

Egyetemi doktori (PhD) értekezés tézise

**AZ OLASZNÁD BIOTECHNOLÓGIAI MÓDSZERREL TÖRTÉNŐ
SZAPORÍTÁSÁNAK ÉS TERMESZTÉSÉNEK
NÉHÁNY BIO-ÖKONÓMIAI KÉRDÉSE**

Antal Gabriella

Témavezető:

Prof. Dr. Fári Miklós Gábor, DSc

egyetemi tanár



DEBRECENI EGYETEM

Ihrig Károly Gazdálkodás- és Szervezéstudományok

Doktori Iskola

Debrecen, 2018

1. A KUTATÁS ELŐZMÉNYEI, CÉLKITŰZÉSEI ÉS A KUTATÁSI HIPOTÉZISEK BEMUTATÁSA

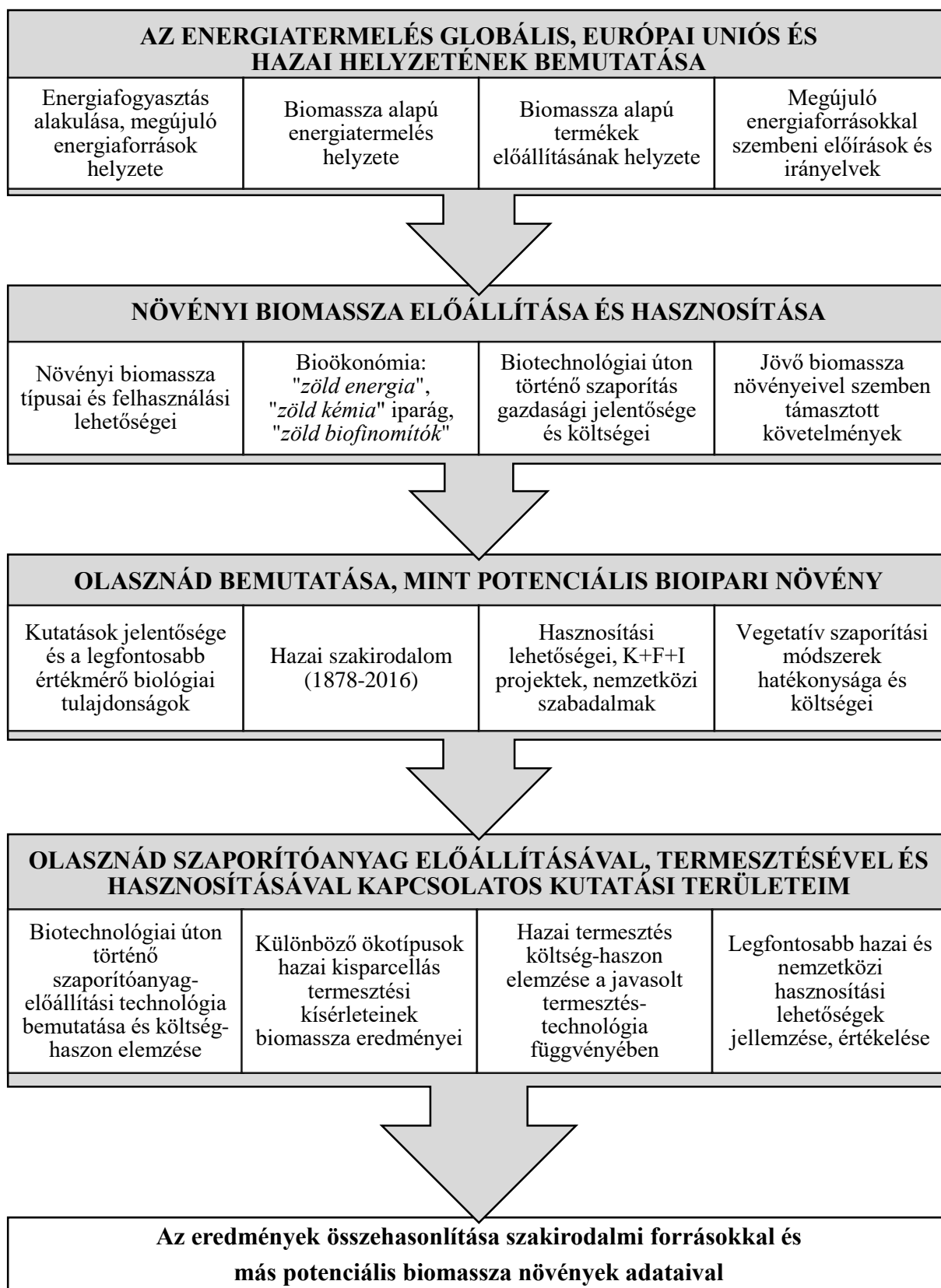
A Debreceni Egyetemen 2002 óta végeznek biológiai, genetikai, agronómiai és biotechnológiai kutatásokat a marginális területeken is termesztető, bioipari feldolgozásra alkalmas évelő, főként lágyszárú növényfajokkal, ún. biogenerációs növényekkel. A kifejezés az utóbbi időben merült fel több kezdeményezés hatására, biotechnológiai módszerrel szaporítható, új generációs növényeket foglalja magában (FÁRI et al., 2014). Az eltelt évtizedben a Mezőgazdasági Növénytan, Növényélettan és Biotechnológiai Tanszék jogelődjeinek egyik kiemelt K+F területe a különböző olasz nád (tudományos néven *Arundo donax* L.) ökotípusok biotechnológiai úton történő szaporítási technológiáinak fejlesztése, az előállított növények biológiai tulajdonságainak vizsgálata, a különböző palántanevelési- és termesztéstechnológiai rendszerének kidolgozása. E lágyszárú, évelő és rizómás fűféle elsősorban magot nem fejlesztő dísnövényként volt eddig ismert. Noha az olasz nád az egyik talán legígéretesebbnek tűnő lignocellulóz növény, nagy hátránya, hogy vegetatív úton, jelentős költségek mellett szaporítható.

A Debreceni Egyetem hazai és külföldi kutatócsoportokkal és magáncégekkel folytatott együttműködések keretében több gyakorlatban is hasznosítható eredményt ért el, amely révén 2008-2013 közötti időszakban Magyarországon kívül, az USA-ban, Olaszországban, Spanyolországban, Kínában, Romániában, Ukrajnában és Szlovákiában indultak meg a biotechnológiai módszerrel (*in vitro* klónozással) szaporított olasz nád szabadföldi termesztési kísérleteink. Ezt követő években még számos más helyszínen, hazánkban és külföldön is megindultak a növény nagyobb területeken történő termesztési kísérletek is.

A kutatásokba még kertészmérnök BSc szakos hallgatóként 2008-ban kapcsolódtam be, majd MSc és PhD hallgatóként lehetőségem volt az olasznáddal kapcsolatos biológiai, biotechnológiai, termesztéstechnológiai, különböző szaporítóanyag-előállítási és palántanevelési technológiák kutatás-fejlesztési munkáiban is részt venni. 2012-2014 közötti időszakban kutatásokat folytattam és szaktanácsadói munkát végeztem egy olasz nád szaporítóanyag előállítással foglalkozó biotechnológiai vállalkozás, a MOP Biotech Kft. laboratóriumában és bérelt palántanevelőiben.

Tekintettel arra, hogy az olasz nád termesztésének és hasznosításának eddigi irodalmi forrásai nem hazai kísérleteken alapultak, úgy gondolom, hogy a faj piaci bevezetését

megelőző tudományos összefoglaló munkám szélesítheti a potenciális biomassza növények skáláját. A hatékonyabb biotechnológiai módszerek kutatása és alkalmazása az olasz nád nagyüzemi termesztését és felhasználását segítheti elő. Széleskörű, több területre kiterjedő kutatási területeim főbb lépéseit az 1. ábrán mutatom be.



1. ábra: A disszertációm és a kutatásaim főbb területeinek bemutatása (2010-2016)

Az utóbbi évtizedekben a biológiai, biotechnológia alap kutatások fejlődésének és a klímaváltozással összefüggő kihívásoknak köszönhetően a bioökonómia (*bioeconomy* vagy *bio-based economy*) egyik kitüntetett fontosságú területe, a primer növényi alapanyagok (*feedstock*) minél hatékonyabb, megújítható előállítását és felhasználása egyre inkább kutatott terület. A világ legnagyobb növénygenetikai vállalkozásai (pl.: CERES Inc.) kutatják a jövő biomasszáját előállító, speciális bioipari hasznosítást kiszolgáló, ún. dedikált, fás- vagy lágyszárú biomassza növényeket. Ezen biomassza növények egyik csoportja magról nem, számos gazdaságilag jelentős fajjal együtt (pl.: olajpálma, banán, fenyőfélék, kávé, kakaó, bambusz stb.) érhetően csak töosztással (pl.: évelő óriás fűfélék, csicsóka), dugványozással (pl.: eukaliptusz, nyárfa, fűzfa, kínai-, olasz- és cukornád) vagy biotechnológiai módszerrel (*in vitro* mikroszaporítás, szomatikus embriógenézis) szaporíthatóak.

2010-2016 között végzett tudományos kutatásaimat egy vegetatív úton, klónozással szaporítható, ígéretesnek tűnő, óriás termetű, rizómás, évelő, lágyszárú növény, az olasz nád biotechnológiai úton történő szaporításának kérdései köré csoportosítottam. Az olasz náddal végzett kutatásaim *fő és részletes* céljai a következők voltak:

A biotechnológiai úton, szomatikus embriókról előállított olasz nád energianövényként történő termesztésének bemutatása és biomassza hozamának vizsgálata 2010-2016 között, a Debreceni Egyetem Jövő Növényei Biomassza Bemutató Kertben kisparcellás telepítésben, az alábbi részfeladatok szerint:

- a termesztéstechnológia elemeinek kutatása (talajelőkészítés, szaporítás, telepítés, ápolási munkálatok, öntözés, tápanyagutánpótlás, növényvédelem, betakarítás),
- a termésbiztonság vizsgálata, különös tekintettel a különböző olasz nád ökotípusok télállóságára,
- a különböző éghajlatról származó és különböző térállásban telepített olasz nád állományok növekedési sajátosságainak, biomassza hozamának többéves vizsgálata öntözetlen szabadföldi területeken, összehasonlítva a kínai nád (tudományos nevén *Miscanthus x giganteus*) és 'Burton SC' kukorica hibrid biomassza termésadataival,
- az olasz nád állományok hektáronkénti biomassza hozamainak összehasonlítása a szakirodalmi forrásokban elérhető biomassza hozamokkal,

- Magyarországról származó, téli fagyoknak jobban ellenálló olasz nád ökotípusok hagyományos vegetatív és *in vitro* körülmények között végzett szaporítási technológiáinak kidolgozása és azok értékelése.

A biotechnológiai úton, szomatikus embriókról felnevelt olasz nád szaporítóanyag-előállításának, hazai termesztésének és hasznosítási lehetőségeinek gazdasági elemzése.

2012-2016 között végzett kutatásaimat a hazai és nemzetközi szakirodalmi adatok, a növény szaporítóanyag előállítással foglalkozó külföldi és hazai cégek jelentései, a MOP Biotech Kft. (Nyíregyháza) által rendelkezésemre bocsájtott és általam gyűjtött adatok alapján végeztem, az alábbi részfeladatok szerint:

- az olasz nád különböző szaporítóanyag előállítási technológiák hatékonyságának összehasonlítása és azok értékelése,
- a leghatékonyabbnak vélt, nagyüzemi termelésre alkalmas, új biotechnológiai módszerrel történő szaporítóanyag-előállítási technológia költség-haszon elemzése,
- az olasz nád termesztésére javasolható technológiai elemek ismertetése az olasz nád termelésének költségei függvényében, az olasz nád hazai termesztésének költség-haszon elemzése, a termesztés kritikus tényezőinek értékelése,
- az olasz nád különböző hasznosítási lehetőségeinek eddigi legfontosabb eredményeinek jellemzése, a szakirodalmi adatok és más potenciális biomassza növények értékeinek összehasonlításával.

A kutatásaim során az alábbi hipotézisekre és kérdésekre kerestem a választ:

1. Az olasz nád megfelel a jövő biomassza növényeivel szemben támasztott biológiai, ökológiai, környezetvédelmi és ökonómiai követelményeknek.
2. Az új biotechnológiai módszerek alkalmazása (szomatikus embriógenezis) az olasz nád olcsóbb szaporítóanyag előállítását és termesztését eredményezi.
3. Az olasz nád hazai termesztése során elérhető biomassza hozamok meghaladják egy másik évelő, lágyszárú biomassza növény, a kínai nád hektáronkénti biomassza hozamait.
4. Az olasz nád bioenergiaként vagy bioipari nyersanyagként (biogáz, bioetanol) történő hasznosítása más biomassza növényekhez képest pozitív értékeket mutatnak.

2. ADATBÁZIS ÉS AZ ALKALMAZOTT MÓDSZEREK ISMERTETÉSE

Az olasznyárral foglalkozó irodalmak és kutatások-fejlesztések intenzitását, időben történő kiterjedését a mai szakirodalmi adatbázisok segítségével jól lehet jellemezni. A növényvel foglalkozó közlemények összes száma több mint 16 000 db a Google Scholar adatbázisa alapján (2018. augusztus 18. állapot), amelyből megközelítőleg 1 420 db közlemény címében szerepel a növény tudományos neve ("giant reed" – "Arundo donax"). 2006 és 2017 között az olasznyárral foglalkozó közlemények száma több mint 14 800 db, amelyből mintegy 927 db publikáció címében szerepel a növény neve. A hozzáférhető számos szakirodalmi forrásból a disszertációban kb. 230 db növényvel kapcsolatos publikáció került bemutatásra a felhasznált közel 300 db szakirodalomból.

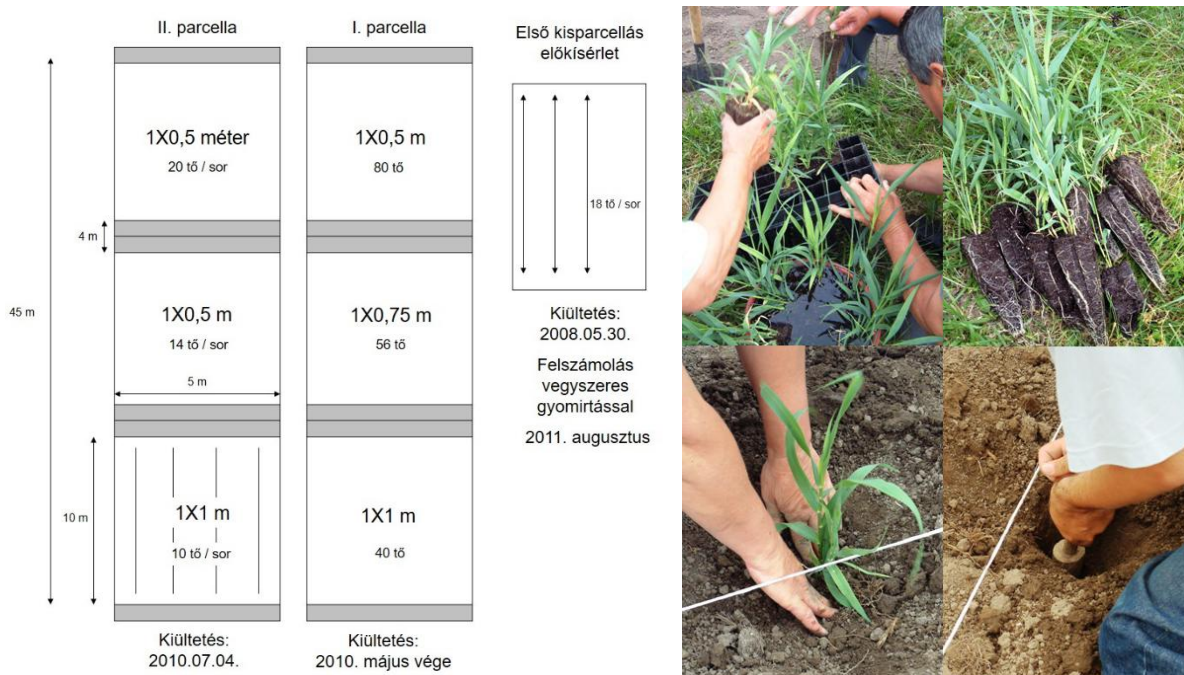
Az elmúlt és a jelenlegi évszázadban ismertetett szakirodalmi források alapján megállapítható, hogy a cellulóz-alapú biomassza-ipar egyik perspektivikus növényének tekintik. Kitüntetett szerepét az olasznyár hektáronkénti magas biomassza hozamának; kedvező kémiai összetételének; talajokkal, nehézfémekkel, különböző szennyezőanyagokkal és éghajlati viszonyokkal szembeni kitűnő adaptációs képességének; alacsony energia-bevitelének és sokoldalú hasznosítási lehetőségének (bioetanol-, biogáz-, cellulóz- és papírgyártás, egyéb kémiai alapvegyületek, tüzelőanyag, hangszerkészítés, építőanyag, fitoremediációs-, dísz- és gyógynövény stb.) köszönheti. Az olasznyárból történő bioipari és magasabb hozzáadott értékű termékek előállításához és elterjedéséhez a növény gazdaságos termesztésére is szükség van, amely során az egyik alapvető kérdés a szaporítóanyag, annak előállítása és beszerzése.

2.1. Biotechnológiai módszerrel szaporított hazai és amerikai olasznyár ökotípusok termesztésének és biomassza hozamainak kisparcellás vizsgálata (2010-2016)

A Debreceni Egyetem, a Növény Biotechnológiai Tanszék részére 10 000 m² kertfelületet bocsátott rendelkezésre, ahol számos évelő, lágyszárú és félfás biomassza és/vagy energianövényekkel folytatnak biológiai, termesztési és nemesítési kísérleteket.

A Debreceni Egyetem Jövő Növényei Biomassza Bemutató Kertben található olasznyár növények egy enyhén lúgos (7,93 pH±0,025), viszonylag nagy humusztartalmú (3,14%±0,407), jelentős CaCO₃-tartalommal (4,67±0,00) rendelkező, erősen kötött mészszelepedékes csernozjom, mezőszéki talajnak megfelelő talajtípusba kerültek. A

kísérleteket az USA-ban előállított (South Carolina, Columbia) és egy hazai klímára adaptálódott olasz nád típusal (Újszentmargita környéke) végeztük (2. ábra). Az *in vitro* úton történő szaporítóanyag előállítás folyamata MÁRTON – CZAKÓ (2002a, b, c, 2007a, b) által kidolgozott módszer alapján a PRO TEAM Nonprofit Kft. (Nyíregyháza) Újszentmargitán található mikroszaporító üzemének és a DE MÉK Növény Biotechnológiai Tanszék munkatársainak több éves közös kutatási munkája alapján történt. A biotechnológiai módszerrel előállított olasz nád palánták kiültetése a 2. ábrán látható ültetési forma és rendszer szerint zajlott, a szántóföldi zöldségtermesztésben alkalmazott módszerrel.



2. ábra: Az olasz nád kisparcellás kísérletek és szomatikus embriógenézis útján előállított palánták kiültetése a Debreceni Egyetem Jövő Növényei Biomassza Bemutató Kertben (2008-2016)

Forrás: saját fotók és összeállítás, Antal, 2012

Az első, biotechnológiai módszerrel előállított USA-ból származó növények I. parcellába való kiültetése 2010. május végén, a Magyarországról származó növények II. parcellába a tavaszi ültetést követően, több, mint egy hónappal, 2010. július 4-én került sor. A különböző kiültetési idő célja volt, az optimális ültetési időpont megválasztása, illetve az ültetési idő hatásának vizsgálata a növények évi és azt következő évek biomassza hozamaira. Az I. és II. olasz nád parcellák talajának előkészítése az előző évi (2009) őszi mélyszántással, eddig

műveletlen, gyepes terület feltörésével kezdődött. A szántás elmunkálása az ültetést megelőzően, többszöri talajmarózással történt. I. és II. parcellán belül a növényeket ágyásonként 4 sorba, 1 méteres sortávolságra, és 3 különböző tőtávolságra ültettük, amely alapján 1x1 m-es, 1x0,75 m-es és 1x0,5 m-es térállásokat alakítottunk ki. Mindegyik ágyást egy 1 méteres szegély vette körül, amelyet ún. pufferzónának szántunk (2. ábra). Öntözést és tápanyag-utánpótlást nem végeztünk, gyomirtást csak az első két évben, az ültetvény záródásáig 2 alkalommal, kézi-, ill. rotációs kapálással végeztünk.

A főbb időjárási viszonyokra és talajmintavételi adatokra alapozva ismertetem a 2010-2016 között, az amerikai (I. parcella) és magyar (II. parcella) olasz nád ökotípus biológiai potenciálját, azok növekedési tulajdonságait, biomassa hozamait és termesztési sajátosságait.

A szegélyhatás kiküszöbölésére a véletlenszerű mintavételt csak a középső sorokból, kezelésként legalább 10 tő adatainak kiértékelésével végeztük. Tövenként értékeltem ki a növények friss tömegét (g), majd ezt követően súlyállandóságig szárított száraz tömeget (g), a tövenkénti hajtások számát (db), hajtások átlagmagasságát (cm), növények szár-levél arányát (%) és a növekedésük dinamikájának nyomon követését (cm).

Az elvégzett kísérletek és az állomány több éven át tartó (2010-2016) folyamatos megfigyelése alapján meghatároztam az optimális ültetési és betakarítási időpontokat, elvégeztem a növény morfológiai tulajdonságainak, fejlődésének és az állományok télállóságának vizsgálatát. Az évenkénti és hektáronkénti biomassa hozamok megállapítását térállásonként végeztem a betakarításkor mért nedvességtartalom, illetve szárazanyag-tartalom megállapításával, hektáronkénti termésmennyiség becslésével.

A termésbiztonság szempontjából a télállóság, a hidegtűrés kérdésköre igen fontos tényező. A többéves kísérletek során vizsgáltam a tavaszi és a mélynyugalmi állapotban bekövetkező fagyok hatását a növény fejlődésére és biomassa hozamaira. A fagyhatás következtében elhalt tövek nem kerültek pótlásra, így a hektáronkénti biomassa hozam megállapítása a téli fagykár következtében harmadik évtől csökkent tőszámmal történt (3. ábra).

A I-II. olasz nád parcellák éves biomassa hozamait a Bemutató Kertben, az olasz nád állomány közvetlen közelében található, hasonló telepítési rendszerben ültetett *Miscanthus giganteus* – kínai nád termésadataival is összehasonlítottam. Dr. Tóth Szilárd, egyetemi docens felajánlásával lehetőségem volt egy rosszabb és jobb termőképességű talajon

(szintén a Bemutató Kertben) található, 'Burton SC' kukorica hibrid biomassza termésidejének az összehasonlító vizsgálatára is (3. ábra).

A kutató munkám során a Debrecenben mért biomassza hozamokra vonatkozó adatokat összehasonlítottam a külföldi és hazai szakirodalmi adatbázisokból elérhető szakirodalmi forrásokkal. Az összegyűjtött adatok alapján az ültetvények évének függvényében határoztam meg a hazai és külföldi viszonyoknak megfelelő biomassza hozamot (száraz tonna/ha), amely alapját képezte az elvégzett gazdasági kalkulációimnak.



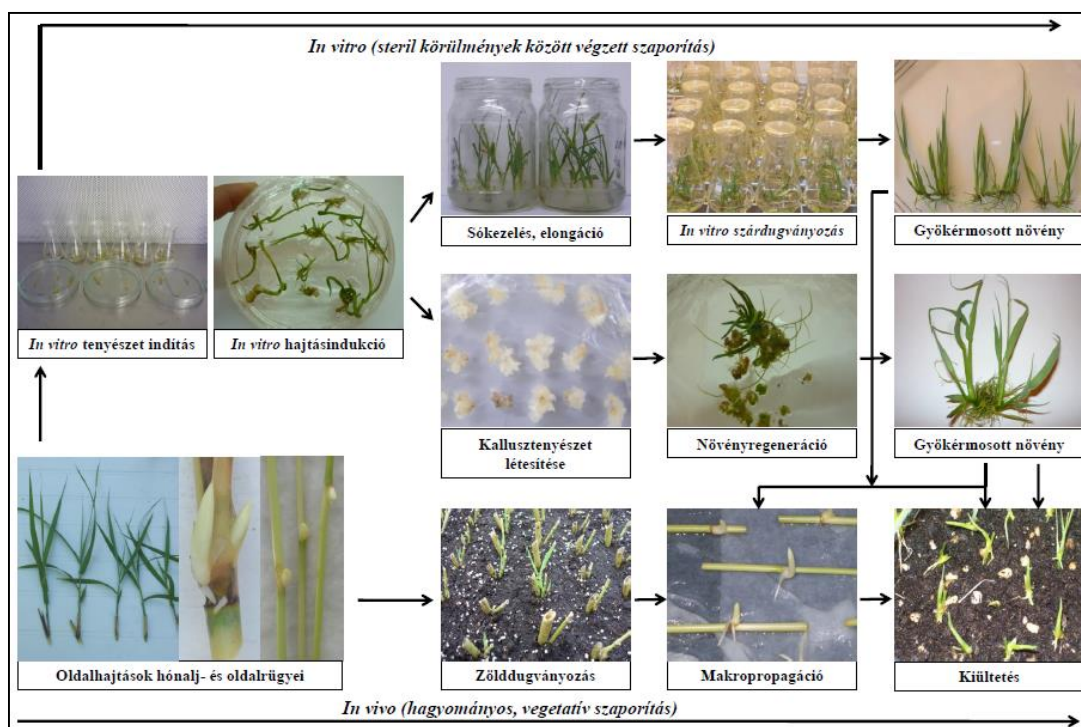
3. ábra: Hatodik éves olasz nád és kínai nád állományok (Debrecen - 2015. október)

Forrás: saját fotók és összeállítás. Megjegyzés: A) kínai nád állomány, B) olasz nád állomány, C) balra kínai nád, jobbra olasz nád állomány, D) elől kínai nád, hátul olasz nád állomány

Az adatok kiértékeléséhez és a leíró statisztikai módszereket (átlag, szórás) a Microsoft Excel 2013 programmal végeztem. A kezelések közötti statisztikailag igazolható különbségeket kétmintás t-próbával, egytényezős varianciaanalízissel értékeltem ki 5%-os szignifikancia szint mellett, amelyhez SPSS 13.0 statisztikai programot használtam (SPSS Inc., Chicago, IL). A felsorolt statisztikai próbákat akkor alkalmaztam, ha azoknak alapfeltételei teljesültek. A varianciaanalízis esetén az átlagok közötti szignifikáns eltéréseket a post hoc teszttel (Scheffe és Tukey próbával) vizsgáltam $p < 0,05$ szinten.

2.2 A téli fagynak ellenállóbb, új hazai olasz nád ökotípusok makro- és mikroszaporítási módszereinek kutatása

Az olasz nád szaporítóanyag előállításának kísérleteim fő célja volt, hogy a mérsékelt klímán a téli fagyoknak jobban ellenálló, hidegtűrő ún. „Longicaulis” olasz nád ökotípusok kiválasztása, új vonalak *in vitro* mikroszaporítási módszerének kidolgozása, az előállított palánták zölddugványról történő makropropagálási lehetőségeinek kutatása, a különböző hagyományos és *in vitro* szaporítási technológiák hatékonyságának értékelése. A kutatásokhoz a hazai klímánkhoz alkalmazkodott és a 2013 őszén a Balaton medence három helyszínéről begyűjtött (Balatonkenese, Balatonlelle, Balatonföldvár) óriás termetű olasz nád egyedek kerültek kiválasztásra. 2012/2013 téli fagyok ellenére ezek a tövek zölden átteleltek és a száruk nóduszairól 2013 tavaszán kihajtott tövek kerültek begyűjtésre. A komplex zölddugványozási és *in vitro* szaporítási módszer Antal et al. (2014c) alapján történt (4. ábra).



4. ábra: Az olasz nád szaporítása mikro- és makropropagálási módszerrel

Forrás: saját szerkesztés, Antal et al., 2014c alapján

A teljes *in vitro* mikroszaporítási folyamatokat és növények felnevelését a DE MÉK Növény Biotechnológiai Tanszék laboratóriumában és a DE Agrártudományi Központ üvegházában végeztem. Az előállított olasz nád ökotípusok és színes levelű változatokat Debrecenben a Fenntartható energetika megújuló energiaforrások optimalizált integrálásával,

TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0041 sz. projekt keretein belül kerültek kiültetésre. A több mint 2 évig tartó *in vitro* kutató munka eredményeképpen a kisselektált ökotípusokat és előállított színváltozatok elsősorban a biológiai alapanyag megőrzése, a hidegtűrésük és ezzel összefüggő morfológiai, biológiai, genetikai tulajdonságaik és további termesztéstechnológiai elemek tanulmányozása és értékelése céljából is vizsgáljuk tovább (Antal et al., 2018).

2.3. Az olasz nád szaporítóanyag előállítás, termesztés és hasznosítás ökonómiai elemzésének módszertana

A disszertációmban az általam megismert és a kutatásaim során kifejlesztett olasz nád szaporítóanyag előállítási technológiák hatékonyságát és gazdaságosságát kívánom összehasonlítani a szakirodalomban elérhető adatokkal, a növény termesztésével és szaporítóanyag előállítással foglalkozó cégek jelentései alapján összevetett technológiákkal. PILU et al. (2012), CORNO et al. (2014) gazdasági kalkulációi szerint a növény termesztésében a legnagyobb költséget a szaporítóanyag költsége teszi ki. A növény gazdaságos termeléséhez a szaporítóanyag darabonkénti költségét 0,5 Euro alá indokolt csökkenteni.

Célom a kutatásaim során megismert és kifejlesztet, hagyományos (szárdugványozás és rizómás szaporítás) és *in vitro* (mikroszaporítás vagy szomatikus embriogenezis) útján történő szaporítási eljárások bemutatása, azok teljesítménymutatóinak összehasonlítása volt különböző szempontok alapján.

A kutatásomhoz szükséges adatok elsősorban saját primer adatgyűjtésből származtak, a kapott eredményeket szekunder forrásból származó adatokkal hasonlítottam össze. A kutatásokhoz külföldi szakirodalmi forrásokból származó szaporítóanyag előállítási technológiákat, a MOP Biotech Kft. részemre bocsátott és általam gyűjtött adatokat, olaszországi (Arundo Italia Ltd.) és hazai magáncégek (Arundo Cellulóz-farming Kft. stb.) jelentéseit használtam fel.

A növény szaporítóanyag előállításával és termesztésével kapcsolatos gazdasági elemzéseimet az alábbiak szerint végeztem. Magyarország klimatikus viszonyait figyelembe véve a leghatékonyabbnak vélt olasz nád szaporítóanyag előállítási technológia költség-haszon elemzését végeztem el, a biotechnológiai módszerrel előállított, szomatikus olasz nád palánták szaporítóanyag előállításának két fő szakaszának (laboratóriumi és

palántanevelői) jellemzésével. A főbb teljesítménymutatók megállapítását, az egységnyi kiindulási anyagból (750 ezer) és egy évben a vizsgált cég kapacitásainak figyelembe vételével maximális előállítható (2 millió) palánta mennyisége alapján határoztam meg. Ezen csoportosítások alapján határoztam meg a termelési költségeket költségnemenkénti bemutatásban, a kibocsátási viszonyokat (hozam, értékesítési ár, termelési érték), a termelés eredményének és hatékonyságának értékelésével. A vizsgált szomatikus palánta szaporítóanyag technológia során az előállításához szükséges berendezések, eszközök jelentős részét bérelte a vizsgált cég, de a legfontosabb nagyobb értékű eszközöket megvásárolta, amelyek bekerülési értéke a beszerzés helyétől függően változhat. Egy termelési ciklusnak megfelelő, évenként felmerülő előállítási költségek, termelési érték és jövedelemviszonyok, a szaporítóanyag előállítás önköltségi ára és a költségarányos jövedelmezőség meghatározásával kapott eredményeimet összehasonlítottam hasonló és más módszerrel történő szaporítóanyag előállítási technológiákkal (rizómás és más *in vitro* szaporítási technológiával).

A számításaim pénzneme forint (HUF) volt, de a nagyon kevés elérhető információ miatt számításaimat külföldi cégek jelentéseivel és nemzetközi tudományos publikációkkal tudtam csak összehasonlítani, amely során a 2014. évi napi átlagos MNB (HUF-EUR) középárfolyam átlagait vettem alapul, ami 308,66 Ft/Euro volt.

Az olasz nád biotechnológiai úton történő szaporítására eddig kidolgozott és ismertett mikroszaporítási módszerek többsége még kísérleti szakaszban vannak, illetve nincsenek értékelhető nagyüzemi termelési adatok. Az olasz nád szaporítási rendszereket akkor lehetne gazdaságosabbá tenni, ha a rizómás szaporítás során a növényenkénti 0,5 Euro és a mikroszaporításból származó 0,35 Euro költséget tovább lehetne csökkenteni. A különböző technológiák forráskutatása során nem talákoztam olyan szakirodalommal vagy tanulmánnyal, amely a technológiai leíráson túl, valamely biotechnológiai úton történő szaporítóanyag előállítás költségeit és gazdaságosságát részletesen bemutatná.

A több éves kutató munkám alapján összeállítottam egy hazai termesztésre javasolható olasz nád termesztési technológiát a termelési költségek függvényében, műveletenkénti és az ültetvény 20 éves termesztési időtartamára vonatkozólag. A javasolt termesztéstechnológiai elemek (talaj-előkészítés, szaporítóanyag kiválasztás, telepítés, ápolási munkák, betakarítás) és annak költségei a MOP Biotech Kft. által létrehozott hazai

olasznád ültetvények magyarországi termelési költségei c. kiadvány alapján kerültek bemutatásra. A termesztés várható költségei a Magyarországon a 2012-2014 között létrehozott biomassza ültetvények átlagos adatait tartalmazzák, azonban a termőhelyek pontos leírására és bemutatására nem kaptam engedélyt. A termelési értékek és jövedelemviszonyok a Magyarországon lehetséges, a feldolgozóipar hiányában csak tüzelőanyagként (száraz aprítékként) történő felhasználási módtól függően kerülnek megállapításra különböző árbevétel (8 000, 12 000, 16 000 Ft) függvényében.

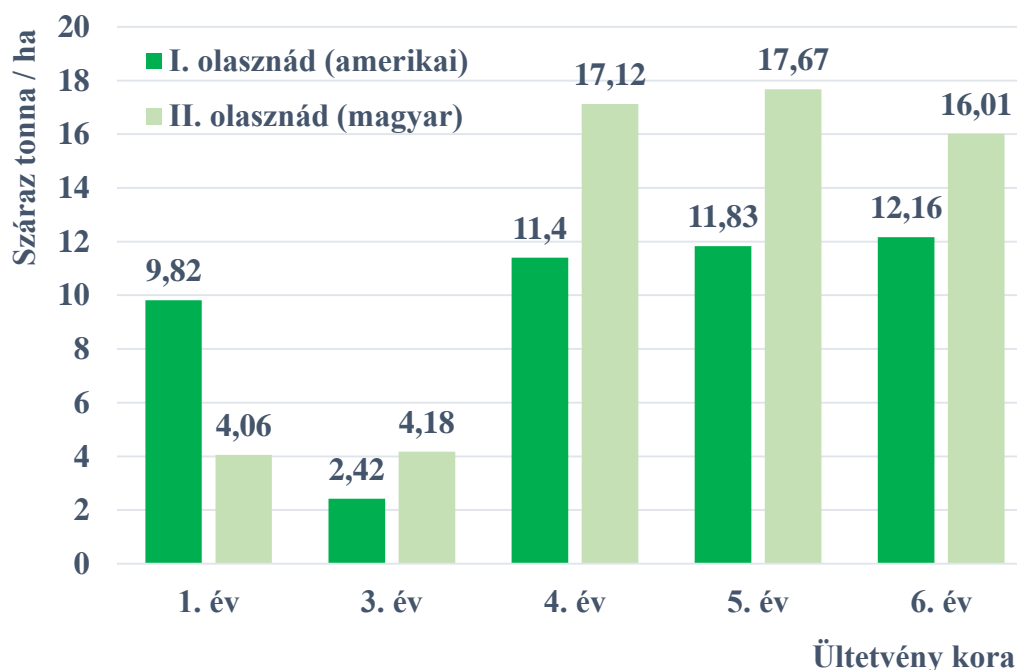
Az olasz nád piaci bevezetését és szélesebb körű hasznosításában szerepet játszó legfontosabb kockázati tényezőket különböző szempontok (biológiai, ökológiai, környezetvédelmi és ökonómiai) szerint csoportosítottam, amely alapján egy olasz nád termesztésének előnyeit és hátrányait összefoglaló táblázatot készítettem el. Az olasz nád zöld és száraz bioipari nyersanyagként egyaránt különböző hasznosítási lehetőségei ismertek. A növény eddigi legfontosabb hasznosítási lehetőségeit szakirodalmi adatok alapján más potenciális biomassza növényekkel történő összehasonlításban végeztem el. A száraz biomassza felhasználási lehetőségei alapján határoztam meg a növény potenciális (laboratóriumi) fűtőértékét összehasonlítva más potenciális lágyszárú biomassza növényeknél mért adatokkal. A növény biogázként és bioetanolként történő hasznosítási lehetőségeit, annak gazdaságosságát más biomassza növényekkel szemben külföldi szakirodalmi források, külföldi magáncégek és projektek zárójelentései (Beta Renewables, Arundo Italia Co. Ltd. stb.) alapján kívánom jellemezni.

3. AZ ÉRTEKEZÉS FŐBB MEGÁLLAPÍTÁSAI

3.1. Biotechnológiai módszerrel szaporított hazai és amerikai olasz nád ökotípusok termesztésének és biomassa hozamainak kisparcellás vizsgálatának főbb eredményei és összehasonlítása más biomassa növényekkel (2010-2016)

Az olasz nád különböző földrajzi adottságok és termesztési viszonyok mellett, hektáronként igen eltérő biomasszát képes előállítani. A növény évenkénti biomasszáját számos tényező befolyásolja (mikroklíma, talaj, agrotechnika, betakarítási idő stb.), ezért a disszertációban feldolgozott források összesített értékei nagy szórást mutatnak és a külföldi, a hazánknál melegebb klímájú országok termesztési adatainak átlagát mutatja be. Ezek alapján megállapítható, hogy az olasz nád többéves átlagot tekintve évenként 23-39,4 száraz tonna/ha közötti biomassa hozamra is képes, amely jóval meghaladja a saját termesztési kísérletekben, Debrecenben mért adatokat.

A 5. ábra mutatja be a hazai körülmények között (Debrecenben), biotechnológiai módszerrel előállított, két különböző éghajlati területről származó olasz nád ökotípusok hektáronként elérhető biomassa hozamait a februári betakarítások esetén.



5. ábra: Az olasz nád állományok hektárra átszámított száraz biomassa hozamai Debrecenben tél végi betakarítással (2010-2016)

Forrás: saját vizsgálat és szerkesztés

Az elvégzett saját kísérletek alapján mészlepedékes, csernozjom feltöltésű talajon, öntözés és tápanyag utánpótlás nélkül a melegebb éghajlati területről származó olasz nád ökotípus 6 éves átlagban 16,37 száraz tonna/ha, a magyarországi éghajlatról származó ökotípus 18,05 száraz tonna/ha biomasszát képes előállítani évenként, tél végi betakarítással különböző térállások átlagában. A hozamértékek minden évben a tél végi (február, március) betakarítási időpontokban mért hektáronkénti száraz biomasszára vonatkoznak. A vizsgált éves alapján megállapítható, hogy a növény termesztéséhez elegendő a 1x1 méteres térállás (10 000 tő/ha), mivel már az első évben az 1x1 méteres térállás meghaladta a sűrűbb térállású (13 334 db vagy 20 000 tő/ha) parcellák hektáronkénti becsült biomassza hozamait, továbbá a telepítés költségét a szaporítóanyag költség nagyban befolyásolja.

A 5. ábrán a második éves biomassza adatokat nem tüntettem fel, mert az eltérő betakarítási időpontok miatt a hozamok nem összehasonlíthatóak. A második évben az állományok magas biomassza hozamot (49-50 száraz tonna/ha) értek el, ehhez az is hozzájárult, hogy az állományok betakarítása zölden, a tenyészidőszak végén 2011 októberben történt, vagyis mielőtt a tápanyagokat a növény visszajuttatta volna a földben lévő rizómáiba. A betakarításkor látszólag száraznak tűnő állományok nedvességtartalma magas volt, az évek során 40-45% között változott.

Az elvégzett kísérletek és szakirodalmi adatok is alátámasztják, hogy a növény termesztésében a hideg korlátozó tényező lehet. 2012. februárban 2 héten keresztül -20°C alatti hőmérséklet, téli csapadék (hótakaró) hiányában már komoly fagykárokat eredményezett az olasz nád állományokban. A növény földalatti, tápanyagok raktározására alkalmas rizómák fő-, mellék- és tartalékrügyei is elfagytak. A meleg éghajlatról származó ökotípus 56,82%-a, a magyarországi éghajlatról származó állományok 82,04%-a indult fejlődésnek. A fagykárt követő 3. évben, 2013 tavaszi betakarításkor térállástól függetlenül az amerikai ökotípus hektárra átszámítva átlagosan 2,42, a magyar ökotípus átlagosan 4,18 száraz tonna biomasszát állított elő. A 2012. évi fagykárnak a 2014-es évi biomasszára is hatással volt. Az amerikai ökotípus átlagosan 55,59%-ban, a magyar ökotípus 74,40%-ban tudott regenerálódni, amely arányok a későbbi években állandósultak. Az elhalt tövek későbbiekben nem kerültek pótlásra, ezért a hektáronkénti biomassza hozam megállapítása a negyedik évtől csökkent tőszámmal történt. Ezért a jövőben olyan új olasz nád fajtákat indokolt előállítani és szaporítani Magyarországon és a hasonló téli fagyokkal jellemezhető

mérsékelt éghajlatú régióban, amelyek a szélsőségesebb téli időjárást a korábbi időszakhoz képest jobban tűrik.

Az elvégzett termesztési kísérleteim alapján összességében elmondható, hogy az olasz nád biomassza hozama az első két évben többszörösen meghaladta a kínai nád terméshozamát (sorrendben 8,08 és 33,14 száraz tonna/ha évente), a későbbi években a fagykár következtében csak a hatodik évre tudta újra a kínai nádat meghaladni. Ha a fagykár nem következett volna be, a megmaradt tövek biomasszája alapján olasz nád minden évben elérte és meghaladta volna a kínai nád termésadatait. Ezért fontosnak tartom az olasz nád esetében olyan kutatások folytatását, amely éghajlatnak és területnek specifikus ökotípusok előállítását és felhasználását is figyelembe veszi.

Számos szakirodalmi forrás bebizonyította a növény genetikai azonosságát a különböző kontinensről és éghajlatról begyűjtött olasz nád egyedek alacsony genetikai variabilitását, amely a generatív úton történő szaporodás hiányára is visszavezethető. De mégis léteznek eltérő morfológiai tulajdonságokkal rendelkező egyedek. Ezek az ökotípusok valószínűleg az éghajlat hatására alakulhattak ki, ezt bizonyítja a két eltérő éghajlatról származó ökotípusok közötti markáns különbségek. Poliploid (többszörös kromoszómaszámmal rendelkező) növény révén ezek a változások nem lehetnek DNS szintűek, hanem a környezet hatására alakultak ki, ún. epigenetikai tulajdonságok. A biotechnológiai úton előállított, szomatikus embriógenézisen átesett, különböző éghajlatról származó egyedek morfológiai tulajdonságai eltérnek egymástól, amely tulajdonságaikat a több éven át tartó *in vitro* szaporítás során sem veszítették el. Az epigenetikai öröklődés menet, a növény genetikai és molekuláris módszerekkel történő tanulmányozása a különböző szaporítóanyag előállítási technológiák és ökotípusok függvényében egy érdekes új kutatási terület, amely számos új eredménnyel kecsegtet.

Magyarország Alaptörvénye kimondja az ország GMO-mentességét, ezért nincs lehetőség a télnek jobban ellenálló, hidegtűrő transzgenikus olasz nád fajták előállítására sem. Azonban lehetőség van a kisselektált ún. hideg-toleráns olasz nád fajták *in vitro* szövettényészetek létrehozására, célzott mesterséges vagy természetes fagykezelésekkel, és/vagy mutánsok indukálásával a téli fagynak jobban ellenálló olasz nád vonalak előállítására, amelyet valamely módszerrel biotechnológiai nagy volumenben lehetne előállítani (Antal et al., 2014c, 3.2. fejezet).

3.2. A téli fagynak ellenállóbb új hazai olasz nád ökotípusok makro- és mikroszaporítási módszerek kutatásainak főbb eredményei

Antal et al. (2014c) alapján olyan olasz nád mikroszaporítási módszer került kidolgozásra, amely segítségével sikerült Magyarországhoz hasonló, erős téli fagyokkal jellemezhető mérsékelt égövön az olasz nád téli fagynak kitett és áttelelt hajtásaiból *in vitro* tenyészeteket létrehozni, amely morfológiai leírása alapján 'Longicaulis' típusba sorolható.

A kísérletek során megállapítottam, hogy az *in vitro* szárdugványozással a vizsgált egy anyatóból, második éves, áttelelt alvó és oldalrügyeiből potenciálisan 6 500-8 700 db hajtás nyerhető, melyek további zölddugványozásával összesen 25 000-35 000 db palánta/tő állítható elő. A kidolgozott kombinált – *in vitro* és *ex vitro* – szaporítással összességében 1 db *in vitro* hajtásból – 11-12 hónapos nevelés alatt – 400-450 db palánta állítható elő.

Az olasz nád *in vitro* mikroszaporítását eddig a hajtáscsomók töosztásával, nagy dóziszú növekedésszabályozók felhasználásával érték el. Ezzel a technológiával a szaporítási hatékonyságot 0,2% nátrium-klorid előkezeléssel, a lerövidített ízközü, ezáltal 1 tenyésztő-edényben, 1 hajtáson minél több rügy előállításával, majd ezen hajtások felszaporításával (mikrodugványozás) lehet elérni. Az *in vitro* szaporítóanyag előállítás másik lehetősége az embriogenezis útján történő *in vitro* szaporítás. Az embriogén/organogén olasz nád kalluszok hosszú ideig tenyészthetőek, amellyel a palánták egész évben előállíthatók. Az embriogén/organogén kallusz kiváló alapanyag a mutációs nemesítéshez, amely a genetikai transzformációs módszer hiányában az olasz nád nemesítés egyik új, perspektivikus módszere lehet Magyarországon és a nemzetközi közösség számára. Az *in vitro* tenyésztés, a folyamatos és hosszú idejű mikroszaporítás ugyanakkor a genetikai potenciál csökkenéséhez is vezethet, a szomatikus variabilitás kockázatában is szerepet játszhat (Antal et al., 2014c). Az elvégzett két éves kutatási kísérlet eredményeképpen megállapítható, hogy a 'Longicaulis' ökotípusba tartozó, a mérsékelt égövi téli fagyoknak jobban ellenálló olasz nád genetikai anyag biotechnológiai kutatása, az új módszerek gyakorlati alkalmazás szintjére történő fejlesztése – 70 évvel Martin Krickl első közlése (KRICKL, 1946) után – folytatódott a Debreceni Egyetemen.

Az előállított ökotípusokon kívül, a zöld alapfajtól teljesen eltérő morfológiai tulajdonságokkal rendelkező, albínó és színes (fehér, sárga és zöld különböző árnyalatai), illetve csíkos levelű olasz nád növényeket is sikerült kisselektálni. A különböző morfológiai

tulajdonságokkal rendelkező olasz nád növényeket a Debreceni Egyetem, Biomassza Bemutató Kertjében kerültek kiültetésre. A levélszín változatoknak elsősorban új díszkertészeti fajta előállítás szempontjából lehet jelentőségük és a növény biológiai kutatásaihoz (elsősorban fotoszintézis, genetikai és molekuláris vizsgálatokhoz) pedig kitűnő alapanyagként szolgálhatnak (6. ábra) (Antal et al., 2018).



6. ábra: Harmadik éves színes levelű olasz nád változatok (Debrecen – 2015 július)

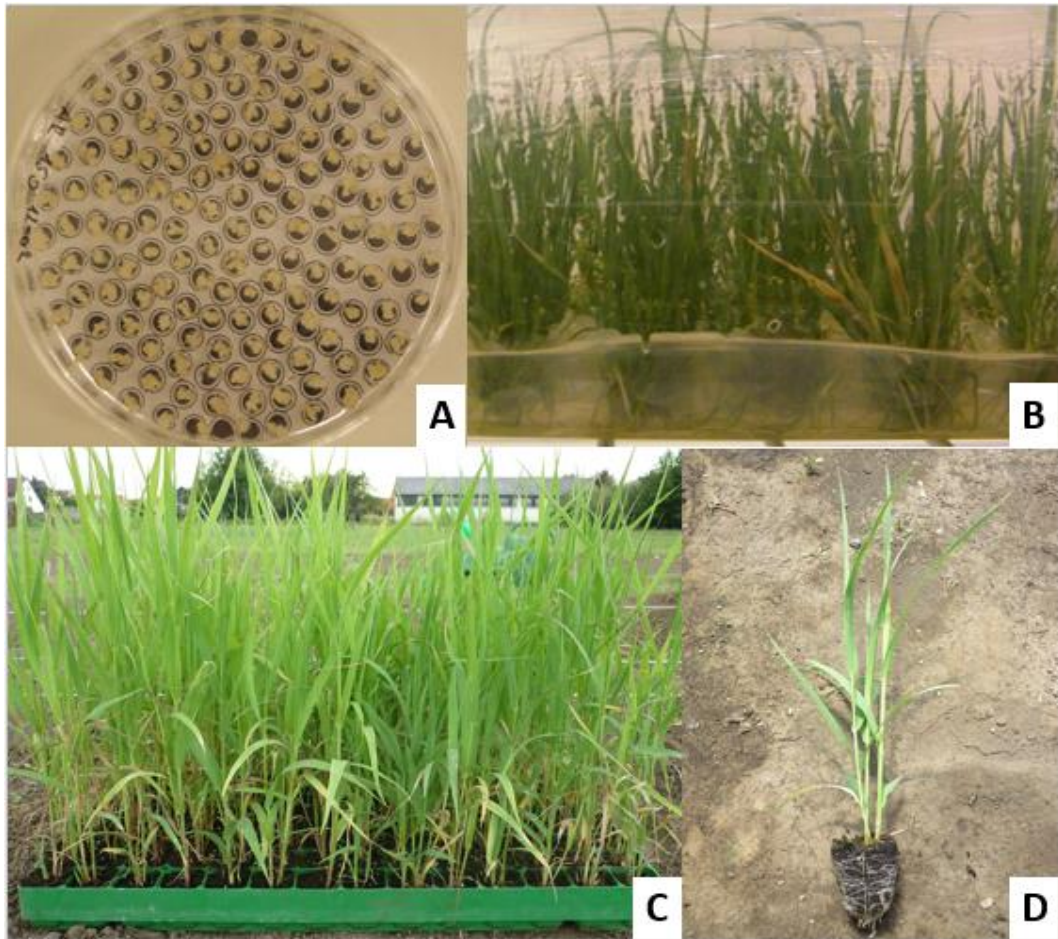
Forrás: saját fotók, Antal et al., 2018

3.3. Az olasz nád szaporítóanyag előállítás, termesztés és feldolgozás ökonómiai értékelése

3.3.1. Az olasz nád új biotechnológiai módszerrel történő szaporításának hatékonysága és költség-jövedelem viszonyainak értékelése

Az olasz nád ültetvény létesítéséhez szükséges szaporítóanyag legelterjedtebb formája a rizóma, de számos irodalom beszámol a különböző *in vitro* úton történő szaporítási lehetőségekről. Kutatásaim során vizsgált leghatékonyabbnak vélt, üzemi biotechnológiai úton történő olasz nád szaporítási technológia (MOP Biotech Kft., Nyíregyháza), a szomatikus palánta előállítása az alábbiak szerint jellemezhető. A szaporítóanyag előállítás két fő szakaszból, a laboratóriumi (31 hét) és a palántanevelőkben (7-8 hét) történő fázisokból áll.

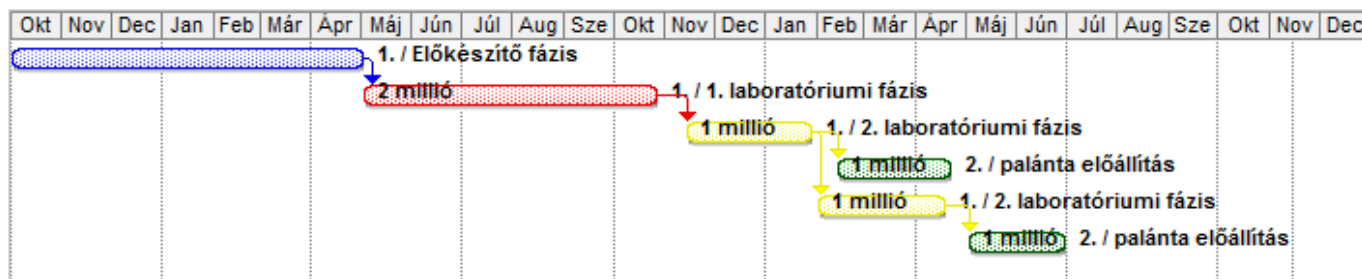
A szaporítás során különböző fejlődési stádiumokat és értékesítési lehetőségeket különböztettem meg: kiindulási alapanyagként szolgáló, embriógén eredetű ún. mikro-klaszterek (7A. ábra), akklimatizálásra alkalmas, csomókba fejlődő olasz nád növények (7B. ábra) és a szabadföldi kiültetésre alkalmas, szaporító tálcákban nevelt tápközeges szálas palánták (7C, D. ábra).



7. ábra: Az olasz nád szomatikus palántanevelési technológia folyamata, az előállított növények a főbb fejlődési fázisokban (MOP Biotech Kft.)

Forrás: saját fotók és összeállítás, 2014. Megjegyzés: A) 1. szakasz: kiindulási alapanyagként szolgáló, 150 db embriógén eredetű mikro-klaszterek (kb. 2 mm átmérővel) Petri-csészében. (B) 1. szakasz: laboratóriumi nevelés végén előállított akklimatizálásra alkalmas csomókban fejlődő olasz nád növények (8-10 cm hajtásokkal). C, D) 2 szakasz: szabadföldi kiültetésre alkalmas szaporító tálcákban előállított tápközeges szálas palánták (25-30 cm hajtáshossz).

A 8. ábrán látható az évi 2 millió növény előállítására alkalmas, vizsgált olasz nád szaporítási technológia az optimális akklimatizálási- és palántanevelési időket, a Magyarország éghajlati és klímaviszonyait figyelme véve.



8. ábra: Évi 2 millió olasz nád szomatikus palántanevelési technológiája Magyarországon

Forrás: saját szerkesztés, 2014. Megjegyzés: a kék, a piros és a sárga színnel jelölt sávok az 1. laboratóriumi szakasz főbb fázisait, a zöld színnel jelölt sávok a fóliasátorban történő 2. palántanevelési szakaszt jelentik. A sáv szélessége a nevelési időt mutatja a hónapok változásával.

1. szakasz: Laboratóriumi fázis

A kiindulási alapanyagot a technológia során az említett mikro-klasztereket tartalmazó Petri-csésze jelenti (7A. ábra), amelyből a szaporítóanyag előállítás 1. szakaszában (*in vitro*) 8,5 hónapos (34-35 hét) nevelési ciklus alatt ebből megközelítőleg 750 000 db akklimatizálásra alkalmas, csomókban fejlődő növény állítható elő (7B. ábra). A maximális hely, munkaidő és eszközök kapacitásának figyelembe vételével, a rendelkezésükre álló 11 db növénynevelő állványon akár 1 millió, évente 2 ciklusban akár 2 millió csomókban fejlődő akklimatizálásra alkalmas növény állítható elő a vizsgált technológiával. Ez azt jelenti, hogy 1 db szomatikus embriogenezis útján előállított embriogén eredetű mikro-klaszterekből egy év alatt 5 000 db csomókban fejlődő hajtást lehet előállítani. A kiindulási alapanyagra vetített, egy év alatt előállítható növény mennyiség többszöröse a szakirodalomban fellelhető technológiákhoz képest.

A laboratóriumi szakaszban a hazai klimatikus viszonyoknak megfelelően 6 állandó dolgozó évente 2 millió csomós növényt képes előállítani egy 100 m² alapterületű laboratóriumban (1 millió növény/ciklus). Ez személyenként mintegy 340 000 db akklimatizálásra alkalmas csomós palántát jelent évente, amely jóval meghaladja egy hagyományos mikroszaporító laboratórium éves munkaerőre vetített kapacitását (100-150 000 db növény/év/fő). DAN et al. (2013, 2014) olasz nád kalluszköböl történő regenerációs módszere alapján publikált 35-40 000 db éves személyenkénti növénykibocsátáshoz képest akár tízszeres hatékonyságot is jelenthet.

Az alkalmazott technológiával, az akklimatizálást megelőző utolsó fázisban egy fő 13 650-15 000 db csomós növényt tud naponta végleges táptalajra helyezni. TÓTH (2005) adataihoz képest a szikével (800-1 100 db/nap) vagy az ollóval (1 500-2 000 db/nap) történő átlagos utolsó passzállási időhöz képest ez átlagosan tízszeres (6,8-18,75 közötti) hatékonyságot jelent.

A technológiai elemek (táptalaj-összetétel, tenyésztőedények, nevelési mód és idő stb.) és a tenyésztés fizikai tényezőinek megfelelő megválasztásával egy nevelési ciklusban négyzetméterenként megközelítőleg 95 000 db akklimatizálásra alkalmas növényt is elő lehet állítani a növények felnevelésére szolgáló tenyésztőpolcokon. A hatékonyság abból adódik, hogy a szomatikus embriókról származó csomós növényeket csipesszel könnyebben és gyorsabban szét lehet szedni, amellyel lecsökkenthető a növények passzállásával töltött idő. A technológia egyik előnye, hogy a hajtáscsomókat nem kell szikével vagy ollóval darabolni a hagyományos, *in vitro* szárdugványozással ellentétben.

A maximális hely, munkaidő és eszközök kapacitás esetén a laboratóriumban előállítható 2 millió növény/év kibocsátás összes termelési költsége a nagy értékű eszközök beszerzési helyétől függően 25 527 191 Ft (kínai beszerzés) és 32 634 208 Ft (európai beszerzés) között van. A termelés során az anyag jellegű költségek 23,56%-ot tesznek ki, amelynek 32,80 %-át a nagy értékű eszközök, a 12,81%-át a tenyésztőedények, a 37,95%-át a laboratóriumi műszerek és eszközök és a 16,51%-át a táptalajkomponensek alkotják. A személyi jellegű költségek 66,45%-ot, az egyéb közvetlen termelési költségek (bérleti díj, rezsiköltségek stb.) 8,70%-ot és az általános költségek 1,29%-ot jelentek a termelés során.

A vizsgált olasz nád *in vitro* szaporítóanyag előállításának termelési értékének és jövedelmezőségének alakulását a 1. táblázat adatai tartalmazzák. Évi 2 millió db akklimatizálásra alkalmas, csomós olasz nád szaporítóanyag eladásával 37 412 809 Ft nettó jövedelem is érhető 31,47 Ft-os értékesítési ár esetén. A palánta közvetlen önköltségi ára 12,60 Ft/db, a termelés 146,56%-os költségarányos jövedelmezőségi rátával jellemezhető (1. táblázat).

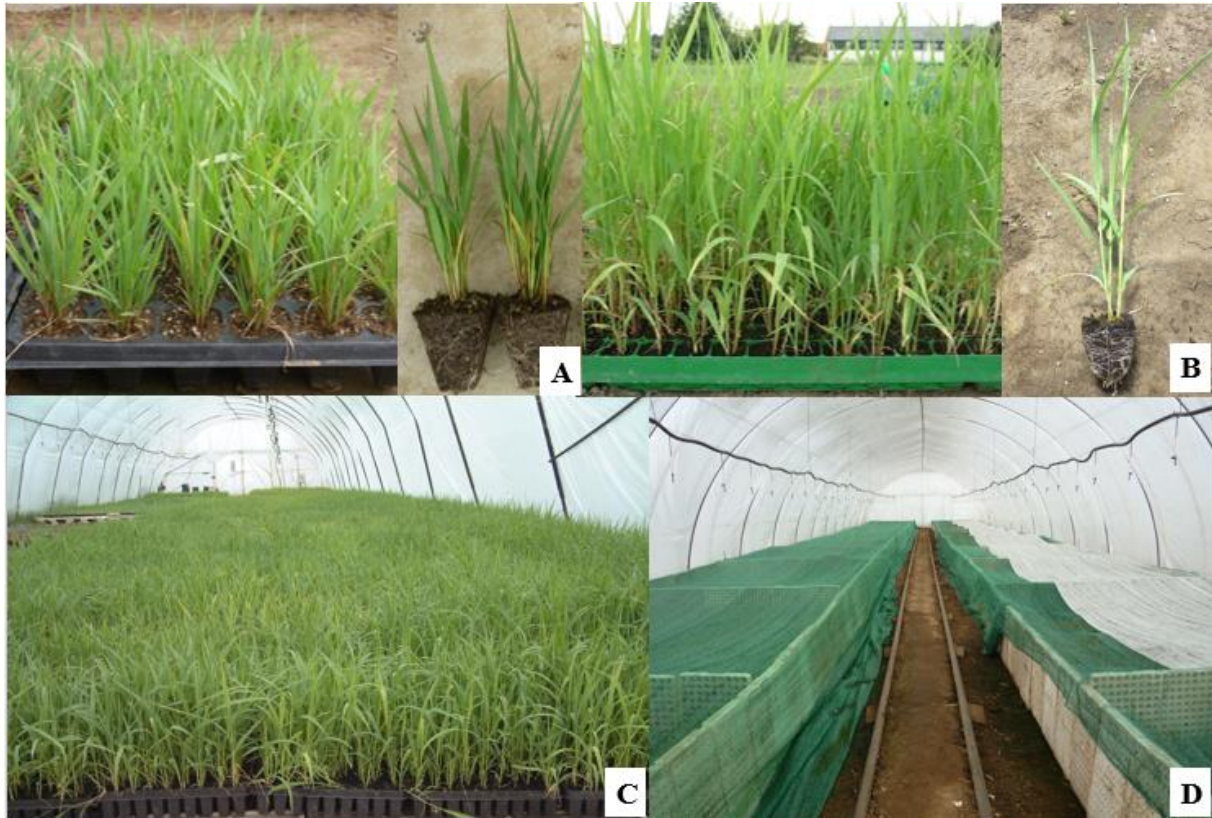
1. táblázat: Az olasz nád szaporítóanyag előállítás laboratóriumi szakaszának termelési értékének és jövedelem viszonyainak alakulása (2013-2014)

Megnevezés	1. szakasz/ A termelési típus		1. szakasz/ B termelési típus	
	Kínai beszerzés	Európai beszerzés	Kínai beszerzés	Európai beszerzés
Nagyértékű eszközök beszerzési helye				
Előállított növények száma (db)	750 000		2 000 000	
Értékesítési ár (Ft/db)	31,47			
Termelési érték (Ft)	23 602 500		62 940 000	
Közvetlen termelési költség (Ft)	16 211 756	23 318 773	25 197 191	32 304 208
Fedezeti összeg (Ft)	7 390 744	283 727	37 742 809	30 635 792
Általános költség (Ft)	150 000		330 000	
Összes termelési költség (Ft)	16 361 756	23 468 773	25 527 191	32 634 208
Nettó jövedelem (Ft)	7 240 744	133 727	37 412 809	30 305 792
Költségarányos jövedelmezőség (%)	44,25%	0,57%	146,56%	92,87%
Közvetlen önköltség (Ft/db)	21,62	31,09	12,60	16,15

Forrás: saját adatgyűjtés és összeállítás, 2014

2. szakasz: Palántanevelői fázis

A laboratóriumi fázisban előállított, akklimatizálásra kész, csomós palántákat, a Magyarország éghajlatát és fényviszonyait figyelembe véve, leghamarabb február közepétől lehet kiültetni fűtött fóliasátrakba. A laboratóriumi nevelés kezdetét a fóliasátorba történő kiültetési időponthoz célszerű időzíteni (8. ábra). A palántanevelés ideje hőmérsékleti és fényviszonyoktól függően 7-8 hetet vesz igénybe, amely a laboratóriumból kikerülő csomós palánták akklimatizálási fázisából (14-21 nap) és a kiültetésre alkalmas, tápközeges szálas palántanevelésből (35-42 nap) áll (9A, B, C. ábra). A kiültetés a hazai klímán akár augusztus végéig folyamatosan lehetséges, mivel a kidolgozott palántanevelési technológia alapján a jól akklimatizált és kellően begyökeresedett palántákat a szabadföldön vagy akár fóliasátorban is át lehet teleltetni a kiültetésig (9D. ábra).



9. ábra: Szaporítóanyag előállítás 2. szakaszában előállított, szabadföldi kiültetésre alkalmas olasz nád palánták nevelése és telettetése fóliasátorban

Forrás: saját fotó és összeállítás, 2014. Megjegyzés: A) Szaporító tálcában nevelt csomós palánták. B) Szaporító tálcában nevelt szálas palánták. C) Szabadföldi kiültetésre alkalmas, szálas olasz nád palánták nevelése nagy légterű fólia sátorban 30 cm³ sejtterfogatú szaporító tálcákban. D) olasz nád palánták telettetése nagy légterű fóliasátorban.

A 2. táblázat adatai mutatja be a szabadföldi kiültetésre alkalmas olasz nád szaporítóanyag előállítása során keletkezett szálas szomatikus palánták termelési értékeit, termelési költségeit, jövedelemviszonyait évi 750 000 és 2 millió növény előállítása esetén.

2. táblázat: A szaporítóanyag előállítás teljes szakaszának termelési értékei és jövedelemviszonyainak alakulása az évenkénti növénykibocsátás függvényében

	Szabadföldi kiültetésre alkalmas szomatikus szálas palánták előállítása	
Hozam (db/év)	750 000	2 000 000
Értékesítési ár (Ft/db)	47,47	47,47
Termelési érték (Ft)	35 606 025	94 949 400
Közvetlen termelési költség (Ft)	28 211 756	57 197 191
Fedezeti összeg (Ft)	7 394 269	37 752 209
Általános költség (Ft)	300 000	480 000
Összes termelési költség (Ft)	28 511 756	57 677 191
Nettó jövedelem (Ft)	7 094 269	37 272 209
Költségarányos jövedelmezőség (%)	24,88%	64,62%
Közvetlen önköltség (Ft/db)	37,62	28,60

Forrás: saját adatgyűjtés és összeállítás, 2014.

A vizsgált cég elsősorban külföldi piacon (Olaszország, Spanyolország, Kína stb.) értékesítette mind az akklimatizálásra alkalmas csomós növényeket, mind a szabadföldi kiültetésre alkalmas tápközeges palántákat. Évi 2 millió db szálas palánta előállítási folyamatának összes termelési költsége 57 197 191 Ft-ba került. Szálas palántánkénti 47,47 Ft-os értékesítési áron (0,15 Euro) a nettó jövedelem évi 2 millió db előállítása esetében 37 752 209 Ft volt. Az *in vitro* úton történő palántanevelés önköltsége a növénykibocsátás és kapacitások kihasználásának függvényében változik. A vizsgált technológia révén az olasz nád szaporítóanyag előállítás önköltségét egy megfelelő, hatékony biotechnológiai úton történő technológia alkalmazásával akár 28,60 Ft-ra (0,09 Euro) is lehet csökkenteni. A rizómás szaporítóanyag költsége 0,5 Euro, a mikroszaporításból származó palánta ára 0,350 Euro volt CORNO et al., 2014 és egy Olaszországi, Pescara székhelyű cég adatai (I12) alapján, bár részletes technológiai leírásról, költség-jövedelemelemzésről nincsen részletes információ. Az ismertett technológiai révén a termelési költségek közül a szaporítóanyag előállítás költségét közel felére (0,12 Euro), akár harmadára lehetett csökkenteni (0,09 Euro/palánta). Jelenleg Magyarországon

olasznád palánta előállításával az Arundo Cellulóz Farming Kft. (Újfehértó) és társvállalatai foglalkoznak. Az általuk előállított *in vitro* szaporításból származó palántákat 74-75 Ft (0,24 Euro-s) áron értékesítette 2014-2015-ben (I13), amely technológiát több szabadalom is védi az elérhető információk szerint.

3.3.2. Az olasz nád üzemi termelés várható költségei a javasolható termesztés-technológiai elemek függvényében

Az évelő növények termesztése teljesen eltér az egyéves szántóföldi kultúráktól. Gazdasági szempontból a növény életútja a szaporítóanyag előállításától/ megvásárlásától az ültetvény felszámolásáig tart. A több éves kutató munka és a feldolgozott szakirodalmi adatok alapján kijelenthető, hogy az olasz nád termesztése nem csak Európa déli országaiban lehetséges, hanem Magyarország hőmérsékleti és fényviszonyai is alkalmasak az olasz nád termesztéséhez. Termesztésben a növény életciklusa az eddigi szakirodalmak alapján 20 évre is tervezhető, ezen idő alatt a telepítés költségei, a szaporítóanyag ára és az évenkénti betakarítás jelenti a legnagyobb munkát és költségeket (3. táblázat).

3. táblázat: Az olasz nád üzemi termelés várható költségeinek alakulása hazánkban hektáronként az ültetvény 20 éves időtartama alatt műveletenkénti szerkezetben

Költségnemek megnevezése	Munkaműveletek száma (db)	Költségek munka-műveletenként (Ft/ha)	20 évben összesen (Ft/ha)	Megoszlása (%)
Talajelőkészítés	1	33 000	33 000	1,19%
Szaporítóanyag	1	500 000	500 000	17,99%
Telepítés	1	50 000	50 000	1,80%
Gyomirtás (kézi, gép és vegyszeres)	5	14 400	72 000	2,59%
Tápanyagutánpótlás	5	25 000	125 000	4,50%
Betakarítás, szállítás, tárolás	20	100 000	2 000 000	71,94%
Közvetlen termelési költségek (Ft)	-	-	2 780 000	100%

Forrás: MOP Biotech Kft. adatai alapján 2012-2014, saját szerkesztés. Megjegyzés: az adatok 2012-ben telepített ültetvények adatait tartalmazzák, de nem tartalmazza az ültetvény felszámolásával járó és földbérlettel kapcsolatos költségeket. A műveletek elvégzéséhez szükséges gépek nem a cég tulajdonában vannak, azt bér munkában végezte.

2012-2014 közötti időszak kalkulációi alapján a hazánkban telepített, az előzőekben ismertetett biotechnológiai úton előállított olasz nád üzemi ültetvények közvetlen termelési költsége 20 éves időtartamra 2 780 000 Ft tesz ki hektáronként. A 20 éves termesztés során a talajelőkészítés 1,19%-ot, a szaporítóanyag és a telepítés költségei 19,79%-ot, a gyomirtás 2,59%-ot, a tápanyagutánpótlás 4,50%-ot és a betakarítás, tárolás és a szállítás 71,94%-ot jelent. A kutatásaim eredményeképpen elmondható, hogy az olasz nád termesztésében a legnagyobb termelési költségeket már nem a szaporítóanyag és az ültetéssel járó költségek (17,99%), hanem az évenkénti betakarítás (71,94%) jelenti, ha az ismertetett, új biotechnológiai módszerrel szaporított palántákat használjuk fel (4. táblázat).

**4. táblázat: Az olasz nád termesztés várható termelési értékének és
jövedelemviszonyainak alakulása különböző értékesítési ár függvényében**

Magyarországon

Hozam (száraz tonna/ha/20 év)	388		
Értékesítési ár (Ft/száraz tonna)	8 000	12 000	16 000
Termelési érték (Ft/ha/20 év)	3 104 000	4 656 000	6 208 000
Közvetlen termelési költség (Ft/ha/20 év)	2 780 000		
Fedezeti összeg (Ft/ha/20 év)	324 000	1 876 000	3 428 000
Fedezeti összeg (Ft/ha/év)	16 200	93 800	171 400
Általános költség (Ft/ha/20 év)	300 000		
Összes termelési költség (Ft/ha/20 év)	3 080 000		
Nettó jövedelem (Ft/ha/20 év)	24 000	1 576 000	3 128 000
Nettó jövedelem (Ft/ha/év)	1 200	78 800	156 400
Költségarányos jövedelmezőség (%)	0,78%	51,17%	101,56%
Közvetlen önköltség (Ft/száraz tonna)	7 165		

Forrás: MOP Biotech Kft. adatai alapján 2012-2014, támogatás nélkül, saját szerkesztés.

Megjegyzés: az adatok 2012-ben telepített ültetvények alapján becsült adatokat tartalmaznak. Az első évben 8 száraz tonna/ha, második évtől kezdve 20 száraz tonna/ha hozammal lehet számolni 20 éves időtartamra.

Hazánkban a lakossági szektor (brikett, pellett stb.) felhasználása nem jelentős, ezért a növény nagyobb volumenű felvevő piaca egyértelműen a biomassza-erőművek lehetnek. A teljesen száraz olasz nád apríték tonnánkénti ára 2012-2014 között 12 000-16 000 Ft (38-52 €) között változott, amely az utóbbi években az alacsony energiaárak hatására akár 8 000 Ft-ra (25-26 €) is visszaeshet. Az olasz nád termesztés összes termelési költsége 3 080 000 Ft, árbevétel függvényében a nettó jövedelem hektáronként 1 200-156 400 Ft között alakult az utóbbi években. A közvetlen önköltség 7 165 Ft/száraz tonna/ha (23 €). Megállapítható, hogy a jelenlegi alacsony energiaárak nem teszik lehetővé a növény gazdaságos termesztését, amelyhez a hazai feldolgozóipar hiánya is hozzájárul (4. táblázat).

Az Arundo Italia Ltd. (Olaszország) hasonló években végzett gazdasági kalkulációkkal az olasz nád termesztés teljes közvetlen költsége meghaladta a hazai adatokat, azonban a felvevő piac közelsége miatt a betakarítási és szállítási költségek, így az ültetvény fenntartási költségei nem jelentenek nagy költséghányadot. A cég elsősorban biogáz, de bioetanol előállítás céljából is létesít olasz nád ültetvényeket, amelyre alkalmas üzemek rendelkezésre állnak. 20 éves időszakra számolva összesen 14 350 Euro (évente 717,5 €/ha), amelyből a szaporítóanyag költsége 3 850 Euro/ha (26,83%), a fenntartási költségek 10 500 Euro/ha (73,17%) tesznek ki 35 száraz tonna/ha hozam esetén. Az évenkénti közvetlen termelési költség hektáronként 700-1 000 Euro között van Észak-Olaszországban, a közvetlen önköltség hektáronként 13-20 euro között változik (CORNO et al., 2014; I12).

A feldolgozott szakirodalmi forrásokra hivatkozva fontos kiemelni, hogy az olasz nád termesztésének a célja leginkább a magasabb hozzáadott értékű termékek előállítása (bioüzemanyagok, biogáz, kémiai alapvegyületek, takarmány- és élelmiszer-összetevők, műanyagipari alapanyagok, gyógyszeripari alapanyagok stb.), azonban a biofinomító ipar hiányában jelenleg még nem terjedt el az olasz nád és más perspektivikus bioipari növények előnyös tulajdonságai ellenére sem.

4. AZ ÉRTEKEZÉS ÚJ, ILLETVE ÚJSZERŰ EREDMÉNYEI

1. Magyarországon elsőként sikerült az olasz nád biológiai tulajdonságaival, a különböző szaporítóanyag előállítási technológiáival, hazai saját termesztési kísérletekkel és a növény hasznosítási lehetőségeivel kapcsolatos tudományos összefoglaló munkát elkészítenem.

2. A témakörben feldolgozott több száz szakirodalmi forrás alapján megállapítottam, hogy olasz nád bioipari nyersanyagként való termesztés gazdaságosságában szerepet játszó tényezők (a biomassa hozam, a termelési költségek, az értékesítési ár, a szállítási, a feldolgozási- és a tárolási költségek, a felvevőpiac megléte és közelsége stb.) közül az egyik kritikus pont a szaporítóanyag előállítása.

3. A bemutatott biotechnológiai úton történő olasz nád szaporítóanyag előállítási technológia alkalmazásával lehetőség van a szaporítóanyag előállítás költségeit csökkenteni. A rizómás szaporítóanyag (0,5 Euro) és a hagyományos mikroszaporításból származó palánta (0,385 Euro) költségeivel szemben a vizsgált technológiával akár 0,09 Euro önköltség mellett is állítható elő hazánkban szaporítóanyag. A nagy mennyiségben, jobb hatékonysággal előállítható, az év bármely szakaszára időzíthető, egyöntetű termékkel (palántával) versenyképesebben lehet megjelenni a piacon.

4. Debrecenben folytatott hat éves olasz nád termesztési kísérletekkel igazoltam, hogy a jövőben a termőhelyi és éghajlati viszonyoknak megfelelő fajtat/ökotípust célszerű előállítani és termesztetni. Ebben a nemesítő munkában a biotechnológiának az új sejt- és molekuláris biológiai eszközeit is célszerű felhasználni.

5. Debrecenben folytatott hat éves termesztési kísérletekkel igazoltam, hogy mészlepedékes, csernozjom feltöltésű talajon, öntözés és tápanyag utánpótlás nélkül az USA-ból származó ökotípus átlagosan 16,37 száraz tonna/ha/év, a magyarországi éghajlatról származó ökotípus 18,05 száraz tonna/ha/év biomasszát állított elő a három különböző térállás átlagában.

5. AZ EREDMÉNYEK GYAKORLATI HASZNOSÍTHATÓSÁGA

A disszertációm és az elvégzett több éves kutatómunkám alapján megállapítható, hogy az olasz nád termesztési-, ökológiai-, környezetvédelmi-, biológiai- és ökonómiai szempontokból egyaránt az egyik legperspektivikusabb biomassza növény egyike lehet a jövőben nem csak a világ, hanem Magyarország számára is.

Hazánkban eddig hatékony biotechnológiai módszerek és termesztési szaktudás hiányában nem volt lehetőség az olasz nád nagyüzemi termesztésére, nem állt rendelkezésre olcsó, ipari méreteket kiszolgáló és hazai klímához adaptálódott szaporítóanyag. Az eddigi, elsősorban külföldi olasz nád termesztési kezdeményezések elsősorban rizómák vagy a szárdugványok költséges, és nem hatékony darabolásával végezték el, amelynek költsége 0,5-1 Euro közötti.

A különböző *in vitro* biotechnológiai úton történő szaporítási technológiák egyik nagy előnye, hogy vírusmentes, az év bármely szakaszára időzíthető, ipari méreteket is kiszolgáló, egyöntetű szaporítóanyag állítható elő. A vizsgált technológiának köszönhetően személyenként mintegy 340 000 db akklimatizálásra alkalmas csomós palántát lehet évente előállítani, amely jóval meghaladja egy hagyományos mikroszaporító laboratórium éves munkaerőre vetített kapacitását. A különböző mikroszaporítási módszerek fejlesztésével olaszországi szakemberek tovább tudták csökkenteni az szaporítóanyag költségét (0,385 Euro), amelyet az általam vizsgált biotechnológiai szaporítási módszerrel alkalmazásával több, mint felére, akár harmadéra is lehet csökkenteni, így a szaporítóanyag előállításának önköltségi ára 0,1 Euro alatti is lehet.

A kidolgozott hatékony szaporítóanyag előállítási technológia révén milliós nagyságrendben állhat rendelkezésre az olasz nád termesztéséhez szükséges, egyöntetű, vírusmentes szaporítóanyag, a palánta. Azonban a feldolgozóipar, a magasabb hozzáadott értékű termékek előállítására alapozott zöld kémiai ipar és a biofinomító üzemek hiányában még a szaporítóanyag költségének csökkenése nem elegendő a növény szélesebb körben történő elterjedéséhez. A kutatásaim eredményeképpen elmondható, hogy az olasz nád termesztésében a legnagyobb termelési költségeket a szaporítóanyag és az ültetéssel járó költségek (17,99%) és az évenkénti betakarítás, szállítás és tárolás (71,94%) jelenti, ha az ismertetett, új biotechnológiai módszerrel szaporított palántákat használjuk fel.

A jövő biomassza növényeit és azok termesztését tudományos alapossággal meg kell tervezni, feltételezhető, hogy napjaink „egyetlen jó út van” típusú szemlélete nem követhető. A hivatalosan javasolt bioipari célra termesztendő fajok-fajták száma kevés, nem lehet szintetikus adatok, kisszámú termelési adat, bizonytalanságról árulkodó „tudományos bizonyíték” alapján és nem megfelelő feldolgozóipar nélkül telepíteni és beruházni. Véleményem szerint a jövőben a hatékonyabb zöldenergia termelést és növényi biomassza alapú biofinomító ipart támogató programokban számos más növényfaj hasznosítása mellett helye lehet az olaszárnak is.



Nyilvántartási szám: DEENK/291/2018.PL
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Antal Gabriella
Neptun kód: LWZP6H
Doktori Iskola: Ihrig Károly Gazdálkodás- és Szervezéstudományok Doktori Iskola
MTMT azonosító: 10057942

A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

Folyóiratcikkek, tanulmányok (7)

1. **Antal, G.:** Giant reed (*Arundo donax* L.) from ornamental plant to dedicated bioenergy species: review of economic prospects of biomass production and utilization.
International Journal of Horticultural Science. [Közlésre elfogadva], -, 2018. ISSN: 1585-0404.
2. **Antal, G., Fári, M., Domokos-Szabolcsy, É.:** Obtention of new ornamental leaf variants of giant reed (*Arundo donax* L.) originated from somatic embryogenesis and their photosynthetic parameters.
International Journal of Horticultural Science. [Közlésre elfogadva], -, 2018. ISSN: 1585-0404.
3. **Antal, G.:** Zöld növényi biomasz hasznosításának nemzetközi és hazai kilátásai.
International Journal of Engineering and Management Sciences. 3 (3), 85-105, 2018. EISSN: 2498-700X.
DOI: <http://dx.doi.org/10.21791/IJEMS.2018.3.8>.
4. Popp, J., Harangi-Rákos, M., Gabnai, Z., Balogh, P., **Antal, G.**, Bai, A.: Biofuels and Their Co-Products as Livestock Feed: Global Economic and Environmental Implications.
Molecules. 21 (3), 285[1-26], 2016. EISSN: 1420-3049.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/molecules21030285>
IF: 2.861
5. **Antal, G., Kurucz, E., Fári, M.:** Alternatives of bioenergy feedstock production based on promising new perennial rhizomatous grasses and herbaceous semishrub crops in Hungary.
International Review of Applied Sciences and Engineering 6 (1), 41-46, 2015. ISSN: 2062-0810.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1556/1848.2015.6.1.6>
6. Fári, M., **Antal, G., Kurucz, E., Domokos-Szabolcsy, É.:** Biogenerációs növények kutatása a Debreceni Egyetemen és a magyar agrár-biotechnológiai innováció néhány kitörési pontja. In: Fenntartható energetika megújuló energiaforrások optimalizált integrálásával (DENzero). Szerk.: Kalmár Ferenc, Akadémiai Kiadó, Budapest, 237-268, 2014. ISBN: 9789630595407





7. **Antal, G.**, Kurucz, E., Fári, M., Popp, J.: Tissue culture and agamic propagation of winter-frost tolerant 'Longicaulis' *Arundo donax* L.
Environmental Engineering and Management Journal 13 (11), 2709-2715, 2014. ISSN: 1582-9596.
IF: 1.065

Konferenciaközlemények (16)

8. **Antal, G.**, Csipkés, M.: A növényi biomassza hasznosításának globális és hazai perspektívái az olasz nád példáján.
In: LIX. Georgikon Napok: Kivonat-kötet. Szerk.: Nagy Zita Barbara, Pannon Egyetem Georgikon Kar, Keszthely, 48, 2017. ISBN: 9789639639881
9. **Antal, G.**, Kurucz, E., Fári, M.: Alternatives of bioenergy feedstock production based on promising new perennial rhizomatous grasses and herbaceous semishrub crops in Hungary.
In: Proceedings of DENZERO International Conference: Sustainable energy by optimal integration of renewable energy sources = Fenntartható energetika megújuló energiaforrások optimalizált integrálásával : 9-10 october 2014 : Debrecen, Hungary, University of Debrecen, Debrecen, 213-223, 2014. ISBN: 9789634737360
10. **Antal, G.**, Kurucz, E., Domokos-Szabolcsy, É., Fári, M.: Biogenerációs növények kutatása és a bioipari farmok jövője Magyarországon: áttekintés.
In: LVI. Georgikon Napok, Nemzetközi Tudományos Konferencia: Programfüzet / [közread. a] Pannon Egyetem Georgikon Kar, Pannon Egyetem, Georgikon Kar, Keszthely, 15-24, 2014. ISBN: 9789639639591
11. **Antal, G.**, Kurucz, E., Domokos-Szabolcsy, É., Popp, J., Fári, M.: Marginális területek hasznosítása biomassza növényekkel: a biológiai, az ökológiai és az ökonomiai szempontok kutatása.
In: XX. Növénynevelési Tudományos Nap : Növénynevelés a megújuló mezőgazdaságban. Szerk.: Veisz Ottó, Magyar Tudományos Akadémia, Budapest, 8, 2014. ISBN: 9789638351425
12. **Antal, G.**, Kurucz, E., Fári, M.: Requirements, results and problems of large-scale in vitro biomass plant propagation.
In: Proceedings of DENZERO International Conference: Sustainable energy by optimal integration of renewable energy sources = Fenntartható energetika megújuló energiaforrások optimalizált integrálásával : 9-10 october 2014 : Debrecen, Hungary, University of Debrecen, Debrecen, 224-234, 2014. ISBN: 9789634737360
13. **Antal, G.**, Kurucz, E., Fári, M.: Utilization of marginal lands with biomass plants: researching biotechnological, ecological and economic aspects.
In: 11th International Conference on Climate Changes and Sustainable Development of Natural Resources, Book of Abstract / Egyptian Soil Science Society; Kafrelsheikh University, Kafrelsheikh University, Egypt, 83-84, 2014.





14. **Antal, G.**, Domokos-Szabolcsy, É., Zsíros, O., Garab, G., Koroknai, J., Bukszár, S., Farkas, Á., Márton, L., Fári, M.: Az olasz nád (*Arundo donax* L.) szomatikus palánták spontán levélszín-változatai és fotoszintézisük.
In: XIX. Növénynevelési Tudományos Nap : Összefoglalók. Szerk.: Hoffmann Borbála, Kollaricsné Horváth Margit, PE Georgikon Kar, Keszthely, 73, 2013. ISBN: 9789639639508
15. **Antal, G.**, Fári, M.: Spontaneous viviparia and nodal shoot formation after winter season in giant reed (*Arundo donax* L.).
Studia Universitatis Babeş-Bolyai. Biologia 58 (1), 37-38, 2013. ISSN: 1221-8103.
16. **Antal, G.**, Márton, L., Czakó, M., Fári, M.: Inherited frost tolerance of *Arundo donax* synplants in field test.
In: Pannonian Plant Biotechnology Workshop, Advances in Plant Breeding and Plant Biotechnology in Central Europe / Pannonian Plant Biotechnology Association; University of Debrecen, Centre of Agricultural Center, Department of Plant Biotechnology, University of Debrecen, Centre of Agricultural Center, Department of Plant Biotechnology, Debrecen, 31, 2012.
17. **Antal, G.**, Márton, L., Czakó, M., Fári, M.: Kísérletek a szintetikus arundó (*Arundo donax* L.) ipari biomassza célú termesztése.
In: XVIII. Növénynevelési Tudományos Napok, Összefoglalók. Szerk.: Veisz Ottó, MTA Agrártudományok Osztályának Növénynevelési Tudományos Bizottsága, Martonvásár, 56, 2012. ISBN: 9789638351388
18. **Antal, G.**, Márton, L., Fári, M.: The potential of Artificial Plant Ovary (APO) concept in Plant Biotechnology.
In: Pannonian Plant Biotechnology Workshop, Advances in Plant Breeding and Plant Biotechnology in Central Europe / Pannonian Plant Biotechnology Association; University of Debrecen, Centre of Agricultural Center, Department of Plant Biotechnology, University of Debrecen, Centre of Agricultural Center, Department of Plant Biotechnology, Debrecen, 31-32, 2012.
19. **Antal, G.**, Márton, L., Fári, M.: A mesterséges növényi ovárium (APO) elmélete és perspektívái a növény biotechnológiában.
In: XVII. Növénynevelési Tudományos Napok. Összefoglalók: Növényneveléssel kultúrnövényeink sokféleségéért. Szerk.: Óvári Judit, Gabonakutató Nonprofit Közhasznú Kft., Szeged, 110, 2011. ISBN: 9789630812351
20. **Antal, G.**, Szakadát, G., Fári, M.: In vitro tenyésztetek multifunkciós folyamatvezérlésének modellezése lágy szárú növényekkel.
In: Tanulmányok a XXX. Jubileumi Országos Tudományos Diákköri Konferencián eredményesen szereplő hallgatók munkáiból. Szerk.: Antal Zsuzsanna, Juhász Lajos, DE Mezőgazd., Élelmiszertud. és Környezetgazd. Kar TDT, Debrecen, 6-14, 2011, (A Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar tudományos diákköri közleményei, 2063-0069 ; 1.)





21. **Antal, G.:** In vitro tenyésztetek multifunkciós folyamatvezérlésének modellezése lágy szárú növényekkel.
In: XXX. Jubileumi Országos Tudományos Diákköri Konferencia : Agrártudományi Szekció : Pannon Egyetem Georgikon Kar, Keszthely, 2011. április 6-8. : konferencia-kötet : program és előadás összefoglalók. Szerk.: Pál László, Farkas Róbert, Kodrik László, PE Georgikon Kar, Keszthely, 220, 2011. ISBN: 9789639639416
22. **Antal, G.:** In vitro tenyésztetek multifunkciós vezérlése mesterséges növényi ováriumban (APO).
In: I. Ag-Biotech Debrecen Konferencia / [ed. by Debreceni Egyetem AGTC MÉK Diószegi Sámuel Agrárinnovációs Intézet], Debreceni Egyetem AGTC MÉK Diószegi Sámuel Agrárinnovációs Intézet, Debrecen, 27-29, 2011.
23. **Antal, G.:** Kísérletek az Arundo donax bioenergetikai célú hasznosítására Magyarországon.
In: Tudományos diákköri konferencia, 2011/2012. tanév őszi félév : Debrecen, 2011. október 20. : meghívó és programfüzet, DE MÉKK, [Debrecen], 15, 2011.

További közlemények

Folyóiratcikkek, tanulmányok (11)

24. Kurucz, E., Fári, M., **Antal, G.**, Gabnai, Z., Popp, J., Bai, A.: Opportunities for the production and economics of Virginia fanpetals (Sida hermaphrodita).
Renewable & Sustainable Energy Reviews. 90, 824-834, 2018. ISSN: 1364-0321.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2018.04.007>
IF: 9.184 (2017)
25. Oláh, J., Popp, J., **Antal, G.:** Time-based competition in the supply-chain: The role of the logistics service providers.
SEA: Practical Application of Science. 6 (1), 37-46, 2018. EISSN: 2360-2554.
26. **Antal, G.:** Új iparág: "zöld kémia".
Magyar Mezőgazdaság. 73 (28), 26-28, 2018. ISSN: 0025-018X.
27. Harangi-Rákos, M., Oláh, J., **Antal, G.**, Fróna, D.: Erdőgazdálkodás és logisztika.
Jelenkori társadalmi és gazdasági folyamatok. 12 (1-2.), 127-139, 2017. ISSN: 1788-7593.
28. Fári, M., Molnár, M., **Antal, G.**, Domokos-Szabolcsy, É., Harangi-Rákos, M., Kurucz, E., Kralóvánszky, U. P., Lisztes-Szabó, Z., Pető, K., Szakály, Z., Veres, S., Popp, J.:
Biotechnológia, anno 1920-1938 és ma: Ereky Károly programja a fehérjeprobléma megoldásáról és napjaink feladatai. Szaktudás Kiadó Ház :, Budapest, 436 p., 2016. ISBN: 9786155224676





29. Popp, J., Harangi-Rákos, M., **Antal, G.**, Balogh, P., Lengyel, P., Oláh, J.: Substitution of traditional animal feed with co-products of biofuel production: economic, land-use and GHG emissions implications = A hagyományos takarmány helyettesítése a bioüzemanyagipar melléktermékeivel: gazdasági, földhasználati és környezeti hatások.
Journal of Central European Green Innovation 4 (3), 13-30, 2016. ISSN: 2064-3004.
30. Popp, J., Fári, M., **Antal, G.**, Harangi-Rákos, M.: A fehérjetakarmány-piac kilátásai az EU-ban, különös tekintettel Magyarország fehérjeigényének kielégítésére.
Gazdálkodás 59 (5), 401-421, 2015. ISSN: 0046-5518.
31. Fári, M., Kralovánszky, U. P., Harangi-Rákos, M., Pető, K., Szakály, Z., Csider, I., **Antal, G.**, Kurucz, E., Bradács, Z., Domokos-Szabolcsy, É., Popp, J.: Biotechnológia, anno 1917-1919: Erekly Károly víziója az élettudomány alkalmazásáról. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest, 261 p., 2015. ISBN: 9786155224652
32. Elhawat, N. A., Alshaal, T., Domokos-Szabolcsy, É., El-Ramady, H., **Antal, G.**, Márton, L., Czakó, M., Balogh, P., Fári, M.: Copper Uptake Efficiency and Its Distribution Within Bioenergy Grass Giant Reed.
Bulletin Of Environmental Contamination And Toxicology 95 (4), 452-458, 2015. ISSN: 0007-4861.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00128-015-1622-5>
IF: 1.191
33. Domokos-Szabolcsy, É., **Antal, G.**: Arundo donax a talajszennyezés ellen.
Magyar Mezőgazdaság. 69 (29), 22-23, 2014. ISSN: 0025-018X.
34. Kurucz, E., **Antal, G.**, Fári, M., Popp, J.: Cost-effective mass propagation of Virginia Fanpetals (*Sida hermaphrodita* L. Rusby) from seeds.
Environmental Engineering and Management Journal. 13 (11), 2845-2852, 2014. ISSN: 1582-9596.
IF: 1.065

Konferenciaközlemények (12)

35. Kurucz, E., **Antal, G.**, Fári, M.: A biofinomítók új, alternatív növényeinek kutatása: az amerikai bársonymályva (*Sida hermaphrodita* L. Rusby).
In: XXI. Növénynevelési Tudományos Napok, Összefoglalók. Szerk.: Veisz Ottó, MTA Agrártudományok Osztályának Növénynevelési Tudományos Bizottsága; Magyar Növénynevelési Egyesülete, Martonvásár, 53, 2015. ISBN: 9789638351432
36. Elhawat, N. A., Alshaal, T., Domokos-Szabolcsy, É., El-Ramady, H., **Antal, G.**, Márton, L., Czakó, M., Balogh, P., Fári, M.: Biomassza termelés alternatív lehetősége rézzel szennyezett talajokon.
In: XXI. Növénynevelési Tudományos Napok : összefoglalók / [kiad. a] Magyar Tudományos Akadémia, Magyar Tudományos Akadémia, Martonvásár, 109, 2015. ISBN: 9789638351432





37. Molnár, M., **Antal, G.**, Varga, Á., Deme, A., Pócsi, I., Fári, M.: Növényi levélfehérjekoncentrátum (LPC) költséghatékonyabb előállítása és a melléktermékek alkalmazási lehetőségei.
In: XXI. Növénynevelési Tudományos Napok, Összefoglalók. Szerk.: Veisz Ottó, MTA Agrártudományok Osztályának Növénynevelési Tudományos Bizottsága : Magyar Növénynevelők Egyesülete, Martonvásár, 105, 2015. ISBN: 9789638351432
38. Fári, M., **Antal, G.**, Kurucz, E., Kaprinyák, T., Alshaal, T., Elhawat, N. A., Abd Alla, N. A., El-Ramady, H., Domokos-Szabolcsy, É.: Bioipari célra neveltet évelő biomassza növények kutatása Debrecenben: plantbiogen program = Research on dedicated perennial biomass crops in Debrecen : the plantbiogen program.
In: XX. Növénynevelési Tudományos Nap : Növénynevelés a megújuló mezőgazdaságban. Szerk.: Veisz Ottó, A Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományok Osztályának Növénynevelési Tudományos Bizottsága, [Budapest], 140-144, 2014. ISBN: 9789638351425
39. Kurucz, E., Domokos-Szabolcsy, É., **Antal, G.**, Kaprinyák, T., Alshaal, T., Elhawat, N. A., Abd Alla, N. A., El-Ramady, H., Fári, M.: Biotechnology assisted breeding of endangered virginia mallow (*Sida hermaphrodita* L.) in Central Europe.
In: International Conference : Climate changes and sustainable development of natural resources : book of abstracts / [ed. by Kafrelsheikh University], Kafrelsheikh University, Egypt, 81-82, 2014.
40. Fári, M., **Antal, G.**, Kurucz, E., Kaprinyák, T., Alshaal, T., Elhawat, N. A., Abd Alla, N. A., El-Ramady, H., Domokos-Szabolcsy, É.: Biotechnology of new dedicated biomass crops: plantbiogen program in Hungary.
In: International Conference : Climate changes and sustainable development of natural resources : book of abstracts / [ed. by Kafrelsheikh University], Kafrelsheikh University, Egypt, 22, 2014.
41. Kaprinyák, T., Koroknai, J., Kurucz, E., Kertész, T., Domokos-Szabolcsy, É., **Antal, G.**, Lévai, P., Fári, M.: Development and application of "hort-IN-box"-system.
In: International Conference : Climate changes and sustainable development of natural resources : book of abstracts / [ed. by Kafrelsheikh University], Kafrelsheikh University, Egypt, 82, 2014.
42. Kaprinyák, T., Koroknai, J., **Antal, G.**, Szarvas, P., Kurucz, E., Domokos-Szabolcsy, É., Bradács, Z., Tóth, C. A., Szakadát, G., Wagner, C. O., Fári, M.: Horticultural application of Brazilian ginseng (*Pfaffia Glomerata* L.) in Hungary.
In: XIV. Nemzetközi Tudomány Napok : Az átalakuló, alkalmazkodó mezőgazdaság és vidék : Program : Előadások és poszterek összefoglalói. Szerk.: Takácsné György Katalin, Károly Róbert Főiskola, Gyöngyös, 189, 2014. ISBN: 9789639941755





43. Alshaal, T., Domokos-Szabolcsy, É., Márton, L., Kátai, J., Elhawat, N. A., **Antal, G.**, Gerőcs, A., Fári, M.: Az olasz nád (*Arundo donax* L.) szomatikus növények talaj mikrobiális közösségei és szerepük a fitoremediációs folyamatokban.
In: The proceeding of XIX. Növénynevelési Tudományos Nap. Szerk.: Hoffmann Borbála, Kollaricsné Horváth Margit, Pannon Egyetem Georgikon Kar, Keszthely, 72, 2013. ISBN: 9789639639508
44. Fári, M., **Antal, G.**, Alshaal, T., Elhawat, N. A., El-Ramady, H., Kurucz, E., Domokos-Szabolcsy, É.: Biotechnology of Biomass Supply Chain: Central European Perspective.
In: Proceedings of the Pannonian Plant Biotech Association Workshop "Plant for the future" / [ed. Pannonian Plant Biotech Association], Pannonian Plant Biotech Association, [Cluj-Napoca], 14-15, 2013.
45. El-Ramady, H., Domokos-Szabolcsy, É., Márton, L., **Antal, G.**, Sztrik, A., Prokisch, J., Fári, M.: Szomatikus embrió eredetű olasz nád (*Arundo donax* L.) klaszterek in vitro Na-szelenát toleranciája két ökotípus összehasonlításával.
In: XIX. Növénynevelési Tudományos Nap : Összefoglalók. Szerk.: Hoffmann Borbála, Kollaricsné Horváth Margit, PE Georgikon Kar, Keszthely, 86, 2013. ISBN: 9789639639508
46. Elhawat, N. A., Domokos-Szabolcsy, É., Alshaal, T., Molnár, M., **Antal, G.**, Márton, L., Fári, M.: Szomatikus embrió eredetű olasz nád (*Arundo donax* L.) klaszterek in vitro sótűrése két ökotípus összehasonlításával.
In: The proceeding of the XIX. Növénynevelési Tudományos Nap : összefoglalók. Szerk.: Hoffmann Borbála, Kollaricsné Horváth Margit, Pannon Egyetem Georgikon Kar, Keszthely, 85, 2013. ISBN: 9789639639508

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora: 15,366

**A közlő folyóiratok összesített impakt faktora (az értekezés alapjául szolgáló közleményekre):
3,926**

A DEENK a Jelölt által az iDEa Tudóstérbe feltöltött adatok bibliográfiai és tudományometriai ellenőrzését a tudományos adatbázisok és a Journal Citation Reports Impact Factor lista alapján elvégezte.



Debrecen, 2018.09.04.