kapunk tájékoztatást. Az alkalmazott biotesztek (uborka sziklevel, mungóbab, szója) bemutatása mellett a Csehországban kutatási együttműködés keretében végzett analitikai vizsgálatok leírása is megtalálható.

Az eredmények közlésénél olyan információk is bekerültek a dolgozatba, melyek lényegtelenek („mintavétel délután 1 és 3 óra között”), és az uborka bioteszt a statisztikai kiértékelése sem a legmegfelelőbb. A mikroalgák gyors és lassú szaporodás alapján történő elkülönítése néhol félrevezető, az ábrákon nincsenek megjelenítve az átlagtól való eltérések, SD értékek.

Eredményként 25 zöldalga hormontartalmának és hormonösszetételének műszeres analitikai eredményei alapján megállapították, hogy minden zöldalga képes növényi hormonok termelésére, és így a növénytermesztésben történő alkalmazásuk ígéretes. Előnyük a tengeri algakivonatokkal szemben, hogy közülük célorientáltan specifikus hormon-összetételű algák választhatók ki. Az, hogy a *Chlorella minutissima* zöldalga szinkron tenyésztésben brasszinoszteroidok mutathatók ki csak más kutatók eredményeinek a megerősítése, ezért ez nem tekinthető új tudományos eredménynek.

3. Cél: Mikroalgák növénypatogén gombákra gyakorolt hatásának tanulmányozása.

Az irodalmi áttekintés alapján megállapítható, hogy első sorban cianobaktériumok termelnek fungicid hatású anyagokat. Agar géldiffúziós tesztekkel az algagyűjtemény 280 törzsét vizsgálták meg kilenc növénypatogén gombával szemben. Véleményem szerint nem szükséges a kilenc növénypatogén gomba részletes leírása a 4.2.2 fejezet módszertani részében, elegendő lett volna közölni a gombák származási helyét vagy saját izolálásnál annak eredetét.

A 4.5 táblázatban a növénypatogén gombák faj szintű pontos megnevezése hiányzik és nem egyértelmű a *Rhizoctoniara* és a *Sclerotiniara* megállapított közepes mértékű hatás jelölése sem. Érthetőbb lenne, ha átlagolt értékeket közölné itt a szerző, az SD-értékek megjelenítésével.

Jelölt eredményei alapján megállapítható, hogy a vizsgált cianobaktériumok 20, az eukarióta algák 5 %-a mutatott fungicid hatást. A cianobaktériumok 15 %-a talajból, 28 %-a pedig vízből származnak, - az eukarióta algák 3,6 %-át talajból és a 7,6 %-át vízből izolálták. Mindezen eredmények a vízből származó algák jelentőségére utalnak.

4. Cél: Illékony szerves anyagok rovarrepellens hatásának vizsgálata.

Illékony szerves vegyületeket termelő MACC-törzsek a káposzta gyökérlégy elleni védekezésben címet viselő rész az előző fejezettel logikailag szorosan összefügg, hiszen mindkettő a biológiai védekezés eleme. Jelölt norvég kutatók kísérleti eredményei és a cianobaktériumok szaganyag termeléséről rendelkezésre álló irodalom alapján 60, a *Nostocales*, *Oscillatoriales* és *Pseudanabaenales* rendbe tartozó MACC-törzset választott ki ezekre a vizsgálatokra; néhány izolátum szaganyaga befolyásolta a káposzta gyökérlégy tojásrakását. A kísérleti eredmények alapján a törzsek mintegy harmada repellens hatású volt a káposzta gyökérlégy tojásrakására, másik harmada pedig serkentette azt. A 20 repellens cianobaktérium törzs közül 14 érzékelhető szaganyagot termelt, a komponenseket gázkromatogramon is azonosítani tudták. A 19 tojásrakást serkentő törzs közül csupán 4

esetében észleltek szaganyag termelést. Ezek az eredmények azt igazolják, hogy a cianobaktériumok szaganyagai alkalmasak a káposzta gyökérlégy tojásrakásának a befolyásolására.

Formai követelményeknek a dolgozat minden fejezete megfelel, néhány hiányosságra azonban előfordul. Több ábráról hiányoznak a nagytípusú mértékét mutató jelölések és angol összefoglalás is ajánlott.

A doktorjelölt új tudományos eredményei közül az alábbi, fontosabb megállapításokat emelem ki:

- A 970 (505 saját izolálású és 465 máshonnan származó) törzsből álló mikroalga gyűjtemény Európa 13. legnagyobb ilyen kollekcója és Európa harmadik legnagyobb talajalga gyűjteménye. A 134 nemzetségbe sorolt 315 faj alkotta gyűjtemény jelentős értéket képvisel.
- Elsőként igazolták endogén gibberellinek (GS) jelenlétét mikroalgákban, s a gibberellin spektrum összetételét vizsgálva kimutatták a biológiailag aktív GS6 dominanciáját.
- Azonosítottak 19 fungicid hatású mikroalgát.
- A gyűjteményt alkotó cianobaktériumok 20, az eukarióta algák 5%-a mutatott fungicid hatást. Ilyen hatást mutatott a talajból származó cianobaktériumok 15, a vízből származók 28%-a, továbbá az eukarióta talajalgák 3,6%-a és a vízből izolált eukarióta algák 7,6%-a.
- Az eredmények bizonyítják, hogy a cianobaktériumok szaganyagai alkalmasak a káposzta gyökérlégy tojásrakásának a befolyásolására.
- A vizsgált törzsek mintegy harmada repellens hatású volt a káposzta gyökérlégy tojásrakására, másik harmada pedig serkentette azt. A 20 repellens cianobaktérium törzs közül 14 érzékelhető szaganyagot termelt, amelyet gázkromatográfiásan azonosítani tudtak. A 19 tojásrakást serkentő törzs közül csupán 4 termelt érzékelhető szaganyagot.

A disszertáció témájával összefüggő kérdéseim a következők:

- Mi az alapja, magyarázata annak, hogy eltérő bioteszteket használt?
- Veszélyeztetik-e a toxintermelő algák a nyílt és zártrendszerű édesvízi halkultúrákat?
- Milyen előnyei vannak a szárazföldi algák alkalmazásának a tengeri algákkal szemben?
- A brazil és más nem magyar bennszülött törzsek milyen eredményességgel használhatók a magyar mezőgazdasági gyakorlatban?
- Mi lehet a magyarázata annak, hogy a cianobaktériumok a BG-11, míg az eukarióta algák pedig a Tamiya tápoldatot részesítik előnyben?
- Hogyan lehet a törzsek fungicid és fungisztikus hatásait elkülöníteni?

A Jelölt eddigi tudományos és oktatói tevékenysége, valamint az MTA Doktora cím elnyerésére benyújtott disszertációja alapján megállapítható, hogy Dr. Ördög Vince méltó az MTA doktori cím elnyerésére. A doktori értekezést nyilvános vitára bocsátását javaslom, sikeres védés esetén pedig javaslom az MTA doktora cím odaítélését.

Gödöllő, 2015-05-17

Posta Katalin