

KEDVEZŐTLEN TERMŐHELYI FELTÉTELEK MELLETT TELEPÍTETT FÁS SZÁRÚ ENERGETIKAI ÜLTETVÉNY HOZAM VIZSGÁLATA

Bakti Beatrix

NAIK – Erdészeti Tudományos Intézet Ültetvényszerű Fatermesztési Osztály
e-mail: baktib@erti.hu

Absztrakt:

Hazánk környezeti, éghajlati és talajadottságait tekintve alkalmas a biomassza alternatív hasznosítására, az energetikai célú felhasználásának növelésére, ami az energianövények termesztését helyezheti előtérbe. A megújuló energiák felhasználása terén az energiatermelés egyik lehetősége, a gyors növekedésű rövid vágásfordulójú fás szárú energiaültetvények alkalmazása.

A kísérletet 2007-ben állítottuk be fás szárú energianövényekkel a Szent István Egyetem Növénytermesztési és Biomassza-hasznosítási Bemutató Központjában Gödöllőn. A kísérletben öt különböző fűzfajtát (*Salix* sp.), illetve klónt (Sven, Inger, Tordis, Tora, Csala) alkalmaztunk. Valamennyi fajta esetében három különböző tápanyag-ellátottsági szintet állítottunk be: 1; felszintakarás komposzttal (50 t/ha), 2; nitrogén műtrágya tavasszal (50 kg/ha), 3; tápanyag nélküli kontroll kezelést alkalmaztunk. Jelen tanulmány célja az energetikai faültetvény létesítését követő években szükséges tápanyag mennyiségének meghatározása az évente lehullott lomb figyelembe vételével. A vegetációs időszak folyamán a kísérletben fenológiai méréseket (növénymagasság, biomassza-hozam), valamint a talajállapot vizsgálatokat (talajjellenállás, talajnedvesség, tápanyag-és nehézfém-tartalom) végeztünk. A kapott eredmények alapján megállapítható, hogy az évenkénti keletkező lomb mennyiség jelentős szerepet tölt be az ültetvény tápanyag-gazdálkodásában.

Kulcsszavak: biomassza, rövid vágásfordulójú energetikai ültetvény, fűz, hozam vizsgálat

Bevezetés

A fenntartható energiaellátás érdekében a megújuló energia aránya a primer energiafelhasználásában várhatóan a mai 7 %-ról 20 % közelébe emelkedik 2030-ig (NEMZETKÖZI CSELEKVÉSI TERV, 2010). A biomassza jelentős mértékű hasznosítása növelné Magyarország energiámérlegében a biomassza arányát, valamint csökkenti az importfüggőséget (KOLHELB et al. 2010).

A szántóföldről energetikai célra lekerülő biomassza három típusát különböztethetjük meg: a növénytermesztési melléktermékek csak részlegesen hasznosíthatók a szerves anyag visszapótlásának szükségessége (BIRKÁS et al. 2009), és az állattenyésztésből kikerülő szerves trágya korlátozott mennyisége miatt (PÓTI et al. 2010). A lágyszárú és fás szárú energianövények hő- és villamosenergia célú termesztése elsősorban a hagyományos takarmány és élelmiszer növények számára kedvezőtlen termőhelyeken jöhet számításba (TAMÁS 1997). Magyarországon az energiatermelésre alkalmas növények közül a legismertebbek a fűz, az akác, a nyár, a kínai nád és az energiafű. Ezek a rövid vágásfordulójú fás, illetve lágyszárú ültetvények 1-2 évtizeden belül akár 30-50 ezer hektáron is létesülhetnek. Talajvédő hatásuk is fontos szempont, hiszen Magyarország szántóterületének mintegy 60%-a erózióra vagy deflációra hajlamos. Az erózióknak kitett területeken a rövid vágásfordulójú ültetvények telepítése kiváló talajvédő funkciót lát el, mert egész éves talajfedettség érhető el, ezért a fás szárú energiaültetvények létesítése a vidék népességének megőrzésén túl, a lakosság számára jövedelmező mezőgazdasági tevékenység lehet a jövőben (GYURICZA 2007).

Magyarország kontinentális éghajlati viszonyainak köszönhetően a fás szárú növények közül az akác (*Robinia sp.*), a fűz (*Salix sp.*), valamint a nyár (*Populus sp.*) számára adottak kedvező termesztési feltételek (IVELICS 2006, BARKÓCZY et al. 2007).

Az 1970- es évek óta számos kutatási és mezőgazdasági tevékenység irányult a gyorsan nöövő fás szárú növények (nyár, fűz, eukaliptusz) hasznosítási lehetőségeinek (faanyag, biomassa, geotextília, rost) a feltárására (VENTURI et al., 1999). Az energiatermelés céljából termesztett növények közül különös figyelmet szenteltek a fűznek, így a rövid vágásfordulójú fajok közül, ez a növény került a legnagyobb területen telepítésre az EU-ban (MOLA-YUDEGO és ARONSON, 2008; MOLA-YUDEGO, 2010).

Bőséges hazai és nemzetközi kutatási eredmény született a fás szárú energianövények klímaváltozásban betöltött kedvező hatásairól, valamint a fitoremediációs, tájrehabilitációs célú alkalmazás lehetőségeiről (HELLER et al. 2003, LAUREYSENS et al. 2004, MOLA-YUDEGO és ARONSSON 2008).

Lényegesen kevesebb kutatás folyt ugyanakkor az energetikai faültetvények hatásáról a talaj fizikai, biológiai és kémiai állapotára. LIEBHARD (2009) megállapítja, hogy a jelentős talajfizikai jellemzőknél, mint a porozitás, a pórustérfogat, a pórusméret-eloszlás, a térfogattömeg, a szerkezeti stabilitás, a talajjellenállás, továbbá az infiltrációs ráta középtávon kedvező hatás figyelhető meg, ugyanakkor a jelenleg rendelkezésre álló eredmények nehezen teszik lehetővé az egyértelmű megítélést. A hagyományos szántóföldi növénytermesztés talajállapotra vonatkozó hatásai részletesen vizsgáltak (JÓZEFACIUK et al. 2001, BIRKÁS et al. 2004.), számos eredmény kiterjeszhető az energetikai faültetvényekre, azonban a technológia sajátosságai miatt a konkrét kutatások nem nélkülözhetők.

Anyag és módszer

A kísérletet a Szent István Egyetem Növénytermesztési és Biomassa-hasznosítási Bemutató Központjában állítottuk be 2007-ben. A kísérleti terület enyhén ÉNy-i lejtésű dombság. A terület heterogén, ezért egyes részein az erózió és a szedimentáció különböző mértékben fordul elő.

Az éghajlat kontinentális típusú, jellemzőek az időjárási szélsőségek. Az évi középhőmérséklet sokéves átlaga 9,7 °C. Az átlagos csapadékmennyiség 550 mm, amelynek kétharmada a vegetációs időszakban hullik. A vizsgálati évek (2009-2013) időjárási adatait a 1. táblázat mutatja. Az évi átlagos hőmérséklet körülbelül 11 ° C volt az elmúlt öt évben, kivéve a 2010 amikor csak 10,2 ° C-t mértünk. 2009-ben az átlagos csapadék hullott, és a legcsapadékosabb év 2010-ben (858 mm) volt. A következő évben, csak 322 mm csapadék hullott, ami rendkívül száraz évnek tekinthető. 2012-es évben 472 mm csapadék esett, ami szintén elmaradt az átlagos csapadékmennyiségtől. 2013-as év átlagos csapadékmennyiségű, de ez a mennyiség intenzíven és egyenetlen elosztású volt.

1. táblázat: A vizsgálati évek meteorológiai adatai (Gödöllő, 2009-2013)

Hónap	2009		2010		2011		2012		2013	
	P (mm)	t (°C)	P (mm)	t (°C)	P (mm)	t (°C)	P (mm)	t (°C)	P (mm)	t (°C)
I.	36.6	2.4	32.6	-2.9	27.2	-1.0	36.6	0.6	22.4	-1.0
II.	41.4	0.4	61.0	-0.2	8.2	-0.9	11.4	-3.5	81.4	1.7

III.	51.4	5.2	23.8	5.9	45.5	6.2	0.0	8.1	105.2	3.0
IV.	2.0	15.4	31.0	11.5	11.0	13.3	20.0	12.4	23.0	12.6
V.	28.0	17.6	183.0	15.9	36.2	16.9	42.2	18.0	61.0	16.5
VI.	108.8	19.2	172.0	20.2	50.4	21.1	83.4	21.8	87.0	20.4
VII.	27,4	23.5	61.6	23.9	67.0	21.1	76.4	24.3	2.8	23.8
VIII.	21.6	22.8	52.6	21.0	4.8	23.1	3.6	23.8	46,0	22,8
IX.	27.4	19.0	92.8	14.4	2.2	19.9	28.0	18.7	43,5	14,7
X.	50.2	10.6	53.2	7.7	23.0	10.2	65.8	10.9	19,6	12,2
XI.	90.0	6.2	61.4	7.5	0.4	2.1	81.4	1.6	51.0	6.7
XII.	71.8	0.4	32.6	-2.9	45.8	1.6	23.8	-1.8	4.8	1.2
Összesen	556.6	11.5	858.0	10.2	322.0	11.1	472.6	11.2	547.7	11.2

A kísérleti tábla talaja a magyarországi genetikus talajosztályozás szerint főként homokon kialakult rozsdabarna erdőtalaj (Luvic Calcic Phaeozem). A harmadkori homok és márga alapkőzetten kialakult rozsdabarna erdőtalaj altípus a Ramann-féle barna erdőtalaj talajtípusba tartozik. A degradációs folyamatok következtében közepes termőrétegű, gyengén humuszos változat alakult ki.

A terület erózió veszélyeztetett, a talaj fizikai félesége homokos vályog, amely tömörödéssel érzékeny. A talaj felső 20 cm-es rétegében 53% homok, 26% vályog és 20% agyagfrakciót találhatók. A feltalaj (0-35 cm) agyagtartalma 26%, vízvezetőképessége jó, az altalaj gyenge. A feltalaj humusztartalma gyenge ugyanúgy, mint N-ellátottsága. Kálium és foszfor ellátottsága megfelelő. A kísérleti terület talajának 2009-es alapvizsgálati adatait az 2. táblázat tartalmazza.

2. táblázat.: A kísérleti terület fontosabb talajtani adatai (Gödöllő, 2009)

Genetikus talajszintek	Mélység (cm)	pH (H ₂ O)	K _A	CaCO ₃ %	Humusz %	összes N AL-P ₂ O ₅ AL-K ₂ O		
						mg/kg		
Asz	0-40	6,76	30	0,00	1,32	16,8	371,1	184,0
B	40-60	7,08	40	0,00	1,04	11,9	33,0	112,0
BC	60-70	7,66	61	0,00	0,88	12,0	123,0	127,1
C	70-100	8,10	60	5,57	0,54	16,8	107,5	110,8

A kísérlet kéttényezős véletlenblokk elrendezésű három ismétlésben. A kísérletben öt különböző fűz fajtát, illetve klónt (*Sven*, *Inger*, *Tordis*, *Tora*, *Csala*) alkalmaztunk. Valamennyi fajta esetében három különböző tápanyag-ellátottsági kezelést állítottunk be: 1; tápanyag nélküli kontroll kezelés, 2; nitrogén műtrágya (ammónium nitrát) tavasszal (50 kg/ha), 3;. felszintakarás szennyvíziszap komposzttal (50 t/ha). A komposzt és a műtrágya kijuttatása május elején a sorokba történt. Az alkalmazott technológia ikersoros, a sortávolság

70 cm, az ikersorok között 2,5 m távolságot hagytunk, ami a gépi munkákat könnyíti meg. A sorokon belül a dugványokat 40 cm töltávolságra telepítettük. Dugványozás céljára 20 cm hosszúságú, egyéves, gyöker nélküli hajtásrészeket használtunk fel. A telepítés kézzel történt április közepén. A vegetációs időszak során kémiai gyomszabályozást végeztünk a sorokban, a sorközökben talajmaróval két alkalommal történt mechanikai gyomszabályozás. A kártevők és kórokozók elleni kémiai védekezésre nem volt szükség.

A telepítés évét követően 2008. február 26-án vágtuk le az ültetvényt a dúsabb fakadás érdekében. 2010. február 18-án és 2012. január 12-én pedig a teljes kétéves növedék betakarítására került sor. 2014. február 21-én a 3. vágásfordulót végeztük el. Ezekben az időpontokban mértük meg a biomassa mennyiségét. A száraztömeget, illetve a nedvességtartalmat 105 °C tömegállandóságig történő szárítás után határoztuk meg.

A statisztikai értékelést az EXCEL program segítségével végeztük. Statisztikai értékelésre egytényezős varianciaanalízist használtunk (BARÁTHNÉ et al. 1996).

Eredmények és értékelésük

A kedvezőtlen termőhelyi körülmények között kétéves vágásfordulóban betakarított energetikai faültetvény hozama 2009-ben a tápanyag nélküli kontroll parcellákon is elérte (CANNEL *et al.* 1987, KOWALIK és RANDERSON 1994, LABERCQUE 1997, AYLOTT 2008,) illetve meghaladta a nemzetközi kísérletekben mért adatokat (BULLARD 2002a, 2002b).

A 2011. évi 2. éves növekmény friss tömegénél a műtrágyás kezeléstől (39,98 t/ha), alig marad el a komposztos kezelés (38,41 t/ha). A két kezelés szignifikánsan (SZD_{5%} 3,5) különbözik a kontrolltól, ahol csak 33,21 t/ha frisstömeg volt betakarítható (3. táblázat). A komposztos kezelés 2009-hez képest 21,2 %-os növekedése azzal magyarázható, hogy eddigre a benne lévő tápanyagok lejutottak a gyökérzónába. A műtrágyázásnál 0,4 %-os termésnövekedést mértünk 2009-hez képest. A kontrollnál, mivel nem történt tápanyag kijuttatás a kísérlet teljes időtartama alatt 2011-ben 2,8 %-kal csökkent a biomassa mennyisége 2009-hez képest. 2011-ben a műtrágyázás 36,0 %-kal, a komposzt 31,2 %-kal mutatkozott jobbnak a kontrollnál. 2011-es év rendkívül száraz volt, mindösszesen csak 322 mm csapadék hullott az évben, majd az ezt követő évben is az átlagos csapadékmennyiség alatt csapadékot mértünk. 2013-ban 547 mm csapadék hullott viszont ez a mennyiség igen egyenetlen eloszlású volt és nem a vegetációs időszakban érkezett. Ennek következtében a 2013-ban, 3. vágásfordulóban mért friss biomassa hozam, az előző évekhez alacsonyabb volt.

2009. évben az átlagos biomassa hozamot mértünk (32,05 t / ha) a műtrágyázott területen meghaladta a kontroll parcellákat (27,21 t / ha) 17,8% -kal. Mivel a 2011-es év a hozamok a műtrágyázott területen és komposztal kezelt területen magasabb volt a kontroll parcelláknál 20,2% és 15,6% volt.

3. *táblázat:* A fűz fajták biomassza hozama és nedvességtartalma különböző tápanyagellátottsági szinteken – két éves vágásfordulóval (Gödöllő, 2009, 2011, 2013).

2009									
Fajták	Frisztömeg (t/ha)			Szárastömeg (t/ha)			Nedvességtartalom (%)		
	C	N	Ø	C	N	Ø	C	N	Ø
Csala	37,82	42,10	35,65	19,04	20,74	19,14	50,34	49,26	53,67
Tora	28,70	34,71	24,82	15,65	16,06	12,84	54,54	46,27	51,75
Tordis	24,26	29,44	29,93	12,12	14,47	14,51	49,95	49,17	48,49
Inger	35,93	29,89	23,02	17,03	13,94	10,60	47,40	46,63	46,06
Sven	21,42	24,11	22,62	11,15	11,91	11,63	52,03	49,41	51,43
Átlag	29,63	32,05	27,21	15,00	15,42	13,74	50,85	48,15	50,28
2011									
Fajták	Frisztömeg (t/ha)			Szárastömeg (t/ha)			Nedvességtartalom (%)		
	C	N	Ø	C	N	Ø	C	N	Ø
Csala	37,83	42,12	35,70	20,76	23,46	19,28	54,88	55,70	53,99
Tora	37,80	43,92	34,72	21,29	23,83	18,86	56,32	54,25	54,31
Tordis	36,81	39,89	37,04	21,21	20,98	20,52	57,62	52,60	55,40
Inger	46,19	41,37	31,77	22,73	19,94	15,63	49,22	48,19	49,20
Sven	33,43	32,58	26,81	18,46	17,16	14,01	55,21	52,65	52,25
Átlag	38,41	39,98	33,21	20,89	21,10	17,66	54,65	52,68	53,03
2013									
Fajták	Frisztömeg (t/ha)			Szárastömeg (t/ha)			Nedvességtartalom (%)		
	C	N	Ø	C	N	Ø	C	N	Ø
Csala	21,33	22,44	13,13	9,98	10,61	5,34	46,8	47,3	40,7
Tora	12,88	15,93	12,69	5,33	6,19	4,99	41,4	38,9	39,4
Tordis	10,30	12,61	8,21	3,53	4,33	2,86	34,3	34,4	34,9
Inger	25,08	26,17	20,86	8,57	8,87	7,36	34,2	33,9	35,3
Sven	10,35	15,69	11,49	3,47	5,35	3,67	33,6	34,1	32,0
Átlag	17,55	22,91	15,70	6,43	9,41	5,84	38,4	41,1	37,2

A fás szárú energetikai ültetvény betakarításaikor vett friss vevszőmintákból meghatároztuk a különböző fűz fajták szárastömegét, illetve a nedvességtartalmát 105 °C tömegállandóságig történő vizsgálat után. A 3. táblázatból jól látszik, hogy a 2013-as éve adatai alapján a biomasszahozam nedvességtartalma jóval alacsonyabb volt a 2009-es és 2011-es évhez képest, ennek oka a vegetációs időszak rendkívül száraz mivolta, az éves csapadékmennyiség 322 mm volt.

Következtetések

A kedvezőtlen, növénytermesztés számára más módon gazdaságosan nem hasznosítható termőhelyek többsége alkalmas energetikai faültetvények telepítésére. A beruházás költséges, ezért lényeges, hogy minden termőhelyre az adott viszonyok között legnagyobb produktummal rendelkező faj, illetve fajta kerüljön. Bár a téma nemzetközi szakirodalma részletes, kevés a hazai viszonyokra adaptált kísérleti eredmény.

Vizsgálataink szerint a Gödöllői dombság kedvezőtlen termőhelyi körülményei közé telepített fűz energetikai faültetvény az aszályos évek ellenére is képes a nemzetközi kísérletekben leírt biomassza-produktumra. A vizsgált svéd fajták (Tora, Tordis, Inger és Sven) a Kárpát-medencében is a géncentrumukban mért terméseredményeket adták.

Irodalom jegyzék:

- Aylott, M. J. – Casella, E. – Tubby, I. – Street, N. R. – Smith, P. – Taylor, G.: 2008. Yield and spatial supply of bioenergy poplar and willow short-rotation coppice in the UK. *New Phytologist*. 178. 358–370.
- Baráth, Cs.-né. – Ittész, A. – Ugródsy, Gy.: 1996: *Biometria*. Mezőgazda Kiadó. Budapest
- Barkóczy Zs. – Csernyi R.- Ivelics R.: 2007 *Energetikai faültetvények tervezése és kivielezése*. Kézirat. Sopron.
- Birkás M. – Stingli A. – Farkas Cs. – Bottlik L.: 2009. Összefüggés a művelés eredetű tömörödés és a klímakárok között. *Növénytermelés* 58. 3. 5-26.
- Birkás, M. – Jolánkai, M. – Gyuricza, C. - Percze A.: 2004. Tillage effects on compaction, earthworms and other soil quality indicators in Hungary. *Soil Till. Res. Special Issue “Soil Quality as an Indicator of Sustainable Tillage Practices”* (ed. Karlen, D.L.) 78.2. 185-196
- Bullard, M. J. – Mustill, S. J. – McMillan, S. D. – Nixon, P. M. I. – Carver, P. – Britt, C. P.: 2002a. Yield improvements through modification of planting density and harvest frequency in short rotation coppice *Salix* spp. – 1. Yield response in two morphologically diverse varieties. *Biomass and Bioenergy*. 22. 15-25.
- Cannell, M. G. R. – Milne, R. – Sheppard, L. J. – Unsworth, M. H.: 1987. Radiation interception and productivity of willow, *Journal of Applied Ecology*. 24. 261–278.
- Gyuricza, Cs.: 2007. Cultivating woody energy crops for energetic purposes. *Biowaste*. 2. 4. 25-32
- Heller, M.C., Keoleian, G.A., Volk, T.A.: 2003. Life cycle assessment of a willow bioenergy cropping system. *Biomass and Bioenergy* 25: 147-165.
- Ivelics R.: *Minirotációs energetikai faültetvények termesztés-technológiájának és hasznosításának fejlesztése*. Kézirat. Sopron.
- Józefaciuk, G. - Murányi, A. - Szatanik-Kloc, A. - Farkas, Cs. - Gyuricza, Cs.: 2001. Changes of surface, fine pore and variable charge properties of a brown forest soil under various tillage practices. *Soil Till. Res.* 1573, 1-9
- Kohlheb, N. – Pataki Gy. – Porteleki A. – Szabó B.: 2010. A megújuló energiaforrások társadalmi hasznosságának értékelése. *Tanulmány. ESSRG Kft.* 48.
- Kowalik, P. J. – Randerson P. F.: 1994. Nitrogen and phosphorus removal by willow stands irrigated with municipal waste water – a review of the polish experience. *Biomass Bioenergy*. 6.133–139.

- Labrecque, M. – Teodorescu T. I.: 2005. Field performance and biomass production of 12 willow and poplar clones in short-rotation coppice in southern Quebec (Canada). *Biomass and Bioenergy*. 29. 1-9.
- Labrecque, M. – Teodorescu, T. I. – Daigle, S.: 1997. Biomass productivity and wood energy of *Salix* species after 2 years growth in sric fertilized with wastewater sludge. *Biomass and Bioenergy*. 12. 6. 409-417.
- Laureysens, I. – Bogaert, J. – Blust, R. – Ceulemans, R.: 2004. Biomass production of 17 poplar clones in a short rotation coppice culture on a waste disposal site and its relation to soil characteristics. *Foresyt Ecology and Management*. 187. 295-309.
- Liebhard, P.: 2009. Energetikai faültetvények. Cser Kiadó. Budapest.
- Mola-Yudego, B., Aronsson, P.: 2008. Yield models for commercial willow biomass plantations in Sweden. *Biomass and Bioenergy* 32: 829-837
- Mola-Yudego, B.: 2010. Regional potential yields of short rotation willow plantations on agricultural land in Northern Europe. *Silva Fenn* 44(1):63–76.
- Nemzeti Cselekvési Terv: (NCsT) 2010 Magyarország Megújuló Energia Hasznosítási Cselekvési Terve a 2020-ig terjedő megújuló energiahordozó felhasználás alakulásáról
- Póti P. – Pajor F. – Bodnár Á. – Abainé H.E. – Bárdos L.: 2010. Legeltetett anyajuhok és bántányaik húsának és egyes szerveinek ólom és kadmium tartalma. *Magyar Állatorvosok Lapja*, 132. 10. 667-672.
- Tamás R.: 1997. A felszabaduló mezőgazdasági területek racionális hasznosítási lehetőségei. Kézirat. Sopron.
- Venturi, P. – Gigler, J.K. – Huisman, W.: 1999. Economical and technical comparison between herbaceous (*Miscanthus X Giganteous*) and woody energy crops (*Salix Viminalis*). *Renew Energy* 16:1023–6.