A gabonaszalma hasznosítási lehetőségei – avagy a gabonaszalma, mint beágyazott energia

Dr. Nagy Valéria, főiskolai docens, Szegedi Tudományegyetem MK, Műszaki Intézet

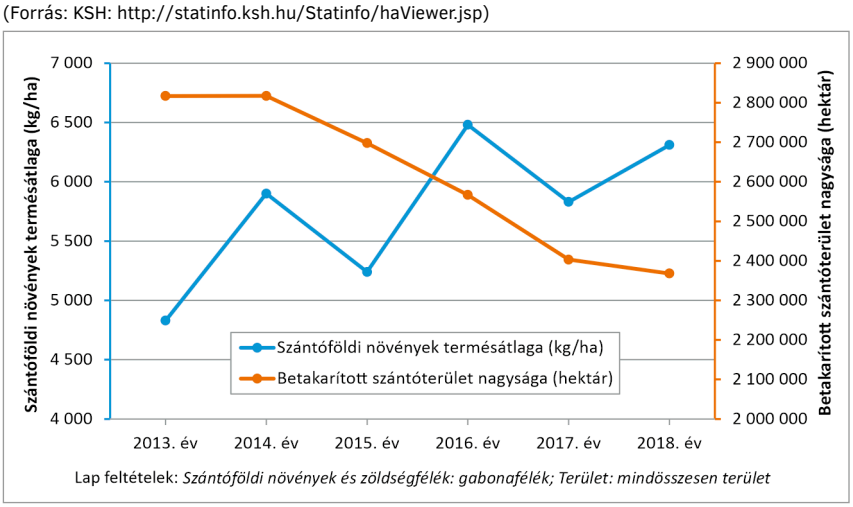
Számos hazai és nemzetközi kutató foglalkozik napjainkban is a különféle gabonaszalmák mezőgazdasági termelésben betöltött szerepével, mégpedig a talajok szervesanyag-készletének utánpótlása, illetve a talajállapotra, talajéletre gyakorolt hatások okán. Ugyanakkor a mezőgazdasági igényeken túlmutató gabonaszalma-hasznosítási lehetőségek ok-okozati vizsgálata (többnyire a szalmabála-tüzelés vonatkozásában) is egyre inkább foglalkoztatja a kutatókat. E rövid közlemény hazai és külföldi kutatók kutatási eredményeit felhasználva arra a kérdésre keresi a választ, hogy hozzávetőlegesen mennyi szalma szükséges a talajok (a szántó művelési ágban lévő földterületek talajai) C:N arányának és szervesszén-készletének a növénytermesztés számára elfogadható intervallumban tartásához vs. mennyi szalma hasznosítható egyéb (közvetlen eltüzeléssel) módon? A vizsgálatok tárgya az előbbiekben leírtak okán is a búzaszalma volt. A kiválasztott közlemények tézisei alapján a búzaszalma C:N arányának a talaj C:N arányára gyakorolt hatása vonatkozásában az a következtetés igazolódott, hogy a betakarítás után keletkező búzaszalma mennyiségének – talajtípustól és talajállapottól függően – kb. 30–50%-a szükséges a talaj „optimális" C:N arányának, illetve az egészséges talajélet biztosításához.

Kulcsszavak: szalmahasznosítás, beágyazott energia, ökológiai fenntarthatóság, transzdiszciplináris párbeszéd

Bevezetés

A gabonaszalma (a betakarításkor keletkező szár és levél), mint a szántóföldi gazdálkodás egyik leggyakoribb melléktermése, igen sokoldalúan hasznosítható. A hasznosítási lehetőségek között elsődleges a mezőgazdasági igények kielégítése, úgymint a talaj szervesanyag-készletének utánpótlása, a kérődzők takarmányozása, illetve az alomanyag biztosítása. Ezen igények kielégítése után kínálkozhat lehetőségként – különösen a búzaszalma esetében, amelynek rosszabb emészthetősége miatt például a takarmányozásban elhanyagolható a szerepe – az egyéb (pl. energetikai, építészeti, művészeti stb.) hasznosítás. A gabonaszalmára tehát úgy tekinthetünk, mint beágyazott energiára, hiszen a mezőgazdasági termelés (növénytermesztés) vonatkozásában a talajállapotra, talajéletre, talajenergiára (az energia itt „lehetőség az aktivitáshoz" értelemben használatos) lehet kedvező hatással, ugyanakkor a szervesanyag utánpótlásához szükséges mennyiségen túlmenően a direkt energetikai céllal történő hasznosítás (szalmatüzelés) esetében pedig a gabonaszalmából kinyerhető energiamennyiség kerül előtérbe. E szintetizáló közlemény a hasznosítást megalapozó választáshoz, illetőleg az agrártájak fenntarthatóságához is információkkal szolgál. A téma jelentősége elvitathatatlan, hiszen hazánk területének több mint 60%-a agrártáj, és az agrártájak ökoszisztéma-szolgáltatásait fenntartható földhasználattal biztosíthatjuk hosszú távon.

1. ábra Szántóföldi növények termésátlaga és a betakarított szántóterület nagysága
(Forrás: KSH: http://statinfo.ksh.hu/Statinfo/haViewer.jsp)



A Központi Statisztikai Hivatal időszakonként megjelenő agrárstatisztikai gyorstájékoztatóit és kiadványait figyelemmel kísérve (1. ábra) Magyarországon a búzatermesztés vonatkozásában átlagosan 1 millió hektár betakarított terület vehető figyelembe a szalma mennyiségének meghatározásakor. A búza termésmennyisége ~5 tonna hektáranként, a szem-szalma arányára vonatkozóan pedig elmondható, hogy az utóbbi évtizedekben a gabona szemesprodukció megháromszorozódott, ugyanakkor a célzott nemesítési tevékenység miatt a szalma mennyisége nem sokat változott.

A korábbi búzafajtáknál a szemtermés mennyiségéhez viszonyított szalma aránya 1:2-2,5 volt, az „új" fajtáknál a szem: szalma arány 1:0,7-0,9. [Kismányoky 2012], ilyen módon átlagosan 3-5 t/ha szalma keletkezik évente, de csapadékos időszakokban és az intenzív N-trágyázás hatására a szalmatermés meghaladhatja a 10 t/ha mennyiséget is [Árendás *et* al. 2013]. Ez a mennyiség nyilvánvalóan növényfajtánként is eltérő lehet. Weiser *et* al. 2014 kutatásai az elméleti, a gyakorlati (technikai) és a fenntartható szalmahozam meghatározásához szolgálnak útmutatással. Az elméleti szalmahozamot a szem:szalma arány és a betakarított terület függvényében határozzák meg, míg a gyakorlati (technikai) hozam meghatározásánál figyelembe veszik a vágási magasságot (30% a tarlón marad, mint nem betakarítható rövid szár és pelyva) és az állattenyésztés igényét (kb. 15%), a fenntartható szalmamennyiséget pedig a humuszmérleg alapján kalkulálják.

A talajba kerülő szerves anyagok – közöttük a búzaszalma – lebontását, átalakí-

tását elsősorban a mikroszervezetek végzik, azonban a nehezen, lassan bomló szerves anyagok (nagy C:N arány) feltárásában a talaj faunája is fontos szerepet játszik.

A talaj mikroorganizmusainak C:N aránya nagyjából 8:1 közelében van. Alapvetően C-hez és N-hez kell jutniuk, hogy fenntartsák szervezetük C és N arányát, vagyis anyagcseréjük fenntartásához energiára – C-re –, testük felépítéséhez pedig N-re van szükségük. A C egy része a légzés során eltávozik, hozzávetőlegesen a szervezetük energiaigényéhez és fenntartásához 24:1 C:N arányú szerves anyag lebontása a legkedvezőbb.

A szerves anyagok bonthatósága és C:N aránya között szoros összefüggés van: a kis N-tartalom, illetve a N-hiány erősen korlátozza a lebontást. Mivel a búzaszalma lassan bomló növényi maradvány, C:N aránya nagyobb, mint 80:1 és a lebontáshoz N is szükséges, ezért a talaj ásványi N-készlete csökken, a talaj mikroszervezetei időlegesen nitráthiányt okozhatnak a talajban (pentozánhatás), N-pótlásra lehet szükség növénytermesztéskor. Megjegyzendő továbbá, hogy a szerves anyagok bontásának ideális körülményei a 25 és 40 °C közötti hőmérséklettartomány, a nedves talaj és a 6-8 pH. Szintén fontos megemlíteni, hogy a talajokban a C, N és S mennyisége között (is) szoros összefüggés van: a talajok átlagos C:N:S aránya megközelítőleg 140:10:1,3. Ha a talaj jól levegőzik, a szerves S szulfáttá oxidálódik (mineralizálódik), amit a legtöbb növény fel tud venni. Ha tehát az adott növényi maradványok C:S aránya 200 alatt van, ez következik be, ha azonban a C:S arány 400 fölött van, akkor nettó immobilizáció áll fenn [Stefanovits 1999].

E rövid közlemény célkitűzése, hogy hazai és külföldi kutatók kutatási eredményeit felhasználva választ adjon arra a kérdésre, hogy hozzávetőlegesen mennyi szalma szükséges a talajok (a szántó művelési ágban lévő földterületek talajai) szervesszén-készletének, „optimális" (tulajdonképpen a növénytermesztés számára elfogadható intervallum) C:N arányának biztosításához (fenntartás, visszapótlás, növelés), illetőleg mennyi szalma hasznosítható egyéb módon (közvetlen eltüzeléssel)? Ahhoz, hogy a C:N arány vonatkozásában tényleges optimalizálásról beszélhessünk, szükséges lenne egy olyan kontrollterület vizsgálat alá vonása, ahol a természetes élettér az uralkodó, hiszen a mezőgazdasági tájakat alkotó mezőgazdasági művelés alatt lévő földterületeink mindegyike már antropogén hatással terhelt. Ilyen módon az ökológiai szemlélettel (is) áthatott emberi tevékenység bioinspirált volta hozzájárul a talaj kompetenciáinak megőrzéséhez. Ideális esetben az ökológiai rendszerek, életközösségek természetes folyamatainak és viszonyainak befolyásolása a lehető legkisebb mértékű lehet.

Anyag és módszer

A közlemény célkitűzésének megvalósítása néhány hazai és nemzetközi kutató rövidebb és hosszabb távú kísérleteinek és vizsgálatainak (rész)eredményein alapul. Ezeknek a (rész)eredményeknek jelen keretek között a szintetizáló összegzése és értékelése történik meg. A kiválasztott közlemények között megtalálhatók mind a talajtani, mind az energetikai, mind pedig a gazdasági-társadalmi vonatkozású kutatási eredményeket felvonultató közlemények. Az adott körülményekhez illeszkedő optimális búzaszalma hasznosítási kombináció(k) tudományos alapokon nyugvó meghatározása ugyanis a mezőgazdaság területén tevékenykedő kutatók és gyakorló szakemberek, a műszaki mérnökök és kutatók, illetve a gazdasági és társadalomtudományi területeken tevékenykedő szakemberek egymás tevékenységére nyitott és konstruktív együttműködésében valósulhat meg.

A kutatások közös jellemzőjeként említendő, hogy a hasznosítási lehetőségek vizsgálata során kevésbé figyelembe vett szempont a hozzáadott érték teremtése, illetve az innovatív szemlélet, továbbá egy-egy hasznosítási lehetőség előnye(i) mellett mindenkor fontos annak hátrányaira is felhívni a figyelmet. Sok esetben ugyanis a gazdasági előny a szalma hasznosításának legfőbb szempontja.

A kiválasztott és feldolgozott közlemények tézisei alapján a következő fejezet összegzi azokat a kutatási eredményeket, amelyek alapján a körülményekhez leginkább igazodó szalmahasznosítási lehetőség meg/kiválasztható.

A gabonaszalma, mint beágyazott energia

Árendás *et* al. (2013) szabadföldi kisparcellás kísérletekkel igazolták, hogy a búzaszalma a talajban olyan „javító közeg" lehet, amely a növények gyökérzónájának szerkezetessége, átlevegőzöttsége, vízháztartása, illetve a talajélet szempontjából értékkel bír. A 100 kg/ha N hatóanyaggal trágyázott parcellákon 1 t szalma átlagosan 7 kg N-t tartalmazott, a szalmával elvihető P-tartalom 2-2,4 kg/t. A fejtrágyaként kiadott N-trágya adagja érdemben nem befolyásolja ugyan a P-tartalmat, viszont nagymértékben hat a szalmában mért K-tartalomra, ami a 100 kg/ha-os N-adag esetében meghaladja a 13 kg/t-t. Itt megjegyzendő, hogy ez utóbbi információ a búzaszalma eltüzelése kapcsán lesz fontos.

A fentiekben bemutatott kutatási eredmények megerősítették, hogy a tarlómaradványok kritikus szerepet játszanak a talaj szervesanyag-tartalmának fenntartásában, ugyanis a termőföldeken a szerves anyag mennyiségének fenntartása előfeltétele a magas és a stabil terméshozamoknak.

Az a mennyiség tehát, amelyet a talaj egészségének megőrzéséhez a tarlón kell hagyni, bizonyos mértékig bizonytalan, befolyásolja a földrajzi elhelyezkedés, a talajtípus, a növénytermesztési rendszer és a talaj meglévő szervesanyag-szintje, valamint a nitrátkimosódás veszélye, ugyanis a szalmahagyás csökkenti a nitrátkimosódást. Azonban a búzaszalma hatását egy adott talajra, talajtípusra számos egyéb tényező is befolyásolja, ezért több talajtani paraméter együttes meghatározása, illetve a tápanyagforgalom monitorozása is szükséges.

Ugyanakkor a szalma jelenléte olyan változásokat indukál a talaj nyírási tulajdonságaiban, aminek következményeként jelentősen megnövekszik a vonóerő a talajművelés során. Ez pedig további vizsgálatokat igényel az erőgépek energiafelhasználására gyakorolt hatás vonatkozásában [Eltom *et* al 2015]. Illetve változó „szalmasűrűségű" terepi talajminták és modellezett talajminták vizsgálatával igazolható, hogy a talaj növekvő szalmatartalma növeli a talaj nyírószilárdságát, illetőleg a kohéziós értéket (a teljes nyírószilárdság azon része, amely a szemcseközi erőkből adódik), továbbá, hogy a kohézió és a szalmatartalom között lineáris kapcsolat van [Fang *et* al. 2016]. Ezek az eredmények arra engednek következtetni, hogy a szántóföldeken a teljes szalmahagyás túlzottnak minősíthető és talajművelési nehézségekhez vezethet, illetőleg az esetleges művelés (talajba forgatás) többletenergia-bevitellel jár.

1. táblázat A búzaszalma tulajdonságai

Elemi összetétel	Lebontáshoz szükséges N	Nyírószilárdság (nedvességtartalom)	Kohéziós értékek (szalmatartalom)	Szalma összetétele
C – 45,7 m/m% H – 4 m/m% O – 36,25 m/m% N – 0, 38 m/m% S – 0, 11 m/m% . . . Cl – 0,4 m/m % K – 1 m/m%	0,5-1 kg/100 kg szalma	7,92 MPa (10,2%) 19,85 MPa (20,5%) 21,56 MPa (29,6%)	49,36 kPa (0,27%) 53,52 kPa (0,48%) 61,86 kPa (0,70%) 77,24 kPa (0,91%) 82,69 kPa (1,12%)	hemicellulóz 39,4 m/m% cellulóz 38,8 m/m% lignin 18,6 m/m%
Szemmelveisz, 2006	Fox, 1981	Fang *et* al., 2016	Fang et al., 2016	Demirbas, 2004

Megjegyzés: Az adatok a hivatkozott közleményekben bemutatott „Anyag és módszer" alapján nyert adatok.
A szalma sza. 80-90%, a K és Cl tartalom magas, ha a betakarítás előtti hetekben nincs csapadék.

2. táblázat A búzaszalma eltüzelhetősége

Szalmahagyás	Elemi összetétel	Tüzeléstechnikai paraméterek	Hamu összetétele
0,3-0,5 kg/m^2	C – 45,7 m/m% H – 4 m/m% O – 36,25 m/m% N – 0,38 m/m% S – 0,11 m/m% . . . Cl – 0,4 m/m % K – 1 m/m%	H_f – 15,5 MJ/kg fix C – 25,71% illó – 60,79% hamutartalom – 6,09% nedvesség – 7,41%	K_2O – ~27% P_2O_5 – ~1,7% SO_3 – ~3% Cl – ~9% CaO – ~12% SiO_2 – ~45% . . .
Monteleone *et* al., 2015	Szemmelveisz, 2006	Demirbas, 2004	Dodson, 2011

Az 1. táblázat a teljesség igénye nélkül foglalja össze azokat a jellemzőket a búzaszalmára vonatkozóan, amelyek a különböző publikációkban fellelhetők.

A talaj és a búzaszalma kapcsolatának megismerése után kitekintést kell tennünk a tüzeléssel történő hasznosítás előnyeire és hátrányaira is. A szalma energiaforrásként való hasznosítása konkurenciát jelent a humuszvisszapótlásban betöltött szerepével. Figyelembe véve a humuszvisszapótlás szükségletét, a szalmatermés 30-60%-a a mezőgazdasági körforgalmon kívül felhasználható. A felhasználás mértéke azonban függ az adott termőterület humuszmérlegének állapotától [Kismányoky 2012]. És mindenkor figyelembe kell venni a talaj textúráját, a talaj nedvességtartalmát és a talaj hőmérséklete által befolyásolt szerves szén dinamikáját. Felmérések szerint a gabonafélék eltávolítási aránya Németországban (34%), Magyarországon (33%) [Kluts *et* al. 2017].

Amennyiben a búzaszalmára tüzelőanyagként tekintünk, akkor elsődleges információ a búzaszalma energiatartalma, ami gyakorlatilag a fűtőértékét jelenti. A búzaszalmában, mint tüzelőanyagban, kémiailag kötött formában jelen lévő energia kinyerését segíti a tüzelés optimális feltételrendszerének/kritériumfeltételeinek megteremtése.

Tüzeléstechnikai szempontból tehát fontos a nedvességtartalom ~10% értéken tartása (a betakarítás időablaka és a tárolás jelentősen befolyásolhatja), illetőleg a tárolhatóság/szállíthatóság megteremtése (folyamatos tüzelőanyagellátás indokán) és az energiasűrűség növelése tömörítéssel (bálázás, bálázási technikák). Ugyanakkor a tüzelés hulladékai okán figyelemmel kell lenni a K-, N-, és S-tartalomra is. A K a szilárd égéstermékben jelenik meg, míg a N és a S a füstgázban is megjelenhet módosult formában.

A 2. táblázat azokat a jellemzőket összegzi a teljesség igénye nélkül, amelyek a tüzelési célú hasznosítással közvetlen összefüggésben vannak.

A hamu összetétele (2. táblázat) röntgendiffrakciós vizsgálattal detektálható, melynek alapján – a talajjal összefüggésben – megállapítható, hogy K-ban gazdag és a P-tartalma is jelentős [Dodson 2011]. A hamu hasznosításánál fontos szempont, hogy minél kevesebb kerüljön belőle hulladéklerakókba, egyrészt azért, mert a hamutermelés exponenciális növekedése várható az egész világon (a hamu mennyisége 5-15 m/m%-a a felhasznált biomasszának), másrészt pedig fontos tápanyagok ne kerüljenek a hulladéklerakókba. A hamu felhasználását azonban korlátozza a fentebb is részletezett összetétel, de lehetőségként kínálkozik az erdei talajokon történő elhelyezés, vagy éppen az el nem égett széntartalmának köszönhetően a tüzelőanyagként történő hasznosítás (szitafrakcionálást alkalmazva a szétválasztásra), illetve az építőanyagok adalékanyagaként való hasznosítás.

Itt megjegyzendő, hogy a környezeti kihívások mellett még akkora kihívást jelentenek a tárolás, szállítás, felhasználás/ártalmatlanítás technológiai megoldásainak kidolgozása, illetve szintén nem elhanyagolandó szempont ezek költségvonzata sem. A búzaszalma mezőgazdasági, valamint energetikai célú hasznosítása kontextusában tehát környezeti modellezések, fenntarthatósági elemzések, valamint gazdasági számítások elvégzése is indokolt. Szükséges vizsgálni a fenntarthatóságot is a szalma hasznosításánál, ezt azonban a teljes felhasználási lánc vonatkozásában kell megtenni, különös tekintettel az erőforrás- és energiapotenciálokra [Weiser *et* al. 2014].

A mezőgazdaság nem csupán mezőgazdaság, azonban nyilvánvaló, hogy az összes szalma talajról történő eltávolítása veszélyeztetheti az ökológiai funkciókat, ezért meg kell határozni a maximális fenntartható eltávolítási arányt. A fenntartható eltávolítási arányt a helyspecifikusak, a gazdálkodási gyakorlatok, a betakarítási felszerelések, valamint a helyi területi és éghajlati viszonyok befolyásolják.

Következtetések

A feldolgozott irodalmakban közölt eredmények arra engednek következtetni,

hogy a mezőgazdasági gyakorlatok helyes ki/megválasztásával a szalmahasznosításra alapozott energiaelőállítás optimálisan összekapcsolható a gabonatermesztéssel anélkül, hogy káros hatással lenne a talaj termékenységére, illetőleg az ökológiai hatások is figyelembe vehetők. Az adott körülményekhez illeszkedő optimális búzaszalma-hasznosítási kombináció(k) alkalmazása a mezőgazdasági termelés hatékonysága tekintetében egyébiránt járulékos előnyökkel járhat, ha és amennyiben a felgyorsult technológiai/technikai fejlődés indukálta kiforrott megoldások elterjesztése során törekszünk azok előnyeinek és hátrányainak objektív megmutatására.

Az eredmények alapján megállapítható továbbá, hogy a búzaszalma, mint beágyazott energia,
– „energia" a talajnak,
– energia a társadalomnak.

A hasznosítási lehetőségeket az ún. „szalma-trilemma" rendeli össze, amely az ökológiai szempontokat is figyelembe vevő, racionalizált felhasználáson (talaj szerves anyaga, alomanyag, energetika/egyéb felhasználás) alapul, kitekintéssel a hamu hasznosíthatóságára is. Hivatkozással a feldolgozott irodalmakban foglaltakra, kijelenthető, hogy mindig több tudományág együttgondolkodása garantálja az optimális megoldásokat. Ugyanakkor kijelenthető az is, hogy a környezet, az agrártájak, az energiatájak, illetve a fenntarthatóság figyelembe vételével végzett mérnöki tevékenység kreativitást és innovációt rejt magában. Ilyen módon környezetmentorálással figyelemmel lehetünk az emberi tevékenységek ökológiai hatásaira, lévén, hogy a természeti erőforrások nem helyettesíthető kulcserőforrások: (tulajdonképpen ökológiai korlátok az életünkben).

A búzaszalma beltartalmi jellemzői egyértelműen igazolják a komplex hasznosítási lehetőséget: a búzaszalma C:N arányának a talaj C:N arányára gyakorolt hatásával kapcsolatban az a következtetés igazolódott, hogy a betakarítás után keletkező búzaszalma mennyiségének – talajtípustól és talajállapottól függően – kb. 30-50%-a szükséges a talaj „optimális" C:N arányának biztosításához, a többi egyéb célokra hasznosítható.

A közvetlen eltüzelés után keletkező hamu tekintetében nincs egyetlen olyan alkalmazás, amely mindenféle hamu számára megfelelő lesz, a közeljövőben sürgető a „hamumenedzser" kutatások végzése.

E közlemény megerősíti továbbá azt is, hogy transzdiszciplináris párbeszédre van szükség ahhoz, hogy döntéseinket a természettel együttműködésben (szimbiózisban) hozhassuk meg, hogy a későbbiekben elkerülhessük az alkalmazkodás szükségességét a tevékenységeink okozta megváltozott környezethez. Ilyen módon a gazdasági előny nem lehet a szalmahasznosítás fő meghatározója, de a szalma időjárási viszonyoktól erősen függő évenkénti rendelkezésre állását figyelembe kell venni, mivel az alacsony szalmaellátás éveiben az energiapiac és a meglévő szalmapiacok közötti verseny miatt a nem optimális kapacitással működő energiatermelő létesítményeknek vagy a szalmafelhasználóknak alternatív erőforrásokat kell vásárolniuk.

Summary

Nowadays, many national and international researchers deal with the role of various cereal straws in agricultural production, namely due to the replenishing soil organic matter and the effects on soil condition and soil life. At the same time, beyond agricultural use, researchers are also increasingly interested in causal studies of straw utilization opportunities (mostly for straw bale combustion). Using the research results of national and foreign researchers, this short paper seeks to answer the question of how much straw is needed to keep the C: N ratio of soils (soils in arable land) and organic carbon stocks within an acceptable range for crop production vs. how much straw can be utilized in other ways (direct combustion)? So the subject of the studies was wheat straw. Based on the theses of the selected publications (regarding the effect of the C:N ratio of wheat straw on the C:N ratio of the soil), it is concluded that approx. 30–50% of the amount of wheat straw after harvest is required (depending on soil type and condition) to ensure an "optimal" C:N ratio in the soil and a healthy soil life.

Keywords: utilization of straw, embedded energy, ecological sustainability, transdisciplinary dialog

Lektorálta:
Dr. Joó Katalin PhD
talajvédelmi szakértő
joo.talajvedelem@gmail.com

Irodalomjegyzék

[1] ÁRENDÁS T., VIDA GY., VEISZ O. (2013): Mennyit terem, mit vihetünk? In: *Martonvásár*, 25 (1) pp. 16–17 p.

[2] DEMIRBAS, A. (2004) Combustion characteristics of different biomass fuels. In: *Progress in Energy and Combustion Science*, 30 (2) 2019-230 p.

[3] DODSON, J. R. (2011) Wheat straw ash and its use as a silica source. Dissertation. University of York, United Kingdom, York, 302 p.

[4] ELTOM, A. E. F., DING W., DING Q., ALI, A. B., ADAM, B. E. (2015) Effect of trash board on moldboard plough performance at low speed and under two straw conditions, In: *Journal of Terramechanics* (59) 27–34 p.

[5] FANG, H., ZHANG, Q., JI, C., GUO, J. (2016): Soil shear properties as influenced by straw content: An evaluation of field-collected and laboratory-remolded soils. In: *Journal of Integrative Agriculture,* 15 (12) 2848–2854 p.

[6] FOX, R. (1981) Abdeckmaterialen für Steilagen. In: *Der Deutsche Weinbau,* 25 (26), 1075–1076 p.

[7] KISMÁNYOKY, T. (2012): Szalmahasznosítás alternatív energia- és/vagy humuszforrás? In: *Agro Napló* 16(2) 27. p.

[8] KLUTS, I., WICKE, B., LEEMANS, R., FAAIJ, A. (2017): Sustainability constraints in determining European bioenergy potential: A review of existing studies and steps forward. In: *Renewable and Sustainable Energy Reviews,* 69 719–734 p.

[9] MONTELEONE, M., GAROFALO, P., CAMMERINO, A. R. B., LIBUTTI, A. (2015): Cereal straw management: a trade-off between energy and agronomic fate. In: *Italian Journal of Agronomy,* 10 (655) 59–66 p.

[10] STEFANOVITS, P., FILEP, Gy., FÜLEKY, Gy. (1999): Talajtan. 166–194 p. https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/2011_0001_521_Talajtan/index.html

[11] SZEMMELVEISZ, T. (2006) Fás- és lágyszárú biomasszák tüzelhetőségi feltételeinek. Disszertáció. Miskolci Egyetem, Miskolc, 100 p.

[12] WEISER, C., ZELLER, V., REINICKE, F. et al. (2014): Integrated assessment of sustainable cereal straw potential and different straw-based energy applications in Germany. In: *Applied Energy,* 114 749–762 p.