

2.4 | „Energianövények” termesztése és hasznosítása

Tárgyszavak: biomassza; „energiatermesztés”; energianövény; műtrágya; emissziók; gazdaságosság; energiamérleg.

Biomassza és energiatermesztés

Az „energiatermesztés” (energy farming) a földművelés energiatermelésre optimált formája, amely jelentős fejlődés előtt áll

- a területre vonatkoztatott termelékenység,
- az energiamérleg és az ezzel összefüggő
- gazdaságosság

terén. A maximális energiatermelés mint új növénynevelési cél már rövid távon jó eredményt ígér.

A politikailag (is) erősen támogatott megújuló energiák közül a viszonylag olcsó, környezetkímélő és társadalmilag elfogadható biomassza különös figyelmet érdemel mint a „megújuló” minősítésre leginkább rászolgáló energiahordozó. A biomassza a napenergia egy sajátos formájának tekinthető, amely a növényben mint erőműben tárolhatóvá vált.

Az olcsó kőolaj a biomassza energetikai hasznosítását ez idáig jórészt növényi hulladékokra korlátozta. A jövőben a hulladékhasznosítás megmarad ugyan, de az energiaellátásban csak kis mértékben vesz majd részt, mivel a növényi hulladékok mennyisége nem elég a nagyipari energiatermeléshez.

Energiahordozók (pl. repceolaj, etanol) termelése hagyományos terményekből csak kettős központi támogatással

- a vetéskor, a parlaghasznosítás premizálásával, ill. kompenzációval és
- a termelt üzemanyag adómentesítésével

lehet gazdaságos. A jövő alternatívája a „földművelő energiatermelés” (energy farming), amennyiben a rendszer maximális energiahozamra úgy optimalizálható, hogy már nem vagy csak minimális mértékben igényeljen támogatást.

Az energy farming a földművelésben döntő paradigmaváltást kíván, amelyet a hektáronkénti vagy évenkénti maximális energiahozam és a minél pozitívabb energiamérleg jellemez. A maximális energiahozam (amely összefügg a szárazanyag-hozammal) teljesen új nevelési cél. A növények programja ugyanis nem minél több anyag, hanem a faj fenntartása ér-

dekében magok, ill. szaporítóanyag termelése. A haszonnövényeknek sem teljes tömegét, hanem termékét vagy tárolószervét takarítják le.

Energianövények

Az energetikai hasznosítás céljából termesztett, ún. energianövényeket – amelyek lehetnek fák, gabona-, fűféle, olajos magvakat termő és egyéb haszonnövények – a minél nagyobb energianyereség érdekében átalakítják, ami a következő folyamatok egyikével történhet:

- alkoholos erjedés (etanol mint üzemanyag gyártása)
- anaerob fermentálás (pirolízis, biogáztermelés),
- a növényi olajok észterezése, dízelüzemanyaggá alakítása,
- a gyorsan növekvő energiafák hasznosítása tüzelőként.

Az energianövények egyaránt hozzájárulnak

- az üveghatású gázkibocsátás csökkenéséhez és
- a gazdálkodó jövedelmének stabilizálásához.

Az energianövények, amelyeket az élelmiszertermeléshez nélkülözhető területeken termesztenek, középtávon a biomasszából nyert energia egyharmadát szolgáltatathatják. Hosszabb távon azonban csak akkor van esélyük, ha sem termesztésük, sem hasznosításuk nem jár együtt elfogadhatatlan környezetterheléssel, és a területegységre számított nettó energianyereség elég nagy.

Az energianövényekkel szembeni követelmények:

- az egész növény (nemcsak kitüntetett részek) hasznosítási lehetősége,
- az egész évi napfényintenzitás kihasználása, vagyis erőteljes vegetatív fejlődés nyáron, sőt még késő nyáron is (amikorra a tömegtermelésű haszonnövényeket már le is aratták),
- begyűjtés a vegetatív fejlődés lezárulása után és az ún. generatív (magérlelő) szakasz kezdete előtt,
- csekély műtrágya- és növényvédőszer-igény, ami az energiamérleg javítása mellett a tapasztalatok szerint stabilabb hozammal jár együtt.

Új művelésmódok

Az energiatermelő földművelés keretében ki fognak fejlődni különféle a talajfajta, a hőmérséklet és a csapadékmennyiséghez igazodó termesztési módszerek több növényfaj felhasználásával és már a kezdeti kísérletekben alkalmazott intenzitásbeli fokozatokkal, pl.:

- kétféle energianövény vetése évi két betakarítással,
- monokultúra, pl. energiakukorica,
- korán leartható főtermény, pl. téli árpa után olajos növények (mustár, repce, takarmányrépa) vetése,
- elképzelhető évelő növények termesztése is, ha a növényi energiatermelés gyengébb hozamú területeken is gazdaságosnak bizonyul.

A kukorica mint kitüntetett energianövény

A kukoricát energianövényként való felhasználásra több sajátossága teszi kivételesen alkalmassá

- genetikai változatossága módot ad a hibridek széles spektrumának ki-tenyésztésére,
- mint ún. C4 szénanyagcseréjű növény a meleg és nagy fényintenzitá-sú nyári hónapokban fokozza fotoszintézisének hatékonyságát, ezáltal más haszonnövényeknél, (az ún. C3-növényeknél) több szárazanyagot termel kisebb vízigény mellett,
- dél-amerikai tenyészanyag génjének hatására európai viszonyok közt elhúzódik a belépés a generatív szakaszba, ami a biomassza-növekedésnek kedvez a termés (a csövek) rovására
- a közép-európai standard kukoricák hidegtűrése bevihető az olasz vagy dél-amerikai későn érő változatokba, ami jobb tápanyag-beépülést eredményez.

Az ismert haszonnövények a besugárzott energiának csupán 1%-át hasznosítják, amit a mai ismeretek és becslések alapján kétszeresre lehet nö-velni (1. ábra). Az energiahozamra optimált kukoricával pl. várhatóan el lehet majd érni hektáronként 30 t szárazanyagot, ami 15 000 l fűtőolajnak felel meg (1. táblázat).

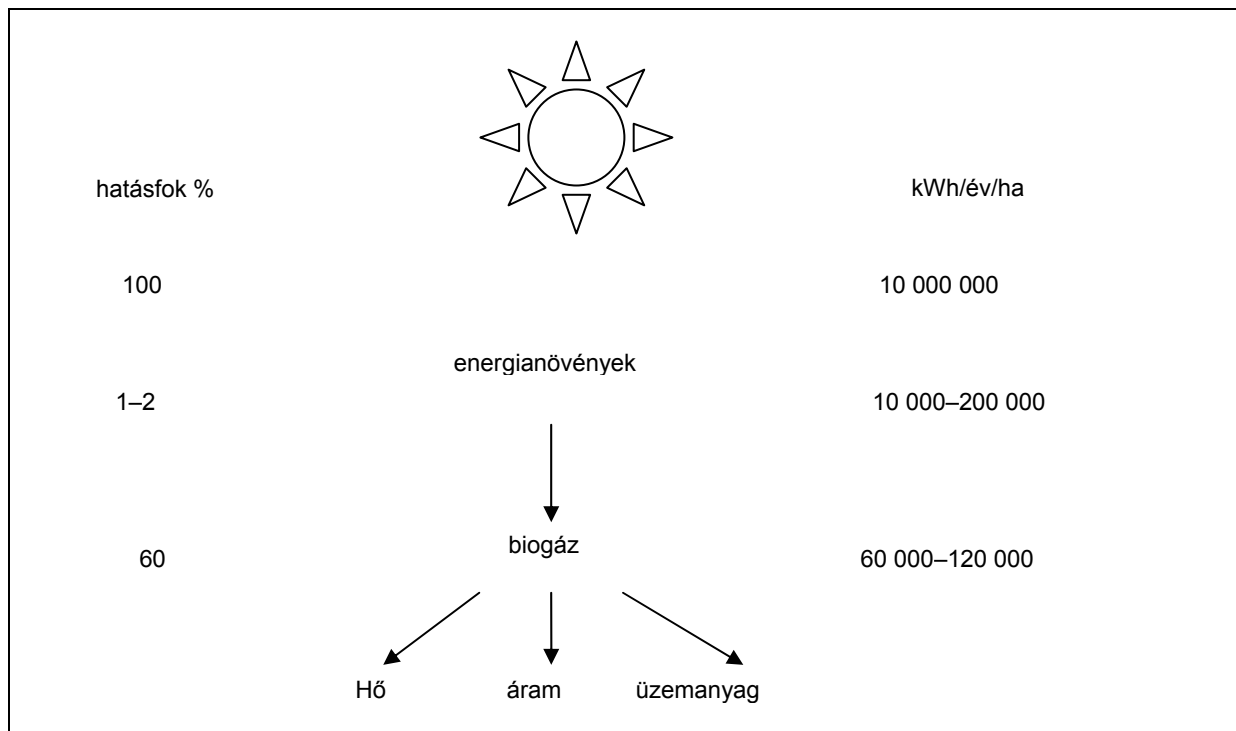
1. táblázat

A haszon- és energianövény-termesztés (becsült) mutatói

Mezőgazdasági termelés	Téli repce	Gabona	Cukorrépa	Energiakukorica
Hozam, t/ha	35	70	600	1000 (30% szárazanyag)
Ár, E/t	22	10	4,50	1
Terményköltség, E/ha	770	700	2100	1000
A termelő bevétele (+ területi segély), E	1095	1025	2100	1325
Output konverzió után				
Nyersanyag-szükséglet	2,9 kg/l olaj	2,8 kg/l etanol	10 kg/l etanol	5,3 kg/m ³ biogáz
Termelés	1200 l olaj	2500 l etanol	6000 l etanol	1900 m ³ biogáz
kWh/ha	10 500	15 000	36 000	10 500
Nyersanyag-költség	7,4 cent	4,7 cent	5,8 cent	0,95 cent

1 l etanol megfelel 21,15 MJ= 6,0 kWh energiának

1 t kukorica megfelel 190 m³ biogáznak; 1 m³ biogáz megfelel 5,5 kWh energiának



1. ábra Biomasszából nyerhető energiahozamok

Gazdaságosság

A növényi energetika gazdaságosságát az energiamérleg dönti el, vagyis a ráfordított energia (földmunkák, trágyázás, betakarítás, szállítás, feldolgozás) és a fogyasztói használatra alkalmas kinyert energia aránya, amelynek elsőrendű befolyásoló tényezője maga a terméshozam, mivel ez arányosan növeli az outputot, az input lényegi megváltoztatása nélkül.

Az eredményes energetikai növénytermesztéshez a konverziót is optimalni kell, hogy a biomasszában tárolt napenergiából minél több hasznosuljon. A biogázfermentorban lejátszódó erjedés alkalmával a növényi anyag energiájának lényeges részét metán formájában vonják ki, a megmaradt tápanyagokkal pedig gond nélkül trágyázhatók azok a földek, amelyekről a növényt begyűjtötték. Ez a zárt tápanyagciklus döntő módon csökkenti a szükséges talajerőpótlás költségét.

Az intenzív gabonatermesztés energiabevitelének %-os megoszlása:

- talajmegmunkálás 10%,
- vetőmag és vetés 5%,
- műtrágya 55%,
- növényvédelem 5%,
- aratás, a szalma begyűjtése 25%

jól példázza a kiemelkedő műtrágyaszükségletet, különösen ha – mint az energetikai termelésnél – a megnövelt hozam sok tápanyagot von ki a földből.

Energianövények értéke tüzelőként

Németország megművelt földjeinek 10%-án energianövényeket telepítve a technika jelenlegi szintjén évente 11 M t kőolajegyenértéknek megfelelő tüzelőanyagot lehetne előállítani, ami az ország jelenlegi primerenergia-szükségletének 2,5%-át és üzemanyag-fogyasztásának kb. 20%-át fedezné. Biomasszával tehát nem elégíthető ki a jövő energiaigénye, de figyelembe véve az EU keleti bővítésével járó területgyarapodást és a fejlődő országokba exportálható technológiákat, az energy farming jelentősége is növekedhet.

A német agrárszektor három kutatóintézetének szakemberei többéves (1994–2001) program keretében vizsgálták különféle, tüzelésre alkalmas növények termesztésének energetikai hatékonyságát.

A vizsgált, homokos, gyengén humuszos talajú terület éghajlatára jellemző az évi 9,4 °C-os középhőmérséklet és évi átlagban 552 mm csapadék. A termesztési kísérletek céljára a területet felosztották tíz 0,25 hektáros parcellákra, és ezek mindegyikét négy különbözőképpen előkészített 625 m²-es részre:

- A – alapozó műtrágyázáson kívül 150 kg N/ha,
- B-C – fa- és szalmahamu, 75 kg N/ha,
- D – műtrágyázás nélkül.

Az erősen trágyázott területeken a lágyszárú növények közül a kender adta a legnagyobb szálas hozamot mindegyik talajon, mégpedig a legerősebb műtrágyázás (A) esetén folyamatosan. B és C trágyázással a periódus végére mindenből átlagosan 7%-kal, trágyázás nélkül a 8. évben 40–80%-ra csökkentek a hozamok.

A gyorsan növekvő fák hozamát a trágyázásnál jobban befolyásolja az aljnövényzet és az állomány kora. Ez a tapasztalat megegyezik korábbi szakirodalmi megállapításokkal, amelyek szerint a nyárfa eredetileg jól ellátott szántóföldeken az első években nem igényel trágyázást, továbbá hogy az aljnövényzet mint víz- és tápanyagverseny társ az első nyolc év alatt 10–35%-os hozamvesztést okoz (2. táblázat).

A nettó energiatermelés (az energianyereség) egyenlő a kinyerhető és a felhasznált energia különbségével. Az energiahozamot a növény víztartalma, fűtőértéke és természetesen a terményhozam határozza meg. Nettó értéke a jó minőségű energianövényeknél 97–178 GJ/ha.év.

A növények nitrogéntartalma széles határok: 0,4 és 1,9% között változik (2. ábra). Az eredményekből felállítható és regressziós elemzéssel igazolható az összefüggés a trágyázás és a N-tartalom között. Eszerint a talajhoz adott 150 kg/ha nitrogén, a fajtától függően 0,1–0,3%-os nitrogéntartalom-növekedést idéz elő. Ugyanez az adag a növény elégetésekor 45 mg/m³-rel növeli az NO_x-emisszió mennyiségét, ami a 400 mg/m³-es határértéket tekintve, nem jelentéktelen. Egy 2000. évi közleményből az is kiderül, hogy ugyanilyen mértékű nitrogéntrágyázás hatására a talajból kiszabaduló dinitrogén-oxid (N₂O) évi többlete elérheti a 100 mg/m²-t, s ez az energianövények termelésének és hasznosításának tulajdonítható összes, klimatikus gázkibocsátás 10–40%-a.

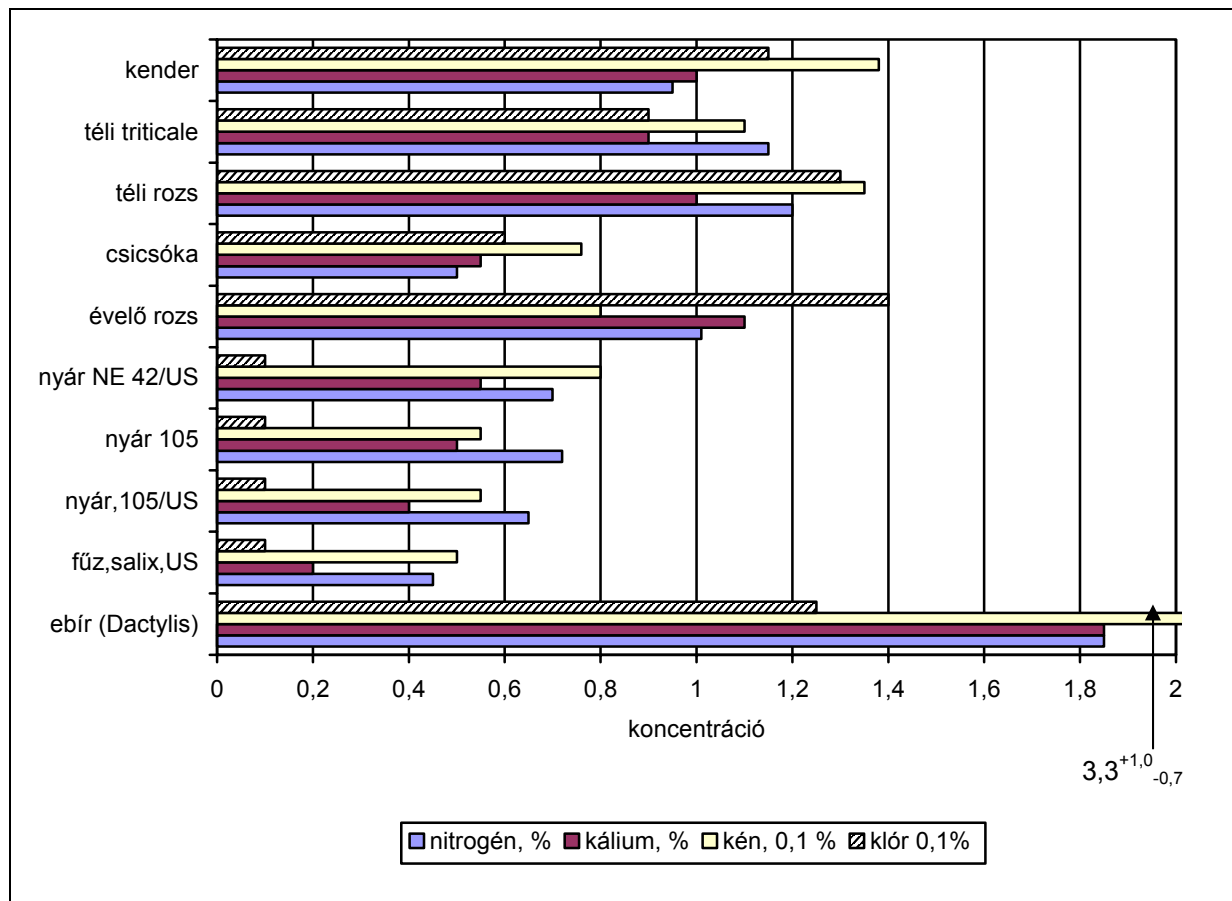
2. táblázat

Energianövények átlagos hozama és nettó energiatermelése
1994 és 2001 között

Növényfaj	Száranyag, t/ha-év				Energia, GJ/ha-év**)			
	A	B	C	D	A	B	C	D
Ebír (Dactylis)	8,36	7,65	7,68	5,93	128	121	122	97
Fűz*), Salix21	7,24	6,86	6,87	5,19	116	114	114	89
Nyár*), Japán 105	6,85	6,87	7,59	6,43	109	114	127	111
Nyár, Japán 105	10,26	9,56	9,55	9,95	168	161	161	172
Nyár, NE42	4,88	6,16	6,74	6,18	75	102	112	106
Évelő rozs	8,52	8,03	7,36	6,06	136	132	120	103
Csicsóka	4,19	4,14	3,89	3,26	59	62	58	53
Kender	11,22	10,54	10,04	8,92	178	171	162	148
Téli rozs	8,92	8,53	8,09	7,03	140	138	131	117
Téli triticale	8,87	8,74	8,66	6,69	139	142	141	111

*) Fű mint aljnövény

***) A szásas termények víztartalma 15, a fáié 30%



2. ábra Környeztkárosító anyagok átlagos koncentrációja
energianövényekben

A fűfélék káliumtartalma meghaladhatja a 0,9%-ot, a fáké nem éri el a 0,5%-ot. Elégetéskor a kálium korróziót és fokozott salakképződést okoz. Aránya a növényben tükrözi a talaj K-tartalmát. Ugyanez a trágyázástól való függés érvényes a két, részben igen mérgező vegyületet képző mikrotápanyag, a kén és a klór közül a kénre, ill. a növények kéntartalmára.

A nehézfémek egy csoportja – kadmium, réz, ólom és cink – energiafüggő immisziók és trágyázás útján halmozódhat fel a talajban és a növényekben. A szuperfoszfát műtrágyában található kadmium, amely különösen ártalmas az emberi egészségre, viszonylag nagy – 1 kg szárazanyagra számítva 1,2–2,2 mg-os – mennyiségben jut a nyírfa és a fűzfa szöveteibe, a gabonafélékben koncentrációja csak 0,03–0,08 mg/kg.

A kísérleti eredményekből megállapítható, hogy energianövényeket homokos talajon természetve, a műtrágyázás tetemesen csökkenthető, növényvédő szerekre pedig nincs is szükség. A talajba juttatott nitrogén csökkentése 150-ről 75 kgN/ha-ra kevéssé befolyásolja a hozamot, amely trágyázás nélkül folyamatosan, 8 év alatt a hektáronkénti 150 kg-os nitrogénadagolásnak megfelelő mennyiség 40-80%-ára csökken. Kivételt csak a „japán 105” jelű nyárfa képez, amely nitrogén-műtrágyázás nélkül is sok biomasszát termel.

150 kg/ha nitrogénnel trágyázni tehát sem ökológiai, sem gazdasági szempontból nem érdemes, mivel 75 kg/ha mennyiséggel is nagy energianyereséget lehet elérni. A csicsóka és az aljnövényzeten növő fák kivételével a nettó energiatermelés kisebb nitrogénbevitellel is eléri a hektáronkénti és évenkénti 3200–4500 l kőolaj-egyenértéket.

A nyár- és fűzfafajták maximálisan 0,7% N-, 0,4% K-, 0,08% S- és 0,01% Cl-tartalmukkal azon energianövények közé tartoznak, amelyek

- elégetve a legcsekélyebb emissziókat okozzák, ugyanakkor
- nehézfémeket, főként kadmiumot nagymértékben képesek felhalmozni.

Mivel a nehézfémek a füstszűrő hamujában összegyűlnek, a fák elégetése jelentős hozzájárulás a talaj dekontaminálásához. Kedvező a fák téli betakarítása is, mégpedig 2 és 10 év között szabadon választható intervallumokkal, valamint (Nyugat-Európában) a támogatott telepítés parlagon hagyott területeken. A fák mint energianövények legnagyobb előnye mégis az, hogy felhasználásukhoz bevált, csökkentett emissziójú tüzeléstechnikák állnak rendelkezésre.

(Dr. Boros Tiborné)

Scholz, V., Krüger, K.: Umweltverträgliche und energieeffiziente Energiepflanzenproduktion. = VDI-MEG 2002. p. 227–232.

Kesten, E.: Energiefarming – Neue Aufgaben für die Pflanzenzüchtung. = VDI-Berichte 2003. 1751. sz. p. 81–90.

Londo, M.; Vleeshouwers, L.; Dekker, J.; de Graaf, H.: Energy farming in Dutch desiccation abatement areas: yields and benefits compared to grass cultivation. = Biomass and Bioenergy, 20. k. 5. sz. 2001. p. 337–350.