

## VÁLASZ

### Dr. Posta Katalin Andrea, az MTA doktora opponensi véleményére

Megköszönöm, hogy Opponensem „Mikroalgák biotechnológiai alkalmazása a növénytermesztésben és növényvédelemben című MTA doktori értekezésem bírálatát elvállalta és véleményében az értekezés értékeinek megemlítése mellett megfogalmazta részletes kritikai észrevételeit és kérdéseit. Az értekezéssel kapcsolatos pozitív megállapításokat hálásan köszönöm, a megjegyzésekre és a kérdésekre pedig az alábbiakban válaszolok követve az értekezés és az opponensi vélemény szerkezetét.

#### A Mosonmagyaróvári Algagyűjtemény

Az értekezés bevezetésének első bekezdésében röviden említést tettem az eukarióta algákról és a cianobaktériumokról. Jeleztem, hogy az alkalmazott algológia – a mikroalga biotechnológia is – által használt mikroalga fogalom magában foglalja a mikroszkopikus méretű eukarióta algák különböző divízióit és az oxigéntermelő, fotoszintetikus baktériumokat, vagyis a cianobaktériumokat is (Tomaselli 2004). Kiemeltem továbbá, hogy értekezésben a mikroalga kifejezést ilyen értelemben használom. Ugyanakkor egyetérték Opponensemmel abban, hogy egy néhány oldalas fejezet a cianobaktériumok és eukarióta algák evolúciójáról és taxonómiájáról hasznos része lehetett volna az értekezésnek. Egy ilyen fejezet egyértelműen rávilágított volna arra, hogy filogenetikailag egymástól milyen távol álló mikroszervezeteket foglal magában a mikroalga kifejezés.

Az értekezés szerkesztési módja sajnos bizonyos ismétlésekkel járt, beleértve ennek a fejezetnek az anyag és módszer alfejezetét is. Mentségemül szolgáljon a kutatás multidiszciplináris jellege. A szerkesztésnél fő szempontnak tekintettem azt, hogy az olvasó a négy fejezet közül az érdeklődési körének megfelelő fejezet áttanulmányozásával teljes képet kapjon az adott témakörrel anélkül, hogy az őt egyáltalán nem érdeklő fejezeteket is átolvasná.

A taxonómia polifázikus megközelítésének lényeges része a molekuláris biológiai vizsgáló módszerek alkalmazása. A gyűjtemény törzseinek pontos taxonómiai meghatározása ennek hiányában nem lehet teljes. A bemutatott előzetes molekuláris biológiai eredmények lényegében nem járultak hozzá a taxonómiai meghatározáshoz, ezért elfogadom, hogy célszerű lett volna kihagyásuk az értekezésből.

#### A mikroalgák növényi hormontermelése

A mikroalgák a környezeti feltételektől függően általában gyorsan szaporodnak, naponta osztódnak és a sejtek néhány óránként a sejtciklus eltérő hormontermelésű, újabb és újabb szakaszába kerülnek. Az MACC-43 *Arthonema africanum* cianobaktérium törzsnél kimértük és bemutattuk (**3.2. B ábra**), hogy a tenyészetekből délután gyűjtött mintákban nagyobb citokinin-szerű hatás mutatható ki bioteszttel, mint a megvilágítás kezdetén gyűjtött mintákban. Ugyanezt mértük *Chlorella* szinkron tenyészeteknél is: nem a kis méretű fiatal, vagy a nagy méretű idős, hanem a közepesnél nagyobb sejtekben (=délutáni tenyészet) mértük

a legtöbb auxint/citokinint. Ezért tartottuk szükségesnek a vizsgált minta gyűjtésének az időpontját is megemlíteni a hormon vizsgálatoknál.

Opponensem apró részletekre is kiterjedő figyelmét jelzi, hogy észrevette a mikroalgák gyors és lassú szaporodás alapján történő elkülönítésében lévő anomáliát. A kutatás során 24 zöldalga törzs négynapos tenyésztésében vizsgáltuk az auxinokat és citokinineket, egy másik négynapos tenyésztést követően pedig a gibberellinokat és brasszinoszteroidokat. Ez utóbbi tenyésztés eredményeit mutatjuk be a **Melléklet M3.2. táblázatban**. Az auxinok és citokininek vizsgálatára szaporított négynapos tenyésztések szárazanyag eredményei sajnos kimaradtak a táblázatból. A két tenyésztés során a törzsek nem teljesen egyformán szaporodtak. Az egymástól némiképp eltérő négynapos szárazanyag eredmények miatt tér el az ábrákon a törzsek sorrendje. Sajnálom, hogy ezzel a hiányossággal megtévesztettem Opponensemét.

A hormonvizsgálatoknál egyes ábrákon nem tudtuk megjeleníteni az átlagtól való eltéréseket, amelyeket ezért – ahol számítottuk – a mellékletek táblázataiban tüntettünk fel. Az összes hormonkísérletben legalább 3 lombikban szaporodott algatenyésztetet szüreteltünk és öntöttünk össze átlagmintát készítve a kémiai vizsgálatokhoz. Ezekből a mintákból történt legalább két kémiai mérés eredményének az átlagát, több mérés esetén pedig az átlagtól való eltérést is feltüntettük. További statisztikai értékelésre ismétlések hiányában nem volt lehetőség, megelégedtünk a tendenciák megfigyelésével.

## **Mikroalgák hatása növénypatogén gombákra**

Elfogadom Opponensem véleményét, miszerint a kilenc növénypatogén gomba részletes leírása elhagyható lett volna, viszont indokolt lett volna az eredetük feltüntetése. A betegségek leírásánál a kórokozó gombák tudományos megnevezései megtalálhatók, amelyek egyértelművé teszik a táblázatokban – helyhiány miatt – csupán nemzetségnévvel jelölt növénypatogének azonosítását. A *Botrytis cinerea* kivételével a gombákat gazdanövényeikről izoláltuk (Németh Lajos NymE-MÉK).

A **4.5. táblázatban** feltüntetett eredmények az 1990-es évek végéről származnak. Célunk csupán a szűrés volt, vagyis a potenciális fungicid törzsek kiválasztása. A négy ismétléses kísérletekben ezért elmaradt a statisztikai értékelés, csupán az átlagokat adtuk meg. Azóta egyes mikroalgák fungicid hatásának érvényességét és helytállóságát már több projektben igazoltuk.

## **Válasz az Opponensi kérdésekre**

- **Mi az alapja, magyarázata annak, hogy eltérő bioteszteket használt?**

Az auxinok meghatározására általánosan elfogadott módszer a mungóbab bioteszt, a citokininek meghatározására pedig a szója kallusz bioteszt. Előbbi elvégzése azonban legalább 16, utóbbi pedig legalább 28 napot igényel. Megbízható eljárások, amelyek tudományos célú vizsgálatokra alkalmasak, de mikroalga biomassza minták hormonszerű hatásának gyors szűrésére nem. Az irodalomban fellelhető, néhány nap alatt elvégezhető biotesztek közül ezért az 1990-es években többet összehasonlítottunk, amelyek közül az uborka sziklevel gyökeresedési (auxin-szerű hatás) és növekedési (citokinin-szerű hatás) tesztet találtuk a legalkalmasabbnak törzsek hormonszerű

hatásának gyors szűrésére és növénykísérletekhez termelt mikroalga biomassza minták „minőség-ellenőrzésére”.

- **Veszélyeztetik-e a toxintermelő algák a nyílt és zártrendszerű édesvízi halkultúrákat?**

Az édesvízi halkultúrákat nem veszélyeztetik toxintermelő algák, a *Prymnesium parvum* sem, csak az enyhén sós vizeket, azokat ahol a fajlagos elektromos vezetőképesség értéke meghaladja az  $1500 \mu\text{S cm}^{-1}$  értéket és az uralkodó ion  $\text{Na}^+$  és  $\text{Cl}^-$ .

Az édesvízi rendszerekben csaknem kizárólag a cianobaktériumok felelősek a toxintermelésért, amelyek melegvérűekre, így az emberre is veszélyesek, de halakra nem. Halakra mérgező ostoros algák közé tartozik a *Prymnesium parvum* (Haptophyta törzs) amelynek előfordulását az 1920-as évektől kezdve tengerekből, brakkvizekből és kontinentális „hyposzalin” vizekből számos országban leírták. Vízvirágzása, tömeges elszaporodása halpusztulást képes okozni a természetben és akvakultúrában egyaránt. A *P. parvum* sárgás színű vízvirágzását figyelték meg és írták le Vasas Gábor és munkatársai 2012-ben Magyarországon 6 tóban, ahol tömeges halpusztulást idézett elő. Miután hazai halastavakra nem jellemző az említett 6 tóban mért sótartalom (vezetőképesség:  $2000 - 6000 \mu\text{S cm}^{-1}$ ), ezért bízhatunk abban, hogy a *P. parvum* nem jelent veszélyt halastavainkra.

- **Milyen előnyei vannak a szárazföldi algák alkalmazásának a tengeri algákkal szemben**

Az első tengeri makroalga kivonatot mezőgazdasági célokra az 1940-es években fejlesztették ki és Maxicrop néven forgalmazták. A tengeri algakivonatok ma is elsősorban makroszkópikus méretű barnamoszatokból készülnek. A természetben tömeges előfordulási helyükön, az év meghatározott időszakában gyűjthetők és használhatók növényi biostimuláns termékek előállítására. Ezzel szemben a kontinentális vizek és talajok mikroalgáinak és alkalmazásuknak több előnye van:

- a mezőgazdaság számára értékes tulajdonságú édesvízi mikroalgák száma sokkal nagyobb, mint az értékes és természetes élőhelyéről szüretelhető tengeri makroalgáké,
- a talajalgák szélsőségesebb körülmények között élnek, mint a vizek algái, ezért a túléléshez feltehetően nagyobb védekező képességgel rendelkeznek,
- mesterséges körülmények között iparszerűen termesztetők,
- egyszerre több kedvező tulajdonságuk lehet, pl. terménynövelő, növényvédő, vízhiány stressz ellen védő,
- specifikus hormon összetételű algákkal specifikus növekedési/fejlődési hatás érhető el a kezelt növényeken.

Összefoglalva az iparszerűen termesztető, értékes tulajdonságú édesvízi algák, jelenlegi tudásunk szerint nagyobb kínálatot jelentenek a mezőgazdaság számára, mint a tengeri makroalgák.

- **A brazil és más nem magyar bennszülött törzsek milyen eredményességgel használhatók a magyar mezőgazdasági gyakorlatban?**

A mezőgazdaság számára értékes tulajdonságú édesvízi algák tömegtermesztése – származásuktól függetlenül – hasonló környezeti feltételek között (tápanyagok, fény,

hőmérséklet, stb.) történik. A növényre gyakorolt kedvező hatásukat értékes tulajdonságuk befolyásolja, ezért például a brazil alगतörzsek éppoly hatékonyan használhatók, mint a hazaiak.

- **Mi lehet a magyarázata annak, hogy a cianobaktériumok a BG-11, míg az eukarióta algák pedig a Tamiya tápoldatot részesítik előnyben?**

A cianobaktériumok által kedvelt tápoldatban nátrium-nitrát, míg az eukarióta mikroalgák által kedvelt Tamiya tápoldatban kálium-nitrát a nitrogén-forrás.

- **Hogyan lehet a törzsek fungicid és fungisztatikus hatásait elkülöníteni?**

Az agar géldiffúziós módszernél a fungicid hatású mikroalgát tartalmazó lyuk körül, különböző átmérőjű, de tiszta, micélium mentes gátlási zóna látható. A fungisztatikus hatású algánál a gátlási zónában a kontrolltól eltérő, különböző erősségű micélium növekedés figyelhető meg.

### **Formai megjegyzések**

Köszönöm, hogy Opponensem a legapróbb részletekre kiterjedően átnézte értekezésemet és tételesen felsorolta a javításra szoruló részeket. Erre most nem lesz lehetőségem, de az értekezés részleteinek a közlésénél figyelembe veszem majd a javasolt javításokat.

Ismételten megköszönöm Dr. Posta Katalin Andrea, az MTA doktora opponensi véleményét. Kérem válaszaim elfogadását és véleményének fenntartását, amely szerint támogatja értekezésem elfogadását és az MTA Doktora cím odaítélését.

Mosonmagyaróvár, 2015. augusztus 17.

Ördög Vince