

Dr. Kastori Rudolf*

A mezőgazdasági biomassza fűtőanyagként történő hasznosításának agroökológiai vonatkozásai

- Nem minden arany, ami fénylik -

Bevezető

Az a múlt század 70-es éveiben az energiaválság hatására több országban felmerült gondolat, hogy a biomassza – a növénytermelési melléktermékek – erőforrásként hasznosíthatók, ma már világszerte eljutott a megvalósításig. A megújuló erőforrások (biomassza, szélenergia, vízenergia, napenergia) környezetkímélő tulajdonságuknál fogva számos abból fakadó problémát megoldanak, hogy a nem megújítható erőforrásokat (szén, kőolaj, földgáz) pótolnunk kell. Amint tervszerűen kezdtek foglalkozni a biomassza energiaforrásként való hasznosíthatóságával, egyértelművé vált, hogy a megújítható erőforrások megújulása nem automatikus folyamat. A mezőgazdaság teljesítőképessége sem korlátlan. A biomassza megújíthatóságának feltételeit csak tudatos erőforrás-gazdálkodással lehet megteremteni. Ezt bizonyítják az utóbbi időben tapasztalható negatív jelenségek – pl. a termőföld erodálódása, a szikesedés, a sivatagosodás, a talajok savanyosodása, szennyeződése stb. –, amelyek nagy része a termőföld kizsárolásának következménye, s mint ilyenek, közvetlenül visszahatnak a mezőgazdasági termelésre.

A biomasszából (mezőgazdasági melléktermékek, energianövények, erdei termékek, faipari melléktermékek, a mezőgazdasági művelés alól kivont területek fűtermése, állati eredetű melléktermékek, algák, szerves hulladék, kukorica stb.) különböző technológiai eljárásokkal (bioetanol, biodízel, biogáz) nyerhetünk energiát (Loo és Koppejan 2002, Track és Michels 2008). A legegyszerűbb, ha a növényi maradványokból pellet vagy brikett készül (Brkić 1998). Ezek jól bevált tüzelőanyagok. A Vajdaságban 1981-ben kezdték a biomasszát nagyobb mér-

* *Dr. Kastori Rudolf akadémikus, a Vajdasági Tudományos és Művészeti Akadémia rendes tagja, a Magyar Tudományos Akadémia külső tagja, nyugalmazott egyetemi tanár, Újvidéki Egyetem, Mezőgazdasági Kar, Újvidék*

tékben hőenergiává átalakítani, elsősorban a mezőgazdasági melléktermékek (szalma, kukoricaszár stb.) közvetlen elégetése révén (Martinov et al. 2005, Brkić és Martinov 2006).

A továbbiakban igyekezünk rámutatni a mezőgazdasági melléktermékek fűtőanyagként való közvetlen elégetésének agroökológiai vonatkozásaira.

A mezőgazdasági melléktermékek agroökológiai jelentősége

Az utóbbi időben számos afirmatív tanulmány jelent meg a mezőgazdasági melléktermékeknek, elsősorban a szalmának fűtőanyagként való gazdaságos felhasználásáról (Oberberger et al., 1995, Jovanović és Kiš, 2004). A probléma technikai megoldása manapság nem jelent nagyobb gondot. Gazdaságossága viszont a mai árviszonyok mellett vitathatatlan, hiszen a mezőgazdasági mellékterményeket jobbra értéktelen hulladéknak tekintjük, ezek szerint nincs, vagy ha igen, akkor is csak meglehetősen alacsony az áruk (szállítási költségek, brikett, pellet előállítás). Ez azonban agroökológiai szempontból az esetek többségében nem felel meg a valóságnak, éspedig több okból kifolyólag.

A mezőgazdasági melléktermékek az agroökoszisztémának, a termőtalaj szervesanyag-forgalmának fontos elemei. A talajba kerülő természetes szerves anyag lebontása, humifikálódása fontos folyamata a talaj humusz- és tápanyagháztartásának, egyben az elhalt szerves maradványok, hulladékok feldolgozásának, ártalmatlanításának is. A természetes agroökoszisztémában a szerves anyag körforgása zárt rendszert alkot. A tenyészidejüket befejező növények elhalt részei a talajba kerülnek, ott elbomlanak, gyarapítva a talaj szerves- és tápanyagtartalmát. Az agroökoszisztémában az emberi beavatkozás következtében a szerves anyag körforgása részben vagy teljesen megszakad, attól függően, hogy a termelő csak a főterményt gyűjti be és hasznosítja, vagy a mellékterményt is. A talajban csak a gyökérmaradványok maradnak, melyek rendszerint nem képeznek nagyobb tömeget, tehát nem gyarapítják lényegesen a talaj szervesanyag-tartalmát. Az intenzív mezőgazdasági termelés csökkentő hatással van a talaj szervesanyag-készletére. Manapság a szerves anyagok mennyisége, minősége, a szervesanyag-gazdálkodás színvonala a termelés kulcskérdésévé vált, mert csak jó minőségű humuszanyagokkal lehet a talaj tartós szerkezetét, akadálytalan víz- és tápanyag-

szolgáltató képességét, fiziológiai hatását, energia-felhalmozó szerepét, környezetvédelmi kapacitását, kompenzáló képességét létrehozni és fenntartani. Megfelelő nitrogén-kiegészítéssel a talajba dolgozott szármaradványok jelentős mértékben javítják a talajok szervesanyag-gazdálkodását, és bizonyos határok között képesek pótolni az istállótrágyának a talaj termékenységére gyakorolt kedvező hatását (Hooker et al., 1982, Lazányi 2002).

A talaj tápanyagtartalma könnyen módosítható műtrágyák használatával, de szervesanyag-tartalma nem befolyásolható, vagy ha igen, akkor csak elenyésző mértékben. Eszerint a talaj szervesanyag-tartalmának létrehozása és fenntartása érdekében elengedhetetlen a szerves trágyák (istállótrágya, komposzt, zöldtrágya) alkalmazása, valamint tarlómaradványoknak és egyéb szerves melléktermékeknek, hulladék anyagának a talajba dolgozása. A mezőgazdasági melléktermékek talajba forgatása különösen fontos olyan gazdaságokban, ahol a fejletlen állattenyésztés következtében nem alkalmaznak rendszeresen szerves trágyát (a Vajdaságban ezek közé tartozik a gazdaságok többsége). Becslések szerint a Vajdaságban húsz év is eltelik egy-egy parcella trágyázásáig. A szakemberek közül többen a termésátlagok stagnálását egyrészt a talaj szervesanyag-szintjének fokozatos csökkenésével magyarázzák. A Vajdaság talajainak humusztartalma az utóbbi 30-40 évben 0,2–0,81%-ra csökkent (Bogdanović et al., 1993), ami elsősorban a szervestrágyázás hiányával, valamint a melléktermékek elégetésével magyarázható.

A talaj szervesanyag-tartalma nem változik gyorsan. Elsősorban ennek tulajdonítható, hogy a téves szervesanyag-gazdálkodás káros hatásai csak néhány év vagy évtized múltán észlelhetők. Ezt jól bizonyítják a tartamkísérletek eredményei. Azokon a kísérleti parcellákon, amelyekről több éven át a melléktermékeket betakarításkor elhordták, a kukorica, búza, árpa magtermése néhány száz kilóval volt alacsonyabb hektáronként, mint azokon a táblákon, ahol minden harmadik évben 5 t/ha szalmát beszántottak a talajba (Starčević et al., 1982, Kastori et al., 1985). A melléktermékek kedvezően befolyásolják a termés minőségét is. A szalma növeli a búza, őszi árpa és a kukorica fehérje-, valamint aminosav-tartalmát (Kastori et al., 1992). Savanyú kémhatású talajon 4 t/ha kölesszalma beszántása három év átlagában hektáronként megközelítőleg 5 mázsával növelte a földimogyoró termését, és kedvezően hatott a nitrogén-felvételére (Rebafka et al., 1993). A melléktermékek talajba

juttatása kedvezően befolyásolta a köles növekedését és termését is (Bationo és Mokwunye 1991).

A talajszelvényben a nitrát alakban lévő nitrogén, meghatározott környezeti feltételek mellett, lefelé hatol, s a mélyebb rétegekbe, illetve a talajvízbe kerül. A talajvizet, a felszíni vizeket és a környezetet érő N-terhelés károsan hat. A melléktermékek elégetése és elszállítása fokozza a nitrát kimosódását a talajból (Hooker et al., 1982), leszántásuk viszont csökkenti (Shaw és Robinson, 1990, Marinković et al., 1993).

Savanyú kémhatású talajon a melléktermék leszántása növelte a foszfor és a molibdén és csökkentette az alumínium és a mangán tartalmát a növényekben és a talajban egyaránt (Rebafka et al., 1993). Hogy a melléktermékek leszántása milyen hatást gyakorol az egyes elemek talajbeli előfordulására, erre Kretschmar (1991), Geiger et al., (1992) eredményei is utalnak.

A szerves anyagokon túlmenően a melléktermékek ásványianyagtartalma is jelentős értéket alkot. Átlagos búzatermés esetén a szalma mennyisége hektáronként körülbelül 6 tonna, a benne található N mennyisége pedig 22 kg, P 2,4, K 42, Ca 12, Mg és S 6 kg, a Fe 420, Mn 240, Zn 60, Cu 30, B 24 és Mo 1,8 g. A kukorica arányszámai a következők: a kukoricaszár tömege hozzávetőlegesen 9 t/ha, a benne található N mennyisége 90, P 18, K 90, Ca 36, Mg 18, S 9 kg, a Fe 360, Mn 270, Zn 180, Cu 36, B 38 és Mo 1,7 g (Kastori és Tešić 2005). A kukorica esetében a tenyészidő alatt felvett összes N körülbelül 45, P 30 és a K 71%-a található a növények szárában és leveleiben. Ez egyben azt jelenti, hogy a kukoricaszár beszántásával a növények által felvett tápelemek java része visszakerül a talajba. Ily módon a melléktermékek beszántásával lényegesen csökkenthetők a műtrágyázási költségek. A takarmányozás után keletkező istállótrágyát, illetve a biogáz nyerése után megmaradandó szerves anyagot is számítva azt mondhatjuk, hogy a melléktermékek és szerves hulladékok kétharmada visszakerülhet a talajba. A biomassa trágyázási célú azonosítása csökkenti a külső forrásból beszerzendő műtrágya mennyiségét, s ugyanakkor gátolja a talaj termőképességének romlását, ami a későbbi időszakok meliorációs beruházási szükségletével van összefüggésben. Láng (1985) adatai szerint Magyarországon 1980-ban a biológiai eredetű tápanyagforrások összes NPK-tartalma meghaladta az 1,1 millió tonnát. Ha ezt mind szántóterületen helyezték volna el, akkor hektáronként 229 kg NPK hatóanyag jutott

volna a talajba. Ez mintegy 4,1 t őszi búza-terméssel kivont tápanyag mennyiségének felel meg.

A biomassa nagy mennyiségben előforduló megújítható erőforrás. Szerbiában a szántóföldi növények évi mellékterméke meghaladja a 30 millió tonnát (Mihajlović 2006). Erőforrásként történő hasznosításának számos előnye van a nem megújítható energiahordozókkal szemben (szén, földgáz, kőolaj stb.). A biomassa elégetése során nem növekszik a légkör szén-dioxid-koncentrációja, mivel a felszabaduló szén-dioxidot a növények a fotoszintézis folyamán a levegőből vették fel. A mezőgazdasági melléktermékek elégetésekor nem szabadul fel nagyobb mennyiségben kén- és nitrogén-oxid, és nem marad vissza nagyobb mennyiségben hamu. Szerbiában a villany- és hőerőművek évente 30 millió tonna lignitet égetnek el, ebből 5,5 millió tonna hamu marad vissza, melynek elhelyezése 1200 hektárt vesz igénybe. Az említett mennyiségű szén elégetése során a légkörbe 280 000 tonna kén-dioxid, közel 60 000 tonna nitrogén-oxid és 30 millió tonna szén-dioxid kerül. Ezek az adatok világosan utalnak az energiahordozóként alkalmazott biomassa ökológiai előnyeire.

Vannak természetesen olyan mezőgazdasági melléktermékek is, amelyek a talaj szervesanyag- és tápanyag-gazdálkodása szempontjából kedvezőtlen C:N arányuk miatt nem képeznek nagyobb értéket, mint például a kukoricacsutka vagy a kenderzúzalék. Ezek fűtőanyagként történő felhasználása indokolt lehet.

Fontos továbbá hangsúlyozni, hogy a melléktermékek begyűjtése és szállítása költséggel jár, nehéz gépek jártatását és vontatását igényli, ez pedig tömöríti a talajt, ezáltal káros hatással van a talaj szerkezetére.

A mezőgazdasági melléktermékek fűtőanyagként történő felhasználása környezetvédelmi és gazdaságossági szempontból is minden bizonnyal jobb megoldás, mint a parcellán történő elégetésük. Jóllehet törvény is tiltja, az égetést, a szalma, de különösen a kukoricaszár nemritkán lángok martalékává válik a parcellán. Nem szükséges külön hangsúlyozni, mennyire káros ez a gyakorlat. Azonkívül, hogy kárba vész a talaj számára oly fontos szerves anyag és vele együtt a benne található tápanyagok java része, ezrével pusztulnak el a hasznos rovarok és egyéb állatok, károsodik a talaj mikroflórája, és szennyeződik a levegő. E tények nem ismeretlenek a termelők körében sem, de hogy mégis felgyűjtik a szalmát és a kukoricaszárat, annak fő oka, hogy ezzel megkönnyí-

tik a szántást és a magágy előkészítését. Másrészt viszont, mivel többségük nem foglalkozik állattenyésztéssel, e melléktermékekre nincs nagyobb szükségük.

A biomassza erőforrásként való alkalmazásának		A biomassza talajba juttatásának	
előnye	hátránya	előnye	hátránya
<ul style="list-style-type: none"> ▪ nagy tömeg ▪ megújítható erőforrás ▪ nem befolyásolja az atmoszféra CO₂ koncentrációját ▪ a SOx és NOx kibocsátása minimális ▪ elégetésekor kevés hamu marad hátra 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ megszakad az ökoszisztéma anyag-körforgalma ▪ talajtömörítés ▪ szállítási költségek ▪ tápanyag-veszteség (C, N, S stb.) ▪ brikett vagy pellet előállításának költsége 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ növekszik a talaj szerves- és szervesetlenanyag-tartalma ▪ növekszik a mikroorganizmusok aktivitása ▪ csökken a nitrát kimosódása ▪ növekszik a P és a Mo, és csökken az Al és a Mn felvétele savanyú talajon 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ a melléktermékek beszántása költséggel jár

Összegezés

A termőtalaj az emberiség legnagyobb értékei közé tartozik. Ezért minden olyan tevékenységet, amely káros hatással lehet rá, kerülni kell, még akkor is, ha pillanatnyi hasznot ígér vagy hoz. Az emberi társadalom tevékenysége jelentősen befolyásolja a környezetet, így a talaj évszázadok során kialakult tulajdonságait is. A természetre gyakorolt hatások közül – az ember szempontjából – azok a legveszélyesebbek, amelyek nehezen vagy egyáltalán helyre nem hozható változásokat vonnak maguk után. Ide tartozik a termőtalaj szervesanyag-szintjének csökkenése is. A jövő nemzedék érdekében kellő körültekintéssel jól meg kell tehát fontolnunk, mire és hogyan használjuk a termőtalajt, hogy ugyanolyan jó, sőt lehetőleg még jobb állapotban hagyjuk magunk után, mint amilyen minőségűt örököltünk.

A biomassza erőforrásként történő hasznosítása, ökológiai szempontokat figyelembe véve, csak akkor fogadható el, ha a talaj szervesanyag-tartalmának fenntartása érdekében megfelelő mennyiségű szerves trágyát alkalmazunk.

Felhasznált irodalom:

1. Bationo, A., Mokwunye, A. U. (1991): Role of manure and crop residue in alleviating soil fertility constraints to crop production: With special reference to the Sahelian and Sudanian zones of West Africa. *Fert. Res.* 29: 117-125.
2. Bogdanović, D., Ubavić, M., Dozet, D. (1993): Chemical properties of Vojvodina soils and their revision with essential macroelements. 197-215. In Kastori (red.) Heavy metals and pesticides in soil- Heavy metals and pesticides in the soils of the Vojvodina province. Poljoprivredni fakultet, Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad.
3. Brkić, M., Martinov, M. (2006): Energy efficiency and gas emission of biomass-fueled thermal facilities. *Revija agronomska saznanja.* 16: 21-23.
4. Brkić, M., Janić, T. (1998): Mogućnost korišćenja biomase u poljoprivredi. Zbornik radova „Briketiranje i peliranje biomase iz poljoprivrede i šumarstva“ Izvršno veće APV i RPK-Sombor, Sombor, 5-9.
5. Geiger, S. C., Manu, A., Bationo, A. (1992): Changes in a sandy Sahelian soil following crop residue and fertilizer additions. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56: 172-177.
6. Hooker, M. L., Herron, G. M., Penas, P. (1982): Effects on Residue Burning, Removal and Incorporation on Irrigated Cereal Crop Yield and Soil Chemical Properties. *Soil Science soc. of America Journal*, 46: 122-126.
7. Jovanović, M., Kiš, F. (2004): Poljoprivreda kao proizvođač energije. *Letopis naučnih radova Poljoprivrednog fakulteta, Novi Sad*, 1: 171-181.
8. Kastori, R., Petrović, M., Starčević, Kota E. (1992): Effect of Different Nitrogen Doses and Harvest Residues on Amino Acid Content in Wheat and Maize Grain. *Arhiv za poljoprivredne nauke*, 53: 189-192.
9. Kastori, R., Petrović, M., Starčević, Lj. (1985): Effect of Nitrogen Fertilization and Plowing Under of Straw on Grain Quality in Wheat and Maize Grain. *Arhiv za poljoprivredne nauke*, 46: 129-144.
10. Kastori, R., Tešić, M. (2005): Use of harvest Residues as Alternative Fuel - Advantages and Disadvantages. *Agr. Engng.*, 11: 17-22.
11. Kretschmar, R. M., Hafner, H., Bationo, A., Marschner, H. (1991): Long- and short-term effect of crop residues on aluminium toxicity, phosphorus availability and growth of pearl millet in acid sandy soil. *Plant and Soil*: 136, 215-223.
12. Láng, I. szer. (1985): A biomassza komplex hasznosításának lehetőségei. *Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.*
13. Lazányi, J. (2002): Fenntartható gazdálkodás a Westsik vetésforgó kísérleti tapasztalatai alapján. *Doktori értekezés tézisei, Debrecen.*

14. Loo, I., Koppejan, J. (2002): Handbook of Biomass Combustion and Co-Firing. Twente University Press, Enschede.

15. Marinković, B., Starčević, Lj., Crnobarac, J., Balešević, S., Latković, D. (1993): Effect of Plowing under of Harvest Residues on Mineral Nitrogen Relocation into Deeper Soil Layer. Proceedings ECO-93, International Scientific Conference, Protection of Environment and Agriculture, Novi Sad, Serbia.

16. Martinov, M., Tešić, M., Konstantinović, M., Stepanov, B. (2005): Perspektive u korišćenju biomase za grejanje domaćinstava u seoskim područjima. Savremena poljoprivredna tehnika. 31: 211-220.

17. Mihajlović, E. (2006): Biomass as potential renewable energy resource in Serbia. Revija agronomskog znanja. 16. 27-30.

18. Milošević, N. (1985): Microbiological Changes and Dehydrogenase Activity of Chernozem Soil Dependence of Introduced Nitrogen Fertilizers and Organic Matter. Agronomski glasnik: 6: 33-41.

19. Obernberger, L., Widmann, W., Wurst, F., Worgetter, M. (1995): Beurteilung der Umweltverträglichkeit des Einsatzes von Einjahresganzpflanzen und Stroh zur Fernwärmeerzeugung. Annual Report for the Research Project. Institute of Chemical Engineering, Technical University Graz, Austria.

20. Rebařka, F. P., Ndunguru, B. J., Marschner, H. (1993): Crop Residue Application Increases Nitrogen Fixation and Dray Matter Production in Groundnut (*Arachis hypogea* L.) Grown on Acid Sandy Soil in Niger, West Africa. Plant and Soil, 150: 213-222.

21. Sarić, Z., Milić, V., Mirjana, J., Govedarica, M. (1983): Effect of organic residues on microbiological changes and fertility of soil. Zbornik radova, Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, 13: 147-165.

22. Shaw, A. W., Robinson, R., (1990): Organic Matter Decomposition and Plant Nutrient Incorporation of Soybean Hay and Wheat Straw in Holston Sandy Loam in Outdoor Lysimeters. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 24: 617-622.

23. Starčević, Lj., Malešević, M., Spasojević, B., Hadžić, V. (1982): Effect of Plowing Down Straw and Different Amounts of Nitrogen on Grain Yields in a Three-crop Rotation Wheat-corn-barley. Proceedings of the 9th Conference of the International Soil Tillage research Organization, Osijek, 683-689.

24. Track, T., Michaels, J. (2008): Industrial Aspects on Biomass Production. 2nd General Assembly Common System Understanding for Risk Based Management of River Basins and 2nd Thematic Workshop Bridging Science, Water Management and Practical Experiences in European River Basins. Budapest, 69-73.