

Energia–növények bio-metán hozamának értékelése

Oláh József* – Juhász János** – Rása Gábor***

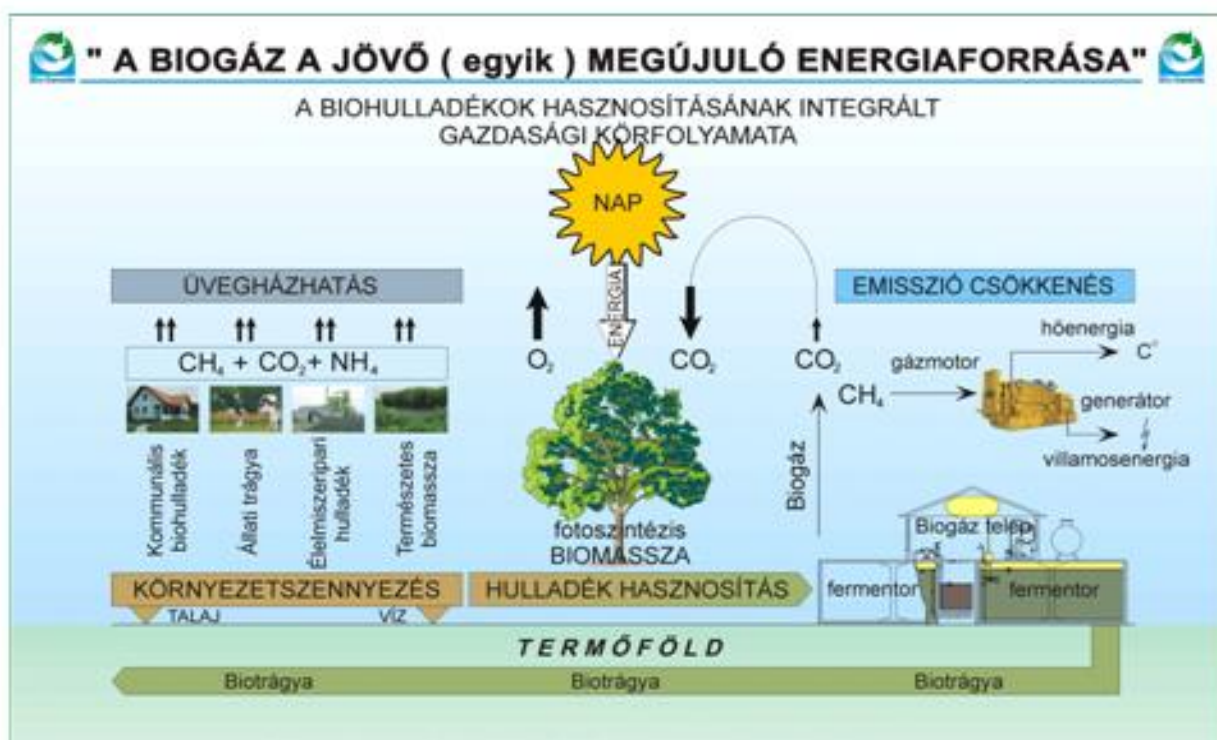
* – MOL Nyrt; ** – ÉLINVEST Kft; *** – FCSM Zrt

1. A biomassa, mint megújuló energiaforrás

Az energia szükségletek növekedésével a fosszilis tüzelőanyagok (szén, kőolaj, földgáz) csökkenése áll szemben. A világ energia-ellátásában jövőben a megújuló energiaforrásoknak nagyobb szerepet kell játszani. A megújuló energiaforrások kérdését kizárólagosan a biogáz-termelés kérdésével kapcsolatban tárgyaljuk. A *megújuló energiaforrás* olyan közeg, természeti jelenség, melyből energia nyerhető ki, és amely akár naponta, vagy jelentősebb emberi beavatkozás nélkül legfeljebb néhány éven belül újratermelődik. A megújuló energiaforrások közül Nap-energiát hasznosító fotoszintézis útján keletkező biomassának óriási jelentősége van. A biomassa energia transzformációja úgymond „0”-ás CO₂ mérleggel jellemezhető. Ennek oka, hogy a növény fejlődése során ugyanannyi CO₂-ot épít be szöveteibe a fotoszintézis segítségével, mint amennyi aztán elégetésekor a légkörbe kerül. A biomassa kifejezés alatt energetikailag hasznosítható növények, termés, melléktermékek, növényi és állati hulladékok értendők.

A Naptól származó energia napról napra megújítható, az ilyen energiaforrást megújuló energiaforrásnak hívják. A Nap energiája közvetlenül sugárzás útján, vagy közvetve a biomasszában, a szél, a vízi energiában áll rendelkezésünkre. A megújuló energiaforrások alternatívát kínálnak az energiakészletek (fosszilis energiahordozók) elhasználásának mérséklésére, ezért a megújuló energiaforrásokat nevezik alternatív energiaforrásoknak is.

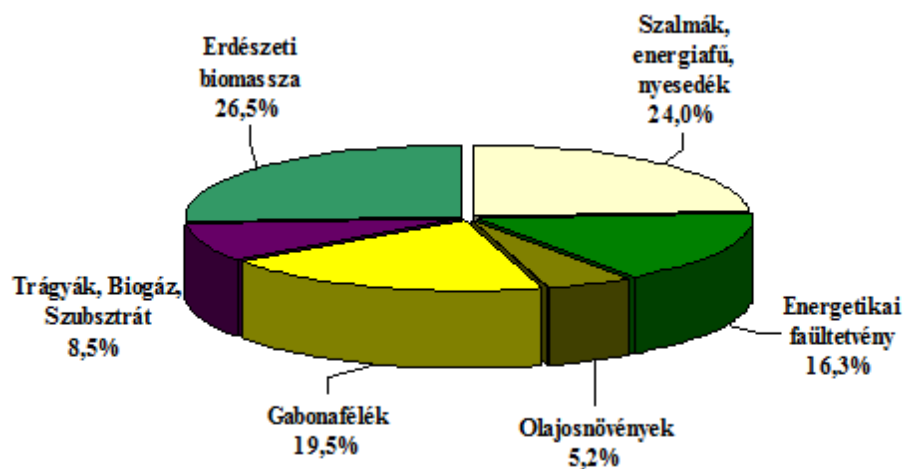
A biomassa segítségével fosszilis tüzelőanyagok válthatóak ki és ideális esetben az elégetett növényi anyag 1 éven belül újratermelődik, megteremtve ezzel a fenntartható fejlődés és energiagazdálkodás lehetőségét. A biomasszából, pl. bioetanolként üzemanyag is készíthető. A természetes tápanyag körforgás és a biogáz nyerés kapcsolatát az 1. ábra (*Internet 1/1*) mutatja be. Jövőben az energia nyerés egyik útja, hogy a napenergiát fotokémiailag biomasszában (mezőgazdasági hulladék) tárolt energiát anaerob fermentációval biogáz formájában felhasználhatóvá tegyünk.



1.ábra A természetes tápanyag körforgás és a biogáz nyerés kapcsolata (*Internet 1/1*)

Az energiafelhasználás állandó növekedése következtében – az utóbbi évek mérései ezt mutatják – az üvegház-hatású gázok a légkörben vészjóslóan gyorsan növekedtek. A jelenlegi fejlődési ütem szerint az üvegház-hatású gázok mennyisége 30 – 40 évenként megduplázódik. Az üvegház-hatású gázok további növekedésével a klímaváltozásnak és a természeti katasztrófáknak a valószínűsége a következő és az azután következő generációk számára egyre nagyobb. Minden év, mely hatékony ellenintézkedés nélkül múlik el, megfordíthatatlan következményekkel jár.

A magyarországi mezőgazdasági eredetű energetikai célú biomassza potenciálról és hasznosítási lehetőségeiről a 2. ábra (Internet 1/2) ad tájékoztatást. Az összeállításban a biogáz-termelés céljára hasznosítható bio-hulladékok (mezőgazdaság, élelmiszeripar), trágyák lebontása alapján nyerhető biomassza potenciál (8,5 %) jelentős. Ez a szám a cellulóz származékok (energiafű, olajos növények, gabonafélék) közvetlen anaerob hasznosításával még jelentősen növelhető. Az erdészeti (26,5 %) és az energetikai faültetvényekből (16,3 %) égetéssel nyerhető energia is tekintélyesnek mondható.



2. ábra A mezőgazdasági eredetű energetikai célú biomassza potenciál és hasznosítási lehetőségei Magyarországon (Internet 1/2)

2. A növényi eredetű anyagok összetételének rövid jellemzése

A cellulóz vízben oldhatatlan, rendkívül ellenálló poliszacharid. A mezőgazdaságból származó hulladékok túlnyomó részét a növényi eredetű melléktermékek és hulladékok teszik ki, ezek az anyagok cellulózban gazdagok. A cellulóz a legnagyobb mennyiségben rendelkezésre álló megújítható biopolimer Földünkön.

A cellulóz nem elágazó, lineáris, D-glükóz molekulákból álló polimer (D-glükóz monomerek β -1,4-glükozidos kötésű lánc). A polimerizáltság mértéke igen változó, néhány száz glükóz egységtől 20 000 egységig terjedhet, a polimer hosszúsága körülbelül $7\mu\text{m}$. A cellulóz polimerek hidrogén hidakkal, valamint van der Waal's kötésekkel kapcsolódva mikrofibrillumokat hoznak létre, amelyek egymással párhuzamosan helyezkednek el. Ezek a szupramolekuláris rostok alkotják a nagy húzószilárdságú kristályos cellulózt, míg a növényi sejtfalban a cellulóz kis hányada a kevésbé rendezett nem-kristályos, ún. amorf formában van jelen. A hidrogén hidakkal kapcsolt struktúra lúgokkal és ásványi savakkal fellazítható, ami a cellulóz szálak duzzadását eredményezi. Képlete $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$.

A cellulóz különbözik a keményítőtől:

- A cellulózt több glükóz-egység építi fel, mint a keményítőt.
- A cellulóz béta-glükózegységekből épül fel változó térállásban-, míg a keményítő alfa-glükózegységekből áll.
- A cellulóz molekula lánc alakú, a keményítő szerkezete pedig spirális (hélix).

A fa és fűfélék vázanyagát három fő kémiai alkotóelem építi fel: cellulóz, hemicellulóz, lignin, amelyek egy komplex struktúrát alkotnak. A cellulóz rostokat hidrogén és Van der Waals kötések

kialakításával hemicellulóz és lignin burok veszi körül. A cellulóz mechanikailag erős, ezt a tulajdonságát komplex és rendezett szerkezete biztosítja.

A hemicellulóz heterogén, nem lineáris poliszacharid. Az elágazó szerkezetének köszönhetően könnyebben bontható. A hemicellulóz két csoportját különböztetjük meg: homopolimerek (pl. xilánok), és heteropolimerek (pl. glükomannánok). Enzimes hidrolízise során D-xilóz, D-mannóz, L-arabinóz, D-glükóz, D-galaktóz és ezek acetilezett származékai keletkeznek.

A lignin aromás molekula, háromdimenziós fenil-propán polimer építi fel. A fenil-propán egységek között éter és szén-szén kötések találhatók. A lignin szorosan kapcsolódik a cellulózhoz, ez okozza a növényi szövetek stabilitását. A lignint nehéz hidrolizálni, ráadásul megakadályozza az enzimek hozzáférést a cellulózhoz. Adszorbeálja az enzimeket, ezáltal inaktívvá teszi őket.

A lignocellulóz származékok anaerob úton nehezen bonthatók, azonban elő-hidrolízis alkalmazásával jelentősen fel lehet gyorsítani a folyamatot. A cellulóz származékok elő-hidrolízisének az ipari celluláz enzim készítményeket alkalmaznak. A másik lehetőség a mikroorganizmusok által végzett elő-hidrolízis. Cellulóz-bontó gombák által végzett elő-hidrolízissel a mezőgazdasági hulladékok anaerob lebontása jelentősen felgyorsítható (*Malherbe et al., 2002*).

A cellulóz lebontása

Ez annyira ellenálló, hogy csak tömény savakkal lehetséges a bontása. Tömény savval főzve először *cellobiózra*, majd a cellobióz szőlőcukorra bomlik. A tömény sósavon kívül csak gombák és baktériumok tudják lebontani. A *kérdő állatok emésztőrendszere* jellemzően tartalmaz olyan mikroorganizmust, mely lebontja a cellulózt. A *termőtalajban* is léteznek cellulózbontó baktériumok és gombák, melyek a cellulózt *humusszá* alakítják.

A cellulóz hidrolízis első szakasza szilárdfázisú, melynek eredményeképpen oldható cellodextrinek, illetve cellobióz és kisebb mértékben glükóz keletkezik. A második hidrolízis folyadékfázisban megy végbe, amelynek során elsősorban a cellobióz hasítása történik meg. Az exo-és endoglükánázok kölcsönhatása révén a cellulóz felszíne, topográfiája folyamatosan átalakul, ennek következtében a hidrolízis mértéke, sebessége is gyorsan változik.

A cellulolitikus aktivitású dekompozitáló baktériumok elsősorban a *Streptomyces* nemzetségbe tartoznak. Jól ismert a más nemzetségekhez tartozó *Actinomycetes* fajok lignocellulóz bontó képessége is, amelyek között termofilek is vannak. Ezek közé tartozik a kompozitból izolált *Thermobifida cellulolytica*, amely képes akár 65°C-on is növekedni. A *Bacillus* fajok nem rendelkeznek teljes celluláz rendszerrel, elsősorban endocellulázokat termelnek. Az *Ascomyceta* fonalgombák közül a *Trichoderma* nemzetség fajainak van kiemelkedő cellulolitikus aktivitása (*T. viride*, *T. reesei*), az ipari cellulázok előállítására is nagy részük ezekkel történik (*Malherbe et al., 2002*).

Néhány energia növény és növényi hulladék összetételének ismertetése

Néhány energia növény és növényi hulladék összetételét az 1/a és az 1/b. táblázatok mutatják be. Az egyes növényeknél és hulladékoknál a TOC összetételben nem mutatkozik nagy különbség. A foszfor és nitrogén összetételben jelentős eltérések jelentkeznek. A hemicellulóz a szilfium, energiafű és falomb hulladék esetében 25 % fölött van, ez egyúttal a jobb biológiai bonthatóságot is jelent. Általában azok a növények kezelhetők könnyen anaerob úton, amelyeknél kicsiny a lignin és nagy a hemicellulóz tartalom (*Oláh et al., 2012*).

1/a. táblázat Különböző növényi eredetű anyagok összetétele

Minta megnevezése	TOC	TN	TP	Száraz anyag	Szerves anyag
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	g/kg	%
Szilfium (<i>Silphium perfoliatum</i> L.)	377 961	11 600	2 095	860,5	86,4
Energiafű (Szarvasi-1; <i>Agropyron elongatum</i>)	417 499	6 890	839	917,7	90,4
Zöld kerti hulladék (Csomád)	307 466	14 070	1 819	928,0	56,5
Vegyes falomb-hulladék	429 019	21 040	1 682	908,6	89,3
<i>Arundo donax</i>	451 552	9 000	2 183	913,9	92,9

Avar (vegyes eredetű) falevél	411 871	14 370	1 530	931,0	76,8
Kukoricaszár (cső nélkül)	440 051	13 070	3 959	896,0	90,9
Fűzfa (levél + vékony gally)	480 089	24 050	1 553	926,2	91,8

Megjegyzés: zöld hulladék (Csomád) összetétele: 50 % vegyes falevél + 50 % vegyes ágnyesedék;

vegyes lomb hulladék összetétele: akác, juhar, madár-cseresznye, hárs és nyárfa vékony leveles gallyak (< 10 mm) szárazanyagra vonatkoztatott egyenlő arányú keveréke; avar levél – juhar; platán, nyárfa, akác – egyenlő arányú keveréke;

1/b.táblázat Különböző növényi eredetű anyagok összetétele

Minta megnevezése	Hidrolizálható szénhidrát, mint glükóz	Lignin	Alfa-cellulóz	Hemi-cellulóz	Égéshő
	mg/kg	%	%	%	MJ/kg
Szilfium (Silphium perfoliatum L.)	70 400	17,4	34,9	37,2	17,0
Energiafű (Szarvasi-1; Agropyron elongatum)	164 300	19,7	51,6	26,2	18,4
Zöld kerti hulladék (Csomád)	57 700	32,1	29,6	24,6	13,0
Vegyes falomb-hulladék	65 300	26,1	38,1	28,9	18,9
Arundo donax (olasz nád)	87 750	24,7	42,6	24,9	18,2
Avar (vegyes eredetű) falevél	62 000	24,3	43,5	12,3	16,4
Kukoricaszár (cső nélkül)	119 100	20,1	44,1	28,6	21,6
Fűzfa (levél + vékony gally)	79 200	26,9	37,1	28,5	20,1

3. Biogáz-termelésre leginkább alkalmas növények ismertetése

Az anaerob eljárás főleg a mezőgazdasági termékek előállítására és az állattartás során keletkező szerves melléktermékek feldolgozásában játszik fontos szerepet. A kifejezetten biogáz termelésre termesztett növények nagyon ritkák, de azért némelyikük csak metánként hasznosítva is gazdaságosan termesztendő. A biológiai metánképzés segítségével szinte minden növény feldolgozható, míg pl. a nyersanyagok égetése nagyon alacsony nedvesség-tartalomhoz kötött, addig a biogáz termelés természetes nedvességtartalom mellett történik. A biogáz termelésre leginkább alkalmasak a könnyen bontható, magas szénhidrát-tartalmú növények. Például a kukorica, szilfium és a különböző évelő fűfajok silózás utáni metánhozamai közel azonosak.

A legfontosabb eredmény, amely a vizsgálatokból kiderült, hogy a megújuló energiaforrások közül a növényi eredetű biomassza az, amely szinte korlátlan mennyiségben előállítható és felhasználható. Ezt olyan tények támasztják alá, mint például az, hogy a növényi szervezeteknél hatékonyabb energia transzformációs rendszert még nem fedeztek fel, illetve belőlük szinte bármilyen típusú energiahordozó előállítható. Az alábbiakban néhány fontosabb energia növény termesztését, összetételét és energia hozamát röviden ismertetjük.

3.1. "Szarvasi-1" energiafű (*Elymus elongatus* cv.)

Internetes formában *Janowszky et al.* (2008), a nemesítők részletesen jellemzik a „Szarvasi-1” energiafűvet. Az Alföld szikes talajú területeiről illetve Közép-Ázsia arid térségeiből begyűjtött növényanyagok keresztezésével jött létre a nagy variabilitást mutató nemesítési növényanyag. Mintegy 10 évi nemesítő munka eredménye a fajtát jellemző genotípus. Évelő, bokros szálfű. Többéves, nagy tömegű gyökérzet hatol mélyen (1,8 – 2,5 m) a talajba. Szürkészöld színű szára gyéren leveles, egyenes, sima felületű, kemény 180 – 220 cm magas.

Az energiafű fontosabb agronómiai jellemzői

- Hazai és külföldi (kínai, török) vizsgálatok eredményei igazolták, hogy a "Szarvasi-1" energiatüvelő kiválóan tolerálja az évi 250 – 2000 mm vízellátottságot, az 5 – 19 °C évi átlaghőmérsékletet, valamint az 5 – 9 pH kémhatású (szikes, szódás, sós) talajokat. Szárazság-, só és fagytűrése kiváló, ökológiai toleranciája jobb, mint az erdőé.
- Gazdasági értéke, botanikai tulajdonságai (pl. mélyre hatoló gyökérszövet) alapján a földhasználati struktúra átalakítására, a termőtalaj védelmére, tulajdonságainak javítására új, perspektivikus alternatív megoldást kínál. A homoktól a szikes talaj típusig eredményesen termesztendő.
- Hosszú élettartamú, egyhelyben 10 – 15 évig is termesztendő.
- Növényi betegségekkel szemben toleráns (lisztharmat), illetve mérsékelten toleráns (barna, vörös rozsdá).
- Telepítési költsége az erdő telepítési költségének kevesebb, mint 20%-a.
- Újrahasznosítása évenként történik, szemben az erdő 20 – 70 éves, a fás-szárú energiaültetvények 5 – 8 éves vágásfordulójával.
- Termesztése, betakarítása nem igényel drága célgépeket (mint pl. az erdő esetében), az a gabonafélék illetve a szálak-takarmánynövények géprendszerével megoldható, így azok kapacitás kihasználása is tovább javítható.
- Termesztése nem jár művelési ág változással, az bármikor megszüntethető és utána más szántóföldi növénykultúra (napraforgó, kukorica, stb.) termesztendő.
- Kiváló biomelioratív növény mélyrehatoló (1,8 – 2,5 m), nagytömegű, finom textúrájú gyökérszövege révén új, alternatív növénye lehet a biológiai talajvédelemnek (erózió, defláció). Nagyfokú sőtűrés-képességénél fogva a szikes-szódás talajok rekultiválására (biológiai talajjavítás) is ajánlható.
- Szárazanyag termése a termőhelyi viszonyoktól függően 10 – 20 t/ha/év, amely meghaladja a hagyományos fafajok (tölgy, bükk, akác, nyár) évi területegységenkénti szárazanyag-termését.
Fűtőértéke 14 – 18 MJ/kg szárazanyag, amely eléri, illetve meghaladja a hazai barnaszemek, a nyár, akác, fűz fűtőértékét.
- Számos felhasználási területen helyettesítheti a fát, mint ipari alapanyagot (papír-, rost-, építőipar), ezáltal nagykiterjedésű erdők megmentésére adódik lehetőség.
- Termesztésével egy új mezőgazdasági főtermék (biogáz, energetikai, papír-, rost-, építő-, vegyipari alapanyag) jelenhet meg, új piaci távlatokat és foglalkoztatási lehetőségeket adva a mezőgazdaságnak, a vidékfejlesztési törekvéseknek.
- Növényállománya (1,8 – 2,3 m) kellemes életteret, búvó és költőhelyet biztosít az apró és nagy vadaknak, madaraknak.

A "Szarvasi-1" energiatüvelő illetve a nemesítés alatt álló további perspektivikus fajtajelöltek zöld állapotban valamint a hagyományos szarvasmarha és a híg-trágyákkal keverve jó határfokkal hasznosíthatók biogáz termelésére: 15 – 20 napig tartó rothasztási idő alatt képződött gáz mennyisége meghaladja a 0,5 m³/kg VS (betáplált) értéket. A biogáz felhasználása széleskörű, a termelése során visszamaradt anyag talajerő visszapótlásra (biotrágya) felhasználható.

3.2. Cukorcirok (*Sweet Sorghum – Sorghum bicolor L.*)

Feczák (2006) közleményében a cukorcirok termesztési körülményeit és összetételét részletesen elemzi. A cukorcirok Észak-kelet afrikai eredetű haszonnövény. Szára, amely a kukoricához hasonlóan belül szivacsos, akár 5 méter magasra is megnő. A cukorcirok önmegporzó. Silóciroknak vagy édes-ciroknak is nevezik. A két világháború között nagyobb mértékben termesztették. A II. világháború után a cukorgyártás beindulásáig a belőle kisajtolt és besűrített cukor-dús szirup helyettesítette a cukrot. Alkohol és üzemanyag is készíthető belőle. Elsősorban azonban szilázsként hasznosítva legnagyobb a jelentősége. Szárazságot jól tűri és a silókukoricánál jóval nagyobb a hozama. Termése szárazanyagban számolva általában 50 – 60 %-kal meghaladja a silókukorica termését. Ez főleg az aszályos évekre igaz. Ezt igen jól fejlett és hatékony gyökérrendszerének köszönheti, amely kb. kétszerese a kukoricáénak. A cirokfajták között, a vízigény tekintetében, azonban igen nagy különbségek vannak. Hosszabb aszályos periódus után, amikor az időjárás újra csapadékosabbra fordul a cirok regenerálódni, újítani képes. Ez pontosan azt jelenti, hogy szárazság alatt anyagcsere folyamatait képes majdnem teljesen leállítani, eső után, pedig maximálisan

újraindítani. A cukorcirok olyan területeken nő igazán jól, ahol az éves csapadékmennyiség nem csökken 350 – 400 mm alá, a növény nagyon meghálálja az öntözést is.

Jelenleg még minden cukorcirok fajta érzékeny a fagyra, nagyobb termés hozamának, illetve Közép és Észak európai intenzívebb elterjedésének csak az alacsony hőmérséklet szab határt. A legkisebb hőmérséklet, amelyet még károsodás nélkül elvisel, 7°C körüli. Az optimális növekedési tartomány 25 – 30°C fok. Gyökérrendszerének köszönhetően nagyszerűen veszi fel az ásványi tápanyagokat, ezért talaj iránti igénye nagyon szerény. Az 5 – 8,5 közötti pH tartományban nagyszerűen tolerálja a különböző sós vagy szikes talajokat. Savanyú talajok nem alkalmasak a termesztésére. A cukorcirok kezelése a vetésgörögben nagyon hasonló a kukoricáéhoz. Önmaga után, vetésváltás nélkül 2 – 3 évig is termeszthető

Az optimális termésszintek jelenleg átlagosan 22 t/ha/év szárazanyagot, és az ehhez tartozó 9 t/ha cukortartalmat irányoznak elő. Rothasztás esetében a cukortartalmú felaprított (<5 cm) szárat közvetlenül rothasztóba táplálják. A felaprított cirok szárat tárolás miatt önállóan vagy más zöldtakarmány (siló kukorica) féleségekkel együtt silózzák. A termesztésben legelterjedtebbek a Kunsági 460, Monori édes, Szc-40, Róna-4, Róna-2. A silócirok beltartalmi mutatóit - az abszolút szárazanyagra vonatkozóan – a 2.táblázat mutatja.

2.táblázat A silócirok beltartalmi mutatói

Komponens	Érték
nyers fehérje (%)	7,4 – 7,9
emészthető nyers fehérje (%)	3,3 – 4,7
nyers zsír (%)	1,9 – 2,0
nyers rost (%)	16,0 – 21,0
nyers hamu (%)	5,0 – 7,0
N-mentes kivonat	52,0 – 60,0
keményítő érték (kg/100 kg)	44,0 – 45,0

Feczák (2006) közlése alapján a silócirok fajlagos biogáztermelési adatait a 3.táblázat mutatja.

3. táblázat A silócirok fajlagos biogáztermelési adatai

A minta megnevezése	Szárazanyag, %	Biogáz termelés L/kg VS betáplált	Metántermelés L CH ₄ /kg VS betáplált	Biogáz termelés L/kg friss betáplált tömegre
cirok siló	33	299,4	185,6	94,8
cirok	28	680,8	422,1	179,2

3.3. Szilfium (*Silphium perfoliatum L.*)

Makai et al. (2009) egy új energia- és takarmány-növény nemesítéséről számol be. Az új növény az ÓVÁRI gigantR szilfium (*Silphium perfoliatum L.*), a szilfium fajba, a fészkesek (Asteraceae) családjába tartozó évelő lágyszárú növény. A szilfium az észak-amerikai préri magasabb rendű növénytársulásainak egyik meghatározó képviselője. A fajhoz több mint 30 változat tartozik, melyek Amerikában terjedtek el. Gazdasági érték, (takarmányozási érték, biotermék-hozam, méhlegelő stb.) szempontjából legértékesebbnek csak az óriás (szabdalt levelű) szilfium tekinthető, amelyet jelentős morfológiai változatosság jellemez. A napraforgóhoz hasonlóan a szilfium a XVIII. században került be Amerikából Európába. Makai és m társai feladatának tekintette, hogy olyan, nagy termőképességű, hosszú élettartamú, betegségek és kártevők ellen rezisztens szilfium fajta létrehozását, amely széles körben felhasználható takarmányozásra zölden és tartósított formában. Energianövényként nagytömegű biotermék (biogáz) előállításra, méhlegelők kialakítására, valamint a fenntartható gazdálkodást célzó területek (természetvédelem, ökológiai gazdálkodás stb.) hasznos élő szervezeteinek védelmére, a biológiai sokféleség fenntartására, növelésére is alkalmas. A növény zöld tömegét szarvasmarhák, más kérődző állatok, egyéb gazdasági állatok takarmányozására, zöld lisztek előállítására, szilázs készítésére, nagy tömegű biotermék előállítására hasznosíthatják.

Mérések szerint a fiatal ültetvényben a levél aránya eléri a 70%-ot, de a virágzás stádiumában is a takarmányozási érték szempontjából értékesebb levél részaránya 50 – 55%. E növény kiváló takarmányozási értékkel rendelkezik, a virágzás kezdeti stádiumában betakarítva értéke nem marad el a lucernától és a vörös herétől. A levél fehérjetartalma eléri a 24 – 27%-ot, a száráé 12 – 14%-ot. A fehérjében 17 aminosav található, a nélkülözhetetlen aminosavak közül a lizin eléri az összes fehérje 5 – 7%-át. A teljes értékű fehérjék mellett jelentős vitamintartalommal bír, amely lehetővé teszi zöldlisztként történő használatát a fiatal állatok, baromfik számára is. Zöldhozama a termesztés intenzitásától, termőhelyi viszonyoktól függően 90 – 140 t/ha, hektáronkénti fehérje hozama 1,7 – 3,0 t/ha, a zöldtakarmány emészthetősége 82%. A szárított növény 2% kalciumot, 0,8% foszfort tartalmaz, karotin tartalma virágzás kezdeti stádiumában 30 – 60 mg, (levelekben 50 – 100 mg). A zöld növény jelentős mennyiségű (13 – 20% sz.a.-ra átszámítva) cukrot tartalmaz, emiatt önmagában jól silózható, sőt alkalmas alacsony szénhidrát-tartalmú takarmányok kiegészítésére is. Az *ÓVÁRI gigantR óriás szilfium* kiváló ökológiai adaptáló képességgel, betegségekkel és kártevőkkel szembeni ellenállósággal rendelkezik. Jelenleg köztermesztésben lévő szilfium fajta nincs. Évelő növény, élettartama 12 – 15 év. Termesztéstechnológiájában a jelenleg meglévő nagyüzemi gépek jól használhatók.

A gyökérrendszere erősen fejlett, de viszonylagosan földfelszíninek tekinthető, a gyökérzet 85 – 90%-a 10 – 15 cm mélyen helyezkedik el a talajban, jóllehet ezek közül néhány a talaj mélyebb rétegébe is behatol. Szár: magas, 2,0 – 3,6 m, egyenesen felálló, dudva, belül szivacsos, lédús, négyszögletes, sűrű levélzettel, a közepétől elágazást fejlesztő.

A növény idegen megporzású, a megporzó rovarok nagy szerepet játszanak a termékeny magszám kialakulásában. Hektáronként akár 1,6 milliárd virágot is fejleszthet. E tulajdonsága miatt a szilfium virágzási ideje eléri, vagy meghaladja a 60 – 70 napot. A növény élettartamát sok tényező befolyásolja. A hazai és e növény kutatásával foglalkozó külföldi kutatók többségének véleménye szerint a szilfium ültetvény gazdaságos hasznosítása 12 – 15 év. Maximális terméshozamot (80 – 140 t/ha zöldhozam) a 3. és 4. évben érhetünk el.

3.4. Petemi (*Sida hermaphrodita* L. Rusby)

A petemi Észak-Amerikában őshonos a mályva félék családjába tartozó, évelő növény (*Internet 1/18; 1/19; 1/20*). A növény energiája égetéssel és biogáz-reaktorban fermentálással is felszabadítható. A petemi Lengyelországban szabadalmaztatott és az Európai Unióban törzskönyvezett energianövény, melynek hatalmas zöld tömege jelentős mennyiségű szén-dioxidot köt meg. A négy méter magasra is megnövő mályvaféle.

Ez a növény a méhészek számára új lehetőséget biztosít. A petemi egy nagyon értékes, magas fehérjetartalmú, magas mézhozamot biztosító termesztett fajta, amelyet energetikai célokra is kiválóan lehet használni. Művelhető kötött, sőt homokos talajon is, így a 12 – 14 aranykoronás földeken is igen gazdaságosan termesztendő és a többcélú felhasználási lehetősége kiváló. A telepítést követő harmadik évtől a fajta egy töből 20 – 40, télen elszáradó szárát növeszt. Az ültetvény élettartama 20 – 30 év. A petemi a fagyoknak, a szárazságnak teljesen ellenálló növény. Növekedésének első fázisában igen lassan nő és nagyon érzékeny a gyomokra; különösen igaz ez a szabadföldi vetéssel létrehozott ültetvények esetén, ezért fontos a talaj előkészítés és a megfelelő agrotechnika. A gyomok egyszerűen gyorsabban nőnek és elnyomják a fiatal növényeket. Az első évben nagyon lassan és maximum 60 – 90 cm magasságra nő, de a második évtől a 2,5 – 4 m magasságot éri el. A petemire a legnagyobb veszélyt a gyomok jelentik. Termesztésénél rendkívül fontos a termőterület megfelelő előkészítése és a gondos gyomszabályozás. Nem lehet elkezdni a gyomirtást, amíg a növények el nem érik tíz centiméteres magasságot.

A termőterület minőségétől függően 9 – 25 t száraz tömeg/ha/év/ a betakarított mennyiség, de pl. egy közepes minőségű termőföldről a második évtől kezdődően 20 t száraz tömeg/ha/év a betakarított mennyiség.

Nincs különleges éghajlatigénye, szinte minden talajtípuson megél. Első évben lassan, később intenzíven fejlődik. Erős, viszonylag mélyre nyúló főgyökér és mellégyökerek jellemzik. Az ültetés évében lassan nő, a következő évben a magassága meghaladhatja akár a négyszáz centimétert is. Virágzása júliustól szeptemberig tart, így folyamatosan betakarítható. Szaporítása történhet magról, gyökérdugványról, és palántázással is. Égetésre a kevésbé leveles, míg biogáz előállítására a levelesebb fajtákat célszerű termesztetni.

3.5. Kínai nád (*China Grass – Miscanthus Giganteous spp.*)

A kínai nádat (*Miscanthus*) eredetileg Európába, mint kerti díszfüvet hozták be, egyébként Kelet-Ázsiában őshonos (Internet 1/11; Fogarassy 2001). Nagyszámú lignin és lignocellulóz rostokat tartalmazó növény. Egyenes nádszerű szárai vékonyak, nem elágazóak, belül kemények és átmérőjük kb. 10 mm. A növény magassága az első év végére eléri a 2 métert, az utána következő években, pedig a 4 méteres magasságot. Az első évi alacsonyabb növekedés oka az, hogy a növény nagy rizómát, illetve gyökérrendszert fejleszt, amely igen intenzíven felhasználja a növény energiáit. Fűszerű levelei rendszerint cseppszerűen elnyúltak. A virágok a száron szőrt fűrtökben állnak, s a középső tengely mentén rendeződnek el.

A növekedési időszak hőmérséklete nagy hatással van a *Miscanthus* terméshozamára. Habár a *Miscanthus* a meleg klímát szereti, mégis kedvező hozamokkal termeszthető Európa szerte. Termeszthetőségének hőmérsékleti tartománya igen tág, de talán a kukorica igényeihez hasonlóak.

A különböző *Miscanthus* hibrideket a föld olyan régiói számára tenyésztették ki, ahol a téli és nyári hőmérsékletingadozás igen nagy. Ez a fejlesztő munka vezetett oda, hogy végül a növény rezisztensé kezdett válni a téli fagyokkal szemben. A növény rügyei igen vastagok, erőteljesek a növekedési csúcs körül, amelyekkel a *Miscanthus* a tavaszi fagyokat is átvészeli. Ha a hőmérséklet $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ alá megy, sajnos a rügyek és a levelek már elpusztulnak.

A kínai nád nem támaszt magas igényeket a talajjal szemben, szinte minden művelhető talajtípuson termeszthető. A homok és az agyagos homok (10% agyagtartalomig) a kedvelt talajtípusa például Dániában. A sikeres termesztés a homok vagy kemény talajokon, nagyban függ a csapadék megfelelő mennyiségétől. A legnagyobb hozamok, pedig a magas humusztartalmú, jól öntözött talajokon várhatók, ami szintén természetes.

A *Miscanthus* mélyen gyökerező növény, gyökerei több mint 1 méter mélyre hatolnak. Így előnyben részesíti a mélyen művelhető talajokat.

A talajszerkezet, szín és pH értékek is hatással vannak a kínai nád növekedési mértékére. A növény fokozott növekedési rátával jellemezhető kellően laza szerkezetű talajokban, a sötét talajok felmelegedési képessége, pedig sokkal gyorsabb. Dániai és angliai adatok az optimális növekedéshez szükséges pH tartományt 5,5 – 7,5 között állapítják meg. Bár már bebizonyosodott, hogy a magvakkal történő szaporítás a legolcsóbb, de az eljárásnak határt szab a vetőmaghoz való hozzáférhetőség. Ennek oka, hogy a legtöbb hibrid faj nem rendelkezik életképes magvakkal. A 20 – 30 Celsius hőmérséklettartomány a legoptimálisabb. Az erőteljes öntözés, illetve a sok víz okozta stressz, szintén csökkenti a fiatal növény növekedési erélyét.

Termesztés

A gyomszabályozás nagyon fontos tényező, különösen a telepítéskor és a termesztés első két évében. Ajánlott ültetés előtt a talaj teljes gyomtalanítása, megtisztítása az összes élő gyomtól. Mivel a kínai nád élő-növény, 10 – 15 évig tartják fent a növénykultúrát, nagyon fontos alapos gyomtalanítást végezni, mert a növény telepítése után nagyon nehéz gyomtalanítást végezni. A legproblémásabb gyomokká a vadzab, valamint a mezei aszat (*Cirsium arvense*) válhatnak. A kínai nád eredeti élőhelyén áldozatul eshet néhány betegségnek, de azokon a helyeken, ahová haszonnövényként telepítették be, eddig nem fertőzték meg patogén kórokozók. A *Miscanthus* ugyan már bizonyította, hogy rezisztens a kórokozókra, de mivel többféle *Miscanthus* van termesztésben Európa szerte, illetve a mediterrán régióban, nagyobb az esély arra, hogy a már ezeken a területeken „honos” betegségek megtámadják. Közép-Európában a következő betegségek jelenthetnek veszélyt a *Miscanthus*-ra: rozsdagombák, üszöggombák, peronoszpórák, anyarozs, fuzárium, alternária, botritisz, palántadőlést okozó fuzárium, rizoktónia és pythium gomba fajok.

A *Miscanthus* alacsony tápanyagigénye miatt, a talajból és a levegőből általában pótlódik a legtöbb felvett tápanyag, de a nitrogén, foszfor és kálium bevitel azért minden évben szükséges. Homokos talajon egy kis magnéziumpótlás is termésfokozó tényezőként szerepel. A legjobb időpont a tápanyagok visszapótlására a tavaszi periódus, még az új növekedési szakasz előtt, az utolsó betakarítás után. Folyékony vagy granulált műtrágyák alkalmazása a leghatékonyabb.

A víz játszik a legnagyobb szerepet a terméshozam növelésében. A növekedési időszakban, becslések szerint 600 mm csapadék szükséges a 20 tonna szárazanyag eléréséhez hektáronként. Nagyobb hozamok öntözéssel érhetőek el. Éves hozam (telj. érett áll.) 20 t/ha. A *Miscanthus* ültetvények

hozamai Németországban 11,5 – 40 tonna/ha/év, Dániában, pedig 12 – 44 tonna/ha/év közötti tartományban mozog.

A *Miscanthus* betakarítását februárban vagy márciusban végzik, de megtehető késő ősztől kora tavaszig. Ebben az időszakban a növény szárazanyag tartalma a legmagasabb, eléri a 80%-ot, illetve a tápanyagok a növényből a rizómákba vándorolnak.

A gyakorlatban már ismert kezelési eljárások a kínai nádnál is alkalmazhatók, úgymint: pelletálás, brikettálás, kévézés, bálázás és takarmánypogácsa készítés. Az eddigi eredmények szerint, betakarítás után, a kiszáritott növény korlátlan ideig elraktározható, tüzelési célra felhasználható. Száritás közben nagyon figyelni kell a nedvességtartalomra. Nagy bálákban 25% nedvességtartalom mellett, sűrűbb bálákban 18% nedvesség-tartalomnál tárolható.

A *Miscanthus* termesztésével Magyarországon Jánossomorján és Szentesen folytatnak kísérleteket. A beszámolók szerint a tapasztalatok nagyon kedvezőek.

Feldolgozás és felhasználás

A költségmegtakarítás leghatékonyabb módja, ha a növény feldolgozása és hasznosítása amennyiben lehetséges, a farmon, az előállítás helyén történik. A kínai nád felhasználásának végső célja, hogy az egész növény szilárd tüzelőanyaggá tömöríthető legyen. A tömörítés alatt a pelletálás, a brikettálás és a bálakészítés értendő. Ezek a szilárd tüzelőanyagok (energiatartalom: 18,1 MJ kg⁻¹) alkalmasak nagyobb kapacitású tüzelőberendezések üzemeltetésére is. A szilárd tüzelőanyagok elégethetők kisebb családi házak fűtő berendezéseiben, ipari termelés hő-ellátó rendszereiben, regionális és nemzeti energiaellátó erőművekben. A *Miscanthus* energianövény főleg fosszilis energiahordozók kiváltását célozza meg. E szerint 20 tonna *Miscanthus* fűtőértéke 12 tonna jó minőségű szénnel vagy 8000 liter olajjal egyenértékű. Egy tonna (száraz anyag) elégetése során pontosan 1,67 MWh energia szabadul fel. Alternatív felhasználási területekként számításba jöhetnek még a papír alapanyag, geotextil és bútoralapanyag gyártás is.

3.6. Olasz nád (*Arundo donax*)

Az *Arundo donax* (*Internet 1/15; 1/16*) mérsékelt égövi termesztésénél az egyéb lágyszárú évelő növényfajokkal szemben megállapítható, hogy az *Arundo* esetében szignifikánsan kevesebb gyomirtó szer, rovarirtó szer és műtrágya felhasználás szükséges és az öntözetlen körülmények között 20 – 40 tonna szárazanyag termelés tervezhető (észak-olaszországi adatok). Azt is megállapították az eddigi kutatások során, hogy az *Arundo donax* marginális területeken is kitűnően adaptálódik, pl. sós, túlzottan lúgos, időszakilag elárasztott talajokon, szénnel és mezőgazdasági, ipari kémiai anyagokkal szennyezett talajokon is szóba jön a biomassza termelés szempontjából. A növény életciklusa az eddigi tapasztalatok alapján 20 évnél többre tervezhető, ezen idő alatt a telepítés költségei, és a talaj-előkészítés jelenti a legnagyobb munkát, költséget. A következő években az olasz nád nem igényel talajművelést, lombja fedi a talajt, a száruk 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 hosszabban tartó szárazságot, egyúttal rendkívül sok szerves anyagot juttat a talaj mélyebb rétegeibe is, miközben lebontja a talaj különböző szerves szennyeződéseit, a gyökeret körülvevő intenzív mikrobiális aktivitás segítségével. Az *Arundo* számára kiegészítő nitrogénforrás műtrágya formájában nem, vagy csak az ültetvény életének elején szükséges, hiszen a mikrobák által megkötött légköri nitrogén az őszi és a tél folyamán feltáródik, és a gyökerekben halmozódik fel, mely a következő vegetáció időszakában mardéktalanul hasznosul. Az *Arundo donax* rendkívül mértékben ellenáll a klímaváltozásokkal szemben.

Tekintettel arra, hogy életképes magja nincs, az olasz nád nem tekinthető ún. invazív, agresszív módon terjedő, kiirihthatatlan fajnak. Az elmúlt 10 év folyamán éppen ezen a területen történt jelentősebb áttörés: az Egyesült Államok Dél-Karolinai Egyetem (University of South-Carolina, Columbia-SC), valamint a Debreceni Egyetem kutató csoportja kidolgozta a szomatikus embriogenezis segítségével történő szaporítást.

Az ipari hasznosítás előnyei

- Nagy biomassza hozam (20 – 30 száraz tonna/év, minimum 20 évig)

- A fával egyenértékű fűtőérték
- Pelletálható, brikettálható, chips, faszén készíthető belőle, keverhető alapanyag
- Kis, közepes és nagy biogáz üzemek ideális biomassza forrása

Termesztési előnyök

- Szántóföldi növénytermesztési és betakarítási technológiákkal művelhető
- Nem kíván évente talajművelést vagy újratelepítést
- Nincs ismert speciális kártevője (nem kell növényvédő szert alkalmazni)
- Gyors növekedése és termete miatt nem kell használni gyomirtó szert
- Marginális területeken is jól nő (sós, szikes, lúgos, savas talajok; jó pH tűrő)

3.7. Szudánifű (*Sudangrass; Sorghum vulgare P.v. sudanense*)

A takarmánycirok növények közül a hazai növénytermesztés elsőként a közönséges szudánifűvel ismerkedett meg. Kisebb nagyobb területeken 1925 óta termesztik Magyarországon, termőterületének növekedése 1994-óta ismét megfigyelhető.

A szudánifű (*Internet: 1/3*), mint neve is elárulja, Szudán és Etiópia sztyepp- és szavanna területeiről származik, részben innen eredeztethető nagyon jó szárazságtűrő képessége. A külső morfológiai bélyegek alapján a szudánifű a cirokfűvekhez tartozik. A szudánifű laza bugájú, vékony szárú, dús levézetű, jól bokrosodó és sarjadzó egyéves cirokváltozat. Magassága 2 – 2,5 méter. Elterjesztésében fontos szempont, hogy nagyon könnyű a különböző tulajdonságú hibridek előállítás.

A növény hőmérsékleti igénye 25 – 27 °C, ami főleg az Alföldi területeken biztosítható leginkább. A növény akkor viseli nehezebben a szárazságot, ha a hűvös időjárással párosul. A futóhomok és a sziklás talaj kivételével szinte minden talajon termesztendő. Nem érzékeny a talaj savanyúságára sem, mert 5,0 – 5,5 pH esetén is igen jó hozamokkal számolhatunk. Különösen kedvezőek a tapasztalatok szudánifűvel szikes talajokon, de a homok és erodált vályogtalajokon is nagyon jól termesztendő.

A növény, takarmányozási célra nagyon alkalmas, mert igen nagy zöldhozam mellett kitűnően sarjadzik. Tenyészideje 100 – 110 nap, ezért kétszer, sőt öntözéssel háromszor is kaszálható évente. Energetikai célra való termesztés esetében azonban csak az évi egyszeri betakarítás ajánlott, a hektáronkénti szárazanyag hozam így is meghaladhatja a 25 – 30 t/ha év hozamot. Május eleji vetés esetén a szudánifű állomány augusztusra éri el a maximális zöldtömeget, lábon illetve helyben szárítás javasolt felhasználás előtt. A szudánifű nagyon meghálálja az öntözést, aszályos idő esetén, szárbaszökéskor 60 mm-es normával öntözhetünk.

Rendkívül dús, mélyre hatoló gyökérzetükkel – amely egyben legfőbb biztosítéka szárazságtűrő képességüknek – nagymértékben igénybe veszik a talajnedvességet, ezért kiszáritják a talajt. Önmaga után, monokultúrában is termesztendő 3 – 4 évig, mint energianövény, de kellő hígtrágyázás vagy tápanyag visszapótlás szükséges.

A szudánifű hibridek potenciális termése zölden 90 – 120 t/ha, aminek kb. 20 – 30%-a szárazanyag. Gyenge adottságú, szikes vagy homokos talajokon is 40 – 80 t/ha zöldterméssel számolhatunk. Energetikai szempontból a szudánifű, mint szilárd biomassza forrás jöhet szóba. Lábon szárítás majd brikettálás, pelletálás után használható fel.

A szudánifű Magyarországon való energetikai termesztésbe vonását nem különösebben nagy termés hozama, inkább a termőhelyek iránti igénytelensége indokolja. Optimális körülmények között termesztése során igen magas biomassza tömeg nyerhető.

3.8. Csicsóka (*Topinambur; Helianthus tuberosum L.*)

A csicsóka észak-amerikai eredetű évelő növény. Rokonságban áll a napraforgóval. Erre a mérete is utal, mivel 1-től 4-méteres magasságig nőhet meg. Késő nyáron kezd virágozni, sárga virágai 4 – 8 cm átmérőjűek. A föld alatti indák szabálytalan alakú gumókkal együtt növekednek, hasonlóan a burgonyához. A különbség az, hogy a csicsóka gumóknak nagyobb a víztartalma és több a mellékgökere. A gumók összetétele 75 – 79 % víz, 2 – 3 % fehérje és 15 – 16 % szénhidrát, amelyből a fruktóz polimer, az inulin 7 – 8 %-ot tesz ki (a burgonyagumó inulin helyett keményítőt tartalmaz). A növekedési ciklus végére a szénhidrát, amely a fejlődés kezdetén nagy koncentrációban, a szárban található, transzferálódik a gumókba. A csicsóka a legnagyobb szárazanyag/hektárt produkáló növények közé tartozik.

A csicsókának nincsenek speciális környezeti igényei. A legtöbb talajtípus alkalmas csicsóka termesztésére, bár egy alapos talajvizsgálat sohasem árthat, mivel az agyagos talajok leginkább elkerülendők. Fontos szempont még, hogy a talaj kőmentes legyen, ezzel is megkönnyítve a betakarítást. A talaj pH-ja 5,5 – 7,0 között a legoptimálisabb. A növény nagyon érzékeny a fagyra, de a gumók a talajban elviselik a – 40 C° hőmérsékletet is. A csicsóka hatékonyan képes megtartani a vizet és a tápanyagokat. A kevés csapadékot, illetve a csapadékmentes periódust a növény gond nélkül elviseli, igaz nagyon erős szárazság esetén a gumó növekedése szünetelhet.

Energetikai termesztés esetében viszont a szerveztrágyázás, főként hígtrágyázás formájában nyugodtan alkalmazható, sőt ajánlott a minél magasabb inulin tartalom elérése céljából. A betegségek, amelyek megtámadhatják a csicsókát főleg a száron, és a gyökéren jelentkeznek. A leggyakrabban előforduló kórokozók a következők: Sclerotinia sclerotiarum – fehérpenészes rothadás, Puccinia helianthi – napraforgórozsa, Erysiphe cichoracearum – lisztharmat. A rekordhozamot követő évben a termés hozam már csak 50 – 60 t/ha gumómennyiségre és benne 7 t/ha inulinra csökkent. Csicsóka közelítő összetételét a 4. táblázat mutatja.

4. táblázat Csicsóka összetétele

Komponens	Érték
szénhidrátok, %	15 – 20
fehérje, %	1,2 – 2,0
zsír, %	0,2
rost, %	2,0 – 2,5
víz, %	79

A gumó betakarítását már november elején meg lehet kezdeni, s a betakarítás folyamatosan végezhető a következő év elejéig. Ez nagyon előnyös lehet, mivel lehetőséget ad a felhasználás, hasznosítás szerinti folyamatos betakarításra novembertől márciusig, kiküszöbölve a tárolási költségeket. A csicsóka betakarítása nagyon hasonló a burgonya betakarítás technológiájához, a gumók leginkább burgonyabetakarítóval szedhetők fel. A felszedést, betakarítást követően nagyon rossz viszont a gumók tárolhatósága a burgonya gumókhöz képest (Lehtomäki, 2006).

A növényi zöld massa, amelynek fűtőértéke kb. 17,5 MJ/kg száraz anyagra vonatkoztatva, használható még papír alapanyagként vagy takarmányozásra is. Megközelítőleg 8 – 10 liter etanolt lehet előállítani 100 kg csicsóka gumóból. A csicsóka gumó fajlagos biogáz termelése 595 m³/t VS. A csicsóka szár biogáz hozama, pedig 480 – 590 m³/t VS érték között változik. Az FCSM Zrt. szakaszos kísérletei (30 nap rothasztási-ido) alapján a gumóra vonatkoztatva 495 L/kg VS (betáplált) fajlagos gázfejlődést mértünk. A csicsóka szár közel annyi gázt tud fejleszteni, mint az energia-fű (Oláh, 2012).

3.9. Cukorrépa

A cukorrépa (*Beta vulgaris* subsp. *vulgaris* var. *altissima*) (a cukornád és cukorcirok mellett) a világon a legjelentősebb termesztett, cukortartalmú ipari növény. Cukorrépa a mérsékelt éghajlati övezetre jellemző, hő és csapadék igénye a cukornádhoz viszonyítva csekély.

A cukorrépa igényes szántóföldi kultúra. Eredményesen és megbízhatóan csak mély termőrétegű, középkötött, semleges, vagy enyhén lúgos kémhatású, meszet tartalmazó, jó vízgazdálkodású talajokon termesztendő. A cukorrépa káliumigényes növény. Ezért a kálium nagyon fontos tápeleme a cukorrépának. Az ismert élettani hatásán kívül a répa szárazságtűrését is fokozza, de a túlzott kálium-adagolás már káros, mert csökkenti a gyökértermést és növeli a répa hamutartalmát.

A cukorrépa mész, vagyis kalciumigényes növény. Ezért mészszegény talajokon meszezésre van szükség, ahol a kalcium nemcsak a termés mennyiségét növeli, hanem a répa minőségét is javítja. A cukorrépát a magnéziumigényes növények közé szokták sorolni. A cukorrépa káliumigényes növény. Ezért a kálium nagyon fontos tápeleme a cukorrépának. Az ismert élettani hatásán kívül a répa szárazságtűrését is fokozza, de a túlzott kálium-adagolás már káros, mert csökkenti a gyökértermést és növeli a répa hamutartalmát. A cukorrépa mész, vagyis kalciumigényes növény. Ezért mészszegény talajokon meszezésre van szükség, ahol a kalcium nemcsak a termés mennyiségét növeli, hanem a

répa minőségét is javítja. A cukorrépatest átlagos összetétele: 76% víz, 24% szárazanyag tartalom, ebből 17% répacukor, az egyéb cukor, valamint a nem-cukor anyagok mennyisége kb. 7%.

A cukorrépa az egyik legfontosabb élelmiszeripari növényünk. Jelentősége abban van, hogy a cukorrépából fontos népelelmezési termék a cukor készül. Jelentőségéhez tartozik még az is, hogy a szántóföldi növények közül a cukorrépával termelhető meg hektáronként a legtöbb energiaérték. Az utóbbi időben cukorrépának, mint az egyik legnagyobb energia tartalmú anyagnak a *jelentősége a biogáz előállítás szempontjából is megnőtt.*

A biogáz előállításnál a cukorrépa felhasználását indokolja:

- Nagy energia (biogáz) tartalom: 60 t/ha zöldhozam esetén a metán-hozama 10 000 m³/ha év értékű, ami két-, háromszorosa az egyéb energianövények energia hozamának. A répa test biogáz fejlesztéséhez hozzáadódik a beadagolt levélből származó biogáz mennyiség is.
- A cukorrépa nagy szénhidrátartalma viszonylag rövid idő (15 nap tartózkodási idő) alatt jó hatásfokkal lebontható ($\eta = 70 - 75 \%$).
- A gyors lebontás (nagy lebontási sebesség) következtében a rothasztóban 15 nappal kisebb tartózkodási idő szükséges. A cukorrépa alkalmazása esetében reaktor térfogata csökkenthető. A komplex ipari és mezőgazdasági hulladékok esetében 25 – 30 nap tartózkodási-idő szükséges. Ha a cukorrépát, mind kiegészítő szubsztrátot alkalmazunk a tartózkodási idő még ebben az esetben is csökkenthető, vagy a rendelkezésre álló reaktor térfogat a nehezebben bontható anyagok számára jobb lebontást biztosít.
- A répa betakarítása egy lépésben történik, mert a répatest levélzete szintén hasznos a biogáz előállításban. Elmarad a cukoripar számára alkalmazott répafej levágása és ezt követően a répa-test talajból történő kiemelése. A cukor gyártás céljára kialakított betakarítási módszer (egy-, két- és hárommenetes) módszerek költségesek. A biogáz-gyártás céljából termesztett cukorrépánál a több-menetes betakarítás (répafej levágása, répa-test kiszedése a talajból) elmarad, mert a répafej és zöld levél metán termelés szempontjából egyaránt hasznos, ezért a répafej levágása és külön gyűjtése fölöslegessé válik.
- A biogáz termelés esetében lecsökkenthető a szállítási költség. A mezőgazdasági kombinát, mely biogáz üzemmel és föld-területtel rendelkezik a cukorrépát saját földjén, helyben termelheti meg. Ez a szállítási költséget nagymértékben csökkenti.

Az őszi, téli időben az áram és gáztermelés növelés alapvető gazdasági cél. Ennek biztosítására – ahol az öntözéses növénytermesztés feltételei adottak – a cukorrépa a legideálisabb növény. A cukorrépa felhasználás szeptember közepétől február végéig ütemezhető egyenletesen. A fentiekben hangsúlyoztuk, hogy a cukorrépa igényes szántóföldi kultúra, ezért a biogáz előállítás céljából termelt cukorrépa esetében alapos gazdasági kalkulációt kell elvégezni abból a célból, hogy a termelés kifizetődik-e? Nyilvánvaló, hogy a cukorrépa termelés költsége (műtrágyázás, gyomtalanítás, termény betakarítás) a jól ismert energia növények termeléséhez képest lényegesen nagyobb.

3.10. Elefántfű (*Giant king grass – Napier grass; Elephant grass; Merker grass; Pennisetum purpureum*)

Az energiafűvek közül messze kiemelkedik a biometán potenciál értékével és a nagy termés átlagával az elefántfű. Az elefántfű (*Pennisetum purpureum*) természetes eredetű, Afrikából származó fű-fajta (*Internet 1/4*). Gyakran a kínai nádat is elefánt fűnek hívják a gyakorlatban. Ez az elnevezés megtévesztő. Éves szinten legalább 100 napsütéses nap és 800 mm csapadék szükséges a termesztéshez. A szárazanyag hozama a többi fű félével összehasonlítva viszonylag nagy 30 – 80 t/ha év. A fajlagos metán hozama 200 – 360 NL CH₄/kg érték között változik. Energia tartalma nagy 15 600 J/kg érték (barnaszén: 26 000 J/kg). Az elefántfű mind égetésre, mind biogáz termelésre egyaránt alkalmas. Az energia növények közül 1 ha területre számolt energia kihozatala az elefántfűnek a legnagyobb (14 000 – 18 000 m³ CH₄/ha/év). Ez a nagy érték adódik a nagy fajlagos metán hozamból és a nagy termésátlagból. Termesztő helyei: Ausztrália, Brazília, Costa Rica, San Salvador, Pakisztán, Thaiföld, Uganda. Az elefántfű termesztése elsősorban szubtrópusi és trópusi

tájakon lehetséges. A növény termesztésével Európa mérsékelt ég-övében még csak kezdeti próbálkozások történtek.

4. Az energia-növények rothasztásának feltételei

Fontosabb energia-növények termesztését és várható energia hozamát *Fogarassy* (2001; 2008) tanulmányaiban részletesen elemzi. A nagy ligno-cellulóz tartalmú növények kevésbé alkalmasak biogáz fejlesztésére. A gazdaságos *biogáz termelés legfontosabb feltétele, az egész éven át folyamatos nyersanyagellátás* a mezőgazdasági növénytermelés oldaláról, amely nehezen valósítható meg. A biogáz fejlesztés technológiája ma nagyrészt azért épül a hulladékokra, mert a gyakorlatban a kiindulási szerves-anyag mindössze 50 – 60%-ban bontható le, a többi elem visszamarad a szilárd vagy híg rothasztott anyagban. Így a biogáz-fejlesztés tulajdonképpen a hulladékhasznosítás részének tekinthető. A megtermelt biogázt a mezőgazdaság számtalan területén lehet hasznosítani, ami főleg hő- vagy villamos-energia előállításán keresztül valósul meg. Különböző helyiségek (fejőház, istálló, keltető) fűtése, melegvízellátás, terményszárítás, tejhűtés, üvegházak, fóliasátrak fűtése stb. lehetnek a felhasználás területei.

A biogáz lehetőségeit nagyban javítja, ha fűtőértékét növelik. A tisztított biogáz földgáz minőségű, robbanó motorok hajtására (benzin-dízel) is alkalmas. Így mezőgazdasági gépek, szivattyúk, a stabil géppark ellátása vagy akár személygépkocsik működtetésére is lehetséges. Egyetlen tényező gátolja csak az ilyen jellegű felhasználást, nevezetesen az, hogy a biogáz cseppfolyósításának költsége, a biogáz fajlagos üzemköltségéhez viszonyítva, annak további 50 – 60%-a. Európa biogáz termelését az elmúlt évek során bekövetkezett nagyobb arányú növekedéssel jellemezhetjük. A biogáz telepek számának szaporodása főként azzal indokolható, hogy nagyon sok állattartó telep kiegészítő egységként, anaerob biogáz-termelő berendezéseket működtet. Ezekre, telepekre jellemző, hogy nem rendelkeznek nagyobb mezőgazdasági földterülettel a telepek környékén. Így a hígrágya elhelyezésének, ártalmatlanításának a biogáz termelésben való felhasználás a legegyszerűbb módja. Ezáltal csökkenthető a telepek külső energiafogyasztása, illetve egyúttal megoldható a mezőgazdasági kombinát melléktermékeinek hasznosítása is. Az eljárás azonban nagyobb mennyiségű szerves-anyagot, cellulózt is igényel a megfelelő C:N arány beállításához. A szükséges szerves-anyagot az állattartók alacsony költséggel termeszthető, nagy hozamú növények termesztése révén szeretnék biztosítani. Ezeket tehát biogáz energianövényeknek nevezhetjük, melyek közül az energiafű, a kínainád, cirok félek, szilfium, szudánifű és az olasz nád a legjelentősebb.

A fentiek értelmében *az energia növények önálló, kizárólagos anaerob kezelése nem jöhet szóba. Az energia növények gazdaságos rothasztását a ko-fermentációs elven működő anaerob rothasztási technológia szolgálja.* A ko-fermentációs rothasztást gyakran alkalmazzák a farm-gazdaságokban, ahol szerves trágyát, mezőgazdasági feldolgozóipar hulladékait (konzerv, vágóhídi, tejipari hulladékok stb.) és a megújuló forrásokból származó növényi hulladékokat közösen rothasztják.

Mivel az energetikai hasznosítás esetén nem a hagyományos értelemben vett termék (élelmiszer vagy takarmány) előállítása a cél, ezért változnak a növényvel szemben támasztott követelmények is. Nem cél például a gabona vagy takarmánynövények esetében a minél magasabb fehérje tartalom elérése (extra nitrogén bevitellel), mivel ebben az esetben a tápérték nem elsődleges. Az energianövények növényvédelmi szükséglete is kb. 20 – 30%-kal alacsonyabb szinttel jellemezhető, mivel a végtermék jellegénél fogva, nem szükséges, hogy megfeleljen például esztétikai, vagy a további feldolgozás minőségi követelményeinek. Az energetikai növénytermesztés nagyobb mértékű bevezetése egy új korszakot jelent majd a mezőgazdaság életében, komplex termelési, felhasználási kultúra-váltást indukálva.

A mezőgazdaság energia-önellátásra való törekvése a legerősebb irányzat, mely szerint az aktuális termőterület 30 – 35%-ának felhasználása elegendő lenne a teljes mezőgazdasági energiaigény fedezésére. Ez a területnagyság elméletileg rendelkezésre áll, de mivel főleg a kedvezőtlen adottságú területek alternatív felhasználása az elsődleges cél, a gyakorlatban szinte kivitelezhetetlen. A gazdaságosságot szem előtt tartva tehát, a kitűnő adottságú területeknek nem vonhatjuk ki 35%-át energetikai alapanyag termesztésére, mivel ez által a megtermelt élelmiszerek termelési költsége nagymértékben nőne, minősége, pedig számottevően romolhatna.

Fontosabb energia-növények és néhány takarmány-növény fajlagos biometán és energia hozamának összehasonlítását az 5. táblázat mutatja be.

5.táblázat Energia-növények és néhány takarmány-növény fajlagos biometán és energia hozamának adatai

A növény megnevezése	Termésátlag szárazanyagban t/ha/év	Fajlagos CH ₄ hozam NL/kg VS	Területre vonatk. CH ₄ hozam m ³ CH ₄ /ha/év	Területre vonatk. energia-hozam MWh/ha/év	Területre vonatk. dieselolaj m ³ /ha/év	Hivatkozás
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
"Szarvasi-1" energiafű – Elymus elongatus cv.	10 – 20	310 – 350	3500 – 7000	125,5 – 251	12,9 – 25,8	<i>Internet 1/4</i> <i>Internet 1/11</i>
Árpa Barley – (Hordeum vulgare L.)	2,4 – 7,3	400	960 – 2920	34,4 – 104,7	3,5 – 10,7	<i>Internet 1/7</i>
Cukorcirok – Sweet Sorghum Sorghum bicolor L.	18 – 22	360	6480 – 7920	232,5 – 284,1	23,9 – 29,2	<i>Internet 1/11</i>
Cukorrépa Cukorrépa levél	18,75 1,87	430 – 480 400	8062 – 9000 750	289,2 – 322,8	29,7 – 33,1	<i>Internet 1/22</i> <i>Kryvoruchko et al. (2009)</i>
Csicsóka – Topinambur (Helianthus tuberosus L.)	10 – 16	370	3700 – 5920	132,7 – 212,4	13,6 – 21,8	<i>Internet 1/11</i> <i>Lehtomäki, (2006)</i>
Elefántfű – Giant King Grass Pennisetum purpureum	40 – 50	360	14 400 – 18 000	516,6 – 645,8	53 – 66,4	<i>Internet 1/4</i>
Évelő angolperje – Perennial ryegrass (Lolium perenne L.)	4 – 6	375	1500 – 2250	53,8 – 80,7	5,5 – 8,3	<i>Internet 1/6</i>
Kínai nád – Miscantus (Miscantus spp.)	12 - 16	200	2400 – 3200	86,1 – 114,8	8,8 – 11,8	<i>Internet 1/11</i>
Kukorica – Maize (Zea mays L.)	22	375	6544 – 8250	234,7 – 296,0	24,1 – 30,4	<i>Internet 1/7</i> <i>Oláh et al. (2012)</i>
Lucerna – Lucerne Medicago sativa L.	5	340	1700	60,9	6,3	<i>Internet 1/7</i>
Nádképű csenkesz – Tall fescue (Festuca arundinacea L.)	2,6 – 3,5	344	894 – 1204	32,0 – 43,1	3,3 – 4,4	<i>Internet 1/14</i>
Napraforgó – Sunflower (Helianthus annuus L.)	2,5 – 4,0	300	750 – 1200	26,9 – 43,0	2,7 – 4,4	<i>Internet 1/7</i>
Olasznád – Giant reed (Arundo donax L.)	20 – 30	273	5460 – 8190	195,8 – 293,8	20,1 – 30,2	<i>Internet 1/15</i> <i>Internet 1/16</i>
Óriás keserűfű – Giant knotweed (Polygonum sachalinensis)	5,1 – 8,7	220	1122 – 1914	40,2 – 68,6	4,1 – 7,0	<i>Internet 1/17</i>
Óvári gigantR szilfium – Cup plant Silphium perfoliatum L.	17 – 22	320	5440 - 7040	195,1 – 252,6	20,0 – 26,0	<i>Internet 1/9</i> <i>Internet 1/11</i> <i>Oláh et al. (2012)</i>
Petemi – Virginia-	12 – 30	315	3780 – 9450	135,6 – 339,0	14,0 – 34,9	<i>Internet 1/4</i>

Malve (Sida hermaphrodita L. Rusby)						<i>Internet 1/10</i> <i>Internet 1/11</i>
Szudánifű – (Sorghum Sudangrass –vulgare p.v. sudanense)	22 – 25	143 – <u>239</u>	5258 – 5975	188,6 – 214,3	19,4 – 22,0	<i>Internet 1/12</i> <i>Internet 1/13</i>
Tritkálé – Triticale (Triticosecale)	3 – 7	450	1350 – 3150	48,4 – 113,0	5,0 – 11,6	<i>Internet 1/7</i> <i>Lehtomäki, (2006)</i>
Vesszős köles – Switchgrass (Panicum virgatum L.)	8 – 20	212	1696 – 4240	60,8 – 152,1	6,2 – 15,6	<i>Internet 1/8</i> <i>Internet 1/11</i>
Zöld pántlikafű – Reed canarygrass (Phalaris arundinacea L.)	3,3 – 4,5	315 – <u>384</u>	1267 – 1728	45,4 – 62,0	4,7 – 6,4	<i>Internet 1/5</i>

Megjegyzés:

- **A területre vonatkoztatott CH₄ hozamot a (3) oszlopban aláhúzott fajlagos metán hozammal számoltuk**
- **VS – szerves-anyag**
- **Cukorrépa: 62,5 t/ha nyers termés; 30 % szárazanyaggal számolva 18,75 t/ha**

A növényi biomassza az élő növényi és növényi eredetű szerves anyag tömegegységben kifejezett mennyisége, amely a megkötött kémiai energia jelentős részét a sejtek falában elsősorban lignocellulóz formájában raktározza. A megtermelt magas szénhidrát-tartalmú (és emellett alacsony lignocellulóz-tartalmú) növényi biomasszát kitűnően lehet hasznosítani biogáz-üzemekben. Ez a lágyszárú energianövényekre, főre alapozott biogáz-termelés.

Az energia növények rothasztás előtti előkészítése

A biogáz-telepeknek – más néven zöldelőművek – egyik meghatározó gondja az alapanyagok felhasználás előtti előkészítésének hiányossága. A learatott energia növények idegen anyagokat (műanyag, kő, homok stb.) tartalmazhatnak. E problémakör orvoslására a betápláló rendszer előtt gondoskodni kell a kő-, fém-, műanyag-, homok leválasztásról és a növényi anyagok homogenizálásról. Az idegen anyagok eltávolítására hidraulikus anyagmozgatású folyamatos üzemű rendszert célszerű alkalmazni. Erre a szőlőfeldolgozásban több évtizede általánosan használt, boltozódás gátló motollával, az 1,2 g/cm³ fajsúlyútól nehezebb komponenseket le lehet választani. Az itt keletkezett alapanyag-masszát folyamatosan 30 °C fölé felmelegítve célszerű beadni a fermentorokba, a hő-sokk minimalizálása végett. A kő és fém-mentesített alapanyagok aprítására szecskázó, silózó, forgóképes, álló-lyuktárcsás szalma (szár) aprítók állnak rendelkezésére.

Az almos trágya előkészítését, szalastakarmány hulladék aprítását a felhasználás előtti célszerű 3 ± 2 cm-re felaprítani. Ez a munkaelem rendszerbe emelésével javul a takarmányhasznosítás, az alom nedvszívó képessége, a rendszer fajlagos gázkihozatala, gázminősége. Ezzel a technikával kiküszöbölhetjük az almos, szálas trágyáknak a rothasztásánál (keverés, dugulás) okozó üzemelési gondokat.

Összefoglalás

A bioenergia az elsődleges növényi szervezetek biomassájából, anyagcsere termékeiből kinyerhető kémiai energia, amely a Nap sugárzó energiájából a fotoszintézis folyamatában (illetve kemoszintézis során) képződik.

Az új struktúrában, az élelmiszer-ipari célokra termelt növények melléktermékei mellett, a *főtermékként termesztett energetikai növényekből* származó alapanyagok képezhetik a mezőgazdasági eredetű megújuló energiahordozók bázisát. A mezőgazdasági struktúraváltás legfontosabb kérdése, hogy energetikai hasznosításra a hagyományos termesztésből mekkora terület és milyen módon vonható ki, illetve ezen a termőterületen milyen energianövények termesztése javasolható. A szakemberek véleménye szerint energetikai növénytermesztés (energia növények és energetikai célra termelt takarmány-növények) az összes mezőgazdasági terület 30%-án megvalósítható lenne. Az

elfogadható mennyiségű, gazdaságos biogáz termelés legfontosabb feltétele, az egész éven át folyamatos nyersanyagellátás a mezőgazdasági növénytermelés oldaláról nehezen valósítható meg. Tehát az energia-növényeket más komplex tápanyag-tartalommal rendelkező hulladékokkal (konzervgyári, tej-ipari, hús ipari, szeszipari hulladékok stb.) közösen kell rothasztani.

A biogáz termelésre leginkább olyan energianövény alkalmas, amely igen gyorsan nő és sejtfal anyagai között az energiában gazdag ligno-cellulóz arány viszonylag kicsiny. Magyarországon a magas energiatartalmú biomasszát képző energia növények közül kiemelendő az energiafű (*Agropyron elongatum*), a cukorcirok (*Sweet Sorghum*), a szilfium (*Silphium perfoliatum*), a kínainád (*Miscanthus sp.*) és a petemi (*Sida hermaphrodita*). Az energetikai célra termelt takarmány-növényeknél szóba jöhet a cukorrépa (*Beta vulgaris* subsp. *vulgaris* var. *altissima*), a csicsóka (*Helianthus tuberosus L.*) és a kukorica (*Zea mays L.*) A felsorolt energia növények és takarmány-növények termesztésével kapcsolatban hazánkban kísérleti és üzemi tapasztalatok rendelkezésre állnak.

A szakirodalomban megjelent adatok között sokszor nagy az ellentmondás, nem ritka az olyan adat, amikor egy hivatkozás egy energia-növény biometán hozamára irreálisan nagy vagy kicsiny értéket közöl. Hasonló ellentmondás tapasztalható a termés hozamokat illetően is. Ez tény még elfogadható azzal az indoklással, hogy a termőföld minősége és az agrotechnika európai viszonylatban is nagyon eltérő lehet.

Egy adott energianövényenél a területre vonatkoztatott CH₄ hozamnak 5000 m³ CH₄/ha/év érték felett kell lennie ahhoz, hogy érdemes legyen annak termesztéséről gondolkodni.

Irodalom

Fogarassy, Cs. (2008): Internet: Energianövények a szántóföldön. Gödöllő, Szent István Egyetem Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar. Agrár- és Regionális Gazdasági Intézet
http://www.bitesz.hu/index.php?option=com_content&task=view&id=240&Itemid=338
<http://www.bitesz.hu/energianovenyek/energianovenyek-a-szantofoldon.html>

Fogarassy, Cs. (2001) Energianövények a szántóföldön. Tudományos Szakkönyv. EUTK Gödöllő, 2001 ISBN 963 9256471

Feczák, J. (2006): Cirokfélék, mint takarmány- és ipari növények az alternatív energiahasznosításban. IX. Biomassza Konferencia, Sopron, 2006. március 2. <http://www.nyme.hu/index.php?id=3526>

Internet 1/1: http://www.bio-genezis.hu/letoltes/MegujuloE_BG.pdf Barta, I: Az agrár-környezetvédelemben rejlő megújuló energiaforrások

Internet 1/2:

<https://www.google.hu/search?q=meg%C3%BAjul%C3%B3+energiaforr%C3%A1sok+magyarorsz%C3%A1gon&tbn=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=4S7EUsOWOMGoyOPTtoCIBQ&ved=0CDYQsAQ&biw=1280&bih=830> Hajdú, J.: A bioenergia előállításának és hasznosításának műszaki és gazdasági kérdései. FVM Mezőgazdasági Gépesítési Intézet, Gödöllő

Internet 1/3: <http://agrinet.gportal.hu/gindex.php?pg=642206&nid=142338>

Internet 1/4:

http://www.crpa.it/media/documents/crpa_www/progetti/seq-cure/documentazione/area-riservata/uellendahl_vadswec.pdf

Internet 1/5:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23334024>

Internet 1/6:

http://www.egf2011.at/files/pubs/377_techow.pdf

Internet 1/7:

http://www.iea-biogas.net/files/daten-redaktion/download/publications/workshop/5/salter_contribution_berlin07.pdf

Internet 1/8:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21963901>

Internet 1/9:

http://books.google.hu/books?id=BWUiAQAAQBAJ&pg=PA212&lpg=PA212&dq=methane+yield+of+silphium+perfoliatum+l&source=bl&ots=UQZckaYvRc&sig=PrtUvSqO8l-4USgXy4_SREmNXsI&hl=hu&sa=X&ei

Internet 1/10:

<http://www.duesse.de/znr/pdfs/2012/2012-06-14-energiepflanzen-03.pdf>

Internet 1/11: http://www.aelf-nd.bayern.de/laendlicher_raum/linkurl_1.pdf:

Internet 1/12:

http://www.en.esbjerg.aau.dk/digitalAssets/80/80448_energycrop_def_low_res.pdf

Internet 1/13:

http://www.cropgen.soton.ac.uk/publications/8%20Other/Oth_27_FCES2007%20paper_Paavola.pdf

Internet 1/14:

https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/hankkeet/bionurmi/julkaisut/Sepp%C3%A4%C3%A4_EGF%202013_BMP%20harvested%20at%20different%20stages%20of%20maturity.pdf

Internet 1/15:

http://www.sisnir.org/CARE%20et%20al._NIR%202013.pdf

Internet 1/16:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852413012352>

Internet 1/17:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852413012352>

Internet 1/18:

Ust'ak, S. (2008): Anbau und Verwertungsmöglichkeiten von *Sida hermaphrodita* in der Tschechischen Republik. Praxisempfehlungen.

http://www.rekulta.org/fileadmin/downloads/Ziel3-Projektstatus/Publikationen/SIDA_eng%C3%BCltig.pdf

Internet 1/19:

Új energianövény: Petemi (2009)

<http://www.agroinform.com/aktualis/Lapszemle-Uj-energianoveny-Petemi/20091114-10258/>

Internet 1/20:

PETEMI. ÚJ ENERGIANÖVÉNY MAGYARORSZÁGON (2009):

http://hirposta.hu/cikk/1826125/Uj_energianoveny_Magyarorszagon/

Internet 1/21:

Janowszky et al. (2008) "*Szarvasi-1*" energiafű

(<http://www.talaj.hu/vgy2008/3-3vgy2008.pdf>)

(<http://www.energiafu.hu/energia.html>)

Internet 1/22:

http://www.betaitalia.it/UploadedFiles/news/PRODUCTION_OF_METHANE_FROM_SUGAR_BEET.pdf
19nd European Biomass Conference and Exhibition – Berlin (DE), June 6 – 10, 2011. Production of Methane from Sugar Beet

Kryvoruchko, V. – Machmüller, A. – Bodiroza, V. – Amon, B. – Amon, T. (2009): Anaerobic digestion of by-products of sugar beet and starch potato processing, Biomass and Bioenergy 33, 4, April, 620 - 627

Lehtomäki, A. (2006): Biogas Production from Energy Crops and Crop Residues JYVÄSKYLÄ STUDIES IN BIOLOGICAL AND ENVIRONMENTAL SCIENCE 163 A. Lehtomäki, Department of Biological and Environmental Science, University of Jyväskylä, P.O. Boks 35, FI-40014 University of Jyväskylä, Finland

Makai et al. (2009): szilfium (<http://www.mezohir.hu/2009-09/036.html>)

Malherbe, S., - Cloete, T.E. (2002): Lignocellulose biodegradation: Fundamentals and applications. Reviews in Environmental Science and Biotechnology, Volume 1/2002, 105 – 114

Oláh, J. – Palkó, Gy. – Rása, G. (2012): Cellulóztartalmú hulladékok és energianövények rothasztása, Magyar Energetika, 3, 38 – 43