

# **Az *in vitro* androgenezis kutatás eredményei *Triticum* fajok nemesítésében**

című akadémiai doktori (DSc) értekezés bírálata

*Szerző:*

**Dr. LANTOS CSABA**

## ***A doktori mű alaki szempontjai***

Megállapítottam, hogy Dr. Lantos Csaba (továbbiakban: Jelölt) által benyújtott akadémiai doktori (DSc) értekezés terjedelme, tartalomjegyzéke, irodalomjegyzéke, továbbá a forrásokra történő hivatkozásai, annak szövege, ábrái, táblázatai és a melléletek egyaránt megfelelnek az MTA Agrártudományi Osztály erre vonatkozó útmutatásainak. Ennek megfelelően összefoglalóan az is megállapítható, hogy Jelölt doktori műve önmagában véve is minden tekintetben alkalmas a kérelmező eredeti tudományos teljesítményének értékelésére, *Az in vitro androgenezis kutatás eredményei Triticum fajok nemesítésében* címen összefoglalt tudományos kérdéskör részletes bemutatása alapján. Áttekintve továbbá a Jelölt által összeállított Tézisfüzetet, Bíráló megállapítja, hogy ez a mű is minden tekinteten alkalmas a kérelmező eredeti tudományos teljesítményének az értékelésére.

## ***A doktori mű részletes tudományos értékelése a mű tartalma, újdonságai és érdemei alapján***

A doktori mű a *Triticum* fajok *in vitro* androgenezis kutatásainak eredményeit ismerteti, elsődlegesen *nemesítési* szempontból. Előljáróban meg kell jegyezni azt a fontos tényt, hogy ez a kérdéskör egy olyan szerteágazó tudományos terület, amelynek világszerte már fél évszázadot is meghaladó szakirodalmi előzményei vannak, beleértve számos neves hazai kutató és oktató szakember kiemelkedő eredményeit is.

Megállapítom, hogy Jelölt a másfél oldal terjedelmű ***Bevezetés*** című fejezetben megfelelő mélységű keretét adja az elvégzett munkának. Helyesen jelöli ki a tárgyalt szakterület nemesítésben elfoglalt helyét és a kutatás összefoglaló céljait.

Bíráló ebből a részből az alábbiakat emeli ki, mely összefoglalja e kutatási terület jelentőségét:

*”A klasszikus nemesítési módszerek és a modern biotechnológiai eszközök szimbiózisa kiváló lehetőségeket biztosít a versenyképes fajták és hibridek előállítására, ahogy ez több nemzetközileg is ismert nemesítőháznál már látható. E módszerek közé soroljuk az *in vitro* androgenezisen alapuló portoktenyésztés (AC) és izolált mikrospóra tenyésztés (IMC) módszerét. Az *in vitro* androgenezis indukciója során a mikrospórák gametofitikus fejlődésmenete stressz előkezelés hatására sporofitikus útra programozható át, majd az indukciót követően embriószerű struktúrák (ELS) állíthatók elő és zöld növénykékk regenerálhatók a mikrospórákból *in vitro* körülmények között. Így genetikailag homozigóta kettőzött haploid vagy doubled haploid (DH) növények állíthatók elő AC-ben és IMC-ben a haploid kromoszóma készlet spontán vagy indukált módon történő megduplázását követően.”*

Jelölt a 20 oldal terjedelmű *Irodalmi áttekintés* című fejezetben ismerteti a vizsgált témakör 123 évet felölelő irodalmát, Blakeslee et al. 1922-es közleményétől Perez et al. 2024-es munkájáig.

A doktori mű irodalmi listája ennek megfelelően terjedelmes, hiszen 25 oldalon összesen 230 db közleményt sorol fel. Ebben a fejezetben Jelölt négy témakört tárgyal, tizennyolc alcímmel részletezett formában. Ez a fejezet egy magyarázó ábrát tartalmaz, táblázat nincs.

Jelölt három, a *Triticum* nemzetségbe tartozó faj, a közönséges búza, a tönkölybúza és az alakor *in vitro* androgenezisének a szakirodalmi ismereteit foglalja össze.

Bíráló külön kiemeli, hogy Jelölt a *Triticum* nemzetség *in vitro* androgenezisének magyar vonatkozású szakirodalmi előzményeire is megfelelő mélységben irányítja rá az olvasó figyelmét, Szakács Éva, Pauk János és Barnabás Beáta szerzőhármas 1988-as publikációját követően.

Bíráló megállapítja, hogy Jelölt munkájában összesen 120 alkalommal szerepel az „androgenezis” szó, 157 helyen pedig a „portok”. Ugyanakkor a leggyakoribb összevont szakkifejezés, az ELS, azaz az „Embyo-like Structure” fogalom, amellyel közel kétszázötven alkalommal találkozhatunk. Például az irodalmi áttekintés részben összesen tizenegy helyen szerepel az ELS.

Bíráló megjegyzése erre a tényre is hivatkozva az, hogy Jelölt doktori művében, így az irodalmi áttekintés fejezetben nem tér ki az „ELS” fogalom biológiai hátterének az összefoglaló bemutatására. Ez a tény azzal teljes mértékben elfogadható, és indokolható, hogy az értekezés fő hatásugara az alkalmazott biotechnológia, és legfőképpen a nemesítés irányába mutat.

A Bevezetés 10. sorában az alábbi szöveggörnyezetben, ugyanakkor egy – biológiai értelemben - általánosíthatónak tekinthető tartalmi megállapítás formájában találkozunk az ELS fogalmával is, az alábbiak szerint:

*“Az in vitro androgenezis indukciója során a mikrospórák gametofitikus fejlődésmenete stressz előkezelés hatására sporofitikus útra programozható át, majd az indukciót követően embriószerű struktúrák (ELS) állíthatók elő.”*

Ezt az általánosított megfogalmazást Bíráló úgy értelmezi, mintha Jelölt szerint - biológiai értelemben - két szükséges és egyben elégséges feltétele lenne az ELS-struktúrák előállításának a növények világában, *sensu lato*. Azaz, az egyik feltétel a mikrospórák gametofitikus fejlődésmenetének a stressz előkezelés általi indukálása, és a másik feltétel az *in vitro* nevelési körülmény, azaz az *in vitro* androgenezis hatása. Olvasva a 2.2., *In vitro* androgenezis indukciója kenyérbúzában (*Triticum aestivum* L.) című, kiválóan megírt alfejezetet, Bíráló választ kap arra, hogy ez a folyamat a vizsgált faj esetében *sensu stricto* így működik, melyet az 1. ábra nagyon frappánsan be is mutat.

Jelölt ugyanakkor a gametofitikus, sporofitikus út átváltásáról a következő mondattal ismét általános értelemben fogalmaz a 18. oldalon:

*“A növényi mikrospórák gametofitikus fejlődési útja stressz hatására törölhető, és a sporofitikus út aktiválható. Ez a folyamat az androgenezis indukciója, vagy más néven mikrospóra embriogenezis.”*

Ugyanakkor Bíráló itt megállapítja, hogy ez az általánosító megfogalmazás nem fedi – különösen az egyszikű növények számos példáján - a mikrospórák gametofitikus folyamatának a tágabb értelemben tekintett biológiai ismereteit.

Jelölt hivatkozásai között ugyanakkor megtalálható Tan B. and Halloran G. (1982), *Pollen dimorphism and the frequency of inductive anthers in anther culture of Triticum monococcum*. *Biochem Physiol Pflanz* 177: 197-202 című munka is, amelynek a címében bújik meg a kérdéskör egyik, tágabb értelemben vett biológiai kulcsa, a „*pollen dimorphism*” fogalma.

Tekintettel a fentiekre, Bírálónak a hivatkozott ELS területet néhány fontos, nemzetközi és magyar vonatkozású tudománytörténeti adatának az ismertetésére röviden ki kell térnie. Napjaink különösen felgyorsult tudományában nem ritkaság, hogy egy-egy, akár általánosan és gyakran használt fogalom, ismeretanyag mögötti tartalom értelmezése hiányos, és/vagy nem pontos. Ilyen például az ELS, és akár a „*pollen dimorphism*” fogalom, amennyiben tágabban értelmezzük.

Bíráló véleménye szerint az ELS mögött - biológiai értelemben - a pollen és/vagy a mikrospóra eredetű haploidia teljes folyamatát is értjük, azaz azt a folyamatot, amely kezdetben a portokon belül - majd kívül – azaz a haploid szerveződésű, mikrospóra eredetű sejtek körében zajlik.

A korábbi *in vitro* haploidia szakirodalomban ezt a folyamatot „*pollen dimorphism*” fogalommal jellemezték. Például Maheshwary et al. (1980), *Induction of Haploidy from Pollen Grains in Angiosperms – the Current Status* című közleményében erről a következőket írta: „*Homer and Street (1978) have stated that dimorphism in pollen grains of N. tabacum exists even before culture and the culture process simply provides an environment which accelerates the expression of the predetermined potential for sporophyte development. A similar kind of dimorphism, before culture, has also been reported earlier in Paeonia hybrida and in the Sabarlis (Sunderland 1974) and Akka (Dale 1975) cultivars of Hordeum vulgare.*”

Street professzor idézett összefoglalójának -1970 utáni időszakra datált - fejtegetése ugyanakkor Bírálót arra is ösztönzi, hogy hivatkozzon azokra a legfontosabb biológiai-botanikai előzményekre, amelyek ezt a folyamatot már igen alaposan elemezték, akár öt-nyolc évtizeddel korábban.

A cseh Bohumil Nemeč a jácint portokok vizsgálata során 1898-ban az *Über den Pollen der petaloiden Antheren von Hyacinthus orientalis* című cikkében írta le elsőként az un. „*Embryosac-Like Giant Pollen Grain*” fogalmát, azaz - Bíráló önkényes elnevezése szerint - az „*ESL*”-t. Amelyet akár Jelölt által használt ELS fogalom előfutárának is tekinthetünk. Hiszen ez a jelenség „*Nemeč-phenomenon*” fogalomként vált ismertté a korabeli kísérletes botanikai irodalomban. Nemeč közleményében ezt a folyamatot két nagyon részletes táblával illusztrálta, és a következők észrevételeket közölte (Nemeč, 1898):

*„These abnormally large pollen sacs, in both development and final differentiation, are identical to female embryo sacs. Their identical affinity to dyes suggests that they are of female character... it can be concluded that the sexual difference between microspores and macrospores is not a principle, that abnormal conditions may induce changes of sex in the products of sporogenic tissue, macro and microsporangia, and even that an abnormal medium can change the male condition of an already differentiated microspore into the female condition”*

Nemec egyik, zárójelbe tett mondatában érdekes módon felbukkant az „artificial culture media” fogalom is, az alábbiak szerint:

*„The degeneration of the normal sacs of small grains was probably linked to the lack of vitality of the plasmatic content itself, (though it could also be compared to the final degeneration of sacs germinated in artificial culture media)”*

Három évtizeddel később, 1930-ban, a japán Isamu Stow, az *Experimental studies on the formation of the embryosac-like giant pollen grain in the anther of Hyacinthus orientalis* című cikkében már arról számolt be, hogy a Nemec-féle „ESL” kialakulását a növénynevelés hőmérsékleti körülményei is bizonyíthatóan módosítják. Stow munkájában az embrió szó több, mint száz helyen szerepel. A vizsgált témakör tekintetében Bíráló az alábbi hivatkozást emeli ki Stow munkájából, továbbá a 24., 25. és a 26- tábla kiváló fekete-fehér mikroszkópi felvételeit:

*„These facts suggest to us that the formation of such embryosac-like giant pollen grains may be induced by some environmental conditions. After several experimental investigations, the writer succeeded even in producing such embryosac-like giant ones from the normal pollen grains by controlling the environmental conditions. The result of the investigations will be reported in the present paper, though further investigation is now going on.”*

Stow közleményében – igen érdekes módon – hivatkozik a Mosonmagyaróvárott született és nevelkedett Haberlandt két több, mint száz évvel ezelőtt közölt munkájára is. Stow összefüggést feltételezett a Haberlandt-féle „nekrohormonok” és az „ESL” képződése között:

*„In the above respects, it may be assumed that the "Necrohormone" in HABERLANDT'S signification (1921 a) is abundantly produced from the dead pollen grains and causes the surviving pollen grains to divide their nuclei and to form such an extraordinary giant structure.”*

Nemec és a korai japán kutatók munkásságának a hazai vonatkozásai is igen jelentősnek tekinthetők a múlt század harmincas éveinek a végétől kezdve. E helyütt Gimesi Nándor professzor munkásságára kell emlékeznünk, aki éppen az egyszikű növényfajok pollen morfogenezisének – pollen dimorfizmusnak – az egyik első nemzetközi szintű magyar kutatója is volt.

Gimesi 1941-ben az *Ornithogalum refractum Willd. soksejtű mikroprothalliumai* című cikkének a 151. és 152-ik oldalán részletesen ismerteti a fentebb is hivatkozott úttörők eredményeit, közöttük Nemec 1898-as közlését, melyről a következőket jegyezte meg:

*„Nemec szerint a jácint petaloidás antheráiban többsejtű óriáspollensejteket lehetett megfigyelni, amelyek sokszor nagyon hasonlítanak az embriószákhoz”.*

Gimesi azonban - elméleti biológiai síkon – egy megállapítás és/vagy zseniális megsejtés tekintetében tovább lép Nemec és Stow munkáin is. Ebben a közleményben ugyanis beszámol a portokban – idézőjelek közé téve - „csírázó” mikroszpora-eredetű embriókról, azaz „rendellenes, soksejtű, mikroprothalliumokról”, a következők szerint:

„A normális, (2. kép) valamint már magában a portokban is „csírázó”, rendellenes, soksejtű mikroprothalliumok sejtmagvai egyenesen kihívják a vizsgálódást és összehasonlítást. Meg kell említenem, hogy sok kisméretű mikroszórát is találtam, amelyek a portokban nem „csíráztak”, de soksejtűek (4—8—10) voltak már exinéljük által teljesen körülburkoltan is. (3 kép).”

Érdekes továbbá, hogy mind Nemece, mind Stow munkájában is szerepel már a „germination” szó, de eltérő tartalommal.

Nyolc évtizeddel később különösen érdekes megtekinteni az idézett Gimesi-féle közlés 4., 5., és 6. ábráját, és összehasonlítani azokat Nemece és Stow fotóival, amelyeken jól láthatók a soksejtű, „csírázó”, mikroszóra-eredetű, embrioid-szerű képződmények, azaz mai szóhasználattal, az ELS-ek.

Ebben a kontextusban nem tűnik túlzásnak, ha kijelentjük, hogy Gimesi által kutatott *Ornithogalum* „csírázó, soksejtű mikroprothallium” felismerése mintegy előfutára volt annak a később ismertté vált biotechnológiai folyamatnak, amelyet 1971-ben a Narayanaswamy, S. és Chandy, L. P. *In vitro induction of haploid, diploid, and triploid androgenic embryoids and plantlets in Datura metel L.* (*Annals of Botany*, 535-542) című cikkükben közölték:

“That the microspores and young pollen grains of an angiosperm are highly responsive material for experimentation of different kinds in exploiting their totipotency, and in the manipulation of their regenerative ability to form male gametophytes, female gametophytes as for instance, the pollen embryo sacs of *Hyacinthus* (Stow, 1934) and *Leptomeria* (Manasi Ram, 1959), or sporophytes which may be haploid, diploid, or triploid, is of considerable interest”.

Nem véletlen fentiek alapján az, hogy az első hazai *in vitro* portok-tenyésztési modellkísérlet is Gimesi Nándor nevéhez fűződik. Erről 1949-ben - tanítványaival, Frenyó Vilmosmal és Farkas Gáborral - Gimesi az *Experiments in the cultivation of stamens in vitro* című angol nyelvű cikkben számoltak be, ugyancsak egyszikű faj, a *Lilium martagon* vizsgálatával.

Bíráló e helyütt kötelességének érzi kiemelni azt is, hogy Heszky László professzor 1971-ben *A portok kultúra története* című, 36 db irodalmi hivatkozásra épülő munkájában tárgyalta a fenti folyamatok legfontosabb összefüggéseit. Átvett hivatkozások felhasználásával ugyanis *A „pollen-embriózsák” képződésének lehetőségei és indukciója* alcímű részlet erről a kérdéskörrel íródott. Meg kell említeni, hogy Heszky professzor ebben a munkában egy részletben hivatkozott Gimesi Nándor és munkatársai 1949-es, magyar vonatkozásban úttörő közleményére. Heszky professzor - tudományos értelemben – Gimesi Nándor „tudományos unokája”, hiszen mestere, Maróti Mihály professzor Gimesi Nándor tanítványa volt az 1950-es évek elején az ELTE jogelőd intézményében, az egykori Máhócsy-Dietz Sándor - Paál Árpád féle tanszéken.

Bíráló érdekesnek találta, hogy az alakor (*Triticum monococcum*) még napjainkban is a haploid indukció tekintetében milyen rekalcitrans fajnak bizonyult az eddigi adatok alapján, melyről ezt írja a jelölt:

“Azonban nem találtunk olyan publikációt, mely alakor genotípusok *in vitro* androgenézisének sikeres indukciójáról számolt volna be korábban. Plamenov és mtsai. (2009) kísérletet tettek az androgenézis indukálására alakorban, azonban kalluszok vagy ELS-k fejlődését nem figyelték meg a tenyészetekben, míg Tan és Halloran (1982) ELS-k fejlődését írták le egy alakor genotípus *in vitro* AC-ben. Így, az *in vitro* androgenézis indukciója továbbra is megoldatlan kutatási terület maradt alakor (*Triticum monococcum* L.) fajban”.

Bíráló fenti rövid kiegészítésével együtt Az *Irodalmi áttekintés* fejezetről összefoglalóan elmondható, hogy jól látható az a 127 évnyi tudományos ív, amely Jelölt PhD utáni munkásságát is méltóképpen megalapozta, és amelyet jelen doktori mű irodalmi feldolgozása részletesen és magas színvonalon összegez.

Kijelenthető, hogy aki a közönséges búza, a tönkölybúza és az alakor *in vitro* androgenézis szakirodalmi háttéréről – csaknem teljeskörű - képet kíván szerezni, Jelölt doktori művét - nemcsak a magyar nyelvű olvasóknak – nyugodt szívvel ajánlhatjuk.

Jelölt másfél oldalon írja le a **Kutatások célkitűzése** c. fejezetet. Dolgozata fő célját illetően tizenegy részecél keretében az alábbi öt területet sorol fel, az alábbiak szerint:

- Az *in vitro* portoktenyésztés vizsgálata közönséges búza (*Triticum aestivum* L.) keresztezési kombinációiban
- *In vitro* portoktenyésztés felhasználása közönséges búza (*Triticum aestivum* L.) nemesítésében
- *In vitro* androgenézis indukciója tönkölybúzában
- *In vitro* portoktenyésztés alkalmazása tönkölybúza nemesítésben
- Androgenézis indukciója alakor (*Triticum monococcum* L.) fajban

Összefoglalva elmondható, hogy Jelölt három területen végzett módszertani kutatás-fejlesztést, és két területen pedig ezek nemesítési alkalmazását tekintette a fő céljának.

A tizennégy oldal terjedelmű **Anyag és Módszer** c. fejezet – mint az egész doktori mű - igen alapos munka, kiváló metodikai felkészültségről árulkodó összeállítás. Jelölt tíz pontban ismerteti azokat az összehangolt tudományos logisztikát, nagy felkészültséget, komplex csapatmunkát, és biotechnológiai módszertani ismereteket egyaránt igénylő tudást, amelyek segítségével a terveiben szereplő célokat - világszínvonalon - el lehetett érnie a PhD fokozat megszerzését követő időszak alatt. Nem kétséges, hogy Pauk János professzor és munkatársai - többek között - Szegeden ebben a tekintetben is kiemelkedő emberi, szakmai és pénzügyi háttérrel nyújtottak a Jelöltnek. Ebben a fejezetben - kiragadva a sok adat közül – Jelölt felsorolja például a donor növények előállításának a részletes módszertanát. Erről a folyamatról ismert, hogy milyen nagymértékben lehetnek hatással az *in vitro* androgenézis indukció hatékonyságára.

Ebben a tekintetben Bíráló kiemeli azt is, hogy a rekalitráns alakor két genotípusának a donor növényeit ('G7026' és 'G7176') szabadföldi körülmények között állították elő.

Érdekes olvasni a Jelölt által alkalmazott technológia különböző módszertani lépéseit a kutatott *Triticum* fajok és fajták szerint. A 2. Táblázatban olvashatjuk azt is, hogy a rekalitráns alakor esetében ötféle kezelést is kipróbált Jelölt a donor hajtások hideg előkezelésétől az izolált portokok indukciós tápoldaton történő hősokk-kezeléséig, ezzel is növelve a siker esélyét is. A kísérletek során kapott zöld alakor növény ploidia-viszonyait Jelölt áramlásos citometria módszerével vizsgálta meg.

Részletesen összefoglalja Jelölt az alkalmazott statisztikai módszereket is, melyet az alakor esetében a következő szavakkal közöl:

„A genotípus, előkezelés és genotípus×előkezelés kölcsönhatását kéttényezős varianciaanalízissel vizsgáltuk *in vitro* AC-ben a mért tulajdonságok alapján. A statisztikai

elemzések során a Microsoft Excel 2013 statisztikai szoftvert használtuk (Microsoft Ltd., Redmond, WA, USA).”

A 39 oldal terjedelmű **Eredmények** c. fejezetet Jelölt hat alfejezetben és tizenegy alcím alatt tárgyalja. E fejezetről összefoglalóan megállapította Bíráló, hogy Jelölt a célokkal teljes összhangban elvégezte a szükséges rendkívül összetett elemzéseket, vizsgálatokat, számításokat, illetve elkészítette a szükséges ábrákat, táblázatokat, illetve értékeléseket. Ebben a fejezetben összesen 15 ábra és 25 táblázat rendkívül alapos, és példa értékűen igényes összeállítás! Jól támasztják alá a szövegben megfogalmazott következtetéseket, téziseket. Megjegyzendő, hogy a rendkívül nagyszámú kísérleti adat ilyen formában is áttekinthető maradt. Ezek primér közlése Bíráló véleménye szerint nélkülözhetetlen, igazi forrásmunka a további kutatások számára. Természetesen ez az adatmennyiség áttekintése az átlagosnál sokkal nagyobb figyelmet, elmélyülés követel a mindenkori olvasótól.

A sok adat közül – hely és idő hiányában - Bíráló egy alfejezetet, az alakorral kapcsolatos ismertetéseket emelt ki, választott ki, elismerve azt, hogy a tárgyalt Eredmények c. fejezet többi része is hasonlóan színvonalas.

A 83-86. oldalakon található alfejezet bevezető soraiban Jelölt a következőt írja, melyet a 15. és 16. ábrák részletei is igen jól szemléltetnek:

*“Albínó növénykéket mindkét genotípusból regeneráltunk, míg egy zöld növénykét sikerült előállítani a ‘G7176’ genotípus ELS-iből. A zöld növényke jól alkalmazkodott az in vivo üvegházi körülményekhez...A genotípus×előkezelés kölcsönhatás szignifikáns volt az albínó növénykéek száma tekintetében ( $p \leq 0,001$ ). A regenerált zöld növénykéek adatait elemezve nem tudtunk szignifikáns hatást kimutatni... Az in vitro AC eredetű struktúrákból regenerált egyetlen zöld növényke ploid szintjét áramlási citometriás vizsgálattal határoztuk meg, ahol kontrollként magról kelt alakor növényt használtunk. A mérések alapján látható a különbség a minták között (16. ábra). A kontroll növény relatív DNS tartalma kétszer magasabb volt, mint az in vitro AC eredetű ELS-ből regenerált növényke relatív DNS tartalma, ami igazolja a regenerált növény haploid (n) ploid szintjét és mikroszpora eredetét.”*

**Az Eredmények megvitatása c.** fejezet 11 oldalon mutatja be azt, hogy a hatékony in vitro androgenézis kutatásának a tudományos jelentősége milyen nagy még napjainkban is. Erről a következőket írja Jelölt:

*“Habár az in vitro AC módszere közel 50 éve kutatott terület közönséges búzában (*Triticum aestivum* L.), mégis néhány tényezőt (genotípus függőség, albinizmus, az androgenézis indukciónak és növényregenerációnak alacsony hatékonysága) úgy említenek a szakirodalomban, mint ami a módszer széleskörű alkalmazhatóságát mérsékli... Az eddig elért kutatási és nemesítési eredmények (több mint 250 DH búzafajta) arra sarkallják a sejt- és szövettenyésztéssel foglalkozó szakembereket, hogy folyamatosan törekedjenek az in vitro androgenézis módszereinek fejlesztésére a nemesítés és alkalmazott kutatás igényeit szem előtt tartva.”*

Jelölt az idézett alakor-kutatásról például az alábbiakat közli, mint az előttünk álló, a gyakorlatban megvalósuló hasznosulást: *“Az elmúlt években az in vitro szomatikus szövettenyésztés korlátját metodikai fejlesztésekkel sikerült áttörni *Triticum monococcum* L. fajban, és jól működő szövettenyésztési eljárás alapjait letenni, mely genetikai transzformációra is alkalmassá tette a szövettenyésztési rendszert (Miroshnichenko és mtsai.*

2017, 2018). Mindezek alapján további fejlesztések szükségesek még, hogy az *in vitro* androgenezis módszere is hatékony eszközzé válhasson alakor fajban (*Triticum monococcum* L.).”

Összességében kijelenthető, hogy Jelölt bemutatott eredményeinek a gyakorlati és tudományos jelentősége, valamint azok hasznosítása magas színvonalú. A téma továbbvitelének lehetőségei adóttak és a legmesszebb menőig támogatandó. Jelölt munkájában a nemzetközi és hazai kortársak, elődök, de az alapító atyák reményei és jóslatai messzemenőig beigazolódni látszanak. E helyütt idézzük Gimesi Nándor professzor 1938-ban lejegyzett, a vöröshagyma mikrosporogenezisét és a pollen fejlődését fotókkal is bemutató, *Hogyan keletkezik a virágpor?* c. cikkében leírt sorait:

„Ezeknek a jelenségeknek valósága, egymásutánja, sokféle arculata az életet hordozó protoplazmában rejtőzködik. Külső es belső tényezők formálhatják, alakíthatják ezeket a sejttörténeseket. Ezek azonban mégis teljes autonómiában és egyszerűbb természeti jelenségekre vissza nem vezethetően szolgálnak, építik, szervezik azt a nagy valóságot, amelynek belső fénye lánggra gyújtja a tudomány lámpását és az ettől a fénytől világosodó emberi gondolatot. Ez a nagy autonómia maga az élet, amelynek az emberi sors is csak hordozója, nyugtalan keresője, hasznosítója, de sohasem végső ura”.

#### ***A doktori mű hiányosságai, és a doktori mű adatainak hitelessége***

Megállapítottam, hogy a doktori műben szakmailag kifogásolható adatok, értékelések, eredmények, következtetések, javaslatok nincsenek. Fentiek alapján összefoglalóan megállapítottam, hogy az értekezés a Jelölt önálló, akadémiai doktori szintű értékes munkájának tekinthető.

#### ***A doktori mű tézisei, mint új tudományos eredmények***

Jelölt értekezésének áttekintése alapján Bíráló összesen hat új tudományos eredményt fogad el, az alábbiak szerint:

1. A szakirodalomban elsőként írt le zöld és albínó növénykéek regenerációját az alakor (*Triticum monococcum* L.) genotípusok portoktenyésztésében.
2. A szakirodalomban elsőként írta le az *in vitro* izolált mikroszpóra tenyésztés módszerét tönkölybúzában, mely során igazolta az ováriumos dajkatenyésztés kulcsszerepét a mikroszpóra eredetű ELS-k fejlődése során.
3. Az *in vitro* portoktenyésztés általa kidolgozott módszerét alkalmazva az egyik közönséges búza dihaploid törzs állami elismerést kapott, és növényfajta-oltalomban részesült ('GK Déva').
4. Megállapította, hogy az általa kidolgozott módszer felhasználásával az évjárat nem befolyásolja a zöld növények regenerálásának hatékonyságát közönséges búza (*Triticum aestivum* L.) *in vitro* portoktenyésztésben.
5. Megállapította, hogy a tönkölybúzában a hideg stressz előkezelés emeli az ELS-k és a regenerált zöld növénykéek számát az általa kidolgozott *in vitro* portoktenyésztési eljárással.
6. A tönkölybúza *in vitro* portoktenyésztésben teljes diallél populáció felhasználásával megállapította, hogy az általános kombinálódó képesség (GCA) hatása sokkal meghatározóbb *in vitro* portoktenyésztésben, mint a speciális kombinálódó képességé (SCA).

#### ***A doktori mű tézisei, mint nem új tudományos eredmények***

Bíráló nem talált a tézisek között olyant, amelyek nem új tudományos eredmények.



### ***Bíráló kérdései a nyilvános védés során***

Jelölt munkájában az *in vitro* androgenezis területét igen alaposan körbejárta, és új adatokkal gazdagította. Az alakor esetében például megtudhattuk, hogy Jelölt az első, aki ezzel a módszerrel zöld haploid alakor növényt tudott előállítani. Bíráló első kérdése ezzel kapcsolatban a következő:

- Ismertek-e a szakirodalomban az alakor haploidok előállítására más, nem *in vitro* indukciós módszerek, illetve milyen hatékonysággal jellemezhetők ezek?

Bíráló szerint a kenyérbúza, az alakor és a tritikálé, akár ideális növény is lehet a jövőben a hosszú távú űrutazások során, például az un. BLSS (Bioregenerative Life Supporting System) körülmények között. E fajoknak szerepük lehet az un. épületintegrált mezőgazdaságban (BIA, Building Integrated Agriculture) is. A körforgásos gazdálkodási megközelítésben például a búza egyes törpe és gyors fejlődésű genotípusai esetében a friss tömeg 90 %-a humán célból fogyasztható. Shu Liang et al. (2024) *Modeling of Space Crop-Based Dishes for Optimal Nutrient Delivery to Astronauts and Beyond on Earth* c. közleménye szerint a legjelentősebb potenciális űrnövények körében a búzát mindössze a brokkoli és a mángold előzik meg, 91% és 92%- al. A NASA 2020-ban százszintes, tízemeletes és egy hektár alapterületű, futurisztikus vertikális üvegházi búzatermesztés modelljét közölte a Nature-ben (Lásd: Asseng, S., *Wheat yield potential in controlled-environment vertical farms*). Egyre nagyobb a fogyasztói-tudományos érdeklődés az un. „búzafülé” (wheatgrass juice) iránt, a rendkívül értékes, a rákterápiák-rákkutatás bizonyos területeit is érintő

(<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10520342/>; <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38791211/>) bioaktív anyag összetétele következtében. Ez utóbbi témának, a „zöld búzatej” előállításának több mint százéves magyar szellemi előzményei jelentősek. Ezzel kapcsolatban Jelölt irányába a következő kérdések fogalmazódtak meg:

- Tekintettel a jövő kihívásaira, trendjeire, milyen lehetőséget lát Jelölt arra, hogy Magyarország szakemberei is bekapcsolódjanak az „épület-integrált búza”, az „űrbúza” és/vagy akár a speciális „zöld búzatej” nemesítésébe, kutatásába-fejlesztésébe? Milyen K+F programot, programokat tudna ajánlani a hazai döntéshozóknak, vállalkozásoknak?

### ***Nyilatkozat***

Fentiek alapján ezúton egyértelműen arról nyilatkozom, hogy Dr. Lantos Csaba *AZ IN VITRO ANDROGENEZIS KUTATÁS EREDMÉNYEI TRITICUM FAJOK NEMESÍTÉSÉBEN* című akadémiai doktori művét és a hozzá csatolt téziszfüzetet, a doktori munka tudományos eredményeit messzemenően elegendőnek tartom az MTA doktori cím megszerzéséhez, és a nyilvános védés kitűzését javaslom.

Debrecen, 2024. december 21



Fári Miklós Gábor DSc  
professzor emeritus, Alkalmazott Növénybiológiai Intézet  
Debreceni Egyetem MÉK