

NYUGAT-MAGYARORSZÁGI EGYETEM
ERDŐMÉRNÖKI KAR

Doktori (PhD) értekezés tézisei

**A *MISCANTHUS SINENSIS* 'TATAI' „ENERGIANÁD” FAJTA TERMESZTÉSÉNEK ÉS
HASZNOSÍTÁSÁNAK ÖKONÓMIAI VIZSGÁLATA**

Pintér Csaba

Sopron
2016

**NYUGAT-MAGYARORSZÁGI EGYETEM
ERDŐMÉRNÖKI KAR
SOPRON**

Kitaibel Pál Környezettudományi Doktori Iskola

Doktori Iskola vezetője: Prof. Dr. Kolláth Zoltán egyetemi tanár

K1 Biokörnyezettudományi program

Programvezető: Dr. habil Albert Levente egyetemi tanár

Témavezetők: Prof. Dr. habil Marosvölgyi Béla ny. egyetemi tanár, professor emeritus
Dr. habil Kovács Gábor egyetemi docens

1. CÉLKITŰZÉS

A folyamatosan növekvő emberi igények és szükségletek kielégítésének hajszolása, a globalizáció és népességnövekedés miatt a végletekig kizsákmányoljuk a Földet. A világ energiaigénye mára kielégíthetetlené vált csupán fosszilis energiahordozók felhasználásával. A fosszilis energiahordozó-készletek rohamos csökkenése, az elégetésük révén megvalósuló légkörszennyezés okozta károk enyhítésének előtérbe kerülése kiemelkedő fontosságúvá teszi a környezetkímélő energiaforrások növekvő mértékű bevonását az energiafelhasználás rendszerébe. Napjaink, és jövőnk egyik legnagyobb kihívása és üzleti lehetősége a megújuló energia szektor, azon belül a biomassza alapú energiatermelés megújítása, fejlesztése. Az ellátásbiztonság növelése, a környezetvédelem, és gazdaságélénkítés igénye ebbe az irányba mutatnak. Az Európai Unió (EU) törekvései révén is a tiszta, megújuló energiaforrásokat preferálja. Magyarországon is magas szintű energiastratégiai prioritás a megújulóenergia-termelés arányának növelése, amely megvalósulásáért a fosszilis energiahordozók használatának jelentős mértékű csökkentése szükséges. Magyarországon a legjelentősebb megújuló energiaforrásként a biomassza jöhet számításba. A közösségi energiapolitikai célok teljesülése érdekében az EU-ban a különböző kapacitású erőművek egyre nagyobb hányada az energianövények felhasználására alapozott új blokkokat fejleszt, ami a jövőben várhatóan növekvő igényt generál a természetből származó biomassza-energiahordozók, köztük a lágyszárú energetikai célú ültetvények felhasználása iránt. A hazai biomassza-erőművek alapanyagbázisának bővítéséhez kínál perspektívát a hazai nemesítésű *Miscanthus sinensis* 'Tatai' (MsT) „energianád” fajta.

A disszertáció célja, hogy:

- áttekintse az EU, illetve Magyarország biomassza hasznosítás terén kialakult energiapolitikai helyzetét, illetve kutatási témával kapcsolatos nemzetközi és hazai szakirodalmat, ezáltal a kutatási problémát pontosan körülhatárolja, valamint elősegítse a megfelelő kutatási eszközök és módszerek kiválasztását,
- megvizsgálja az MsT „energianád” fajta nagyüzemi szaporítás-technológiájának lehetőségeit,
- kialakítsa az MsT optimális telepítés-technológiáját, meghatározza az optimális sor és tőtávolságot,
- vizsgálja az MsT „energianád” növekedési tulajdonságait, kialakítsa az ültetvények fenntartási-, üzemeltetési gyakorlatát, a ráfordítások figyelembe vétele mellett,
- összehasonlítsa a növény extrém időjárási körülmények mellett mutatott viselkedésének a nemzetközi szakirodalomban publikált eredményekkel,
- kidolgozza az MsT jól működő, költséghatékony betakarítási-technológiáját,
- vizsgálja a növény termesztésének és hasznosításának gazdaságosságát, elkészítse az MsT ültetvény létrehozásával kapcsolatos beruházás nettó jelenérték számítását, hazai biomassza erőművekben történő hasznosítás során,
- érzékenységvizsgálattal meghatározza az MsT közúti szállítási határtávolságát és energetikai hatékonyságát.

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

A kutatás során a szerző elméleti-, kísérlet-, laboratóriumi-, adatgyűjtés- és gyakorlati jellegű munkát végezett. A szántóföldi kísérletek nagyrészt gyakorlati jellegűek voltak, melyeket a szerző Komárom-Esztergom megyében, Tatán, Ácson, illetve Győr-Moson-Sopron megyében, Nagyszentjános térségében elhelyezkedő, a Komárom-Esztergom Megyei Parképítő és Kertészeti Zrt. (Parképítő Zrt.) tulajdonában álló, 5 különböző helyszínen elterülő, 50 ha nagyságú, 2, 3, 4 éves MsT „energianád” ültetvényeken, valamint a Parképítő Zrt. tatai telephelyén végezett, a vállalat dolgozóinak segítségével. Laboratóriumi, üvegházi kísérletek zajlottak 2009-2010-ben, Sopronban, a Nyugat-magyarországi Egyetem (NYME), Erdőmérnöki Kar EMKI Energetikai Tanszéke-, illetve a NYME Kooperációs Központjának (és Partnereinek) laboratóriumaiban, illetve Tatán, a Parképítő Zrt. egyik üvegházában.

2.1 A SZÁNTÓFÖLDI KÍSÉRLETEK MÓDSZEREI

2.1.1 Szaporítás

Az MsT szaporítás-technológiájának kidolgozása során a szerző külföldi tudományos irodalomra, kísérletekre, valamint hazai tapasztalatokra támaszkodott. Gyakorlati jellegű kutatás történt a „tőosztásos módszer” tesztelésénél Parképítő Zrt. tatai telephelyén lévő üvegházakban, 2009-ben és 2010-ben, valamint Ácson, 2010-ben. Ennek során 3. éves MsT tövek Hitachi típusú munkagéppel talajból történő kiemelése és széthasítása valósult meg. Az így nyert rizómák kiültetésre kerültek. Laboratóriumi munka keretein belül MsT száraz 10-15 cm hosszú darabokra aprítása valósult meg. Ezek vízzel teli edénybe kerültek, a megeredt palántákkal később szántóföldi kísérlet indult.

2.1.2 Talaj-előkészítés és telepítéstechnológia, optimális sor-és tőtávolság meghatározása

Az MsT telepítését megelőző talaj-előkészítés meghatározásához a szerző külföldi- és hazai szakirodalmat tanulmányozott. Irányadónak tekintette a Magyarországon, szántóföldön termesztett gabonafélék vetése előtt elvégzett talaj-előkészítési szokásokat. A talaj megmunkálását Kühne M40 típusú, 4 fejes, függesztett mélyszántó eke végezte, amit John Deere 8320-as típusú erőgép vontatott. *Miscanthus* telepítésére vonatkozó kísérletek nemcsak külföldön, hanem hazánkban is zajlottak. A módszer megválasztásánál a szerző utóbbi kutatások eredményeire, illetve Ácson élő gazdák javaslataira hagyatkozott. A növény telepítését burgonyapalántázó gép végezte, melyet MTZ-820-as traktor vontatott.

Az optimális sor-és tőtávolság meghatározása során a szerző a nemzetközi gyakorlatban alkalmazott távolságokat tanulmányozta, majd 1, 2, 5, 7 ha nagyságú ültetvények telepítésére került sor, eltérő sor- és tőtávolság tatása mellett. A szerző az előzetesen becsült, illetve a betakarítások után mért 1., 2., 3. éves hozam adatok alapján határozta meg a legoptimálisabb távolságokat, illetve az 1 ha-ra telepítendő növények számát.

2.1.3 Hozambecslés

A különböző életkorú, ezáltal eltérő fejlettségi fokú ültetvények hozambecslése során a jelölt a betakarítást megelőző március / április hónapban, szúrópróbaszerűen, motoros fűrésszel vágott ki hektáronként $3 \times 10 \text{ m}^2$ nagyságú területről valamennyi MsT tövet. Ezek tömegét 0 %-os nedvességtartalomig történő szárítást követően mérte meg. A kapott adatokból 1 tőre vonatkozó átlagot számított, majd a kapott értéket az állomány növényvel való fedettségétől

függően szorozta meg 8.100-9.500 közötti számmal (81-95 %-os beállottság). A szerző ez alapján becsülte meg az adott évi szárazanyag-hozamot.

3.2.1.4 Elárasztás, extrém szárazság

A 2010.05-06. hónapokban lehullott, szokatlanul magas csapadékmennyiség következtében a szerzőnek lehetősége nyílt Ácson telepített 3 éves, 0,27 ha MsT ültetvény tartósan víz alatt állás alatt mutatott viselkedésének megfigyelésére. A növények túlélési arányát a jelölt egyedszámlálással határozta meg. A növény szárazságtűrésére vonatkozó kísérlet a Parképítő Zrt. Pusztaszeren létesített 3 éves, 7 ha térmértékű ültetvényén történt, 2012.07.-08. hónapok között. A térségében ebben az évben a sokéves csapadékmennyiség 50-60 %-a hullott. A növény szárazságtűrő-képességére a szerző a teljes terület 4 alkalommal történő teljes bejárása-, illetve az ültetvényen szűrőpróbaszerűen kialakított, hektáronként 10-10 m²-es parcellákról származó mintavételezés alapján következtetett. A mintákat, illetve az ültetvényen lévő növények fejlettségi fokát a jelölt összehasonlította a Parképítő Zrt. Ácson létesített, 2012-ben átlagos mennyiségű csapadékkal ellátott ültetvényinek fejlettségi fokával, illetve a nemzetközi szakirodalomban leírt, különböző *Miscanthus* fajok szárazságtűrésére vonatkozó adatokkal.

2.1.5 Betakarítási technológia

Az MsT betakarítási technológiájával szembeni alapvető kritérium az volt, hogy alkalmazása eredményeként az MsT ültetvényekről letermelt „energianád” a biomassza-erőművek kazánjaiban történő elégetésre alkalmas formában álljon rendelkezésre, vagyis megfeleljen a végfelhasználók által, a tüzelési alapanyaggal szemben támasztott formai, minőségi, kezelhetőségi követelményeknek. Adatgyűjtés jellegű kutatás történt a különböző európai országokban nemesített *Miscanthus sinensis* és *Miscanthus x giganteus* „energianád”-fajok betakarítására kifejlesztett és alkalmazott technológiák megismerése érdekében.

A növény vágását RZ-2 Z119/Z010-es típusú szárzúzó végezte, amit MTZ-820-as traktor vontatott. A rendsodrásra Class Liner 390 típusú, kardános rendsodró volt alkalmas, amit Massey Ferguson 5435-ös erőgép hajtott meg. A hasábbálák készítését Krone BigPack HDP típusú, magas nyomású kockabálázó végezte, amit 270 lóerős (200 kW) John Deere traktor vontatott. Hengerbálák Krone F155-ös hengerbálázóval készültek, a gép meghajtását és vontatását Belarus 820.2-es traktor végezte. A bálák ültetvényen történő összehordásához, illetve kamionra rakásához a Parképítő Zrt. Hitachi, Bobcat és Manitou típusú munkagépeket használt. A munkafolyamatokat bérgépek végezték.

2.2 EGYÉB KÍSÉRLETEK MÓDSZEREI

2.2.1 Ökonómiai elemzés

Az MsT termesztésének és hasznosításának ökonómiai elemzése során a jelölt 3 csoportra különítette el a növény termesztésével összefüggő költségeket. Az (1). csoportba tartoznak azok a költségek, amelyek a szaporítóanyag reprodukálásával, nevelésével, a növény telepítésével, a gyomirtással, illetve életútja végén az ültetvény felszámolásával kapcsolatosak. A (2). csoportba az ültetvények gondozásával összefüggő tevékenységek költségei kerültek. Az MsT betakarításával és végfelhasználóhoz (erőművek) történő eljuttatásával kapcsolatos költségek a (3). csoportba tartoznak. A 3 különböző csoport

költségeit a szerző az erőművek által fizetett átvételi árral és az elérhető támogatásokkal a (4). csoportba tartozó bevételekkel vetette össze. A jelölt nettó jelenérték számítást (NPV) végzett.

2.2.2 Szállítási határtávolság

Az MsT-re kidolgozott betakarítási technológia költségeinek felmérése mellett a szerző megvizsgálta azokat a logisztikával kapcsolatos költségeket, melyek az „energianád” biomassza-erőművekig történő eljuttatása közben merülnek fel, majd ezeket összevetette az erőművek által fizetett, aktuális átvételi árral. A szállítási km-díj, a biomassza termesztési helye és a végfelhasználó közötti közúti szállítási távolság, illetve az egy 24 t összteherbírású kamionnal egy fordulóval erőműbe szállítható tüzelési alapanyag voltak azok a paraméterek, amelyek változtatásával, illetve a különböző távolságok, mennyiségek során a beszállítói oldal által megfizetett költségek elemzésével a szerző meghatározta azt a közúti szállítási távolságot, amelyen belül a végfelhasználó részére még gazdaságosan szállíthatók be MsT bálák.

2.2.3 Energetikai hatékonyság

Az MsT energetikai hatékonyságának vizsgálata során a jelölt az „energianád” erőműi körülmények között történő elégetésével nyerhető energiamennyiséget vetette össze az előállításához felhasznált összes energiával, tehát a biomassza telepítésével, betakarításával, logisztikájával, illetve az önfogyasztással összefüggő energiaigények összegzett értékével. Ennek keretein belül a szerző elkülönítette az egyes műveleteket, majd ezekre vonatkozóan meghatározta a bevitt energia mennyiségét primer energiahordozóra visszavezetve. Dokumentálta az erőgépek által fogyasztott gázolaj-mennyiséget, majd meghatározta a folyamatok összesített fűtőértékét (MJ). A jelölt adatgyűjtés jellegű kutatást végzett különböző európai országokban nemesített *Miscanthus sinensis* és *Miscanthus x giganteus* energianád-fajok betakarítására kifejlesztett és alkalmazott technológiák energiaáramának megismerése érdekében.

3. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

A „rizómákra darabolás” megoldással nyert szaporítóanyaggal telepített parcellák fejlődését a szerző 2 éven keresztül követte nyomon. A növényborítás a telepítést követő második évben meghaladta a 90 %-ot. A módszer eredményeképpen erős szaporítóanyag nyerhető, illetve a megoldás nagyüzemi elterjesztésével olcsó szaporítóanyag nyerhető, ami jelentős előnyt jelenthet a drágább mikroszaporítós szaporítás-technológiával szemben.

A „szárdarabolásos” szaporítási eljárással előállított palánták a szaporítást követően 2 hónappal kiültethetőek voltak, melyek fejlődését Kópházán és Ácson vizsgálta a szerző. A növények magassága 3-4 hónap alatt elérte 120 cm-es magasságot, száraik jól fejlettek, erősek, üde zöld színűek voltak. Ezzel a módszerrel hosszadalmas folyamat eredményeként nyerhető szaporítóanyaghoz. Nagyüzemi elterjedése jelenleg nem megvalósítható és nem is javasolt.

Az MsT telepítések optimális sor- illetve tőtávolság nagyságának meghatározására irányuló kísérletek eredményeként a jelölt megállapította, hogy 1 ha szántóra 10.000 db MsT palántát, vagy 12.000 db rizómát érdemes telepíteni, 1 m x 1 m-es, illetve ~ 1 m x 0,8 m-es ültetési hálózatban. Magasabb egyedszám, sűrűbb telepítési hálózat választása indokolatlan, mert a 3-4. évtől az állomány záródik, beáll és helyhiány miatt fizikailag már képtelen sűrűbbé, átjárhatatlanabbá válni. Az 1,5-2 m-es sortávolság és 1-2 m-es tőtávolság tartása nem javasolt, mert indokolatlanul nagy hely-kihasználatlansággal párosul és teret enged a gyomnövények elszaporodásának. Az MsT szaporítóanyag ültetése akkor ideális, amikor az ültetési mélységben a talaj hőmérséklete 10 °C-nál magasabb. A növény ültetését 4 személyes burgonyapalántázó-gép végezte, amit MTZ-820-as típusú erőgép vontatott. A kísérletek eredményeképpen a szerző megállapította, hogy meleg, nyári időszakban (május után) és késő ősszel (október után) a lehetséges szárazság, illetve fagyhatás okozta károk elkerülése érdekében nem célszerű MsT palántákat vagy rizómákat telepíteni.

Az MsT ültetvények hozambecsléseinek eredményei a külföldi szakirodalomban publikált, 1 ha *Miscanthus* ültetvényről betakarítható biomassza szárazanyag-mennyiségre vonatkozó adatoktól, illetve a később ténylegesen betakarított mennyiségektől jelentős mértékben eltértek, melynek oka az egyes ültetvények homogenitásának hiányában keresendő. A becslőt, illetve ténylegesen mért hozamok közötti eltérés mértéke 2010-ben, egy Nagyszentjánoson található, 2 ha térmértékű parcella esetében 600 %-os volt. A tőszámláláson alapuló hozam-előrejelzés nem biztosít megbízható adatokat az adott évi tényleges biomassza-hozamokra vonatkozóan.

Az MsT betakarítási technológiájának kidolgozására irányuló kísérletek eredményeképpen az „energianád” betakarítása a következő munkafolyamatokból állt össze: a növény szárzúzása, az ültetvényen elterülő nádpaplan rendsodrása, bálázás, majd következik a logisztikai művelet, vagyis a már megkötött bálák területről való lehordása – összekapcsolva a kamionra rakással – és a biomassza végfelhasználóhoz történő elszállítása. A betakarítási munkák alatt a növény szárzúzását az RZ-2 Z119/010-es szárzúzó végezte, amit MTZ-820-as erőgép hajtott meg. A rendsodrást Massey Ferguson 5435-ös erőgép által vontatott Class Liner 390-es típusú, kardános rendsodró végzett megfelelő hatékonysággal. MsT-ből hasábbála és hengerbála készült. A hazai biomassza tüzelésű erőművek által preferált hasábbála (kezelése, szállítása, újrapozicionálása jóval egyszerűbb, mint hengerbála esetében) készítéséhez jó megoldásnak bizonyult a Krone BigPack 1290-es HDP típusú, magas nyomású bálázó használata., amit 270 lóerős (200 kW) John Deere traktor vontatott. A Tatán

kidolgozott betakarítási módot a végfelhasználó erőművek által a felhasznált tüzelési alapanyaggal szemben támasztott minőségi, formai, kezelhetőségi követelmények, valamint a rendelkezésre álló, hazai mezőgazdálkodásban használatos géptípusok határozták meg. A módszer lehetővé teszi a hazai „energianád” ültetvényekről letermelt biomassa különböző erőművek kazánjaiban való problémamentes elégetését.

Az MsT jól tűri az elárasztást / tartós víz alatt állást, ha levelei a vízszint fölé emelkednek. Ilyen körülmények között a növény túlélésére igen magas esély van. Ha az elárasztott területen a vízszint meghaladja a növény magasságát, vagyis az teljesen víz alá kerül, a fajta túlélési esélye drasztikusan lecsökken, ami akár egy teljes állomány pusztulását is jelentheti. A szokatlanul száraz időjárás igen káros hatással van a tavasszal megeredő MsT hajtások növekedésére. Az „energianád” fejlődése jelentős mértékben lelassul. A Pusztaszeren tapasztalt csapadékmentes időjárási körülmények között az MsT növények növekedése, fejlődése az átlagos körülmények között tapasztalt mérték kb. 45 %-ára lassult.

Az MsT eladásából keletkező profit mértéke igen érzékeny a bálátömegre, a szállítási távolság és átvételi ár mértékére, illetve az 1 hektáron elérhető hozam mennyiségére. Változatos feltételrendszereken alapuló nettó jelenérték számítások eredményeként szerző megállapította, hogy gazdaságilag kifizetődő a növény termesztésébe tőkét fektetni, vagyis MsT „energianád” termesztése és hasznosítása a vizsgált körülmények között gazdaságosan végezhető. A kezdeti igen magas beruházási költség a 6. évi betakarítást követően megtérülhet és innét kezdve a növény 14-19 éven keresztül – minimális összegű fenntartási kötelezettség betartása mellett – bevételt teremt a gazdálkodó számára. A beruházás Cash Flow-jának Nettó Jelenértéke igen jelentős mértékben növekszik az MsT bálák tömegének-, az átvételi ár mértékének-, illetve az 1 ha ültetvényről betakarított hozam mennyiségének emelkedése hatására, valamint a közúti szállítási távolság csökkenése során.

Az MsT szállítási határtávolsága 400 kg tömegű bálák, 12 t/ha biomassa-hozam és 270 Ft/km szállítási díj mellett 250 km közúton (egy irányban). A szerző megállapította, hogy a növény közúti szállítási határtávolsága igen érzékeny a szállítási km-díj árának változására, az elkészített bálák tömegére, illetve a biomassa erőműi átvételi árának változására. A szállítási határtávolságának kiterjesztésére számos lehetőség van, melyek alakulása, megvalósulása többnyire a külső, piaci körülményektől függ.

A növény erőműi körülmények között történő felhasználás során, 85 %-os kazánhatásfokkal (5-20 MW_{th} teljesítménytartományban) számolva az 1 ha „energianád” ültetvényről letermelt biomassa elégetésével, 10 %-os szállítási hőveszteség mellett 163.404 MJ hőenergia termelhető meg. Az E_{inp}/E_{out} arány alapján az MsT energetikai hatékonysága 1 az 55-höz, 400 kg tömegű bálák, 12 t/ha biomassa-hozam, 270 Ft/km szállítási díj és 120 km-es szállítási távolság mellett. Ilyen körülmények között a növény elégetésével az előállításához felhasznált energia 55-szöröse nyerhető vissza. A nemzetközi irodalomban szerző nem talált hasonló eredményről számot adó publikációt. Az MsT energetikai hatékonyságát jelentős mértékben befolyásolja az ültetvényekről betakarítható biomassa mennyisége (t/ha), illetve a közúti szállítási távolság nagysága (km). Kevesebb erőgép munkáján alapuló, összevont betakarítási módszer alacsonyabb gázolaj-fogyasztással párosul, ami csökkentheti a teljes folyamatba bevitt energia mennyiségét.

4. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK (TÉZISEK)

1. A 3 éves, megfelelő fejlettségi állapotú MsT tövek talajból történő kiemelésével és a rizómák különválasztásával erős szaporítóanyaghoz juthatunk, amely alkalmas a kiszedést követő 1-2 napon belül szántóföldi kiültetésre. Az így telepített ültetvény igen magas, 85 % feletti eredést produkálhat. A „rizóma-darabolásos” módszerrel, illetve annak nagyüzemi elterjesztésével olcsó szaporítóanyag nyerhető, ami a jövőben jelentős árelőnyt jelenthet a drágább mikroszaporításos szaporítás-technológiával szemben, annak ellenére, hogy *Miscanthus* szaporítóanyag előállítására jelenleg az in vitro kultúrárendszerekkel (biotechnológiai rendszerek integrációja) történő mikroszaporítás alkalmazható a leghatékonyabban. A palántákra alapozott telepítéseket követő első 2 év tapasztalatai alapján elmondható, hogy a palántákkal létrehozott ültetvények fejlődése, erőssége és beállottsága meghaladja a rizómákra alapozott ültetvényekét, a 3-4. évtől ez a különbség az állomány záródásával megszűnik.
2. Megállapítható, hogy 1 ha szántóra 10.000 db MsT palántát, vagy 12.000 db rizómát érdemes telepíteni, 1 m x 1 m-es, illetve ~ 1 m x 0,8 m-es ültetési hálózatban. Magasabb egyedszám, sűrűbb telepítési hálózat választása indokolatlan, mert a 3-4. évtől az állomány záródik, beáll és helyhiány miatt fizikailag már képtelen sűrűbbé, átjárhatatlanabbá válni. Az 1,5-2 m-es sortávolság és 1-2 m-es tőtávolság tartása indokolatlanul nagy hely-kihasználatlansággal párosul és teret enged a gyomnövények elszaporodásának. Az MsT ültetvények elpusztult töveinek pótlására tőosztáson alapuló megoldást került kidolgozásra. Tőosztásos módszerrel alacsony számú, jó minőségű szaporítóanyag nyerhető. Az így nyert „fél-tövekkel” olyan ültetvényeken érdemes pótlást végezni, ahol kevés számú egyed hiányzik, a beállottság tehát igen magas, 90 % feletti. Ezzel a megoldással 94 %-os megeredési arány érhető el.
3. Az MsT elárasztás-tűrőképességének vonatkozásában megállapítható, hogy a növény jól tűri az elárasztást / tartós víz alatt állást, ha levelei a vízszint fölé emelkednek. Ilyen körülmények között az „energianád” túlélésére még 1-2 hónapos vízborítás estén is igen magas esély van. Ha az elárasztott területen a vízszint meghaladja a növény magasságát, vagyis az teljesen víz alá kerül, a fajta túlélési esélye drasztikusan lecsökken, ami akár egy teljes állomány pusztulását is jelentheti. A növény szárazság-tűrőképességére vonatkozó megfigyelések eredményeképpen kijelenthető, hogy a szokatlanul száraz időjárás, alacsony, 200-250 mm-es, nyár végéig lehulló (január-augusztus) csapadékmennyiség igen káros hatással van a tavasszal megeredő MsT hajtások növekedésére. Ilyen körülmények között az MsT növekedése, fejlődése az átlagos körülmények között tapasztalt mérték 45 %-ára lassulhat.
4. A növény 20 éves élettartamát feltételezve, 120 km szállítási távolság-, 400 kg tömegű nagy hasábbálák-, 270 Ft/km szállítási díj- és 15.000 Ft/t átvételi ár figyelembe vételén alapuló nettó jelenérték számítás eredményei bizonyítják, hogy MsT ültetvény telepítésébe, illetve a növény termesztésébe pénzt fektetni gazdaságilag kifizetődő, vagyis MsT „energianád” termesztése és hasznosítása az értekezésben vizsgált körülmények között rentábilisan végezhető. Az ültetvények létrehozására irányuló beruházás cash flow-jának nettó jelenértéke igen jelentős mértékben növekszik az MsT bálák tömegének-, az átvételi ár mértékének-, illetve az 1 ha ültetvényről betakarított hozam mennyiségének emelkedése hatására, valamint a közúti szállítási távolság csökkenése során.

Érzékenységvizsgálat alapján kijelenthető, hogy az MsT határtávolságának alakulása érzékeny a szállítási km-díj árának változására, az elkészített bálák tömegére, illetve a biomassza erőműi átvételi árának változására. 400 kg tömegű bálákat, 270 Ft/km szállítási díjat, 15.000 Ft/t erőműi átvételi árat számításba véve az MsT szállítási határtávolsága 250 km közúton. A szállítási határtávolság kiterjesztésére számos lehetőség van, melyek alakulása, megvalósulása többnyire a külső, piaci körülményektől függ.

1 ha MsT ültvényről származó biomassza erőműi körülmények között történő elégetése során, 85 %-os kazánhatásfokkal (5-20 MW_{th} teljesítménytartományban) számolva, 10 %-os szállítási hőveszteség mellett 163.404 MJ hőenergia termelhető meg. A növény betakarítása során felhasznált-, és a belőle kinyerhető energiamennyiség (E_{inp}/E_{out}) aránya alapján az MsT energetikai hatékonysága 1 az 55-höz, 400 kg tömegű bálák, 12 t/ha biomassza-hozam, 270 Ft/km szállítási díj és 120 km-es szállítási távolság mellett, tehát a növény erőműi elégetésével az előállításához felhasznált energia 55-szörösét nyerhetjük vissza. Az MsT energetikai hatékonyságát jelentős mértékben befolyásolja az ültvényekről betakarítható biomassza mennyisége (t/ha), illetve a közúti szállítási távolság nagysága (km).

5. AZ EREDMÉNYEK GYAKORLATI ALKALMAZHATÓSÁGA

Az MsT tövek talajból történő kiemelésével, majd szétdarabolásával, vagyis a „rizóma darabolásos” módszer nagyüzemi elterjesztésével olcsó szaporítóanyag nyerhető, ami a jövőben jelentős árelőnyt jelenthet a drágább mikroszaporításos szaporítás-technológiával előállított szaporítóanyaggal szemben.

Az MsT-t a jövőben 1 m x 1 m-es hálózatban, hektáronként 10.000 db palánta, vagy ~ 1 m x 0,8 m-es hálózatban, hektáronként 12.000 db rizóma felhasználásával érdemes telepíteni, mert a 1,5-2 m-es sortávolság és 1-2 m-es tőtávolság tartása indokolatlanul nagy helykihasználatlansággal párosul és teret enged a gyomnövények elszaporodásának.

Az „energianád” Tatán, 2009-2012 között kidolgozott betakarítási módja lehetővé teszi a hazai MsT ültetvényekről letermelt biomassa különböző erőművek kazánjaiban való elégetését, mert az alkalmazásával nyert MsT bálák megfelelnek a végfelhasználók (erőmű) által a felhasznált tüzelési alapanyaggal szemben támasztott minőségi, formai, kezelhetőségi követelményeknek. A megoldás nemzetközi összehasonlításban korántsem fejlett, viszont alkalmazásával, hazai körülmények között jelenleg gördülékenyen, profit elérése mellett takarítható be az MsT ültetvényeken termő biomassa.

Az MsT hazánkban történő népszerűsítéséhez, illetve elterjedéséhez járulhat hozzá, hogy a telepítéshez kapcsolódó, kezdeti igen magas beruházási költség a telepítés utáni 6. évi betakarítást követően megtérülhet és innét kezdve a növény életútja során minimális összegű fenntartási kötelezettség betartása mellett bevételt teremt a gazdálkodó számára. A biomassa értékesítéséből származó profit nagysága egyenesen, gyorsabb betakarítási megoldások bevezetésével, illetve modernebb, magas kamranyomású (HDP II) bálázó gépek munkába állításával emelkedhet. Szintén a növény termesztése mellett szól annak magas közúti szállítási határtávolsága, amely a bálák tömegének növelésével kiterjeszthető, illetve az MsT erőműi felhasználása során mért kedvező energetikai hatékonysága.

6. PUBLIKÁCIÓK

Publikációk folyóiratokban, konferencia-kötetekben

PINTÉR CS.: Magyarországon nemesített *Miscanthus sinensis* 'Tatai' „energianád” fajta biomassza-erőművekben történő hasznosítására kialakított betakarítási rendszer bemutatása. *Acta Agraria Debreceniensis. Agrártudományi Közlemények*, 2016/69.: p. 143-150. HU-ISSN 1587-1282. www.agr.unideb.hu/acta

PINTÉR CS.: A *Miscanthus sinensis* 'Tatai' „energianád”-fajta betakarítási technológiájának ökonómiai vizsgálata. *Energia a mindennapokban, Verseny & Konferencia*, Debrecen, 2015. Konferencia-kiadvány: p. 73-81. ISBN: 978-615-5212-33-8.

MAROSVÖLGYI B. – **PINTÉR CS.:** A *Miscanthus sinensis* 'Tatai' „energianád” fajta betakarításának ökonómiai vizsgálata. Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, V. Kari Tudományos Konferencia, Sopron, 2015. Konferencia kiadvány: p. 127-131.

PINTÉR CS.: A Tatai energianád. *Magyar Mezőgazdaság*, 70. évf., 2015. április 15: p. 36-38. HU-ISSN 0025-018X

PINTÉR CS. – HORVÁTH ZS. – MAROSVÖLGYI B.: A hazai energianád (*Miscanthus*) termesztése és hasznosítása. *Környezeti Kutatások 2008-2012*. Nyugat-magyarországi Egyetem Kooperációs Kutatási Központ Nonprofit Kft. kutatási eredményei, Sopron, 2012. Záró kiadvány: p. 85-89.

HORVÁTH ZS. – VÁGVÖLGYI A. – **PINTÉR CS. – MAROSVÖLGYI B.:** Examination of the possibilities of *Miscanthus* 'Halmaji' energy reed reproductive material production. Magyar Tudományos Akadémia, Agrártudományok Osztálya, Agrárműszaki Bizottság, Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás, Nr. 34., Gödöllő, 2010. Konferencia kiadvány: p. 25

HORVÁTH ZS. – **PINTÉR CS. – VÁGVÖLGYI A. – MAROSVÖLGYI B.:** A *Miscanthus sinensis* „tatai” és „halmaji” energianövény víztűrőképességének vizsgálata. IV. Országos Erdészeti Gépesítési Konferencia. Tudományos Tanácskozás Dr. h.c. Dr. Kovács Jenő professzor 80. születésnapja alkalmából, Sopron, 2010. szeptember 9-10.: p. 59-62.

HORVÁTH ZS. – VÁGVÖLGYI A. – **PINTÉR CS. – MAROSVÖLGYI B.:** Új szaporítóanyag-előállítási lehetőségek vizsgálata *Miscanthus* Halmaji energianád esetében. *Mezőgazdasági Technika Különszám. Fenntartható bioenergia-termelés, „fiatal kutatók a bioenergetikában”* LI. évf., Gödöllő, 2010. január: p. 11-12.

HORVÁTH ZS. – MAROSVÖLGYI B. – **PINTÉR CS.:** Új szaporítóanyag-előállítási lehetőségek vizsgálata *Miscanthus* és *Arundo* energianövényeknél. Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Kari Tudományos Konferencia, Sopron, 2009. Konferencia kiadvány: p. 52-56.

PINTÉR CS. – VÁGVÖLGYI A. – HORVÁTH ZS. – MAROSVÖLGYI B.: Új szaporítóanyag-előállítási lehetőségek vizsgálata *Miscanthus sinensis* energianövénnyel. Alföldi Erdőkert Egyesület, Kutatói nap, Tudományos eredmények a gyakorlatban, Nyíradony-Gúthpuszta, 2009. Konferencia kiadvány: p. 89-93.

PINTÉR CS. – VÁGVÖLGYI A. – HORVÁTH Zs. – MAROSVÖLGYI B.: Új szaporítóanyag-előállítási lehetőségek vizsgálata *Miscanthus sinensis* energianövénnyel. E-tudomány, Zöld Különszám: Fókuszban a biomassa, 2009.: p. II - 1-5.

Előadások

PINTÉR CS.: A Magyarországon nemesített *Miscanthus sinensis* 'Tatai' „energianád” fajta energetikai hatékonyságának megállapítása, magyarországi erőművekben történő hasznosítás során. Energia a mindennapokban, Tudományos Verseny, Debrecen, 2016.03.12., 12 Sl. (ppt.)

PINTÉR CS.: A *Miscanthus sinensis* Tatai energianád-fajta betakarítási technológiájának ökonómiai vizsgálata. Energia a mindennapokban, Verseny & Konferencia, Debrecen, 2015.03.13., 14 Sl. (ppt.)

PINTÉR CS. – MAROSVÖLGYI B.: A lignocellulózok mint energiahordozók forrásbázisának növelését szolgáló kutatások és azok eredményei. Nyugat-magyarországi Egyetem Kooperációs Kutató Központ Nonprofit Kft. Záró Konferencia, 2011., 17 Sl. (ppt.)

PINTÉR CS.: *Miscanthus sinensis* 'Tatai', a Parképítő Zrt. részvételével kifejlesztett „energianád” termelési tapasztalatai. XIV. Biomassa- és Ökoenergetika Konferencia, Sopron, 2010. március 3-5., 31 Sl. (ppt.)

PINTÉR CS.: *Miscanthus sinensis* 'Tatai', a Parképítő Zrt. részvételével kifejlesztett „energianád” termelési tapasztalatai. *Miscanthus* termesztés és hasznosítás, nemzetközi K+F projekt. Tata, 2009. december 11., 31 Sl. (ppt.)

PINTÉR CS.: *Miscanthus sinensis* 'Tatai', a Parképítő Zrt. részvételével kifejlesztett „energianád” termelési tapasztalatai. Pécs, MTA Konferencia, 2009. október 13., 31 Sl. (ppt.)

Poszterek

MAROSVÖLGYI B. – **PINTÉR CS.:** A *Miscanthus sinensis* 'Tatai' „energianád” fajta betakarításának ökonómiai vizsgálata. Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, V. Kari Tudományos Konferencia, Sopron, 2015. Poszter

MAROSVÖLGYI B. – **PINTÉR CS.:** Az „energianád” (*Miscanthus* Sp.) energetikai hasznosítása. Energetic Utilisation of energy reed (*Miscanthus* Sp.). Nyugat-magyarországi Egyetem, KKK, Sopron, 2010. Poszter

MAROSVÖLGYI B. – **PINTÉR CS.:** Az „energianád” (*Miscanthus*) hasznosítása – Energetic Utilisation Of Energy Reed (*Miscanthus* Sp.), Gyöngyös, 2010. május 18., 1. Poszter