

DEBRECENI EGYETEM MEZŐGAZDASÁG-, ÉLELMISZERTUDOMÁNYI
ÉS KÖRNYEZETGAZDÁLKODÁSI KAR ÁLLATTUDOMÁNYI,
BIOTECHNOLÓGIAI ÉS TERMÉSZETVÉDELMI INTÉZET
NÖVÉNY BIOTECHNOLÓGIAI TANSZÉK

Tudományos Diákköri Dolgozat

**SZOMATIKUS EMBRIÓ EREDETŰ KIMÉRÁK
ELŐÁLLÍTÁSA ÉS A PALÁNTANEVELÉSI
TECHNOLÓGIA KUTATÁSA AZ *ARUNDO*
DONAX L. (SYNAR) PÉLDÁJÁN**

Készítették:

Farkas Ádám és Bukszár Szabolcs

Konzulensek:

Prof. Dr. Fári Miklós Gábor DSc

tanszékvezető

Antal Gabriella és Koroknai Judit

okleveles kertészmérnökök

Debrecen

2012

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS	3
2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS	5
3. A KUTATÁSOK CÉLJA.....	18
4. ANYAG ÉS MÓDSZER	19
5. EREDMÉNYEK ÉS AZOK ÉRTÉKELÉSE	20
6. AZ EREDMÉNYEK ÖSSZEFOGLALÁSA.....	45
7. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK	49
8. SZAKIRODALMI JEGYZÉK.....	50

1. BEVEZETÉS

A 21. század első évtizedében azt tapasztaljuk, hogy az emberiség még mindig nagyarányban a fosszilis energiahordozóktól függ. A fosszilis energiát kísérő CO₂ kibocsátás hatása egyre erőteljesebben jelentkezik a légkör CO₂ koncentrációjának növekedésében, továbbá jól érezhető a klímában jelentkező változások környezeti hatásában egyaránt. A negatív tendenciák fékezésére vagy megállítására azonban évszázadnyi hosszúságú idő nem áll rendelkezésre. 2010-ben a *Nature* folyóiratban, *Growing problem* c. cikkben azt olvashattuk, hogy 2050-re a föld népessége elérheti a 9 milliárd főt, amely azt jelentheti, hogy egy generáció múlva, akár 40%-al több embert kell élelmezni és alapvető energiákkal ellátni. A jelenlegi negatív irány folytatásával, akár 2-6 °C-al is növekedhet az átlagos felszíni hőmérséklet, amely már drámai változásokat eredményezhet az elsivatagosodás és a jelenlegi mezőgazdasági területek további csökkenése, a termesztési rendszerek átrendeződése terén.

Az olajár-emelkedése, a szűkülő energiaforrások, továbbá a környezetvédelmi szempontok felértékelődése miatt, a biomassza-növények iránti érdeklődés az utóbbi évtizedekben nagymértékben megnövekedett. A világ természettudósai és közgazdászai egyaránt azt hangoztatják, hogy a jövő megújítható energiatermelésének jelentős kiemelt szektora, a biomassza alapú ipar lesz, a zöldenergiatermelés. A zöldenergia-források maximális felhasználásával jelentősen csökkenthető lenne a CO₂ kibocsátás mértéke, azonban a jelenlegi tendenciák leállításához ez nem elegendő, a CO₂ fokozott megkötésére és fosszilizálására is szükség van. Ennek megvalósítása - a mai technológiai tudás szintjén - a leghasználhatóbb módon a növények fotoszintézisén keresztül valósítható meg. Így a kutatások központi területe jelenleg a biomassza alapú termelésre, a fotoszintetikus fényenergia-átalakítás folyamatainak energiatermelési szempontokból történő kutatására fókuszálódik. A megvalósításhoz a rendelkezésre álló leghatékonyabb biológiai, genetikai és egyéb nemesítési módszerek felhasználására van szükség, továbbá új és adekvát mezőgazdasági és földművelési módszereket kell kifejleszteni, a jövő biomassza növényeinek termesztését tudományos alapossággal kell megtervezni. Szakértők szerint a világ egyik legperspektivikusabb zöldenergia növénye az olasz nád, vagy arundó (*Arundo donax* L.).

Az arundó eddig csak élő, lágyszárú dísnövényként volt elsősorban ismert, eddig csak töosztással volt szaporítható. Legújabb magyar és USA-beli kutatók összefogásával

kifejlesztett módszerek felhasználásával megkezdődött az arundó ipari léptékű szaporítása és termesztésbe vétele. A biotechnológiai kutatás eredményeként született *in vitro* eljárással szomatikus embriókból származó új növényt szintetikus növénynek, azaz SYN-PLANT-nak nevezték el. Az irodalomgyűjtés során azt tapasztaltuk, hogy az áttörést hozó kutatásokkal párhuzamosan a hazai szakirodalmakban megtalálható termesztési adatok az arundó esetében hiányosak, sokszor ellentmondásosak. Véleményünk szerint különösen az arundó hazai termesztetőségével kapcsolatos információk, megállapítások alapvetően nem hazai kísérleteken alapuló kutatásokra épültek. Erre való tekintettel úgy gondoltuk, hogy az arundóval 2011–2012 között végzett kísérleteink bemutatásával hasznosan járulhatunk hozzá a növény jobb megismeréséhez, és későbbi zöldenergia ipari célú termesztésének fejlesztéséhez, illetve szélesebb körű kertészeti alkalmazásához. Dolgozatunkban az olasz nád példáján a szomatikus embrió eredetű kiméráinak előállításáról és az un. szintetikus arundó (SYNAR) palántanevelési technológia kutatása-fejlesztése területén végzett kutatásainkról számolunk be. Munkánkat különösképpen két külső körülmény motiválta. Ez egyik az a tény, hogy az arundó szomatikus embriógenézise során esetleg spontán keletkező kimérákról a szakirodalomban nincs közlemény. A másik szempont az volt, hogy a KEITH REDENBAUGH szerkesztette Synseed című könyv (REDENBAUGH, 1993) írása előtt és óta nem látott napvilágot arról információ, hogy az un. klaszterekben (csomókban) fejlődő szomatikus embriók (CF-SE) palántává történő nevelésére – üzemi léptékben - milyen módszerek alkalmasak. Fenti okok következtében tisztában voltunk azzal, hogy kutatásainknak nincs számunkra közvetlenül is hasznosítható nemzetközileg előzménye. Egyetemi hallgatóként ugyanakkor nem gondolhattunk a téma teljes körű vizsgálatára; ezért a kutatások részletes céljának megfogalmazásakor elsősorban az általunk reálisan elvégezhető kísérletek pontos beállítására, az adatok értékelésére, illetve az ezekből levonható főbb összefüggések megállapítására törekedtünk.

Kutatásaink elvégzéséhez ideális feltételeket találtunk a DE AGTC Növényi Biotechnológiai Tanszék Orsós Ottó Laboratórium Fito-Bioreaktor Munkacsoportjában, ahol az arundó biotechnológiai célú kutatásához minden szükséges anyagi és személyi feltétel a rendelkezésünkre állt.

2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

Dolgozatunk készítésekor nagyon sok szomatikus embriogenezissel és bioenergetika-biomassza témakörű külföldi és hazai szakirodalmi forrásra bukkantunk, mely utóbbiak száma - csak magyar nyelven - 600-nál is több.

Az alábbiakban három alfejezetben mutatjuk be a témánkkal közvetlen kapcsolatba lévő legfontosabb szakirodalmat. Tisztában voltunk azzal, hogy áttekintésünk nem lehet teljes körű. Ennek ellenére szándékunk az volt, hogy a Tisztelt Olvasó számára megkönnyítsük Dolgozatunkban tárgyalt témakörben történő objektív tájékozódást.

Elsőként az olasz nádat (*Arundo donax* L.) mutatjuk be a zöld biomassza előállítás és a legújabb biotechnológiai kutatások fényében. Ez követően a szintetikus olasz nád (*Arundo donax* L.) ökotípusok ipari léptékű szaporítóanyag termelésének kérdéseit mutatjuk be. Végül a szomatikus embriogenezis legfontosabb korábbi szakirodalmi munkáit foglaljuk össze a KEITH REDENBAUGH által szerkesztett SYNSEEDS c. könyv (1993) alapján.

2.1. Az olasz nád (*Arundo donax* L.) bemutatása a zöld biomassza-termelés és a legújabb biotechnológiai kutatások fényében

Úgy tűnik, hogy az arundó – számos igazolt, vagy feltételezett előnye alapján - a jövő egyik legperspektivikusabb zöldenergia / biomassza növénye.

Ez a megállapítás annak ellenére terjedt el a hazai és a nemzetközi szakirodalomban, hogy az iparszerű biomassza termelést a jövőben nyilván úgy fogják megszervezni, hogy egy adott fajt / fajtát mindig a számukra leginkább megfelelő ökológiai, biológiai, gazdasági és társadalmi környezetben kell és/vagy lehet majd termesztetni.

Annak érdekében, hogy ezen sokrétű körülményt a különböző fajok esetében összehasonlíthassuk, számos feltételt kell alaposan figyelembe venni. A következő pontok azt mutatják be, hogy milyen tulajdonságokkal kell rendelkeznie a jövőben egy optimális cellulóz és/vagy biomassza növényi kultúrának – természetesen a szűkebb mérsékelt égövi régióink adottságait is figyelembe véve (MÁRTON-FÁRI, 2011a,b; FÁRI-MÁRTON, 2011. nyomán):

- Tömegszaporítás lehetősége biotechnológiai módszerekkel (molekuláris és hagyományos nemesítés kombinálhatósága, szomatikus embriógenezis lehetősége);
- Az ültetvény talajkímélő legyen, alacsony fenntartási költségű (pl. nitrogénkötő növényrel társítható);
- fagyállóság; évelő
- ne legyen se vegetatív, se generatív értelemben invazív (steril pollen és/vagy magtalan populációk előnyben);
- pollenallergia-mentesség;
- öntözés nélkül is valósuljon meg produktum;
- sovány és savanyú területeken is alkalmazkodjon;
- termőhelyi adottságnak, akár időlegesen elárasztott, folyamatosan száraz, átlagos vízgazdálkodású rendszerhez is tudjon alkalmazkodni;
- magas természetes cellulóz/lignin aránnyal rendelkezzen, mely összetétel molekuláris nemesítéssel tovább specifikálható;
- évente biztosítson biomassza tömeget, ne alternáljon;
- az éves átlagos biomassza hozama meghaladja a 15-20 száraz tonna/ha-t;
- a növény másod- és harmadlagos hasznosítása is megvalósulhasson (mézelő képesség nektártermelés, rosttartalom, biológiai értékű zöldfehérje forrás, stb.);
- ne igényeljen extra és új betakarítási technológiát;
- tárolása egyszerű módszerekkel megoldható legyen, akár éveken át;
- feldolgozása költséghatékonyan, extra módszerek nélkül legyen lehetséges (cellulóz kinyerés környezetbarát módszerekkel, pelletálás, brikettálás, stb.)
- az őszi-téli visszahúzódás, lábon történő száradás során a talajba a főbb ásványi anyagok reutilizálódására (csak a „cellulóz-váz” kerüljön betakarításra);
- égetéskor fával keverhető legyen, ne okozzon a kazánokban üvegesedést
- a régió kisbirtokrendszerén és 20-30 km-es sugarú körben elhelyezkedő kistérségekben is eredményesen és hatékonyan „működhessen”;
- biológiai károkozókkal szembeni kis kitettség;
- organikus termelésre való alkalmasság;
- bioszférához való jó alkalmazkodás, hozzájárulás.

Az *Arundo donax* L. – olasz nád sokak számára, eddig csak élő, lágyszárú dísznövényként ismert Fűfélék (*Poaceae*) családjába tartozó dekaploid ($n=10$) növény. Vélhetően az indiai szubkontinensről származó, ember által elterjesztett nádféle steril utódja.

Magyarországon megannyi kertben megtalálható, kedvelt kertépítészeti alapanyag: szoliter növényként növeli kertünk díszítő értékét. A 1. ábrán egy tarka levelű ('Variegata') fajtája látható, melynek első leírása a 18. század második feléből való (PERDUE, 1958).



1. ábra: *Arundo donax* L. 'Variegata'

(Forrás: I1)

Az arundóról szóló szakirodalmi forrásokat áttekintve világossá vált számunkra, hogy a nemzetközi és a hazai irodalmak ellentmondásosak. A külföldi irodalmak a cellulóz biomassza-ipar legperspektivikusabb növényének tekintik, továbbá amennyiben meg lehet oldani az olcsó vegetatív tömegszaporítást, a második-generációs etanol előállítás egyik kulcsnövénye lesz világszerte (ANGELINI, 2009.; BELL, 1997.; CEOTTO – CANDILO, 2010.; CHRISTOU, 2001.; CHRISTOU et al., 2003.; DECRUYENAERE – HOLT, 2001.; GÜNES – SAYGIN, 1996.; HIDALGO – FERNANDEZ, 2001.; LEWANDOWSKI et al. 2003.; MARIANI et al. 2010.; NASSO et al. 2011.; PERDUE, 1958.; SHATALOV-PIREIRA, 2002.; SHATALOV et al., 2001.; WILLIAMS et al. 2009., stb.)

Az általunk áttekintett hazai szakirodalmi forrásokban az arundóról az alábbiak olvashatók:

FOGARASSY (2001) tanulmánya szerint az arundó, Európa, hazánktól délre eső területeken elsők között szereplő, stratégiai energianövénye. Ezt a kitüntetett szerepet a növény a *Miscanthus* sp. – kínai nád is meghaladó (pl. olaszországi adatok) éves biomassza produkciója (minimum 20-30 tonna/ha száraztömeg, átlagos talajokon, nem öntözött termőhelyen, évtizedeken át) és kiemelkedő energia mérlegének és cellulóz minőségének köszönheti. Azonban ez a közlemény a hazai szakemberek figyelmét eddig elkerülte. A *Miscanthus* került előtérbe: a mikroszaporítási lehetőségek és a hazai klímát tűrő fajtáknak köszönhetően. A figyelem elkerülését az is okozhatta, hogy az arundó hagyományos tömegszaporítása gigamegafarm méretekben drágább, mint a kínai nád fajtáké, illetve gyakorlatilag megoldhatatlan hagyományos szárdarabolással-dugványozással. Nyílt területeken, bizonyítottan hidegtűrő genetikai anyag nem állt eddig olcsón és milliós nagyságrendben a felhasználók rendelkezésre.

GYULAI (2009) szerint az arundó földrajzi eredete bizonytalan, azonban jól alkalmazkodó évelő fűféle. *„Termesztése jelentős műtrágyabevitelt igényel (80 kg N, 100 kg P₂O₅/ha/év) és 650-800 mm éves csapadék mellett az első évben 10,6 atrotonna/ha, a második évtől 22 atrotonna/ha hozamot eredményez. Tápanyagszegény talajoknál foszfor, nitrogén és kálium műtrágyázás mindenképp szükséges telepítés előtt. Dél-európai ültetvényeken átlagosan 15-30 atrotonna/ha biomassza termelhető. Fűtőértéke 14,8-19 MJ/ kg között változik, szár/levél aránytól függően”.*

CSETE (2008a, b) lágyszárú energianövények és felhasználhatóságuk témakörben megjelent arundót is érintő közleményeiben azt állapította meg, hogy az arundó termesztése jelentős tápanyagbevitelt igényel, továbbá átlagosan 20-22 atrotonna/ha hozamot, 650-800 mm éves csapadék mellett lehet csak előállítani, így szárazabb területek betelepítésére nem alkalmas. *Magas, 37-45 tonna/hektár hozamot kizárólag öntözött területeken lehet a növénnel elérni”.* Továbbá egy összefoglaló táblázatban az olvasható, hogy az arundót közepesen invazív fajnak tekinti (CSETE, 2008c).

Az arundóval foglalkozó külföldi szakirodalmi források a hazai információknál jóval árnyaltabb összefüggésekre is rávilágítanak, annak figyelembe vételével, hogy ezek kizárólag külföldi ismeretek adatait foglalják össze, mely információkat az alábbiakban ismertetjük.

Az *Arundo donax* 5.000 éve Mezopotámiában már szaporított növény volt, pl. energianyerés céljából is (PERDUE, 1958.). Rendkívül mértékben ellenáll a klímaváltozásokkal szemben. Ma már a világ trópusi és mediterrán területein is egyaránt megtalálhatóak, érintetlen, mezőgazdasági beavatkozás és művelés nélkül területeken akár 50 év feletti állományokkal is találkozhatunk (SHATALOV - PEREIRA, 2001.).

Egyes botanikus kertekben felelhető, 30 évvel ezelőtt, egyetlen növényről telepített állomány, ma már megközelíti a 4-5 métert is. Azonban tekintettel arra, hogy életképes magja nincsen, nem tekinthető agresszíven terjedő, kiirthatatlan fajnak. A növény sterilitását Prof. Márton László és munkatársai (*University of South Carolina, Columbia-SC, USA*) alaposan tanulmányozták, és részletes citológiai vizsgálatokkal megállapították, hogy a virágfejlődés során, a hím és a női gametofiton sejtek degradációja következtében nem tud végbemenni a megtermékenyítés.

Az arundó rizómái, igen nagyok gömb alakúak, azonban nem terjednek úgy horizontálisan, mint pl.: bambusz esetében a tarackoló gyökök. A zenészek is jól ismerik, hiszen szárából különböző fúvós hangszerekhez készítenek, extra minőségű sípokat Ausztráliában takarmánynövénynek ültetik és szélfogónak is kiválóan alkalmas (BELL, 1996.).

A növényt talajjavítás céljából, ún. fitoremediációs képességéről is ismerik (PAPAZOGLU, 2007.) Képes lebontja a talaj különböző szerves szennyeződéseit, nehézfémeket, egyúttal rendkívül sok szerves anyagot juttat a talaj mélyebb rétegeibe is (PAPAZOGLU et al., 2005.; SAGEHASHI et al., 2011.) Ezt a különleges, edafon környezetet, a szakirodalomban arról ismerik, hogy az arundó számára kiegészítő nitrogénforrás műtrágya formájában nem vagy csak az ültetvény életének elején szükséges, hiszen a mikrobák által megkötött légköri nitrogén az őszi és téli folyamán elraktározódik, a gyökerekben felhalmozódva, a következő vegetációs időszakban maradéktalanul hasznosul.

Mindezekon kívül mégis a legnagyobb jelentőségét a zöld biomassza előállításában látják, különös tekintettel a globális széndioxid egyensúly fenntartása és csökkentése témakörökben. Észak-olaszországi adatok alapján megállapítható, hogy összevetve az arundó által megmutatkozó mérsékelt égövi biomassza potenciált, egyéb lágyszárú évelő növényfajokkal, megállapítható, hogy az arundó esetében szignifikánsan kevesebb gyomirtó szer, rovarirtó szer és műtrágya felhasználás szükséges oly módon, hogy hektáronként - öntözetlen körülmények között - a 20-30 tonna szárazanyag termelés tervezhető (CHRISTOU et al., 2003.; NASSO et al., 2011.; ANGELINI et al., 2005.)

Azt is megállapították, hogy az olasz nád marginális területeken is kitűnően adaptálódik, pl. sós, túlzottan lúgos, időszakosan elárasztott talajokon, szénnel és mezőgazdasági, ipari kémiai anyagokkal szennyezett talajokon is szóba jöhet a biomassza termelés szempontjából (WILLIAMS et al., 2009). Az arundó biomassza tömege Közép- és Észak-Olaszországban, ún. marginális területeken elérte a 30-40 száraztonnát évente, 75%-feletti cellulóz- és hemicellulóz tartalommal (ANGELINI et al., 2009.; CHRISTOU et al., 2001.; SHALATOV et al., 2001.)

Termesztésben a növény életciklusa az eddigi tapasztalatok alapján 20 évnél is többre tervezhető, ezen idő alatt a telepítés költségei és a talaj-előkészítése jelenti a legnagyobb munkát és kiadásokat. A következő években az olasz nád nem igényel talajművelést, lombja fedi a talajt, a szárak összeérnek és záródnak, a talajt sűrűn áthálózó gyökérzet megköti annak felületét az erózióval szemben, és kitűnő víztartó, vízfelvevő, vízmegőrző réteget képez a hirtelen lezuhanó, nagy mennyiségű csapadék idején is. A hatalmas gyökértömeg következtében a beállt állomány kitűnően bírja az átmeneti és hosszabb ideig tartó szárazságot.

A biomassza előállítás céljából telepített ültetvények esetében ki kell alakítani egy termőkörzet ún. puffer zónáját, amely mintegy 10-30 m körül javasolható. Ezt a területet talajműveléssel kell tisztán tartani vagy más fajokból kell létesíteni, ún. térzáró sorokat. Ilyen lehet pl. gyors rotációjú erdészeti növény vagy egyéb évelő, nem rizómás lágyszárú fajok.

Az arundóval betelepített biomassza ültetvények megszüntetésére is kidolgoztak már stratégiákat. Eddigi tapasztalatok alapján a növény folyamatos kaszálása nem elég hatékony elimináció, ezért ennek gyomirtó szerrel való kombinációja ajánlható. Az ültetvény-eliminációs módszerek az USA déli államaiban már kidolgozásra kerültek (BOOSE – HOLT, 1999.; I2, I3).

Az arundó tízszeres kromoszómaszámának köszönhetően, a többi termesztett fajhoz képest, jelentősen kevesebb kórokozója és kártevője lelhető fel. A szakirodalmakban eddig a levéltetvek által terjedő vírusok közül a kukorica csíkos mozaik vírus (MDMW), a cukornád mozaik vírus (SCMV), továbbá az árpa sárga törpülés vírusa (BYDV) került leírásra. A gombás megbetegedések közül a Nigospórás szár és levélkorhadás (*Nigrospora oryzae*, teleomorf alakja: *Khuskia oryzae*), illetve a kukoricát károsító levéltetvek közül a zöld kukorica levéltetű (*Rhopalosiphum maidis*) és a zselnicemeggy levéltetű (*Rhopalosiphum padi*) okozhat problémát (TÓTH et al., 2011; TÓTH ENDRE nyomán, 2011, személyes közlés).

2.2. A szintetikus olasz nád (*Arundo donax* L.) ökotípusok előállítása ipari léptékű szaporítóanyag termelés céljából

Az arundó terjedését az energia-farmokon a fajták, valamint a betegségmentes szaporítóanyag hiánya, továbbá a rizóma-szaporítás, a szállítás nemzetközi kereskedelmének megoldatlansága ma még akadályozza. Az egyetlen, jelenleg ismert korlátozó tényező az arundó elterjesztésében a rendkívül alacsony szaporítási hatékonyság.

Az *Arundo donax* L. mikroszaporításában az első nagy technológiai áttörést Prof. Márton László és Dr. Czákó Mihály által kifejlesztett, 7,303,916 B2 számon, 2007. december 4-én USA-ban bejelentett, „*Sustained totipont culture of selected monocot genera*” című szabadalom jelentette, amely lehetővé teszi az arundó totipotens tenyészetének előállítását, növények *in vitro* mikroszaporítását, amely során létrejött élőszöveti explantátumok hosszú ideig képesek fennmaradni és szaporodni. A kísérleteket egy amerikai, Iowa államból származó, általuk 'Blossom' elnevezésű ökotípussal végezték, amellyel Prof. Márton László

és munkatársa érték el az ún Rocker-Liquid-Lab technológia által, hogy egyetlen növényből - egy év alatt - akár 1 millió utód is előállítható legyen.

A növény klón-szaporításában a másik jelentős áttörést, P 09 00018 számon, 2009. 01. 20.-án az Országos Találmányi Hivatalnál (Budapest) bejelentett, *“Berendezés és eljárás a növények tömeges, programozható mikroszaporítására”*c. találmány jelentette.

Hét év kísérleteit követően, 2009-ben üzembe került az első kísérleti, ipari mértékű kiszolgáló új fito-bioreaktor, a Mesterséges Növényi Ovárium – Artificial Plant Ovary (APO-berendezés). A mesterséges növényi ovárium vagy APO-berendezés lehetővé teszi a szomatikus embriók homogén, szinkronizált konverzióját, azaz egy menetben a szaporítási folyamattal megtörténik az embriók csíranövényekké való átalakulása. Így a szaporítóanyag előállítása embrió-kapszulázás, azaz mesterséges mag előállítás megkerülésével történik. Majd a növények akklimatizálását követően, a syn-plantok, szintetikus növények azonos módon kerülnek kiültetésre, mint pl. a szabadföldi zöldségtermesztésben előállított palánták. A fogalom (Syn-Plant) egy megalkotott, speciális klón-növényt jelentő műszó. „Nagy területen, akár 1.000 ha felett történő telepítéseket versenyképes áru, palántával kiszolgáló, elsősorban szomatikus embrió-eredetű klón-növények összességét jelenti” (FÁRI és MÁRTON, 2010 a,b,c; MÁRTON és FÁRI, 2011a).

A 2010-2011-ben az első hazai Syn-Plant növények szántóföldi kiültetése indult meg világszerte és Magyarországon. 2012. október közepéig 16 helyszínen összesen 3,5 millió db, részben a MOP Biotech Kft által a KITE Palántagyárban akklimatizált (Derecske) és felnevelt, 6-10 hetes, részben pedig un. mosott gyökerű syn-plant növényt helyeztek ki kispárcellás és üzemi kísérletekbe. Kínába 2.500.000 db, USA-ba 1.000 db, Olaszországba 1.000.000 db, Spanyolországba 40.000 db, Romániába 15.000 db, Ukrajnába 3.000 db, ill. Szlovákiába is került arundó syn-plant palánta. Magyarországon, Martonvásáron, Piricsén 10.000 db, Böhönyén 5.000 db, Andocson 5.000 db, Kaszópusztán 10.000 db, Devecseren 5.000 db, Nagymányokon 10.000 db, Tiszasáron 15.000 db, Kaposfőn 110.000 db tő szántóföldi termesztési kísérlete indult meg.

2.3. A szomatikus embriógenesis potenciális felhasználása a mezőgazdasági termelés fejlesztésére

A szomatikus embriógenesis (SE), mint *in vitro* morfogenetikai folyamat első felfedezése óta (REINERT, 1958; STEWARD et al., 1958) eltelt több mint öt évtized során a világ tudományos műhelyeiben lendületes munka indult meg ennek biológiai megértése, szabályozás területén, valamint a módszer hatékony mezőgazdasági technológiává történő fejlesztése érdekében.

A gyakorlati felhasználás területén a múlt század nyolcvanas éveinek elején világszerte nagy érdeklődés váltott ki az amerikai-japán TOSHIO MURASHIGE elképzelése, az un. „mesterséges mag”, vagy „szintetikus mag” (SYN-SEED) létrehozása. MURASHIGE azt feltételezte, hogy a szomatikus embriókat megfelelő biológiai- kémiai-fizikai technikával fel lehet készíteni élettanilag arra, hogy speciális mesterséges burokbba zárva önálló életre kelhetnek, hasonlóan a természetes úton keletkező magvakhoz. Ezt az elképzelést kísérleti úton SHERRY KITTO és JULES JANICK 1982-ben fejlesztette tovább a Purdue University-n, és KEITH REDENBAUGH Davis-ben a PGI-ben. Rajtuk kívül a korai kutatásokban KEITH WALKER és ROBERT LAWRENCE vettek részt a technológiák kifejlesztésével (REDENBAUGH, 1993).

A múlt század kilencvenes éveiben a SE fejlesztések új területeken indultak meg. JULES JANICK munkatársaival az un. szárított, vagy desszikkált mesterséges mag koncepción dolgozott tovább és értek el jelentős új eredményeket. Kidolgozták a sárgarépa POLIOX nevű polimér mesterséges magburokként való felhasználásnak elméletét (JANICK et al., 1993). REDENBAUGH munkatársaival az un. hidrogélekben történő kapszulálás kutatását folytatták, összesen 12-féle anyagot teszteltek. Ezek közül paradicsom magokkal az kálium- és a nátrium-alginát mutatkozott ígéretesnek (REDENBAUGH et al., 1993). DAVID FRIEND a hidrofób anyagok kapszulálási sajátosságait kutatták. Összesen 43-féle komponenst tanulmányoztak lucerna szomatikus embriókkal. Megállapította, hogy kedvezők hatás várható, amennyiben a megfelelő hidrofób magburokbba növekedésszabályozó anyagok, növényvédő szerek is adagolhatók (FRIEND, 1993). JEAN-NOEL BARBOTIN munkatársaival a sejtek és a szomatikus embriók un. immobilizálása területén alkottak kiemelkedőt. Munkáikban hatféle poliszacharidot, három szerves gél, fehérje géleket vizsgáltak. Tanulmányozták az gélek un. mátrix-hatását, az alginát-kapszulálás kémiai

hátterét és magát az alginát burkolás technológiáját és a sejt-immobilizálás néhány fontos finomszerkezeti jellemzőjét és tulajdonságát protoplasztokon, növényi sejteken, alga sejtekkel és mikroorganizmusokkal (BARBOTIN et al., 1993). A svéd CHRIS BORNMAN (1993) a szomatikus embriók érését tanulmányozta. Munkája során fenyőféléken az abszcizin-sav és a cukor szerepét kívánta tisztázni, továbbá kísérletet tett a szomatikus embriók osztályozására és a fagyasztva tárolás módszerének a kidolgozására. Kiemelkedő jelentőséget kapott a fenyőfélék újraerdősítésére területén végzett kutatása (BORNMAN, 1993). A brit PETER STERK és a holland SACCO C. DE VRIES a növényi embriók molekuláris markereit tanulmányozták mind a szomatikus, mind pedig a zigótikus embriókban. A génexpresszió területén tettek korai felismeréseket a gyapot, a repce és a sárgarépa modellekkel (STERK and DE VRIES, 1993).

A francia BRUNO FLORIN munkatársaival a szomatikus embriók hosszú idejű megőrzésének lehetőségeit kutatták, sárgarépa modellen (FLORIN et al., 1993). PETER CALIGARI SIMON SHOHET-tel a szomatikus embriók genetikai variabilitását kutatták. Munkájuk során az epigenetikai változásokra hívták fel a figyelmet, valamint a szomaklón variációkra a kukorica embriogén tenyészetek vizsgálata során. Felhívták a figyelmet arra, hogy a genetikailag stabil embrió-alapú klónozási technológia biztosítása alapvető követelmény lesz a szomatikus embriók iparszerű felhasználása területén (CALGARI and SHOHET, 1993). A SHIGEO NISHIMURA által vezetett japán kutató csoport a növényi szomatikus embriók bioreaktorokban történő szaporításának lehetőségeit kutatták. Tanulmányozták a keverési módszereket, az oxigén ellátást és egyéb fiziko-kémiai tényezőket. A sárgarépával folytatott kísérletekben például, hogy a 7,5 ppm-nél nagyobb oxigén tartalom milliliterenként 384 embriót indukált. A legkedvezőbb rotációs sebesség 200 fordulat/perc volt. Ezen kívül 2-8 literes bioreaktorokban tanulmányozták a lucerna, a burgonya és a Digitalis izolált szövetek és szomatikus embriók növekedését (NISHIMURA et al., 1993).

A szomatikus embriók kiültetésének ismereteit elsők között - lucerna modellen - JO ANN FUJI és munkatársai kutatták. Részletesen tanulmányozták az embrió minőségének fejlesztési lehetőségeit, az embriók ún. hidripóniás nevelésének, csíráztatásának lehetőségeit, speciális üvegház létrehozását, a kiültető közegeket, stb. Szabadföldi kiültetésben figyelték meg a növények adaptálódását és fejlődését (FUJI et al., 1993). A gyakorlati alkalmazhatóság

érdekében az amerikai Roger E. GARRETT végzett elsőként átfogó kutatásokat. Paradicsom magok segítségével kidolgozta az un. gél-kapszulálás gépi módszerét, valamint az un. „dróthurok” módszert, mely segítségével folyamatosan lehet az alginát gélbe kapszulált szintetikus magok burkát kalciumkezeléssel megszilárdítani. Módszert fejlesztett ki a kapszulált embriók kezelésére, osztályozására is (GARRETT, 1993).

Érdekesség, hogy 1993-ig összesen tizenkét szabadalom született a szintetikus magok kutatásaiból, nagyjából az USA-ban és Japánban (WESEMAN, 1993). Ezen kívül – többek között – a kilencvenes évek elején intenzíven tovább folytak a lucerna, a sárgarépa, a saláta, a zeller, a szója, a csomós ebír, a bermuda fű, a köles, a cukornád, a szőlő, a szantálfa, az eperfa, a mangó, a jegenyefenyő szomatikus embriógenesis nemesítési illetve ipari hasznosításával kapcsolatos kutatások (REDENBAUGH, 1993).

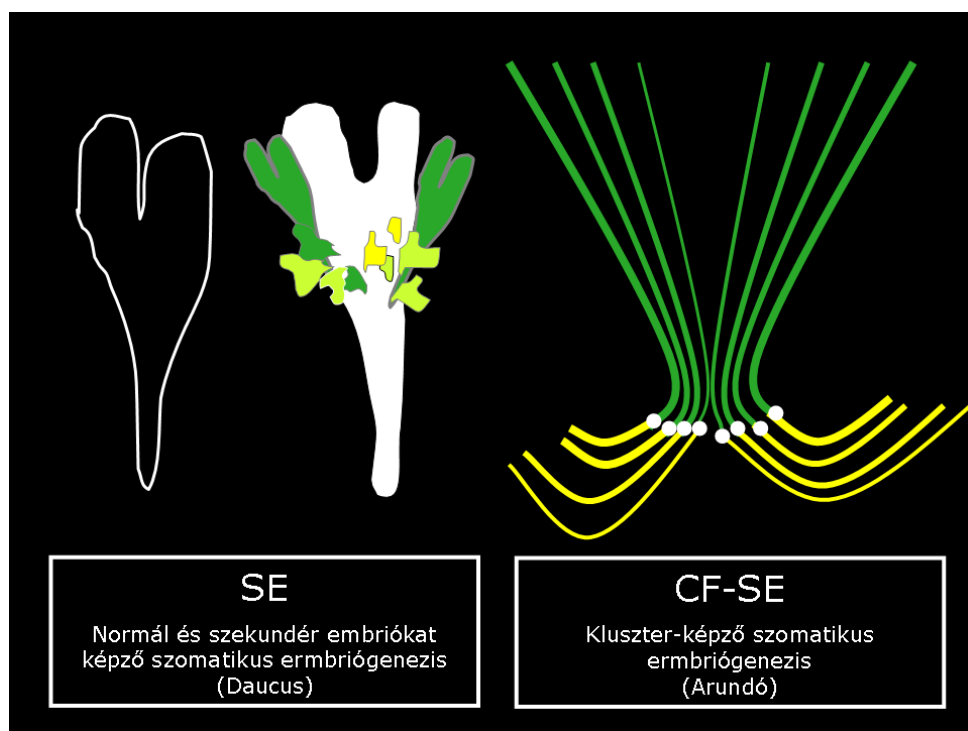
Fenti összeállítás azt mutatta be, hogy a szomatikus embriógenesis gyakorlati alkalmazását a szakemberek - kivétel nélkül - az izolált embriók kapszulálásával látták megvalósíthatónak.

Ezzel az irányvonallal ellentétben, az USA Dél-Karolina Egyetem professzora, Márton László, és a Debreceni Egyetem AGTC professzora, Fári Miklós újszerű megközelítésben láttak hozzá a szomatikus embriógenesis gyakorlati hasznosításához, az olasz nád modellen. Az elmúlt évtized során bebizonyították, hogy az arundó fenntartható szomatikus embriógenesis – megfelelő *in vitro* nevelési és palánta előállítási módszerek kialakítása esetén - a gyakorlat szemszögéből is alkalmas módszer lehet, az alábbi indokok alapján (FÁRI és MÁRTON, személyes közlés, 2012):

- az arundó SE-ből napjainkig létrehozott mintegy 3 millió palántái szabad szemmel is látható szomaklón variációt nem mutattak;
- Az arundó SE-ből kapott növények 100%-ban hordozták az ökológiai környezetben szerzett epigenetikai jellemzőiket, mint pl. a mélyebb rizóma-ágyazódást, növekedési habitus, stb.;
- Az arundó SE kifejlődését és későbbi csírázását az. un. klaszter-forma szomatikus embriók (CF-SE) képződése jellemzi, ellentétben a fenti irodalmi ismertetés eddigi megfigyeléseivel, ahol a szekundér stb. embriók vagy közvetlen szöveti kapcsolatban vannak egymással, illetve egymástól fizikailag is különálló individuumot képeznek. Az

arundón megfigyelt ún. CF-SE klaszter-formálási folyamatban az egyszikű embriók töve, diszkusza, gyökérnyaki része ugyanakkor egymással csak fizikailag érintkezik, anatómiailag nem nőnek egybe, ezáltal ezek az egyedek független klónoknak tekinthetők.

A 2. ábra bemutatja az eddig ismert SE morfogenezisének jellemzőit a CF-SE jelenségével összehasonlítva. A rajon látható, hogy az arundón megfigyelt CF-SE egyedeinek szövetei között nincs kapcsolat, ezért élettani értelemben önállóan szabályozódnak, önálló ontogenezis programmal. Ugyanakkor közöttük akár sejtszintű kémiai kommunikáció is lehetséges, pl. ún. szignál-molekulák átadásával. Az egyedek ugyanis szorosan összetapadnak, és ebben a szerveződési / morfológiai formában közös környezet kialakításra is képesek lehetnek, és vagy azt is igénylik (pl. a táplálkozásukat, fejlődésüket segítő hidrolitikus enzimek kibocsátása, cukorbontás, pH-szabályozás, aminosavak cseréje, stb).



2. ábra: Normál, illetve szekundér embriókat fejlesztő embriógenézis (baloldalon, sárgarépa modell, SE), és a klaszter-képző szomatikus embriógenézis (arundó modell, CF-SE) összehasonlítása. A jobboldali rajzon a zöld szín az embrionális szikleveleket, a sárga szín az embrionális gyökereket jelöli

Feltehető, hogy a szekundér embriókat képező embriógenézis során (fehér és zöld színnel kitöltött embriók) az összeköttetés miatt jellemző lehet a dominancián alapuló, közvetlen szabályozás; a normál embriógenézis (fehér színű vonallal jelzett embrió) esetében pedig a tenyésztő közeg vélhetően csak nagy hígításban, illetve közvetett módon képes közvetíteni kémiai jeleket.

A CF-SE folyamat fiziológiai és molekuláris természetének teljes feltárása valószínűleg segíthet abban, hogy más fajokból is lehessen az arundóhoz hasonló szintetikus növényeket előállítani. A debreceni és a dél-karolinai kutatók közeli célja ezen titkok megfejtése (FÁRI és MÁRTON, 2012, szóbeli közlés).

3. A KUTATÁSOK CÉLJA

A 2010 és 2012 közötti években végzett kutatásaink *fő célja* a CF-SE szomatikus embriógenezis útján előállított un. szintetikus *Arundo donax* L. (SYNAR) palántanevelési technológia új lehetőségeinek kutatása volt.

A vizsgálatok *részletes céljai* a következők voltak:

- SYNAR palánták szabadföldi nevelése klaszterekben;
- Klaszterekben akklimatizált SYNAR palánták nevelése ultrasűrű telepítés számára;
- Egyedileg akklimatizált SYNAR palánták ultrasűrű nevelése;
- SYNAR palántanevelő állományokban spontán megjelenő levélszín-változatok kiemelése és elsődleges jellemzése díszkertészeti szempontok alapján.

Ezekkel a kutatásokkal az SYNAR üzemi léptékű gyakorlati palántanevelési technológiáját kísérleti úton próbáltuk továbbfejleszteni.

Ugyanakkor a CF-SE egyik érdekes morfológiai kísérő jelenségének a leírásához is hozzá kívántunk járulni azzal, hogy tanulmányoztuk az arundó modell szomatikus embriógenezise során már korábban megfigyelt, ám tudományosan eddig nem tanulmányozott, un. spontán eredetű színváltozatok, vélhetően kimérák legfőbb morfológiai jellemzőit.

4. ANYAG ÉS MÓDSZER

4.1. Növényanyag

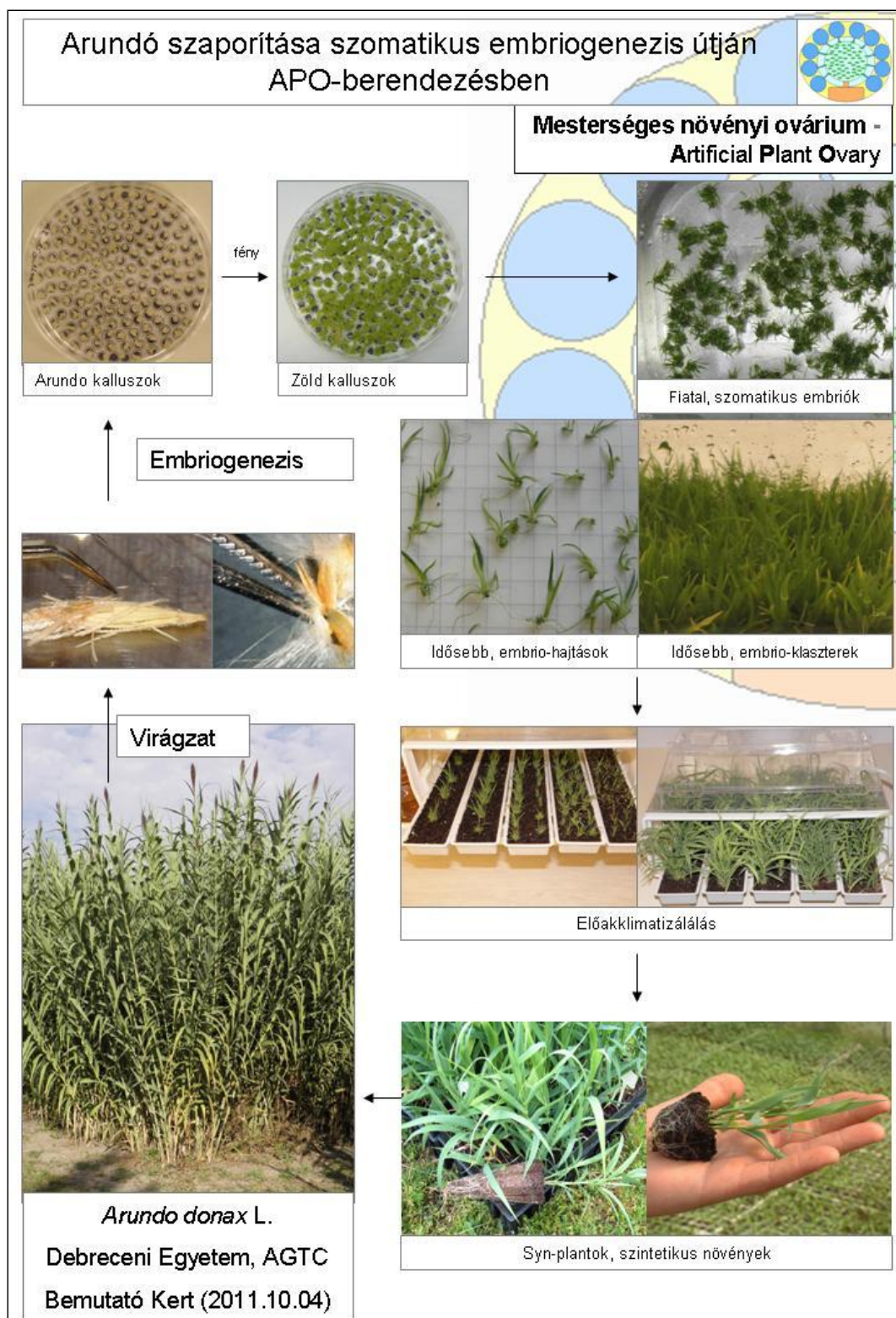
A Debreceni Egyetem, AGTC, Állattudományi, Biotechnológiai és Természetvédelmi Intézet, Növény Biotechnológiai Tanszéken, Prof. Fári Miklós Gábor vezetésével, ill. Márton László Professzor Úr együttműködésével, hét éve folynak kutatások a Tanszék, Fito-Bioreaktor Laboratóriumában, az egyes arundó ökotípusok szomatikus embriogenezis útján szaporított, folyékony rendszerű fito-bioreaktorokban történő tömegszaporításának kidolgozására. A kísérleteket az USA-ban előállított *Arundo donax* L. 'Blossom' és egy hazai klímára adaptálódott 'STM' nevű ökotípussal végeztük.

4.2. Az *Arundo donax* L. (olasz nád) szaporítása szomatikus embriogenezis útján

A szaporítási technológia a szakirodalmi forrásban leírt 2 szabadalmi bejelentésre épül, így részletes műszaki és technológiai leírásokra, szabadalmi védelmi okokból a tulajdonosok nem adhatnak engedélyt.

Az arundó biotechnológiai módszerrel történő szaporítását, azaz a syn-plant technológia egyes folyamatait a 3 *ábra* alapján mutatjuk be.

A 3. *ábra* bal alsó sarkában látjuk, hogy a szaporítási folyamat a kiválasztott egyed embriogenezis indukálásával kezdődik. A növény virágnyílását megelőzően a virágzati buga sterilen kimetszett szöveteit, megfelelő összetételű, kalluszindukciós táptalajra helyezve, szomatikus embriogenezis folyamata indukálható, amely eredményeképpen láthatjuk a 3. *ábra* bal felsősarkában lévő Petri-csészében található, fehér színű, arundó kalluszokat. Az embriogén kalluszok fenntartása folyamatos, 4 hetenkénti kallusz fenntartó táptalajon történő passzállással oldható meg, szabályozott körülmények között, sötétben nevelve. A regenerációs folyamat indukálásához szükség van a kalluszok fényen történő zöldítésére, a fotoszintetikus pigmentek, elektrontranszport rendszerek aktiválódásához, a nem életképes embriók kisselektálására.



3. ábra: Arundó szaporítása szomatikus embriogenezis útján Mesterséges Növényi Ováriumban (Artificial Plant Ovary – APO); Antal Gabriella nyomán (2011)

A keletkezett zöld kalluszok nevelése ezt követően a mesterséges növényi ováriumban történik. 7 *in vitro* tenyésztési funkció változtatásával (stacioner tenyésztés, programozott folyadékszint szabályozás: vertikális, horizontális rázatás, programozott öblítési ciklusok, táptalajok programozott cseréje, passzív ventilálás). Ezt követően az ábra jobb oldalán az embriók különböző fejlődési fázisai láthatóak.

Három hónapos nevelési ciklust követően, már csíranövénné átalakult klasztereket a mesterséges növényi ováriumból (APO) kikerülve, EasyGreen típusú (Pahrump-Nevada, USA) mikroakklimatizáló berendezés, műanyag tálcába, autoklávozott földjébe ültetjük ki, amellyel megkezdődik a növények ún. előakklimatizálási szakasza. Szabályozott körülmények között történik a növények nevelése, intenzív fénymegvilágítás (5000 lux) mellett, bizonyos időnkénti párásításon kívül, szabályozzuk a belső légtér hőmérsékletét is. Meghatározott időnként széndioxid-kezelést (3%) követően, az intenzív fejlődésnek indult syn-plant növények a Bemutató Kert üvegházába kerülnek, ahol az akklimatizálás utolsó szakaszát követően kerülnek szántóföldi kiültetésre.

4.3. Terület kiválasztása, a palántaágy talajának jellemzői

A Debreceni Egyetem AGTC Növényi Biotechnológiai Tanszék Biomassza Bemutató Kertben kialakított, alább bemutatásra kerülő palántanevelő ágy talaja mészlepedékes csernozjom, mezősegi talajnak megfelelő talajtípusnak tekinthető.

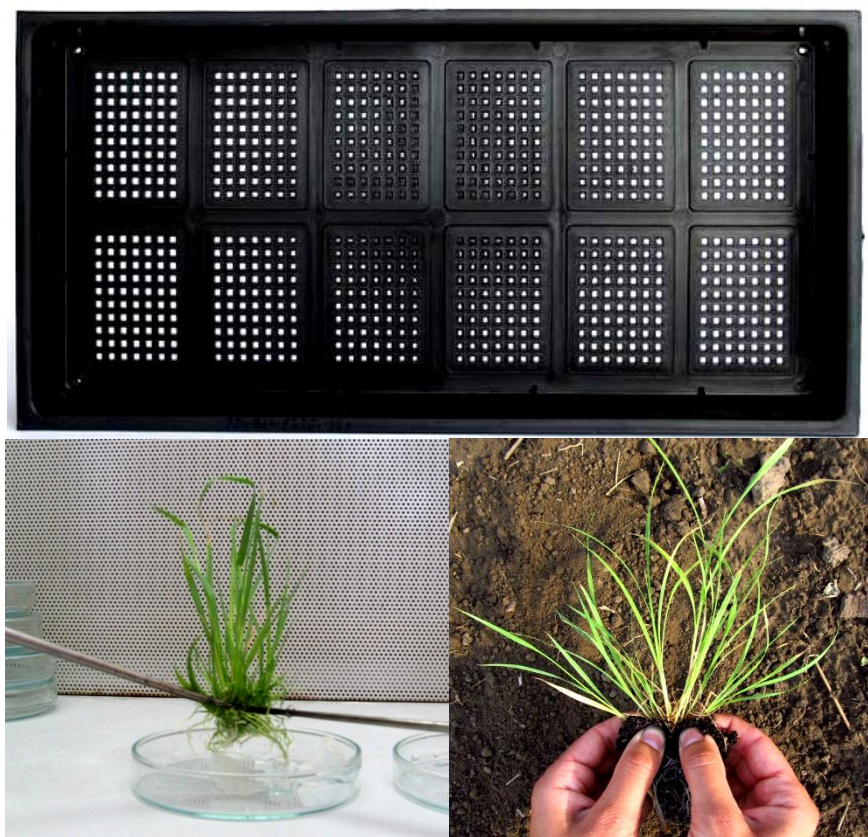
A 2009-ben az arundó számára kijelölt parcellákban vett talaj-mintavételi adatok alapján megállapítható, hogy egy enyhén lúgos ($7,93 \text{ pH} \pm 0,025$), viszonylag nagy humusztartalmú ($3,14\% \pm 0,407$), jelentős CaCO_3 -tartalommal ($4,67 \pm 0,00$) rendelkező, erősen kötött, agyagos vályog talajon történt az arundó palántanevelése.

Tápanyagok tekintetében a talaj nitrogéntartalma igen alacsony (a teljes nitrogéntartalom $0,64 \text{ mg/kg}$, amelyből az ammóniumforma $0,15 \text{ mg/kg}$, nitrátok $0,08 \text{ mg/kg}$, a szerves kötésben lévő nitrogének $0,14 \text{ mg/kg}$ tesznek ki). Azonban a P_2O_5 ($24,76 \pm 0,692$), a K_2O tartalma ($465,0 \pm 7,071$) magasnak mondható (TAREK ALI ALSHAAL, 2011, személyes közlés)

4.4. Talajelőkészítés, palántanevelés, ültetés menete

Az első szabadföldi előkísérlet során az ültetést megelőzően egy tárcsázást végeztek, a talaj felső, kb. 10 cm-es rétegében. Az I. és II. parcellák talaj-előkészítése az előző évi őszi mélyszántással kezdődött. A szántás elmunkálása az ültetést előtt, többszöri talajmarózással történt. Azonban a megfelelő, porhanyós szerkezetű talaj eléréséhez a talaj tömörödöttsége miatt szükség volt még ültetést megelőzően egy kézi kapálásra.

Az szabadföldi kísérletekhez az arundó palántákat szomatikus embriogenezis útján, azonban a tenyészetek szinkronizált, homogén regeneráltatása nélkül állították elő. Ahogy az előzőekben említettem, egymenetes csíráztatást a mesterséges növényi ovárium (APO) teszi számunkra lehetővé. Majd a növényeket sejttálcákba ültették és az akklimatizálást követően kerültek a kiültetésre. Az általunk használt palántanevelési technológia neve: Ultra-sűrű (Ultra-Dense-Method: UDM) palántanevelési technológia és Dajka-tálcás módszer (Nurse-Tray-Method: NTM).



4.ábra: Felül: a felhasznált szaporítótálca, balra: átoltásra váró klusztér közelről. 2012.09.05. jobbra: Klusztérben tálcásan akklimatizált földdugós Syn-AR növényegyedek

Dajka-tálcás módszernél a tálca mérete: 59 cm x 29 cm x 7 cm. Az aktív belső felületből levonódik a tálca minden oldalán található 0,75-1 cm-es perem. Tehát a szaporító tálca aktív felülete, ahová ténylegesen ültetni lehet: 57,5 cm x 27,5 cm x 7 cm, amely méret a kiültetésnél fontos tervezési tényező volt. A beültetés megvalósítása során a tálca aljára legalább 10 helyen luggatott fekete fóliát fektettünk, hogy a belső talajréteg a beültetett növényekkel egyben sérülésmentesen kiemelhető legyen.

A nevelés során két módszerrel kísérleteztünk: az első 15 db-os (3. hét után kiültetett) kísérletnél a tálca mindegyik oldalán kilógott egy 3-4 cm-es fólia, a második 15 db-os (2. hét után kiültetett) kísérletnél a fólia csak a tálca két hosszanti oldalán lógott ki. Erre 1 cm-es rétegben perlitet szórtunk. Erre azért volt szükség, hogy majd kiültetéskor könnyen ki lehessen húzni a fóliát a föld alól.

Ezt követően a tálcákat megtöltöttük az arundó számára a legjobb minőségű földkeverékkel. Erre a célra a „JÓ FÖLD” márkanéven (Dr. Hegedüs Ágoston Kertészete, Kecskemét) ismert, gazdaboltokban országsszerte vásárolható földkeverék és egy zsákos kerti föld 1:1 arányú homogén keveréke volt.

A kiültetés során a következő ültetési rendszereket használtuk:

- 3 soros: 30 db szálas palánta / szaporító láda
- 4 soros: 40 db szálas palánta / szaporító láda
- 5 soros: 50 db szálas palánta / szaporító láda

Egyedileg akklimatizált palánták: A laborból kikerülve ezek a növények mintegy 3-4 hetet voltak csomósan nevelve, majd ezeket szétszedtük önálló növényekre. Ezeket a palántákat ültettük be a szaporító ládába.

Az a fontos a kiültetés során, hogy úgy válasszuk meg a sor- és tőtávolságokat és a pozíciókat, hogy ha szabadföldre pakoljuk ki a tálcákat, akkor bármely irányba a növények sor- és tőtávolsága megegyezzen, vagyis amikor szorosan egymás mellé helyezzük ki a tálcákat a kiültetéskor folytatólagosan, az egymás mellé kerülő növényeknek (amelyek eredetileg másik tálcába voltak) sor és tőtávolságának is meg kellett egyeznie.

Az ültetés kezdete előtt kijelöltük az ültetési pontokat, ahová a növények kerülnek, ide vékony bambuszpálcával lyukakat vájtunk a talajrétegben. A 3 és 5 soros szaporító ládák esetén a közép sorokból indultunk ki, innen mértük ki a sortávolságot, aztán a tőtávolságokat, hogy minden oldalon egyezzen és folytatólagosan is megfelelőek legyenek az értékek. A 4 soros tálca esetén kicsit nehezebb volt kimérni, hogy minden oldalra egyezzen a sor- és tőtávolság, de megoldható feladat volt. A tőtávolság minden esetben 5,7 cm, a sortávolság változott: 3 soros esetén: 6,8 cm sortáv, 4 soros esetén: 5,5 cm, 5 soros esetén: 4,6 cm volt.

Minden típusból beültettük 5-5-5 db tálcát, és kétszer ismételtünk. Az egyiket 3 hét után, a másikat 2 hét után ültettük ki a Bemutató Kertben. Összesen 15 db 3 hetes, 15 db 2 hetes szaporító ládas növényünk lett.

A 15 tálca kiültetése rendkívül gyorsan, mintegy 5 perc alatt megtörtént, lényegében csak egymás mellé kell helyezni a tálcából kiemelt növényeket tartalmazó talajréteget. Egy ember is el tudja végezni nagyon rövid idő alatt.

A tálcában a 3 hetes növények már nagyon szépen begyökeresednek, a 2 hetesek még kevésbé, ezért meg kell várni legalább a 3 hetet, mert akkorra már teljesen beszövik a talajréteget és könnyen, sérülésmentesen kiemelhetjük, anélkül hogy talajréteg szétesne. A kiültetés előtt érdemes visszafognunk az öntözést, hogy a földkeverék jobban összeálljon. A kiültetést követően viszont alapos öntözést kaptak a kiültetett növények. A parcellák körül emelt gátak segítségével árasztásos öntözést valósítottunk meg, amely során törekedtünk a talaj állandó nyirkosságára. Az öntözési forduló az időjárás, a napsütés és a hőmérséklet függvényében alakult (3-4. nap).

4.5. Ápolási munkák, növényvédelem

A fólia alatti, ún. csomós palánta előkészítő időszak ápolási technológiája (öntözés, tápanyag-utánpótlás, szellőztetés, gyommentesítés) megegyezett a KITE által a paprika palántanevelése során alkalmazott módszerekkel.

A szabadföldi palántanevelés ettől eltért. Az öntözése során arra helyeztük a fő hangsúlyt, hogy a talaj állandóan nedves legyen, melyet rendszeres árasztó öntözéssel biztosítottunk. Tápanyagutánpótlásra a talaj magas tápanyagtartalma miatt nem volt szükség. A

növényvédelemmel kapcsolatban elsősorban a gyomosodás megakadályozása volt a legfőbb szempont. Egyszerű mechanikai gyomirtást végeztünk azokon a pontokon, ahol a gyomok megjelentek. Kártevők és kórokozók elleni védekezésre szerencsére nincs szükség az arundó nagy ellenállósága miatt, amit magas kromoszómaszámának köszönhet. Vegyszeres védekezésre nem került sor, csak mechanikai (kézi) gyomirtásra a gyomok mennyiségétől és fejlettségétől függően. Itt említem meg a téli védelemmel kapcsolatos következő teendőket, melyre dolgozatom írása utáni időszakban kerül majd sor. A növények telettetése nem jelent problémát. Visszaszáradnak, eközben visszahúzódnak, majd kapnak szalmatakarást. A következő évben pedig felszedjük őket, addigra annyira megerősödnek, hogy vélhetően már rizómájuk is lesz, így a telepítés évében meg lehet növelni a növény biomasszáját.

4.6. Mintavétel, elvégzett mérések

A mintavételezésre 2012. október első hetében került sor. Az I./30, I./40 és I./50-es parcellákból véletlenszerűen vettünk 15-15 növényt. Az ultrasűrű illetve csomós növények parcellájából. A növényeket kézi ásóval, a lehető legkevesebb gyökérsérüléssel, talajcsomóval együtt szedtük fel. Aztán vízben áztatva a gyökerek közül eltávolítottuk a földet, hogy a tömegmérésnél az adatokban ne jelentkezzen torzító hatásként. Az előkészületeket követték a mérések: a növény friss tömege grammban kifejezve, a növény legnagyobb magassága centiméterben, leghosszabb levelének hossza (cm) és legszélesebb pontjának szélességmérése (mm). Külön számoltuk a 10 cm alatti, a 10-30 cm közötti és a 30 cm-nél magasabb hajtásokat. Szintén megszámláltuk a felszín még el nem ért, fejlődő etiolált hajtásokat. Ezeket 1 cm alatti és 1 cm feletti kategóriákba soroltuk. Az erre vonatkozó mérési eredményeket a 3. - 5. táblázatok tartalmazzák. Külön megfigyeléseket végeztünk a csomós illetve félcsomós formában kiültetett növényeknél. Itt a csomó friss tömegét mértük grammban, továbbá a csomóban lévő növények átlagmagasságát és a csomókban lévő önálló növényi egyedeket számoltuk.

4.7. Statisztikai értékelés

Az elvégzett méréseket statisztikai elemzésekkel alátámasztva értékeltük ki. Egyszerű statisztikai módszerek közül, összeg, átlag, illetve a szórás (variancia) függvények, Microsoft Excel táblázatban való kiértékelését végeztük el.

5. EREDMÉNYEK ÉS AZOK ÉRTÉKELÉSE

5.1. SYNAR palánták szabadföldi nevelése klaszterekben

Amint az irodalmi áttekintés harmadik fejezetében beszámoltunk róla, az arundó un. CF-SE egy új, eddig nemzetközileg részleteiben nem ismert folyamat. A SYNAR palánták klaszterekben történő szabadföldi nevelése során három fő kérdésre kerestük a választ:

- Az egyik szempont az volt, hogy a KITE palántanevelő telepén előállított háromhetes, un. csomós palánták hogyan akklimatizálódnak a szabadföldi körülményekhez?
- A másik kérdés az volt, hogy az így fejlődő SYNAR növények csomói mennyire képesek az egyedi fejlődésük közben egyenletesen fejlődni, azaz megmutatkozik-e közöttük valamiféle dominancia-viszony, például a talaj tápanyagkészletéhez való szerencsésebb hozzáférés által?
- A harmadik kérdésünk az volt, hogy vajon ha a palánták egymástól jól szétválaszthatók, akkor azok mennyire lehetnek alkalmasak továbbnevelésre, azaz palántaként milyen minőséget képviselnek?

Kísérleteink során megállapítottuk, hogy háromhetes, un. csomós palánták az alkalmazott kísérleti rendszerben kiválóan akklimatizálódtak a nyárvégi-koraőszi szabadföldi körülményekhez (5. ábra).



5. ábra: SYNAR klaszterek kiültetése a DE AGTC NBT Bemutató Kert kísérleti parcellájában (baloldalon) és egy négy hetes csomó közeli képe (2012. 09. 03.)

A kiültetés után négy héttel öt, véletlenszerűen felszedett arundó SYNAR palánta csomón végzett adat-felvételezésünk az alábbi eredményeket hozta (6. ábra. és 1. 2. 3. táblázatok).

Az 6. ábrán látható, hogy a SYNAR klaszterek három héttel a kiültetés után már összefüggő, kifejezetten homogén szőnyeget alkottak. Olyannak tűntek, mintha pl. búzát vetettünk volna el nagyon sűrű sorokban.



6. ábra: Felül előtérben SYN-AR kluszterek kiültetés előtt háttérben pedig a már kiültetett állomány 2012.09.03. balra: a már beállt állomány a DE AGTC NBT Bemutató Kert kísérleti parcellájában (baloldalon, 2012. 09. 25.) és egy négyhetes csomó közeli képe (jobboldalon, 2012. 10. 05.)

A 1. táblázat adatai szerint a csomókban található, összesen 61 egyed gyökérrel együtt mért friss tömege 0,1 és 2,93 g között, a csomónként mért friss tömeg 6,81 és 13,79 g között változott. A csomónkénti egyedszám ugyanakkor 10 és 18 db/csomó között alakult.

1. Táblázat:

A SYNAR palánták friss tömegének alakulása 4 hetes arundó palánták csomóiban (DE AGTC NBT Bemutató Kert, 2012. október 05)

Növény egyedek	Növények friss tömege (g)									
	1		2		3		4		5	
	Fejlett	Fejletlen	Fejlett	Fejletlen	Fejlett	Fejletlen	Fejlett	Fejletlen	Fejlett	Fejletlen
1	1,70	0,60	2,59	0,38	0,99	0,23	0,69	0,18	1,87	0,26
2	1,88	0,18	2,33	0,51	0,79	0,11	1,00	0,07	1,21	0,30
3	2,00	0,11	2,28	0,40	2,26	0,16	0,58	0,45	4,21	0,40
4	1,78	0,24	0,78	0,27	1,01	0,14	2,93	0,13	1,56	0,09
5	1,14	0,50	2,53	0,44	3,65	0,25		0,18	0,54	0,17
6			0,97	0,06	1,30	0,18		0,37	0,55	
7				0,25	0,57	0,30		0,23		
8						0,16				
9						0,58				
10						0,26				
11						0,10				
Átlag tömeg	1,70	0,33	1,91	0,33	1,51	0,22	1,30	0,23	1,66	0,24
Összes tömeg	8,50	1,63	11,48	2,31	10,57	2,47	5,20	1,61	9,94	1,22
	10,13		13,79		13,04		6,81		11,16	

A 2. táblázat adatai szerint megfigyeltük, hogy a csomókban található egyedek 45,1%-a volt un. „fejlett” egyed, és 54,9%-a pedig „fejletlen”. A fejlett és fejletlen közötti különbséget morfológiai bélyegek alapján, és nem a súlyuk alapján határoztuk meg. A fejlett kategóriába azok az egyedek kerültek, amelyeknek a gyökérnyaki része fehér színű vastagodásnak indult, és ebben a pozícióban általában megjelentek az első kis mini-rizóma rügyek is. A fejletlen egyedek gyökérnyaki része fehéres-világoszöld volt, illetve egyáltalán nem vastagodott meg. Kísérleteink alapján úgy véljük, hogy a csomósan akklimatizált SYNAR palánták a szabadföldi palántanevelés körülményeihez jól alkalmazkodtak, a módszer továbbfejlesztésre és gyakorlati bevezetésre érdemes lehet: egymástól az egyedek nehézség nélkül

szétválaszthatók. Amennyiben a csomókat a jövőben felezéssel ültetik el, vélhetően a teljes SYNAR állomány fejlett méretet érhet majd el.

2. Táblázat:

Fejlett és fejletlen SYNAR növények megoszlása a hajtások minősége szerint 4 hetes arundó palánták csomóiban (DE AGTC NBT Bemutató Kert, 2012. október 08)

Kluszterek	Növények megoszlása a hajtások minősége szerint				
	Fejlett hajtás (db)	Fejletlen hajtás (db)	Összes növény (db)	Fejlett hajtás (%)	Fejletlen hajtás (%)
1	5	5	10	50,0	50,0
2	5	6	11	45,5	54,5
3	7	11	18	38,9	61,1
4	4	7	11	36,4	63,6
5	6	5	11	54,5	45,5
Összes	27	34	61	-	-
Átlag	5,4	6,8	12,2	45,1	54,9

5.2. Klaszterekben akklimatizált SYNAR palánták nevelése ultrasűrű telepítés számára

Kísérleteink további részében arra kerestük a választ, hogy a 30, 40 és 50 egyed / tálca sűrűségű, un. Nurse-Tray-Method (NTM) felhasználásával hogyan alakul a 4 hetes SYNAR palánták növekedése a nyár végi, ősz eleji szabadföldi kiültetésekben. A kiültetésre 2012. szeptember 3-án került sor (5. ábra), a palánták kiértékelését 2012 10 05.-én végeztük el (6. ábra és 1. 2. táblázatok).



7. ábra: Klaszterekben akklimatizált, szálasan pikirozott SYNAR palánták ultrasűrű telepítése Nurse-Tray-Method segítségével a DE AGTC NBT Bemutató Kert kísérleti parcellájában (2012. 09. 03.)



8. ábra: : Kluszterekben akklimatizált, szálasan pikirozott SYN-AR palánták Nurse-Tray-Method segítségével ültetett ultrasűrű állománya a DE AGTC NBT Bemutató Kert kísérleti parcellájában (2012. 09. 04.). A jobboldali kép története, balról jobbra mutatva: 1-3. sor 30 db egyed / szaporító tálca; 4-7. sor 40 db egyed / tálca; 8-12. sorok: 50 db egyed / tálca

Minták sorszama I./50	Növények friss össztömege (g)	Növény magasság (cm)	Zöld hajtások száma, hosszúság szerint (db)			Etiolált rizóma hajtások száma (db)		Levél szélesség (mm)	Levél hosszúság (cm)
			10 cm alatt	10-30 cm között	30 cm felett	1 cm alatt	1 cm felett		
1	9,06	48	1	2	2	0	0	17	23
2	9,37	51	0	1	3	2	0	11	18
3	9,18	43	1	1	1	1	0	13	23
4	12,65	45	0	0	2	2	1	12	22
5	14,42	56	1	1	2	1	0	16	21
6	7,45	47	2	1	1	0	0	18	24
7	10,71	46	1	1	2	2	0	12	19
8	5,35	53	1	1	3	1	1	11	21
9	6,02	49	1	0	2	1	0	10	13
10	5,25	44	0	2	2	0	0	10	12
11	4,28	42	1	1	1	0	0	12	19
12	5,08	46	1	2	1	0	1	13	21
13	7,91	44	1	0	1	0	0	10	17
14	7,19	40	1	0	2	1	1	10	13
15	8,25	43	2	1	1	1	0	13	23
Összesen	122,17	697	14	14	26	12	4	188	289
Átlag	8,14	46,46	0,93	0,93	1,73	0,80	0,26	12,53	19,26

3. Táblázat: Kluszterekben akklimatizált, szálasan pikirozott SYN-AR palánták Nurse-Tray-Method segítségével ültetett ultrasűrű állomány 4 hetes állomány értékelése 50 db egyed / tálca sűrűségben (DE AGTC NBT Bemutató Kert, 2012. október 05.)

A 3. táblázat adatai szerint az 50 egyed / tálca sűrűségű telepítés esetében tizenöt mintát figyelembe véve a növények friss tömege 5,25 és 14,42 g között, magasságuk 40 és 56 cm, legszélesebb levelük hossza pedig 12 és 24 cm között változott.

A 4. táblázat adatai szerint az 40 egyed / tálca sűrűségű telepítés esetében tizenöt mintát figyelembe véve a növények friss tömege 5,66 és 21,42 g között, magasságuk 47 és 64 cm, legszélesebb levelük hossza pedig 12 és 25 cm között változott.

4. Táblázat: Kluszterekben akklimatizált, szálasan pikirozott SYNAR palánták Nurse-Tray-Method segítségével ültetett ultrasűrű állomány 4 hetes állomány értékelése 40 db egyed / tálca sűrűségben (DE AGTC NBT Bemutató Kert, 2012. október 05.)

Minták sorszáma I./40	Növények friss össztömege (g)	Növény magasság (cm)	Zöld hajtások száma, hosszúság szerint (db)			Etiolált rizóma hajtások száma (db)		Levél szélesség (mm)	Levél hosszúság (cm)
			10 cm alatt	10 -30 cm között	30 cm felett	1 cm alatt	1 cm felett		
1	10,06	52	2	0	3	0	0	13	16
2	8,93	58	0	1	2	0	1	13	23
3	8,34	64	0	2	1	0	0	14	25
4	7,25	47	0	0	3	1	0	10	14
5	9,72	57	0	0	3	2	0	11	18
6	18,95	58	1	2	3	4	0	12	22
7	21,41	64	0	0	3	4	0	15	22
8	11,27	58	1	0	2	2	0	13	21
9	7,61	52	0	2	1	1	0	12	12
10	11,45	56	1	1	2	1	0	14	19
11	7,25	50	1	0	1	2	0	12	17
12	5,66	48	0	0	2	2	0	10	12
13	5,88	58	1	0	1	2	0	13	16
14	5,96	56	1	1	1	1	0	14	15
15	5,84	49	0	2	2	0	1	10	15
Összesen	145,58	827	8	11	30	22	2	186	267
Átlag	9,70	55,13	0,53	0,73	2,00	1,46	0,13	12,40	17,80

Az 5. táblázat adatai szerint az 30 egyed / tálca sűrűségű telepítés esetében tizenöt mintát figyelembe véve a növények friss tömege 11,16 és 20,76 g között, magasságuk 44 és 72 cm, legszélesebb levelük hossza pedig 13 és 31 cm között változott.

5. Táblázat: Kluszterekben akklimatizált, szálasan pikirozott SYNAR palánták Nurse-Tray-Method segítségével ültetett ultrasűrű állomány 4 hetes állomány értékelése 30 db egyed / tálca sűrűségben (DE AGTC NBT Bemutató Kert, 2012. október 05.)

Minták sorszáma I./30	Növények friss össztömege (g)	Növény magasság (cm)	Zöld hajtások száma, hosszúság szerint (db)			Etiolált rizóma hajtások száma (db)		Levél szélesség (mm)	Levél hosszúság (cm)
			10 cm alatt	10-30 cm között	30 cm felett	1 cm alatt	1 cm felett		
1	12,72	63	1	1	2	2	0	12	15
2	16,16	72	1	0	3	2	0	19	31
3	14,02	46	2	2	3	1	0	13	15
4	12,26	56	1	0	2	2	0	12	23
5	14,25	44	1	3	2	2	0	14	16
6	10,37	42	0	0	3	2	1	12	13
7	11,81	57	0	0	3	1	1	14	22
8	20,76	62	0	2	2	2	0	17	20
9	11,16	57	1	2	2	1	0	15	24
10	12,83	50	1	0	3	1	0	13	21
11	16,25	67	1	0	4	1	0	15	19
12	15,48	49	0	0	3	2	0	14	20
13	15,27	51	1	0	3	2	0	15	19
14	15,71	54	1	2	3	1	0	19	23
15	14,86	72	0	1	3	2	0	17	28
Összesen	213,91	842	11	13	41	24	2	221	309
Átlag	14,26	56,13	0,73	0,86	2,73	1,60	0,13	14,73	20,60

Összehasonlítva a fenti három táblázat adatait a következő megállapítást tehetjük (5. táblázat). A 30 db egyed / tálca sűrűség estén a növények friss tömege és zöld hajtások száma szignifikánsan meghaladta a 40 és 50 db egyed / tálca sűrűségű kiültetést.

A többi mutató tekintetében is magasabb értékeket kaptunk a 30 db egyed / tálca sűrűség esetén, azonban ezek az értékek az adott kis mintaszám esetében nem voltak szignifikánsak (6. táblázat).

6. Táblázat:

Klaszterekben akklimatizált, szálasan pikírozott SYNAR palánták Nurse-Tray-Method segítségével ültetett ultrasűrű állomány 4 hetes állomány összehasonlító értékelése 30, 40 és 50 db egyed / tálca sűrűségben (DE AGTC NBT Bemutató Kert, 2012. október 05).

Palánta sűrűség (db/tálca)	Növények friss tömege (g)	Növény magasság (cm)	Zöld hajtások száma, hosszúság szerint (db)			Etiolált rizóma hajtások száma (db)		Levél szélesség (mm)	Levél hosszúság (cm)
			10 cm alatt	10-30 cm között	30 cm felett	1 cm alatt	1 cm felett		
30	14,26a	56,13	0,73	0,86	2,73a	1,60	0,13	14,73	20,60
40	9,70b	55,13	0,53	0,73	2,00b	1,46	0,13	12,40	17,80
50	8,14b	46,46	0,93	0,93	1,73b	0,80	0,26	12,53	19,26

A kapott adatok szerint a Nurse-Tray-Method az ultrasűrű SYNAR palántaneveléshez javasolható módszer. Segítségével a növények egyenletesen, gyorsan növekednek és egészségesen fejlődtek (9. ábra). A rendelkezésünkre álló őszi időszak korlátozott volta ellenére kijelenthető, hogy az így előállított palánták mind a téli vermesítéshez, mind a takarásos teleltetéshez jól felkészülnek, a hajtások tövén érett ún. mini rizómákat képeznek, amennyiben október hó végéig legalább két hónap áll a fejlődésükhöz rendelkezésre.



9. *ábra*: Kluszterekben akklimatizált, szálasan pikirozott SYN-AR palánták Nurse-Tray-Method segítségével a DE AGTC NBT Bemutató Kert kísérleti parcellájában ültetett ultrasűrű állomány négy hetes jól fejlett egyedei. Jobbra: 30 db egyed / szaporító tálca; középen: 40 db egyed / tálca; balra: 50 db egyed / tálca (2012. október 05.)

Külön meg kell említeni azt is, hogy a Nurse-Tray-Method az ultrasűrű SYNAR palánták kiültetését jelentős mértékben gyorsította, aránylag egyszerűen és olcsón gépesíthető palántázási technológia lehet.

Az általunk vizsgált módszerek segítségével az alábbi palánta mennyiség állítható elő egy hektár SYNAR állomány ultrasűrű telepítése során, amennyiben a terület 75%-át tekintjük hasznos felületnek:

- 30 db egyed / NTM tálca sűrűség esetén 1,7 millió SYNAR palánta / ha állítható elő
- 40 db egyed / NTM tálca sűrűség esetén 2,25 millió SYNAR palánta / ha állítható elő
- 50 db egyed / NTM tálca sűrűség esetén 2,80 millió SYNAR palánta / ha állítható elő

5.3. Egyedileg akklimatizált SYNAR palánták ultrasűrű telepítése

A telepítést 2011. évi előkísérletek után 2012. szeptember 03.-án végeztük el. A KITE Palántanevelő Telepén (Derecske) előállított, ún. 126-os tálcákban nevelt hathetes szálas palántákat használtuk fel. Egy palánta földdugójának térfogata 100 cm³ volt. A területet hasonló módon készítettük elő, mint a csomós kiültetésnél (9. *ábra*).

Kísérleteinkkel az alábbi kérdésekre kerestünk választ:

- Milyen mértékben gyorsítja meg a palánták fejlődését ez a kiültetési mód, amennyiben a nevelésre nyár végén, ősz elején kerül sor, maximum nyolc hét időtartamban, október végéig?
- Elérik, és vagy meghaladják-e az így kapott SYNAR palánták a 20 g / egyed friss tömeget és 60 cm teljes hosszat, mely értékek az őszi telepítésekhez feltétlenül elvárható?

- Lehetséges-e minimum két-három 1 cm körüli mini-rizómát fejleszteni az ilyen növényeken, az őszi vegetatív növekedés befejezése, és a télre történő visszahúzódás, felkészülés kezdete előtt?



10. ábra: Egyedileg akklimatizált SYNAR palánták ultrasűrű telepítése a DE AGTC NBT Bemutató Kert kísérleti parcellájában. Balra: 126 fészkes KITE tálcában nevelt hathetes SYNAR palánták; Jobbra: a kiültetéshez felhasznált 100 cm³ Jó Föld dugóban fejlődött palánta (2012. 09. 03.)

A kísérletek során feltett kérdéseinkre a következő választ kaptuk. Húsz növény átlagában a négyhetes, ultrasűrű elrendezésben telepített SYNAR palánták átlagos tömege 20,83 g / egyed volt átlagosan 62,65 cm növénymagassággal. Az zöld hajtások átlag száma 5,25 db volt, melyek tövében átlagosan 2,75 db etiolált mini rizóma-kezdemény fejlődött ki (11. ábra és 7. táblázat).



11. ábra: Egyedileg akklimatizált ultrasűrű telepítésű SYN-AR palánták fejlődése a DE AGTC NBT Bemutató Kert kísérleti parcellájában. Balra: négyhetes állomány képe (2012. szeptember 28.); Jobbra: hathetes palánta gyökérzete (2012. október 12.)

7. Táblázat:

Egyedileg akklimatizált SYNAR palánták ultrasűrű telepítése során előállított 4 hetes állomány összehasonlító értékelése (DE AGTC NBT Bemutató Kert, 2012. október 12.)

Minták sorszáma	Növények friss összes tömege (g)	Növény magasság (cm)	Zöld hajtások száma, hosszúság szerint (db)			Etiolált rizóma hajtások száma (db)		Levél szélesség (mm)	Levél hosszúság (cm)
			10 cm alatt	10-30 cm között	30 cm felett	1 cm alatt	1 cm felett		
1	20,90	79	0	1	3	2	1	15	32
2	22,90	71	0	1	5	1	1	14	16
3	16,69	67	1	4	0	2	0	12	24
4	16,11	47	0	0	3	2	1	11	13
5	20,92	65	0	1	3	0	2	14	22
6	13,38	66	2	0	4	1	1	13	19
7	20,46	57	1	0	4	2	0	14	20
8	17,32	63	2	1	3	1	1	10	11
9	26,63	61	2	0	4	2	1	14	18
10	23,57	58	0	1	5	2	2	13	16
11	30,58	65	1	2	3	2	1	15	20
12	28,31	77	1	0	3	1	1	19	24
13	26,68	58	1	2	5	4	0	13	14
14	12,94	52	0	3	2	3	0	11	18
15	19,78	59	0	2	3	2	0	13	17
16	22,55	65	3	0	3	4	0	10	17
17	20,98	72	1	1	2	1	1	15	19
18	17,46	62	0	3	5	1	2	10	17
19	18,16	51	1	1	3	2	2	12	17
20	20,29	58	0	1	2	2	1	17	21
Átlag	20,83	62,65	0,8	1,2	3,25	1,85	0,9	13,25	18,75
Összesen	416,61	1253	16	24	65	37	18	265	375

Fentiek alapján azt a megállapítást tehetjük, hogy az egyedileg akklimatizált SYNAR palánták ultrasűrű telepítése ígéretes módszer lehet az őszi arundó telepítések számára. A növények kiválóan begyökereztek és a hajtások töve erős mini rizómákat fejleszt, a növények erősítése, védelme nem okoz nehézséget. Kísérleteink alapján, egy hektáron mintegy 500.000

és 1.000.000 db közötti palánta nevelhető fel, a sor- és tőtávolság függvényében. A telepítés teljes mértékig gépesíthető a zöldségtermesztésben már ismert palántázó gépekkel. Az öntözés elengedhetetlen körülmény, legyen az árasztással, vagy felülről elvégezve. Ezen palántanevelés módszer továbbfejlesztése a gyomirtás irányába javasolható.

5.4. SYNAR palántanevelő állományokban spontán megjelenő levélszín-változatok kiemelése és elsődleges jellemzése díszkertészeti szempontok alapján

5.4.1. A spontán kiméra indukálódás felfedezése SYNAR szövettenyészetekben

Korábban már ismert volt, hogy a DEAGTC Növényi Biotechnológiai Tanszék laboratóriumában kutatás tárgyát képező embriogén arundó szövettenyészetekben - rendkívül ritkán - fehér (albínó) növények / hajtások jelentek meg. Megfigyelték a tanszék munkatársai, hogy ezek rövid idő múlva eltűntek, illetve az izolálás után – zöld ikerhajtások nélkül – kivétel nélkül elszáradtak.

Kutatásaink során - 2011.-2012. években – engedélyt kaptunk arra, hogy rendszeresen áttekinthessük a tanszék tenyésztő szobáinak növekedésben lévő steril arundó állományát. Ez lehetőséget adott arra is, hogy közvetlenül megfigyelhessük az arundó *in vitro* spontán albinizmus természetét, gyakoriságát. Az eltelt időszak során összesen három alkalommal találtunk egy-egy olyan hajtás-csomót, melyek egyike-másika fehér volt. Az ilyen tenyészetet félretettük további vizsgálat céljára.

Megfigyeléseink során kétféle morfológiájú növekedést tapasztaltunk. Az egyik esetben az albínó hajtások minden esetben a tövi részükön zöld hajtásokkal voltak kapcsolatban, azaz a tövük közös szövetdarabból (diszkuszból) fejlődött ki. Az ilyen növekedési formát spontán kimérának sejtettük (12. ábra).

Másik esetben a fehér hajtások és a környezetben található zöld növények között nem volt kapcsolat, noha az albínó hajtások száma akár három-négy is lehetett. Úgy találtuk, hogy ezek az egyedek tiszta albínók voltak, és nem kimérák.

Az úgynevezett zöld-fehér kimérának tartott egyedről készült alábbi felvételen jól látható a kétféle hajtástípus közötti szöveti kapcsolat, mindkét oldalról fényképezve (12. ábra). Ez a megfigyelésünk azt az elvi lehetőséget tárta fel előttünk, hogy az üzemi SYNAR palántanevelő állományokban elméletileg várható olyan, - részben szektoriális - albínó-zöld kimérák felbukkanása, melyek szöveti kapcsolatban vannak egymással, ezáltal közös fotoszintézissel képesek fennmaradni.

Úgy gondoltuk, hogy az ilyen egyedeknek díszkertészeti jelentősége is lehet, melyekből akár új fajták előállítása, kiemelése is lehetséges.



12. ábra: Spontán indukcióval létrejött albínó-zöld kiméra morfológiája az arundó szomatikus embriók csírázása során

5.4.2. A SYNAR szektoriális kimérák felkutatása és a spontán kimérák alapesetei

2012 nyarán négy alkalommal tett helyszíni szemle során összesen 550.000 SYNAR palántát vizsgáltunk át a KITE Palántanevelő Telepén (Derecske) fejlődő állományban kimérák keresése céljából. Minden alkalommal áttekintettük a fóliasátrakban szigetszerűen elhelyezett, egy-két hetes növényeket. A fiatal növények áttekintése azért volt nagy jelentőségű, mert sejthető volt, hogy a 10-15 cm-nél nagyobb növények között a kimérákat már nem lehet észrevenni.

A szigetszerű elrendezés azért is volt számunkra nagy segítség, mert ily módon húsz-húsz szaporító tálcát tudtunk közelről áttanulmányozni, egyedről egyedre (13. ábra).



A telepi állomány 2012. júliusi és augusztusi átvizsgálása során - legnagyobb örömünkre – összesen 11, kimérának sejtett mozaikos levelű SYNAR palántát fedeztünk fel.

Ezeket a palántákat a szaporító tálcákból kiemeltük és a telepen használt SYNAR nevelő közegbe cserepeztük át, majd a DE AGTC NBT Bemutató Kert üvegházában neveltük tovább. A SYNAR kimérákat CHIM I-XI kód szerint jelöltük meg.

A kimérákat előzetes morfológiai leírásuk céljából két alkalommal vizsgáltuk meg, 2012. szeptember 04.-én és 2012. október 09.-én.

5.4.3. A SYNAR kimérák morfológiája

A kimérák részletes elemzésével az alábbi alapesteket jegyeztük fel:

- A levél szélén hosszában fehér sáv húzódik: CHIM-VI
- A levél közepén hosszanti fehér sáv található: CHIM-II
- A levél szélén hosszában sárga sáv található: CHIM-VII
- A levél közepén hosszanti sárga sáv húzódik: CHIM-IX
- A növény levele világossárga: CHIM-XI
- A levél nagyobb része világos-zöld: CHIM-X

Mind a hat alapesetből herbáriumi lenyomatot és átnézeti fényképeket (14. ábra) készítettünk. A részletes elemzés során megvizsgáltuk a kimérák hajtásainak egymást követő növekedési hullámát.



14. ábra. A kiméráknál tapasztalt 6 alapesetről készült átnézeti fényképek

Külön határoztuk meg az első, azaz primer hajtások leveleinek jellemzőit, illetve az ezekből kifejlődött második, illetve harmadik kiméra hajtások morfológiáját.

Megfigyeléseinket a 8. Táblázatban foglaltuk össze.

8. Táblázat:

Az elsődleges, másodlagos és harmadlagos hajtások morfológiája a 2012 nyarán kiemelt SYNAR kiméra populációban

Kimérák kódja	Elsődleges kiméra hajtás morfológiája	Másodlagos kiméra hajtás morfológiája	Harmadlagos kiméra hajtás morfológiája
CHIM-I	A levél közepén fehér sáv	albinó	albinó
		Középen fehér sáv*	albinó
			Középen fehér sáv
			Középen fehér sáv
CHIM-II	A levél szélén fehér sáv	Középen fehér sáv	Középen fehér sáv
		Szélén fehér sáv	Középen fehér sáv
			Szélén fehér sáv
			-
CHIM-III	A levél közepén fehér sávok	Középen fehér sáv*	Középen fehér sáv
		Középen fehér sáv (de néhol csak a levél fonákán)	Középen fehér sáv
			Középen fehér sáv
			Középen fehér sáv
CHIM-IV	A levél közepén fehér sávok	-	-
		Középen fehér sáv*	-
			Középen fehér sáv
			Középen fehér sáv a levélfonákon
CHIM-V	A levél közepén fehér sáv, a csúcs felé sárgába megy át	-	-
		Középen fehér sáv, a csúcs felé sárgába megy át	-
			Középen fehér sáv
			Középen fehér sáv
CHIM-VI	A levél közepén széles sárgás sáv	középen széles sárgás sáv	Középen fehér sávok
		Középen fehér sáv	középen fehér sávok
			-
			-
CHIM-VII	A levél szélén sárga sávok	szélén sárga sávok	szélén sárgászöld sávok
		szélén sárga sávok	-
			szélén sárga sávok
			szélén sárga sávok
CHIM-VIII	Zöld levélben sárga sáv	Zöldessárga sávzott levél	Zöldessárga levél sávok nélkül
		-	Zöldessárga sávzott levél
			-
			-
CHIM-IX	A levél közepén zöldessárga sáv	középen zöldessárga sáv	-
		középen zöldessárga sáv	-
			-
			-
CHIM-X	Elágazik: -levél szélén fehér sáv -levél közepén fehér sáv, majd sima zöld levelek	Zöld levél fehér sávokkal a szélén	Zöld levél fehér sávokkal a szélén
		Zöld levél fehér sávokkal a szélén	Zöld levél fehér sávokkal a szélén
			Zöld levél fehér sávokkal a szélén
			Zöld levél fehér sávokkal a szélén
CHIM-XI	A levél szélén sárgásfehér sáv	Egy oldalrügy, mely elágazik:	Középen sárga sáv
		Az új generáció is elágazik	Szélén sárgásfehér sáv
			Alul fehér sávok szélén
			Felül tiszta sárga levelek

Jelmagyarázat:

- * : A levélalapnál lilás elszíneződés figyelhető meg;
 -- : Új rügy és / vagy hajtás nem jelent meg

A CHIM I-XI sorozaton végzett megfigyelésünk az alábbi három korábbi elméleti feltételezésünket támasztotta alá:

- A kimérák megjelenése a laboratóriumban megfigyelt albinizmussal függhet össze (lásd: CHIM-I);
- A megfigyelt kiméra elsősorban szektoriális természetű (CHIM I-XI);
- A kimérás hajtások leveleinek színe alapján megállapítható, hogy az elsődleges, a másodlagos és a harmadlagos hajtások kiméra-jellege nem minden esetben stabilizálódott (CHIM V-VI.).

A tiszta és kevert sárga színváltozatok (CHIM-VII, CHIM-VIII és CHIM-XI), továbbá a tövi lilás elszíneződés megjelenése (CHIM I, CHIM-III és CHIM-IV) nem várt eseménynek tekinthető, melyekre egyelőre nincs megfelelő elméleti magyarázatunk. Fentiek alapján úgy véljük, hogy a SYNAR kimérák további megfigyelése, élettani, biokémiai anatómiai és molekuláris vizsgálata szüksége, a termesztési, kertészeti értékelésen kívül. Különösképpen a csökkent / megváltozott pigment-tartalom, klorofill-összetétel vizsgálata említhető meg, illetve a fotoszintetikus folyamatok, pl. az elektron-transzport lánc elemzése és a szövettani feldolgozás.

Az alábbiakban bemutatjuk a CHIM I-XI SYNAR kiméra morfológiai képét. Ezeken látható, hogy az általunk kiemelt kimérák is nagy díszítő értékkel rendelkeznek (15-16. *ábrák*).



CHIM-I



CHIM-II



CHIM-III



CHIM-IV



CHIM-V



CHIM-VI



CHIM-VII



CHIM-VIII



CHIM-IX

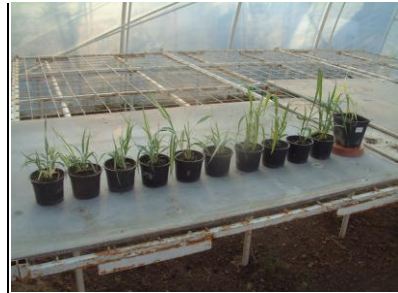
15. ábra: Cserépben nevelt hathetes SYNAR kimérák (CHIM I-IX) morfológiai képe



CHIM-X



CHIM-XI



CHIM I-XI

16. *ábra*: Cserépben nevelt hathetes SYNAR kimérák (CHIM X-XI) morfológiai képe a DE AGTC Bemutató Kert üvegházában (2012 09 04)

6. AZ EREDMÉNYEK ÖSSZEFOGLALÁSA

A 2010 és 2012 közötti években végzett kutatásaink *fő célja* a CF-SE szomatikus embriógenézis útján előállított un. szintetikus *Arundo donax* L. (SYNAR) palántanevelési technológia új lehetőségeinek kutatása volt.

A vizsgálatok *részletes céljai* a következők voltak:

- SYNAR palánták szabadföldi nevelése klaszterekben;
- Klaszterekben akklimatizált SYNAR palánták nevelése ultrasűrű telepítés számára;
- Egyedileg akklimatizált SYNAR palánták ultrasűrű nevelése;
- SYNAR palántanevelő állományokban spontán megjelenő levélszín-változatok kiemelése és elsődleges jellemzése díszkertészeti szempontok alapján.

Ezekkel a kutatásokkal az SYNAR üzemi léptékű gyakorlati palántanevelési technológiáját kísérleti úton próbáltuk továbbfejleszteni. Ugyanakkor a CF-SE egyik érdekes morfológiai kísérő jelenségének a leírásához is hozzá kívántunk járulni azzal, hogy tanulmányoztuk az arundó modell szomatikus embriógenézise során már korábban megfigyelt, ám tudományosan eddig nem tanulmányozott, un. spontán eredetű színváltozatok, vélhetően kimérák legfőbb morfológiai jellemzőit. Új és újszerű kutatási eredményeink közül az alábbiakat soroljuk fel:

Megállapítottuk, hogy a legjellemzőbb elváltozás a növények esetében a sávozottság.

A sávok alapvetően a levél szélén, széles formában jelentkeznek, míg a levél közepén több, vékony sáv fut párhozamosan hosszanti irányban.

A kimérák között vannak, amelyek az anyanövény (Primer növény) tulajdonságait közel ugyanolyan formában hordozzák tovább.

Néhány növélynél az új generáció albínó formában jelent meg, és a belőle továbbfejlődő új növények is albínó tulajdonságúak. Viszont azt állapítottuk meg, hogy idővel elszíneződtek vagy elszáradtak. A vizsgálat időpontjában a megmaradt növényekből tovább növekvő, etiolált utódok még néhány centiméteresek voltak,

így a belőlük tovább fejlődő újabb generációk vizsgálatára várni kell. Kíváncsian várjuk az eredményeket.

Egyes növények alapjánál lilás-pirosas, vélhetően antociános elszíneződést tapasztaltunk. Érdekessége az volt, hogy két vizsgálat közt eltelt idő alatt a korábban elszíneződés nélküli növényen tapasztaltuk az elváltozást. Az ezt kiváltó okokat vizsgálatra érdemesnek tartjuk, illetve tovább figyeljük az újabb esetleges változásokat. Ha stabilan megmaradna egy-egy növénynél, az egy plusz díszítő értéket jelenhet.

A sávozott levelű növények jobban tartják külső jegyeiket. Elmondható, hogy zömökebbek, alacsonyabb növekedésű, kompakt növények. Azon egyedeknél, ahol a primer növény, vagy valamely generációban sárgászöld illetve sárga levélszín jelent meg, magasabb, karcsúbb növekedésűek, levelük hosszú, lehajló. Esetükben a generációk közötti különbség is elég változatos, gyakran több árnyalat- és színeződésbeli eltérés is megfigyelhető. A legnagyobb termetűek az alapfajra legjobban hasonlító, sok zöld levelet tartalmazó növények. Leveleik hosszúak, az előzőtől merevebbek, növekedési erélyük is nagyobb.

A vizsgálatok tovább folytatódnak, de a megfigyelések alapján több egyedről is elmondhatom, kiméra jellegét generációról generációra képes örökíteni elhanyagolhatónak mondható változással. Ezen növények kiemelésével és felszaporításával olyan új díszarundó fajták állíthatóak elő, amelyek parkok, közterületek és természetesen saját kertjeink díszei lehetnek. Ezzel is tovább bővül az arundó jelentőségének sora, kiváló energia és biomasza növény mellett, mint dekoratív dísznövény is felhasználható.

6.1. A SYN-AR palánták szántóföldi nevelése

6.1.1. A SYN-AR palánták szabadföldi nevelése kluszterekben

Megfigyeltem, hogy a csomókban található egyedek 45,1%-a volt ún. „fejlett” egyed, és 54,9%-a pedig „fejletlen”. A fejlett és fejletlen közötti különbséget morfológiai bélyegek alapján, és nem a súlyuk alapján határoztuk meg. A fejlett kategóriába azok az egyedek kerültek, amelyeknek a gyökérnyaki része fehér színű vastagodásnak indult, és ebben a pozícióban általában megjelentek az első kis mini-rizóma rügyek is. A fejletlen egyedek

gyökérnyaki része fehéres-világoszöld volt, illetve egyáltalán nem vastagodott meg. Kísérleteim alapján úgy vélem, hogy a csomósan akklimatizált SYN-AR palánták a szabadföldi palántanevelés körülményeihez jól alkalmazkodtak, a módszer továbbfejlesztésre és gyakorlati bevezetésre érdemes lehet: egymástól az egyedek nehézség nélkül szétválaszthatók. Amennyiben a csomókat a jövőben felezéssel ültetik el, vélhetően a teljes SYN-AR állomány fejlett méretet érhet majd el.

6.1.2. Kluszterekben akklimatizált SYN-AR palánták nevelése ultrasűrű telepítés számára

A kapott adatok szerint a Nurse-Tray-Method az ultrasűrű SYN-AR palántaneveléshez javasolható módszer. Segítségével a növények egyenletesen, gyorsan növekednek és egészségesen fejlődtek. A rendelkezésünkre álló őszi időszak korlátozott volta ellenére kijelenthető, hogy az így előállított palánták mind a téli vermeléshez, mind a takarásos teleltetéshez jól felkészülnek, a hajtások tövén érett ún. mini rizómákat képeznek, amennyiben október hó végéig legalább két hónap áll a fejlődésükhöz rendelkezésre. Az általam vizsgált módszerek segítségével az alábbi palánta mennyiség állítható elő egy hektár SYN-AR állomány ultrasűrű telepítése során, amennyiben a terület 75%-át tekintjük hasznos felületnek:

- 30 db egyed / NTM tálca sűrűség esetén 1,7 millió SYN-AR palánta / ha állítható elő
- 40 db egyed / NTM tálca sűrűség esetén 2,25 millió SYN-AR palánta / ha állítható elő
- 50 db egyed / NTM tálca sűrűség esetén 2,80 millió SYN-AR palánta / ha állítható elő

6.1.3. Egyedileg akklimatizált SYN-AR palánták ultrasűrű nevelése

Fentiek alapján azt a megállapítást tehetjük, hogy az egyedileg akklimatizált SYN-AR palánták ultrasűrű telepítése ígéretes módszer lehet az őszi arundó telepítések számára. A növények kiválóan begyökereztek és a hajtások töve erős mini rizómákat fejleszt, a növények erősítése, védelme nem okoz nehézséget. Kísérleteink alapján egy hektáron mintegy 500.000 és 1.000.000 db közötti palánta nevelhető fel, a sor- és tőtávolság függvényében. A telepítés teljes mértékig gépesíthető a zöldségtermesztésben már ismert palántázó gépekkel. Az öntözés elengedhetetlen körülmény, legyen az árasztással, vagy felülről elvégezve. Ezen palántanevelés módszer továbbfejlesztése a gyomirtás irányába javasolható.

6.2. A SYN-AR és a szomatikus embriogenezis használatának jelene és jövőképe a növény

A növényi biotechnológia történetében a szomatikus embriogenezis ipari módon történő alkalmazása teljesen új lépést jelent. Az ilyen módon, nagy mennyiségben, kluszterekben előállított növényi egyedek (SYN-AR) fejlődéséhez, akklimatizáláshoz szükséges új palántanevelési módok kifejlesztését a *DE AGTC Növényi Biotechnológiai Tanszékkel* közösen megkezdtuk, sikeres tapasztalatainknak hála újabb eredményes fejezettel zárult az arundó, nagy gazdasági potenciálját felhasználó új alkalmazásának története.

A szomatikus embriogenezis más növényfajoknál való használata egy új korszakot nyithat a modern mezőgazdaság történetében, amellyel az eddig nehézkesen szaporítható, de nagy gazdasági potenciállal rendelkező növényfajokat, úgy mint az arundót is, könnyebben hozzáférhetővé tehetjük a mezőgazdaság számára. Így, egy megfelelő alkalmazkodóképességű, és nem élelmiszeripari, hanem elsősorban energetikai felhasználású növényfajjal, új, eddig terméketlennek vélt vagy szennyezett talajok is hasznosíthatóak lehetnek. A szomatikus embriogenezis útján előállított *Arundo donax* L. (SYN-AR) növények esetében ezek a feltételek már teljességgel adottak számunkra.

7. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A SYN-AR palánták szántóföldi nevelése témakör értékelése gyakorlati szempontból:

- Az NTM tálcás palántanevelés során azoknál a tálcáknál, ahol a fólia a tálca mind a négy oldalán kilógott sokkal egyszerűbb volt; így segítség nélkül, egy ember önállóan is ki tudja a növényeket emelni;
- A fólián lévő perlit gördülőfelületként szolgált, a fóliát könnyen ki lehetett húzni alóla, és a növényeket gyakorlatilag gyökérsérülés és egyéb sokk nélkül telepíthetjük a helyükre;
- Ezzel a módszerrel egy parcella egy személy számára 5-10 perc alatt kényelmesen beültethető; ennek fontossága abban rejlik, hogy a folyamat remekül gépesíthető;
- Szükségszerűvé válik egy olyan, tálcából a növényeket mindenestől kiemelő, földre rakódó és a fóliát eltávolító gép kialakítása, mely a fóliát megfogja, kihúzza a növények alól és közben előre haladva a talajra helyezi az egész blokkot; így több hektárnyi terület is a hasonló méretű területekhez képest jóval rövidebb idő alatt, kényelmesen telepíthetünk.;
- A szaporítótálcákból kiemelt növényeken tapasztalva a gyökérzetük kellően átszötte az ültetőközeget, kihelyezést követően azonnal a talajjal érintkeznek, majd abba belenőnek, és a palánták nagyon hamar megerősödnek.

8. SZAKIRODALMI JEGYZÉK

1. ANGELINI, L.G., CECCARINI, L., BONARI, E. (2005): Biomass yield and energy balance of giant reed (*Arundo donax* L.) cropped in central Italy as related to different management practices. *European Journal of Agronomy*, 22(4): 375-389 p.
2. ANGELINI, L.G., CECCARINI, L., NASSO, N.N., BONARI, E. (2009): Comparison of *Arundo donax* L. and *Miscanthus x giganteus* in a long-term field experiment in Central Italy: Analysis of productive characteristics and energy balance. *Biomass and Bioenergy* 33: 635-643 p.
3. BAI A., LAKNER Z., MAROSVÖLGYI B. ÉS NÁBRÁDI A. (2002): A biomassza felhasználása. Budapest, Szaktudás Kiadóház, 26-28 p.
4. BELL, G. P. (1996): *Arundo donax*: giant reed. In: *Invasive plants - weeds of the global garden*. Brooklyn Botanic Garden, Brooklyn, NY. Handbook 149. (eds J.M. Randall & J. Marinelli), 84 p.
5. BELL, G. P. (1997): Ecology and Management of *Arundo donax*, and Approaches to Riparian Habitat Restoration in Southern California. In: *Plant Invasions: Studies from North America and Europe*. (eds J.H. Brock, M. Wade, P. Pysek, & D. Green), Blackhuys Publishers, Leiden, The Netherlands, 103-113 p.
6. BOOSE, A. B. – HOLT, J. S. (1999): Environmental effects on asexual reproduction in *Arundo donax*. *Weed Research*, 39 (2), 117-127 p.
7. CEOTTO, E. - CANDILO, M. (2010): Shoot cuttings propagation of giant reed (*Arundo donax* L.) in water and moist soil: The path forward? *Biomass and Bioenergy* 34: 1614-1623 p.
8. CHRISTOU, M. (2001): Giant reed in Europe. In: 1st World Conference on Biomass for Energy and Industry, Sevilla, Spain, 5-9 June, 2000. Vol. 1-2. (eds S. Kyritsis, A.A.C.M. Beenackers, P. Helm, A. Grassi, & D. Chiaramonti), James & James (Science Publishers) Ltd., London. 2089-2091 p.
9. CHRISTOU, M., MARDIKIS, M., ALEXOPOULOU, E. (2001): Giant reed (*Arundo donax* L.) Network. Improvement, productivity and biomass quality. In: 1st World Conference on Biomass for Energy and Industry, Sevilla, Spain, 5-9 June, 2000. Vols. 1-2. (eds S. Kyritsis, A.A.C.M. Beenackers, P. Helm, A. Grassi, & D. Chiaramonti), James & James (Science Publishers) Ltd., London. 1803-1806 p.
10. CHRISTOU, M., MARDIKIS, M., ALEXOPOULOU, E., COSENTINO, S.L. et al. (2003): Environment studies on *Arundo donax*. 8th International Conference on Environment Science and Technology, Lemnos Island, Greece, 8-10 Sept. 102-110 p.
11. CSETE L. (2008a): Lágyszárú energianövények és felhasználhatóságuk szilárd tüzelésű energetikai rendszerekben II. *Bioenergia* 3. évf. 3. szám.
12. CSETE L. (2008b): Lágyszárú energianövények és felhasználhatóságuk szilárd tüzelésű energetikai rendszerekben III. *Bioenergia* 3. évf. 4. szám.
13. CSETE L. (2008c): Lágyszárú energianövények és felhasználásuk szilárd tüzelésű energetikai rendszerekben hazai és nemzetközi körkép. *Biomassza Konferencia Sopron*, 2008. március 5.
14. DECRUYENAERE, J. G. – HOLT, J. S. (2001) Seasonality of clonal propagation in giant reed. *Weed Science* 49., 760-767 p.

15. DUDITS D. (2010): GM növények és a klímaváltozás: zöldenergia. GM növények szerepe a tudományban és az agráriumban Konferencia, Szeged, 2010.07.08. Programfüzet, 41-49 p.
16. EREKY K. (1938): Az öntözés közgazdasági előkészítése. Közgazdasági Szemle, LXII (9-10), 700-719 p.
17. FÁRI M. G. (2010): A jövő biomassza, vagy (és) energia növényei!? A magyar agrár- és vidékfejlesztés kilátásai. Budapest, Agroinform Kiadó. 45-56 p.
18. FÁRI M. G. - MÁRTON L. (2010a): Synplantok – „szintetikus növények” a biotechnológiában. XVI. Növénytermesztési Tudományos Napok. Budapest, 2010. március 11. 43.p.
19. FÁRI M. G. – MÁRTON L. (2010b): Synplant Cultures Raised in Artificial Plant Ovary (APO). 28th International Horticultural Congress. August 22-27, Lisboa, Portugal. Abstracts Volume 2., 284 p.
20. FÁRI M. G. - MÁRTON L. (2010c): Syn-plant cultures raised in artificial plant ovary (APO). 12th World Congress of the International Association of Plant Biotechnology (IAPB), June 6-11, 2010, St. Louis, MO USA. (Electronic Proceedings & Book of Abstracts).
21. FÁRI M. G. - MÁRTON L. (2011): Some new breeding and propagation strategies of the future bioenergy crops for cellulose farming. The bioenergy question: reality or wishful thinking? Department of Agrobiotechnology, IFA. May 16-18 2011, Tulln, Austria. 28-29 p.
22. FOGARASSY CS. (2001): Energianövények a szántóföldön. Szent István Egyetem Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar Agrár- és Regionális Gazdasági Intézet, SZIE GTK Európai Tanulmányok Központja, 1-144 p.
23. GÜNES, K. – SAYGIN, Ö. (1996): Productivity of the energy crops: Giant reed and sweet sorghum in Turkey. Fresenius Environment Bull. 5., 756-761 p.
24. GYULAI I. (2009): A biomassza dilemma. Budapest, Ökológiai Intézet a Fenntartható Fejlődésért Alapítvány, 4 p., 22 p.
25. HIDALGO, M. – FERNÁNDEZ, J. (2001): Biomass production of ten populations of giant reed (*Arundo donax* L.) under the environmental conditions of Madrid (Spain). In: 1st World Conference on Biomass for Energy and Industry, Sevilla, Spain, 5-9 June, 2000. Vols. 1-2. (eds S. Kyritsis, A.A.C.M. Beenackers, P. Helm, A. Grassi, & D. Chiaramonti). James & James (Science Publishers) Ltd., London. 1881-1884 p.
26. LEWANDOWSKI, I., SCURLOCK, J.M.O., LINDVALL, E., CHRISTOU, M. (2003): The development and current status of perennial rhizomatous grasses as energy crops in the US and Europe. Biomass & Bioenergy, 25, 335-361 p.
27. MARIANI, C., CABRINI, R., DANIN, A., PIFFANELLI, P., FRICANO, A., GOMARASCA, S., DICANDILO, M. (2010): Origin, diffusion and reproduction of the giant reed (*Arundo donax* L.): a promising weedy energy crop. Annals of Applied Biology 157 (2) 191-202 p.
28. MÁRTON L. - FÁRI M. (2011a): GM technika lehetséges szerepe a jövő biomassza-növényeinek előállításában, szaporításában és feldolgozásában. In: Genetikailag módosított élőlények (GMO-k) a tények tükrében. Magyar Fehér Könyv. BALÁZS E., DUDITS D., SÁGI L., Barabás Zoltán Biotechnológiai Egyesület, Dudits Dénes, Szeged, 66-71 p.
29. MÁRTON L. - FÁRI M. (2011b): Biomassza megafarmok biotechnológiája. XVII. Növénytermesztési Tudományos Napok, Budapest, 2011. 04.27.(előadás és absztrakt) 62 p.

30. NASSO, N.N., RONCUCCI, N., TRIANA, F. et al. (2011): Productivity of giant reed (*Arundo donax* L.) and miscanthus (*Miscanthus x giganteus* Greef et Deuter) as energy crops: growth analysis, Italian Journal of Agronomy, 6:22
31. NATURE (2010): Food: Growing problem, Nature, 466: 546-547 p.
32. NEMZETI FEJLESZTÉSI MINISZTERIUM (2011): Magyarország megújuló energia hasznosítási cselekvési terve 2010 – 2020, A 2020-ig terjedő megújuló energiahordozó felhasználás alakulásáról, 198-201 p.
33. PAPAOGLOU, E.G. (2007): *Arundo donax* L. stress tolerance under irrigation with heavy metal aqueous solutions, Desalination 211: 304–313 p.
34. PAPAOGLOU, E.G., KARANTOUNIAS, G.A., VEMMOS S.N., BOURANIS D.L. (2005): Photosynthesis and growth responses of giant reed (*Arundo donax* L.) to the heavy metals Cd and Ni. Environment International, 31 (2): 243-249 p.
35. PECZNIK P. (2004): A biomassza energetikai hasznosítása. In: Hagymányos és megújuló energiák. Szerk. SEMBERY P.- TÓTH L. Budapest, Szaktudás Kiadó Ház, 266- 274 p.
36. PERDUE Jr., R. E. (1958) *Arundo donax*: Source of Musical Reeds and Industrial Cellulose. Economic Botany, 12, 368-404 p.
37. POPP J. - POTORI N. (2011): A biomassza termelése és energetikai felhasználása Magyarországon (Tervezet), Budapest, Agrárgazdasági Kutató Intézet, 13-19 p., 25 p.
38. REINERT, J. M. (1958): Untersuchungen über die morphogenese an gewebeulturen. Ber. Dtsch. Bot. Ges., 71: 15.
39. SAGEHASHI, M., LIU, C., FUJII, T., FUJITA, H., SAKAI, Y., et al. (2011): Cadmium Removal by the Hydroponic Culture of Giant Reed (*Arundo donax*) and Its Concentration in the Plant. Journal of Water and Environment Technology, 9 (2). 121-127 p.
40. SHATALOV, A. A. – PEREIRA, H. (2001): *Arundo donax* L. (Giant Reed) as a Source of Fibres for Paper Industry: Perspectives for Modern Ecologically Friendly Pulping Technologies. In: 1st World Conference on Biomass for Energy and Industry, Sevilla, Spain, 5-9 June, 2000. Vol. 1-2. (eds S. Kyritsis, A.A.C.M. Beenackers, P. Helm, A. Grassi, & D. Chiaramonti), James & James (Science Publishers) Ltd., London. 1183-1186 p.
41. SHATALOV, A.A. – PEREIRA, H. (2002): Influence of stem morphology on pulp and paper properties of *Arundo donax* L. reed. Industrial crops and products. Vol.15, 77-83 p.
42. SHATALOV, A.A., QUILHO, T., PEREIRA, H. (2001): *Arundo donax* L. reed: new perspectives for pulping and bleaching. 1. Raw material characterisation. Tappi journal. January, Vol.84 (1).
43. STEWARD, F. C., MAPES, M. O., AND MEARS, K. (1958): Growth and organized development of cultured cells. II. Organization in cultures grown from freely suspended cells. Am. J. Bot., 45: 705.
44. TÓTH E., KRISTON É., NYERGES K. et al. (2011): Harmadik generációs biomassza növények virológiai vizsgálata az *Arundo donax* L. példáján, 57. Növényvédelmi Tudományos Napok, 2011.02.22. Budapest
45. WILLIAMS, C.M.J., BISWAS, T.K., BLACK, I.D., et al. (2009): Use of poor quality water to produce high biomass yields of giant reed (*Arundo donax* L.) on marginal lands for biofuel or pulp/paper. International

Symposium on Underutilized Plants for Food Security, Nutrition, Income and Sustainable Development,.
Acta Horticulturae 806 (2): 595-602 p.

Interneten elérhető források

I1: *Arundo donax* L. 'Variegata' - olasz nád, Forrás:

http://kallima.sk/especies.php?menuID=enk_k&dbID=85&pismo=D&seria=0&plant=601, 2012-04-11, 9:37 h.

I2: HOSHOVSKY, M. (2003): The Nature Conservancy Element Stewardship Abstract for *Arundo donax*.

Forrás: I3: http://ceres.ca.gov/tadn/ecology_impacts/arundo_ww.html, 2012-04-11, 10:44 h.

I3: STARR, F., STARR, K., LOOPE, L. (2003): *Arundo donax* - Giant reed - Poaceae.

http://www.hear.org/starr/hiplants/reports/pdf/arundo_donax.pdf, 2012-04-11, 10:40 h.

I4: <http://www.metcenter.hu/index.html>, 2011.10.09. 11:25 h. (1. és 2. sz. melléklet)

Szabadalmi bejelentések listája

1. FÁRI M, PALUSKA F. és KERTÉSZ T. (2009): Berendezés és eljárás a növények tömeges, programozható mikroszaporítására. P 09 00018 számon, 2009. 01. 20.-án az Országos Találmányi Hivatalnál (Budapest) bejelentett találmány.

2. MARTON, L. – CZAKO, M. (2007): Sustained totipont culture of selected monocot genera, 7,303,916 B2 számon, 2007. december 4-én USA-ban bejelentett találmány.

KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

Köszönettel tartozunk Prof. Dr. Fári Miklós Gábor tanszékvezető úrnak, aki kezdettől fogva segítette munkánkat és biztosította a dolgozat elkészítéséhez szükséges feltételeket.

Köszönetünket szeretnénk kifejezni Antal Gabriella és Koroknai Judit okleveles kertészmérnököknek, aki tapasztalataikkal és tanácsaikkal elősegítették a munkánkat. Ezúton szeretnénk megköszönni a DE AGTC, Növényi Biotechnológiai nem önálló tanszék valamennyi tagjának a munkánk során végzett közreműködését.

NYILATKOZAT

...Farkas Ádám és Bukszár Szabolcs... büntetőjogi és fegyelmi felelősségem tudatában kijelentem és aláírásunkkal igazoljuk, hogy jelen dolgozatunk saját munkánk eredménye.

A felhasznált irodalmat korrekt módon kezeltük, az erre vonatkozó jogszabályokat betartottuk.

.....

Aláírás

Születési idő:.....

.....

Aláírás

Születési idő:.....