

Szent István Egyetem
Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar,
Növénytermesztési Intézet
Földműveléstani Tanszék

**Növénytermesztési melléktermékek felhasználása a talajállapot javítására, a
tápanyagtartalom fokozására**

Készítette: Zlatniczki Lilla
Évfolyam: 5.

Belső témavezető: Dr. Gyuricza Csaba
Beosztása: egyetemi docens

Külső témavezető: Gémes Pál
Beosztása: mezőgazdasági egyéni vállalkozó

Gödöllő
2014

Tartalomjegyzék

Tartalomjegyzék.....	2
1. Bevezetés és célkitűzések.....	3
2. Irodalmi áttekintés.....	5
2.1. Szerves anyagban szegényedő talajok	5
2.2. A szerves anyag bomlási folyamata és a lebontó szervezetek fontossága	7
2.3. Növényi melléktermékek hasznosítási lehetőségei	9
2.3.1. Takarmányozás.....	9
2.3.2. Trágyázás	10
2.3.3. Ipari feldolgozás	11
2.3.4. Egyéb.....	11
2.4. Talajba keverés kontra energetikai célú hasznosítás	12
2.4.1. Szervesanyag-hiány.....	12
2.4.2. Költségek (szállítás, megmunkálás, tápanyagpótlás).....	13
2.4.3. Tarlóművelés késlekedése	14
2.4.4. Gyomosodás.....	15
2.4.5. Az energetikai hasznosítás más alternatívái.....	16
2.5. Talajba forgatott növényi melléktermékek szerkezetjavító hatása	17
2.5.4. Növényi maradvány, mint szervesanyag-forrás.....	17
2.6. Klímakár elleni védőhatás	19
2.6.1. Vízkímélés	19
2.6.2. Hő és kiszáradás.....	21
2.6.3. A mulcshagyó technológia és eszközparkja.....	22
2.7. A talaj tápanyagkészletének pótlása	24
2.8. A szárzúzás és fontossága.....	25
2.9. A tarlómaradványok talajba keverésekor használatos művelési sorrend	26
2.9.1. Hántás	27
2.9.2. Hántott tarló ápolása	28
2.9.3. Alapművelés	29
3. Módszerek	30
3.1. Vizsgálatok anyaga	30
3.1.1. Földrajzi elhelyezkedés	30
3.1.2. Talajtípus.....	30
3.2. Vizsgálatok módszere.....	31
4. Eredmények.....	33
4.1. A talaj állapotának, tápanyagtartalmának változása.....	33
4.2. A betakarított termés minőségi mutatói.....	34
4.2.1. Kukorica beltartalmi értékei.....	35
4.2.2. Napraforgó beltartalmi értékei.....	37
4.3. A növények fizikai állapotára gyakorolt hatás	38
4.3.1. Napraforgó fejlődése.....	38
4.3.2. Kukorica fejlődése	40
4.4. Az eredmények kiértékelése, összevetése a szakirodalommal	42
5. Értékelés és következtetések	46
6. Összefoglalás.....	48
7. Irodalomjegyzék.....	49

1. Bevezetés és célkitűzések

A 'Növénytermesztési melléktermékek felhasználása a talajállapot javítására, a tápanyagtartalom fokozására' című, dolgozatom által is feldolgozott téma a hazai mezőgazdasági társadalomban az utóbbi évtizedeket tekintve elhanyagolt szerephez jutott, holott a költséghatékony és optimális tápanyag-gazdálkodás alapvetően a gyakorlat szerves részét kellene, hogy képezze. Sokan mégsem fordítanak kellő figyelmet a növényi maradványok, illetve a melléktermékek legideálisabb módon történő hasznosítására – a szántóföldön hagyásra. Pedig az utóbbi évtizedekben az állattenyésztés, illetve vele együtt a rendelkezésre álló szerves trágya mennyiség drasztikus csökkenésével annak talajszerkezet-és szervesanyag-optimalizáló hatása is megszűnt, így az egyre inkább kimerülő szervesanyag-készlet indokoltá tette minden elérhető – a betakarítással eleve rendelkezésre is álló – tápanyaghoz való ragaszkodást. A talajba keverés, vagy felszínen való szétterítés módszere véleményem szerint elhagyhatatlan, ha továbbra is szándékunkban áll megőrizni talajaink termőképességét, ha ragaszkodunk az ez idáig megtermelt termés mennyiséghez, illetve ha nem szándékozunk a megművelésre fordítandó költségeinket a talajállapot lerontásával jelentősen megemelni.

A problémát meglátásom szerint főként az aratás után hátra maradt szerves anyagok visszaforgatás helyetti bálázása és elszállítása okozza, amire a gazdákat többnyire az azonnali haszon reménye veszi rá. Jóllehet azzal nem számolnak, hogy a szállítási költségek, a tápanyagpótló műtrágyákra kiadott összegek és a szerves anyagok híján egyre nehezebben művelhető talaj megmunkálásával járó egyéb kiadások máris negatív irányba tolják el a mérceket. Az utóbbi időben egyre népszerűbbé váló energetikai célra való hasznosítás máshol talán jó alternatívát jelenthet, ám hazánkban a földnek jóval nagyobb szüksége van arra a tápanyagmennyiségre, amit a róla leszállított melléktermékek nyújtani tudnak, mint például a biogáz üzemeknek, amik külön erre a célra telepített energianövény-állománnyal is működhethetnének.

Dolgozatom célkitűzése, hogy rámutassak, illetve magángazdaságban végzett kísérlettel alá is támasszam a növényi maradványok talajba keverésének előnyeit, gazdaságosságát, és tápanyagpótló szerepét. Ezen felül célom, hogy bemutassam a melléktermékek talajjavító hatását, a tápanyag-fokozási képességét, a talaj szerkezetének, állapotának pozitív irányba történő elmozdítási képességét, valamint aszály elleni védőhatását. Dolgozatomban kitérek még az egyre népszerűbbé váló mulcshagyó technológiára, ami nagyszerű módjának

bizonyult a korszerű, kíméletes víz-, és tápanyag-gazdálkodásnak, illetve aminek folytán lehetőség adódik a növényi melléktermékek gazdaságos felhasználására.

2. Irodalmi áttekintés

2.1. Szerves anyagban szegényedő talajok

Magyarország talajainak szervesanyag-utánpótlását hosszú időn át a hazai állattenyésztés mellékterméke, a szerves trágya biztosította, ami a növénytermesztés során visszamaradt szalma takarmányként illetve alomanyagként való felhasználásából eredt. A kilencvenes évektől egyre csökkenő mértékű állattenyésztéssel együtt a létfontosságú tápanyag mennyisége is erősen leredukálódott, ami miatt évről évre problémásabbá válik a megfelelő mennyiségű szerves anyag talajba történő visszapótlása. Felvetődik a probléma, szerves trágya híján mivel lehetne legköltséghatékonyabban és a létező legnagyobb mértékben pótolni a hiányzó tápanyagokat. A megoldás egyszerű és kézenfekvő: a termesztett növények szerves anyagban gazdag maradványainak és melléktermékeinek talajba keverésével. Jóllehet a mikro és makro tápanyagok műtrágyák segítségével is a talajba kerülhetnének, a szén utánpótlására azonban a melléktermékeknél mindmáig nem létezik jobb opció (Gyuricza et al., 2012). Megoldást jelenthet a problémára a zöldtrágyázás is, ám ennek megfelelő gyakorlata mindmáig kiforratlannak minősül, ezenfelül a nyári árvakelések meghagyása zöldtrágyának – a hazánkban gyakran jelentkező szélsőséges időjárási viszonyok közt, például aszályos idényben – további vízvesztést okoz (Birkás, 2008a).

Hosszú távú feljegyzések jelzik, hogy az utóbbi 30-90 év során a talajok – nem csak Magyarországot beleértve – 25-70%-os nitrogénvesztést szenvedtek el, míg a széntartalom hasonló időtartamot alapul véve szintén jelentős, nagyjából 50%-os csökkenésen esett keresztül (Smil, 1999).

Holott a széntartalom jelentős kihatással bír a talaj minőségére. Nem csak a művelhetőség talajnedvesség-tartományára, a talajszerkezet vízállóságára és tartósságára, a talaj víztartó képességére, annak lazíthatóságára és hatástartamára, a klímával szembeni érzékenysége, hanem többek között a bejuttatott tápanyagok hasznosulására, a talajban lejátszódó biológiai folyamatokra, a hordképességre, a megújulási képességére és a tömörödéssre való érzékenysége, valamint a művelés energiaigényére is (Gyuricza et al., 2012).

A fenntartható talajművelést szem előtt tartva ugyancsak nem megengedhető, hogy talajaink szervesanyag-tartalma tovább csökkenjen. A gazdálkodás nem szólhat a föld kizsigereléséről, a készletek feléléséről, csak egy hosszú távon is életképes, folytatható

művelés megvalósításáról, ami lehetővé teszi a következő generációk számára is a termelést, gazdálkodást. Szűklátókörűségre vall az a fajta gazdálkodás, ami csak a jelen helyzettel foglalkozik, és nem veszi figyelembe a jövőbeli következményeket. Birkás Márta szavaival élve: „Elképzelhető-e a fenntartható fejlődés a mezőgazdaságban a talajok fizikai, tápanyag és biológiai állapotának hanyatlása árán? Nyilvánvalóan nem. Ahhoz, hogy a szántóföldjeinken bármely értéket – élelmiszer, takarmány, energia, vetőmag, zöldtrágya stb. – biztonságosan termelni lehessen, még hozzá sok-sok éven keresztül, ahhoz fenn kell tartani, s ha lehet javítani a talajok termőképességét, fizikai és biológiai kondícióját, illetve csökkenteni annak klímaérzékenységét” (Birkás, 2007b).

Létfontosságú tehát, hogy az évek során felélt tápanyag legalább akkora mértékben visszapótlásra kerüljön, mint amennyi belőle elhasználódott, illetve, hogy a jelenlegi készletek megőrződjenek, lehetőség szerint bővüljenek. Ennek megvalósítása lehetséges, időtartama feltehetőleg néhány évre terjed ki. A témával foglalkozó professzor (Birkás, 2007b) szerint „ha a szerves szén beépülés és a fogyás azonos, a talaj humusztartalma nem csökken, de ha több épül be, 5-6 év alatt javul a talaj humuszmérlege”. A beforgatott tarlómaradványok jó alternatívát jelentenek a károsodott talaj megújulásának elősegítésére – előbb a további károktól kíméli meg, majd a hiányzó szervesanyag utánpótlásának forrásaként funkcionál (Birkás, 2009b).

Nem hagyható figyelmen kívül, hogy nem megfelelő művelés esetén minimum 5-6 év szükséges a helytelen gyakorlat következményeinek megjelenéséhez is.

Az utóbbi években jelentkező romló terméshozamok, a jelentős aszálykárok, a hőstressz és az eliszapolódott felszín mind a nem megfelelő gyakorlat és a szénvesztő művelés következményei. Amennyiben a koncentráció csak az előállítandó tömegre, az eladható termésre korlátozódik, és a talaj szerkezetére, szerves anyagára, nedvességtartalmára, biológiai életére, termékenységére pedig nem, akkor sem a talajnak, sem a rajta gazdálkodónak nem lesz biztosított a jövője (Birkás, 2007b), mert „az évről évre, szándékosan védtelenné tett talaj előbb megújhodni nem lesz képes, utóbb - ... - az elvárt termés elérésére” (Birkás, 2008b).

2.2. A szerves anyag bomlási folyamata és a lebontó szervezetek fontossága

A szerves anyagok kétfelé csoportosíthatók: talajfelszín felett, illetve alatt elhelyezkedő szerves anyagok. Míg előbbi a növényi és állati maradványokat foglalja magába, utóbbi az élő faunát és mikroflórát, a részben lebomlott növényi és állati maradványokat, illetve a humuszos anyagokat (Bot-Benites, 2005). Dolgozatom témáját ezek közül főként a növényi szövetek érintik, melyekre jellemző, hogy összetételük 60-90%-a nedvesség, a fennmaradó rész pedig a szárazanyagok között oszlik meg: szén, oxigén, hidrogén, valamint kismennyiségű kén, nitrogén, foszfor, kálium, kalcium és magnézium alkotják elengedhetetlen kellékét a talajtermékenység befolyásolásának. (http1)

„Mikor a növényi részeket visszajuttatják a talajba, a különböző szerves vegyületek bomláson mennek keresztül. A bomlás egy biológiai folyamat, ami magába foglalja a nem élő anyagok összetett szerves molekuláinak fizikailag történő széthullását, valamint biokémiai transzformációját egyszerűbb szerves és nem szerves molekulákká (Juma, 1998).”

„A bomló növényi maradványok talajfelszínre való folyamatos kijuttatása közrejátszik a biológiai aktivitásban, illetve a talaj szénforgalmának fejlődésében. A talaj szerves anyagának széthullása, a gyökérnövekedés és a bomlás szintén közrejátszik ebben a fejlődésben. A szén körforgása a talaj szerves és nem szerves vegyületeinek folyamatos transzformációja a talaj, a növények és az atmoszféra között, mikro-illetve makroorganizmusok által.” (http1)

A bomlás maga egy természetes úton végbemenő folyamat, lezajlásának sebességét három fő tényező határozza meg, amik a következők: talajlakó szervezetek, fizikai környezet és a szerves anyag minősége. A folyamat közben többek között széndioxid, víz, energia, növényi tápanyag és újra előállított szervesanyag-vegyületek keletkeznek. A holt anyagok és a módosult szerves anyagok bomlása a humifikáció, melynek következtében javul a morzsaképződés és a szerkezet, illetve hozzájárul a N, P, illetve más tápanyagok megőrzéséhez. (http1)

Megemlítendő még a mineralizáció fogalma is, mely a N-nek, P-nak, és kénnek a növény által felvehető formába alakítását takarja a talaj mikroorganizmusainak lebontó folyamatai révén - amikor a szerves anyagot táplálékkul használják fel. A szén szerkezet bontásával majd új kiépítésével, vagy a szén saját biomasszájukba történő beágyazásával a mikroorganizmusok jelentősen közreműködnek abban, hogy a növények a termékképzéshez elegendő tápanyaghoz jussanak. (http1)

A szerves anyagok teszik tehát lehetővé, hogy a talajok több vizet, illetve légköri szénat kössenek meg, aminek jelentősége a későbbiekben, többek között a Vízkímélés című alfejezetben kerül bővebb kifejtésre.

Az, hogy a jól működő mezőgazdasági termeléshez elegendő víz, illetve tápanyag álljon rendelkezésre, talajélet nélkül elképzelhetetlen. Az élő szervezetek életfolyamataik következtében lebontják a szerves anyagokat, ciklizálják a tápanyagokat, támogatják a talajszerkezetet és szabályozzák a káros, illetve hasznos szervezetek mennyiségét a talajban, lehetővé téve a termények szántóföldi előállítását. (http1)

Közéjük tartoznak a baktériumok, vírusok, gombák, protozoák, algák, ezen felül pedig a növényi gyökerek, a rovarok, földigiliszták (melyek a megfelelően művelt szántóföld indikátorai) és a nagyobb állatok, amik így összességében véve a szerves anyag 5%-át teszik ki. Táplálkozásuk során megemésztik és a talaj ásványi anyagaival keverik a növényi maradványokat, illetve bizonyos élőlények a testfelületükön jelen lévő ragadós nyálkával, vagy az általuk termelt anyagokkal lehetővé teszik a részecskék összetapadását. (http1) A FAO (Food and Agricultural Organization of the United Nations) által is elismert tény, hogy ezeknek az összetapadt aggregátumoknak, a jó morzsaképződésnek kiemelt szerepe van a jó minőségű talajszerkezet, a levegőztetés, a vízátszivárgás szempontjából, illetve az erózió és a talajfelszín elkérgeződésének megelőzése szempontjából (Bot-Benites, 2005).

Mivel a talajlakó organizmusok megléte a táplálékuk elérhetőségétől függ, ezért kapnak kiemelt jelentőséget a kijuttatott vagy meghagyott, bekevert növényi maradványok. Amennyiben biztosított számukra a létfolyamataikhoz szükséges táplálék, a talajlakó organizmusok lebontják a maradványokat, a növény számára elérhetővé téve a termeléshez szükséges és termésképzéshez kellő tápanyagokat. A talajlakók száma és aktivitása tehát művelési stratégiával is befolyásolható pozitív irányba – ilyennek számít például a direktvetés és az úgynevezett minimális talajművelés (minimal tillage).

A maradványok bomlási sebességét nagyban meghatározza anyaguk minősége, azonban átlagosan megállapítható, hogy a széntartalom 70-80%-a még az első év során lebomlik, a maradék 20% pedig csak nagyon lassan (Jóri, 2008).

A gyorsan bomló anyagok, azaz az aktív frakció friss maradványokból származik. Kihatással van rá az időjárás, a talaj nedvességi állapota, a növekedési fázis, a termelési gyakorlat és a szerves maradványok kijuttatása is, ennek ellenére könnyű hozzáférhetősége miatt ez jelenti az elsődleges tápanyagot a talajban élő szervezeteknek.

2.3. Növényi melléktermékek hasznosítási lehetőségei

Magyarországon évente mintegy 100 millió tonna melléktermék és termelési hulladék keletkezik, amiből a mezőgazdaság részaránya közel 60 millió tonna. Ezen 60 millió tonnából növényi hulladéknak minősül nagyjából 14,5 milliónyi, aminek azonban csak fele, körülbelül 7 millió tonna kerül hasznosításra. A mezőgazdaságból kikerülő növényi hulladékok illetve melléktermékek kezelése, hasznosítása változatos: „megmaradt a hulladékok kezelésének hagyományos környezetfenntartó gyakorlata, a talajerő-megőrzés, a bomlékony szerves anyagoknak a talajba történő visszapótlása révén.” A növénytermesztés melléktermékeit silózva, szárítva vagy eredeti állapotukban takarmányozásra, nem megfelelő minőség esetén pedig trágyázásra használják fel, ám léteznek már újabb tendenciák is: fehérjedús takarmánykiegészítő anyag előállítása extrakcióval való préselés vagy élesztősítés segítségével. (http2)

Dolgozatomban egy már meglévő felosztást alkalmaztam (Nemessályi-féle, 1982-ből), mely a melléktermék-hasznosítás területeit négy fő irányban jelöli meg. Első a takarmányozás, második a trágyázás (alászántva, ill. istállótrágya készítéshez), harmadik az ipari feldolgozás (mint például az alkohol, cellulóz, valamint fehérje előállítás) és végezetül az egyéb hasznosítás, amibe a csomagolás, építőanyag, fűtőanyag és biogáz előállítás tartozik (Birkás, 2010b). Ezek közül leginkább témába vágó a trágyázás, azon belül is az alászántás, ám ennek bővebb ismertetését dolgozatomban megelőzi a hasznosítási területek rövid összefoglalása.

2.3.1. Takarmányozás

A melléktermékek takarmányozási célú hasznosításán belül két területet különböztetünk meg: kérődző állatoknak, valamint abrakigényes állatoknak történő takarmányozást. Biológiai adottságaik révén a kérődző állatok a leginkább alkalmasak a melléktermékek hasznosítására, ezért ez a terület a leginkább elterjedt.

Jelentősége abban rejlik, hogy főterméket lehet vele helyettesíteni a takarmányadagokban, ami által termelésbővítés, takarmánytermő terület megtakarítás, fehérjeimport csökkentés, vagy egyes főtakarmányok kiváltása válik lehetségessé (Nemessályi, 1982).

Takarmányozásra alkalmas melléktermékekből Nemessályi (1982) három csoportot képzett, amelyek a következők: szalmafélék, lédús és mesterségesen szárított melléktermékek.

2.3.2. Trágyázás

„Hazánkban a hagyományos konzisztenciájú szerves trágya mennyisége 35-40 millió tonna évenként (2008-as adat), ebből szarvasmarhatrágya 15-16 millió tonna, a többi sertés- és baromfitartásból ered.” (http2)

Célszerű tisztában lenni a trágyázás következményeivel illetve jótékony hatásaival, amiket három csoportra bonthatunk: fizikai, kémiai és biológiai hatásokra.

2.3.2.1. Az istállótrágya fizikai hatása

Az istállótrágya kedvező hatással bír a talaj szerkezetére, mert növeli a pórustérfogatot, javítja a víz- és levegő-gazdálkodást, fellazítja a talajt, s hőgazdálkodására is előnyösen hat. Ezek együttesen fokozzák a termésbiztonságot, megkönnyítik a művelést, valamint csökkentik annak költségeit is. Ezek a kedvező hatások nem csak az adott gazdasági évben, hanem több év távlatában nézve is jelentőséggel bírnak.

2.3.2.2. Az istállótrágya kémiai hatása

Kémiai hatása időben eltérően érvényesül: döntő többségben az első évben jelentkeznek a pozitív hatások, majd ezt követően évről-évre csökkennek, nagyjából 40-60%, 30-35% és 10-20% arányban. A negyedik évre már csak 5-10 %-os hatásfokkal bír, azonban ezt is csak kötött talajokon produkálja. A pozitív hatás a N, P, K tartalomban nyilvánul meg, ami szerves kötésben található az istállótrágyában. 10 t érettnak minősülő trágya 50 kg N-t, 25 kg P-t és 60 kg K-t tartalmaz, amelyek közül a kálium nyitja és a foszfor zárja a sort feltáródás szempontjából. (http3)

2.3.2.3. Az istállótrágya biológiai hatása

Az istállótrágya biológiai hatása a mikroszervezetek szempontjából lényeges, ugyanis ez szolgáltatja a tápanyagokat valamint a megfelelő életkörülményeket az élénk baktériumélet számára. Hatására szén-dioxid szabadul fel a talajban, elősegítve többek között a foszfátfeltáródást és a növények asszimilációs tevékenységét. Bomlásakor olyan serkentőanyagok szabadulnak fel, mint például az auxin, valamint többféle hormon, amik a termés hozam növelésére vannak kihatással.

2.3.3. Ipari feldolgozás

A növényi melléktermékek felhasználásának harmadik módja az ipari feldolgozás. A szélesebb körben használt etanolt cukorból, vagy keményítőből élesztővel végzett fermentációval és folyamatos desztillációval nyerik. A legnagyobb mennyiséget cukornádból (Brazília) és kukoricából (USA) nyerik. Alkoholok előállításához a növény valamely részének tartalmaznia kell cukrot, keményítőt, vagy cellulózt, ami történhet: cukor kivonásával és fermentációval, keményítő hidrolízisével és fermentációval, illetve a cellulóz hidrolízisével (fa) és fermentációval (Barótfi, 2000).

2.3.4. Egyéb

A mezőgazdasági szerves anyagok, mint hulladék-anyagok egyéb hasznosítása alatt többnyire az energetikai hasznosítást értik, amelynek három lehetséges módja létezik. Ezek az égetés, a pirolízis és a biogáz nyerés. A hulladék égetése azért lehetséges opció, mert a szalma és a fa esetében az oxigéntartalom a karbontartalommal közel azonos értékű. A szalmafélék felhasználhatók meleg víz előállításra (fűtési célból), léghűtésre (hőcserélőn keresztül), vagy szükség esetén gőz, illetve villamosenergia-termelésre 50 kW – 50 MW tartományban. Ez esetben a szalmát bálázzák, brikettálják, vagy pelletálják, majd ezt követően égetik el. Pozitív érv az ilyen módú felhasználás mellett, hogy lakossági tüzelőberendezésekben is égethető, és sem füstjének, sem kormának nincs kén tartalma. Pirolízisnek az éghető gázzá történő bontást nevezik, amikor a részbeni elégetés levegőhiány mellett zajlik le. Az e célra szolgáló gázosító berendezéseket ocsú és szalma égetésére használják, mivel ezek nagy cellulóztartalommal bíró növényi részek. Az ekkor keletkező gáz energiatartalma 14-20 MJ/kg, és a hulladékok 85%-os hatásfokkal alakíthatók gázzá. Fűtőértéke 5000-7500 KJ/m³, ami a földgáz értékéhez viszonyítva elenyésző – annak csupán 14-20%-a, emiatt a technológia mind fejlettségében, mind tökeigényében csak közepesnek ítéltető. A manapság legelterjedtebb eljárás a biogáz gyártás, ami valamennyi természetes eredetű szerves anyagból előállítható, amennyiben a következő feltételek jelen vannak: folyamatos, kellő mennyiségű szerves anyag; anaerob (levegőtől elzárt) környezet; metánbaktériumok; állandó, kiegyenlített hőmérséklet; valamint folyamatos keverés. Számszerűsítve, az eddigi tapasztalatok alapján kijelenthető, hogy egy tonna mezőgazdasági melléktermékből 25-30 napos erjesztési idő alatt 550 Nm³/t gázmennyiség nyerhető ki. (<http2>)

2.4. Talajba keverés kontra energetikai célú hasznosítás

Az utóbbi években aratás után egyre elterjedtebbé vált a szalma szétterítése helyett a bálázás gyakorlata. Ennek oka az azonnali bevétel reménye, ami miatt egyre több gazda szánja rá magát, hogy bálázó gépbe, bálázásba injektáljon tökéjéből, ahelyett, hogy a helyben rendelkezésre álló növényi maradványokat a talajba keverné. Ez ellen érvként hozható fel, hogy a hosszabb távú befektetésnek minősülő talajba keverés sokkalta gazdaságosabb és kevesebb negatív utóhatással is jár, mint a szalma felbálázása és energetikai célú hasznosításra történő leszállítása a termőföldről (Birkás, 2008c). Különösen belvízkárt szenvedett talajon célszerűtlen elhordatni a szalmát (Birkás, 2009b), hiszen a szerves anyag jelenléte a felszínen több káros hatástól is védi a talajt, példának okáért említve az esőt, a szelet és a napsütést. Az eltávolítás nem csak ezeknek a negatív hatásoknak való kiszolgáltatottságot okoz, hanem a növények tápanyaghoz jutását közvetve befolyásoló mikroorganizmusok elől is elveszi a táplálékot. Ezek így képtelenné válnak a növények számára felvehető formába alakítani a szükséges tápanyagokat (Bot-Benites, 2005).

A szármaradvány elszállítása esetén, amennyiben az szénvesztő műveléssel társul, a talaj szénvesztése a 3-3,5 t/ha-t is elérheti, de ez az érték jobb esetben is legalább 1 t/ha nagyságú. A szénkímélő technológia alkalmazása önmagában nem elegendő ahhoz, hogy a talaj széntartalma növekedjen, mivel ez az összes rendelkezésre álló szármaradvány bedolgozásával válik csak elérhetővé (Kalmár, 2012).

A szalma eltávolításakor gyakran hagynak magasabb tarlót, ami azonban nem jelent megoldást. Ellenben mélyebb hántásra kényszerít, ezen felül a takarás egyenetlen, valamint kismértékű is lesz. Ez átlagos időnyben kevésbé jelent hátrányt, azonban átlagos időnyel számolni Magyarországon nem megfontolt döntés. A jobb takarás mind száraz, mind csapadékos időnyben megteszi hatását, ugyanis míg egyikben a hőstresszt enyhíti és visszatartja a nedvességet, addig a másokban az esőstresszt mérsékli (Birkás, 2012).

2.4.1. Szervesanyag-hiány

Mint forgó tápanyagforrás, a szerves anyag két fő funkcióval bír, amelyből csak az egyik minősül lényegesnek a téma szempontjából. Mivel a szerves anyag elsődlegesen növényi maradványokból származik, tartalmazza mindazokat a nélkülözhetetlen tápanyagokat, amikre a növénynek a növekedéshez szüksége van. Tehát kijelenthető, hogy a talajban felhalmozott szerves anyag voltaképpen tápanyagbázisként funkcionál, amennyiben nem szállítják el a helyéről (Bot-Benites, 2005).

Továbbra is ezek a melléktermékek - úgymint repceszár, szalma, kukorica, napraforgósár - jelentik a talaj legfontosabb, első számú szervesanyag-utánpótlási forrásait, mivel más forrásokból (mint például az istállótrágya, a hígtrágya) csak elenyésző mennyiség, a zöldtrágyázás terén pedig csak kezdetleges információk állnak rendelkezésre.

Az ásványosodott szerves anyag stabil, porózus szerkezet biztosításával növeli a talaj víztartó képességét, tápanyagforrást- és tartalékokat jelent, azon felül kedvező a tápanyagok felvehetőségére és megköti a toxikus nehézfémeket is (Birkás, 2008c).

Amennyiben a szalma bálázásra kerül, szót kell ejteni a talajról ily módon elvitt foszfor és kálium utánpótlásáról, figyelembe véve azt, hogy ebből a két tápanyagból az árával összefüggésben nem adnak annyit, amennyire a természetű növénynek szüksége lenne. Ily módon csak többletköltség generálódik. A szalma jelenlegi felvásárlási ára megközelítőleg sem fedezi ezeket a költségeket, mint például a művelési romlásból keletkező többletművelését, vagy az elszállított tápanyagok pótlására kellő műtrágya szükségletét (Birkás, 2008a).

Jóllehet elméletben a talaj szervesanyag-utánpótlásáról való lemondás ellensúlyozható lenne a kímélő talajműveléssel, a gyakorlat azt mutatja, a szervesanyag-készlet és a talajművelés figyelmen kívül hagyása együtt járó tényezők. Ez részben köszönhető a hanyag művelési gyakorlatnak, részben pedig annak, hogy a bálázás és a bálák táblán való időzése, illetve a késedelmes elszállítás gátolja a tarlók időbeni, mihamarabbi szántását. Az így a tarlón kikelt gyomok az optimálisnál mélyebb hántásra adnak okot, és a jelentős taposási kárt szenvedett talaj megmunkálása is nehezedik, ami óhatatlanul is szénvesztést von maga után.

2.4.2. Költségek (szállítás, megmunkálás, tápanyagpótlás)

Az elszállítás okán takaratlanná, védtelenné vált felszín megakadályozza a talaj megújulását, ugyanis a tarlósálak minimális védő hatása elenyésző a zúzott, mulcsolt szalmához képest, ami szinte minden időjárási viszonyok esetén – aszály, eső, szél – megfelelő védelmet biztosít.

Az esőverte, majd kiszáradt és kérgessé vált talajon rosszabb hántás- és szántásminőséggel, valamint a nehézkes művelés okozta többletköltségekkel kell számolni, amik főként gázolaj és gyakori alkatrész-cserélődés képében jelentkeznek. Az alkatrészek kopása és szakadása csak töredékét képezi a járulékos költségeknek, ugyanis sokszoros művelési menet is szükségszerűvé válik, ami a megnövekedett gázolajfogyasztás mellett talajtömörödéshez is vezet (USDA-Natural Resources Conservation Services–University of

Wisconsin – Extension, 2000). Ellenben a mulcsborítással hagyott talajon az üzemanyag-megtakarítás 20-40%-os is lehet, míg az időbeni megtakarítás – a kevesebb menetszámnak köszönhetően – akár 40-60%-os is (Birkás, 2008b).

A fedetlenül maradt talaj miatti vízvesztésnek és kérgesedésnek köszönhetően a biológiailag passzív talajokon 12-24%-kal több energia szükségeltetik a nyár végi, illetve őszi alapművelés elvégzéséhez 2007-es, 2009-es adatok alapján (Birkás, 2010b).

Példával alátámasztva a különbséget, egy 500 hektáros gazdaságnál növényi maradványokkal való gazdálkodás mellett az évi időmegtakarítás akár 225 óra is lehet, ami napi 10 óra munkavégzéssel számolva 22 nap előnyt jelent. Anyagi vonzatát tekintve a ritkább menetszám hektáronként 5 USD megtakarításra nyúlhat csak a gépek kopását és fenntartását figyelembe véve, ezen felül 3.5 gallon (körülbelül 13,26 liter) gázolajra, szintén hektáros bontást alapul véve (USDA- Natural Resources Conservation Services–University of Wisconsin – Extension, 2000).

A védőtakarótól megfosztott talaj gyorsabban melegszik fel, emiatt több nedvesség áramlik ki belőle, csupasz felszínét az esők eliszapolják, ülepítik. Az első hőségnapon az eliszapolt felszín kérgessé, nehezen művelhetővé válik, amit a bálázáshoz szükséges gépek taposási kára tovább fokoz.

A szalma szállítása szennyezi a környezetet, a nagy tengelyterhelésű járművek tovább rontják az amúgy is rossz állapotban lévő utakat, s csak akkor gazdaságos a szállítás, ha az eladónak minél kevesebbet fizetnek (Birkás, 2008c). Ehhez hozzáadódik még a talaj taposási kára (több a kár, valamint mélyebbre is terjed), amit a bálázás és szállítás folyamatai idéznek elő (Birkás, 2007b, 2010c).

A nedvességmegőrző technológia nagy előnye, hogy a ráfordításokat kedvező irányba viszi el. A technológia alkalmazásával a terméseredmények nem csökkennek, sőt, nő a termésbiztonság, így a használatából adódó energia és költségmegtakarítás voltaképpen jövedelemnövekedést okoz. Ugyan az új eszközök beszerzése jelentős ráfordítást jelent, sokirányú hasznosíthatóságuk, valamint az előbb említettek rövid távú megtérülést ígérnek (Kosztolányi, 2007).

2.4.3. Tarlóművelés késlekedése

Egyik fő probléma a bálázással, hogy általa akár 6-8 hét késedelem (ennyi az elszállításhoz szükséges idő) is beállhat a tarlóművelésben, ami azt leszámítva, hogy növeli a

művelések energiaigényét és egyértelműen jelentős vízvesztességhez vezet, az optimális talajminőséget szem előtt tartva sem megengedhető (Birkás, 2008a).

Nem egy évben akadályozza meg maga az időjárás a bálák időben történő eltávolítását, amik ily módon hetekig a földeken maradnak, minőségük romlik, gyom növi be őket, és ez idő alatt a takaratlan talaj ki van téve az időjárás viszontagságainak. A gyomos talaj drasztikus megoldásokra kényszerít - az emiatt nyitva hagyott szántás szénvesztése napi 450-820 kg/ha is lehet, ami 6-7 napig folyamatosan kitart. Azonban nem ezek az egyedüli kedvezőtlen jelenségek, mióta elterjedt a melléktermékek elszállítása a szántóföldekről (Birkás, 2008c).

A bolygatatlan, takaratlanul maradt talaj vízvesztése hőségnapokon a mélyen hántott és lezáratlan talajával egyezik, ami mély kiszáradást eredményez (Birkás, 2007c). A késedelmes bálalehordás következtében a talaj repedésekkel szabdalttá válik a tarló-sorok között, amin később a tárcsás feltörés sem segít (Birkás, 2013).

2.4.4. Gyomosodás

A báláztatás, bálaelhordás másik hátránya, hogy amennyiben a munkafolyamat késlekedik, akkor az árvakelés illetve a gyomok pont a magágykészítés idejére jelennek meg nagy számban.

Sokan a szántást tartják a legjobb gyomelnyomó képességű megmunkálásnak, ám a mulcshagyó technológia sokkalta környezetbarátabb és fenntarthatóbb módszernek minősül ebből a szempontból. Mivel a mulcshagyóan gondozott tarlón jobb a gyomkelés, időben sor kerülhet a gyomállomány felmérésére, majd kémiai gyomirtására. A korai gyomkelés a mulcshagyásnak köszönhető, mivel a nyáron is nyirkos maradó talajban hamarabb és több gyom kel ki, ellenben a mélyen bolygatott, lezáratlan talajjal. Téves, hogy a szántott talajon kikelt kevesebb gyom gyommentességről tanúskodik – a gyommagvak a talajban vannak, csak még nem optimálisak a körülmények a kelésükhöz. A gyomirtás mechanikailag, művelőgéppel, illetve kémiai úton történhet (Birkás, 2008b). Utóbbi alkalmazása főként aszályos időnyben célszerűbb perzselő hatása miatt, és mindenféleképpen meg kell előznie a magágykészítést (Birkás, 2007c, 2009).

A gyomosodás elkerülése végett, illetve a gyomirtó szerekre kiadott pénzmennyiség csökkentésére kiválóan alkalmasak bizonyos allelopatikus tulajdonságokkal bíró növényi maradványok, többek között a napraforgóé.

A napraforgó többféle allelokemikáliát is tartalmaz, amelyek a biológiai aktivitásért felelősek. Ezek a következők: klorogénsav, izoklorogénsav, scopolin, annuiononok, 1-naftol. Többségük vízzoldékony (Alsaadawi et al., 2011).

Tanulmányok támasztják alá, hogy 600-1400 g/m² napraforgó maradvány és Treflan szer (trifluralin) 50, 75 illetve 100%-os dózisával kijuttatva különböző mértékben, de egyértelműen növelik a gyomelnyomás hatékonyságát. Külön-külön alkalmazva is hatásosak, de együttes alkalmazásuk esetén a legkisebb a gyomszám és biomassa – jóval kisebb, mint gyomirtószer önmagában való alkalmazása esetében. A kísérlet lóbab termesztése mellett zajlott, ahol az ajánlott (100%-os) Treflan dózis 1400 g/m² napraforgó maradvány alkalmazása esetén lett a legnagyobb a termesztett növény biomasszájának mennyisége. Ez 74%-kal több, mint a kezeltlen kontroll parcella, illetve 36%-kal több, mint a csak herbiciddel kezelt parcella megtermelt biomasszája. 50%-os herbicid dózis és napraforgó maradvány alkalmazása ugyanazt az eredményt hozta, mintha 100%-nyi herbicidet juttattak volna ki. Ezek az adatok alátámasztják, hogy nem csak költséghatékonyabb a gyomszabályozás szempontjából a növényi maradványok felhasználása, hanem a fenntarthatóság és környezetbarátabb gazdálkodás megvalósításában is szerepet játszik (Alsaadawi et al., 2011).

A napraforgó maradványokkal bekevert talajon (600 és 1400 g/m²) a herbicid kijuttatás a teljes gyomszámot és biomasszáat 24-62%-ra illetve 26-59%-ra redukálja, amennyiben a csak herbicides kezelést vesszük alapul. Ugyanezen kezelés felügyelettel való alkalmazása 75-87%-os és 86-92%-os csökkenéssel jár (Alsaadawi et al., 2011).

A növényi maradványok allelopatikus hatása nem csak talajba keverés, hanem mulcshagyás esetén is érvényesül, mégpedig a gyommagvak csírázókéességének illetve képződésének gátolása révén, ezen felül pedig elnyomva a gyomok egyedeinek növekedését, erejének és sűrűségének csökkenését elősegítve (Gallandt et al., 1999).

2.4.5. Az energetikai hasznosítás más alternatívái

Mindezek ellenére nem állítható, hogy a fűtőművek és biogázüzemek működése ellenzendő – mind a bennük elégetésre kerülő növényektől függ. Az erre a célra termelt energianövények preferálása jelent megoldást, ugyanis így megmaradnak a hasznot hozó szántóföldi növényi maradványok a termőföldnek, viszont az energianyerés is végbemegy. Fás és lágyszárú növények egyaránt léteznek energetikai felhasználás céljára, az erdőgazdasági és ipari hulladékok szintűgy felhasználhatóak. A megújuló energiaforrás stratégia is ésszerűen megvalósítható, azonban ennek nem megfelelő módon való alkalmazása a levegő tisztasága és az utak állapota mellett legnagyobb veszélyt a talajokra jelent (Birkás, 2008c).

„Régebb óta köztudott, hogy a parlagon heverő földek, vagy a kedvezőtlen adottságú területek nagy része alkalmas az energetikai hasznosításra” (Birkás, 2007b). Az élelmiszer és takarmánytermelésre alkalmatlan földek ilyen való hasznosítása jó irányba befolyásolná a mikroklimát és az agrártáj képét is. Fő energianövénynek minősül az energiafű, az energianád, és a rövidebb vágási idejű fajok is (Birkás, 2010b). Fűtési célra felhasználható még az útszélek, árokpartok, valamint csatornapartok jelentős mennyiségű biomasszája, ami a rendszeres kaszálás és begyűjtés révén még az allergiát okozó növények ritkulását, valamint a környezet kulturáltabbá válását is elősegítené (Birkás, 2007b).

2.5. Talajba forgatott növényi melléktermékek szerkezetjavító hatása

A növényi maradványok el nem távolítása mellett alkalmazott talajkímélő művelési technológiák (pl.: direktvetés, minimális/vagy takarékos művelés) több pozitív hatással is bírnak a fenntarthatóság szempontjából. Ezek közé soroljuk a növényi maradványok, gyökerek, a szerves anyag fenntartását, a gyomosodás elleni védelmet, pH pufferként való működését, a morzsaképződés javítását, a pórusok épségben hagyását, továbbá a víz átszivárgásának elősegítését, annak elfolyásának megakadályozását és az erózió meggátolását (Bot-Benites, 2005). Ezek együttesen mind hozzájárulnak a szerkezet feljavulásához.

Okszerű gazdálkodás esetén évi 6-8 t (kukorica esetén akár 10-12 t is) tarlómaradvány képződik, amely 500-1000 (kukoricánál 800-1400-ra is rúghat ez a szám) kg/ha szén lekötését hozza magával, amiből kímélő művelés esetén a CO₂-légzés következtében maximum 500-800 kg/ha szén távozik el (Birkás, 2007b).

2.5.4. Növényi maradvány, mint szervesanyag-forrás

A lebomló szalma illetve kukoricaszár mázsája átlagosan 1 kg K hatóanyagot tartalmaz, ami a talajba visszakerülve nagyobb mennyiségű műtrágya megtakarítását jelenti. Legértékesebbnek a pillangós növények maradványai minősülnek, mert ezek jelentős mennyiségű N-nel gazdagítják a talajt. Egyéves pillangósok hektáronként 15-25 kg nitrogént juttatnak vissza, míg az évelőknél ez a szám a 30-40 kg/ha-os értéket is eléri (Kovács, 2012). Más források szerint búzánál 5 t/ha-os termés esetén a visszajuttatható tápanyag mennyisége 44 kg/ha N, 38 kg/ha P₂O₅ és 44 kg/ha K₂O. Ugyanezen forrás a repce esetén – amennyiben termésmennyisége 2,5 t/ha – 27 kg/ha nitrogénnel, 16 kg/ha foszforral és 21 kg/ha káliummal számol (Horváth, 2012). Kukoricaszárat vizsgálva, 10 t/ha-os termés esetén 28-36 kg/ha N, 8-12 kg/ha P, valamint 80-100 kg/ha K hatóanyag várható (Birkás, 2007b). A jobb hasznosulás

talajkondicionáló szerekkel, baktériumkészítményekkel segíthető elő, valamint N-műtrágya adagolásával.

„Világszerte 118 millió tonna NPK képződik a tarlómaradványokban, amely a világ műtrágya felhasználásának 83,5%-a” (Birkás, 2010b). Logikus lenne tehát a többletköltséget jelentő műtrágyáknak az amúgy is rendelkezésre álló növényi maradványokkal való kiváltása.

A megőrzött szerves anyag elsődleges szerepet tölt be a morzsásodás kialakulásában, a nedvesség megtartásában és a talaj ülepedési hajlamának csökkentésében is (Szabó, 2013).

2.6. Klímakár elleni védőhatás

A talaj hőfoka meghatározó tényező a lebontó folyamatok és a szerves anyag rendelkezésre álló mennyiségének szempontjából, ugyanis alacsonyabb hőmérsékleten a lebontó folyamatok lassabban mennek végbe. Ily módon kisebbé válik a talaj szénvesztesége, s a mineralizáció fokozatosabban zajlik le (Bot-Benites, 2005).

Tény továbbá, hogy „a szerves anyag szintje általában az évi lehullott csapadék szintjével együtt növekszik” (Bot-Benites, 2005). Ezért a megfelelő mennyiségű csapadék elengedhetetlen a növények növekedéséhez szükséges mennyiségű tápanyag mikrobák általi előállításához.

A klímakár-csökkentő talajművelés „a talajok klímaérzékenységre való csökkentését célozza meg a nedvesség-és szénforgalom szabályozásán keresztül” (Kalmár, 2012). Elsősorban célszerű elkerülni a (gyakori) szántást, az ugyanis nem csak a szervesanyag-készletet csökkenti, hanem hagyja kiszáradni a talajt, eróziónak és deflációnak teszi ki azáltal, hogy nem hagy növényi maradványt, borítást a felszínen. Ezen felül csökkenti a földigiliszták rendelkezésére álló táplálék mennyiségét, megzavarja ársási és életfolyamatait. Ennek következtében nő a porozitás és az átlegegőzés, illetve csökken a növényi maradványt lebontó képesség (Bot-Benites, 2005).

Az ismételt tárcsázással való művelés rombolja az aggregátumokat, a már kialakult és csapadék elvezetésére szolgáló gilisztajáratokat és gyökerek által előidézett úgynevezett csatornákat, ami így a hazánkban többnyire egyhuzamban, de nagy mennyiségben leeső csapadék elvesztegetését vonja maga után (Bot-Benites, 2005). Ez mindenképpen elkerülendő.

A tárcsa- vagy eketalpnyom, ami a művelés következtében alakul ki az eszköz művelési mélységének aljánál, egyaránt meggátolja a gyökér mélyebb rétegekbe való lejutását illetve a csapadék szabad áramlását.

2.6.1. Vízkímélés

Az a víz, amit nem sikerül a talajban eltárolni, mind kárba vész, ezért olyan talajállapotot kell folyamatosan biztosítanunk, ami bármikor képes a lehulló csapadékot magába szívni, illetve ott megtartani a lehető leghosszabb ideig. Birkás (2007a) szerint egyedül az a víztöbblet számít feleslegesnek, amit már a jó állapotú talaj sem képes befogadni, hazánk szélsőséges klímájában azonban ez az eset ritkán áll fenn.

A talajban rendelkezésre álló víz mennyisége azonban nem kizárólagosan a lehullott csapadéktól függ, nagyban közrejátszik a művelés módja is. A lehullott csapadék hasznosulása a vízkímélő vagy vízvesztő művelés közti választással befolyásolható (Birkás, 2009a).

A növényi maradványok felszínen hagyásának legjelentősebb tulajdonsága, hogy meggátolja a már meglévő nedvesség elpárolgását, a talaj kiszáradását. Ezenfelül felfogja az esetlegesen lehulló csapadékot, ami így könnyebben a talajba jut, a talajba keverés után pedig szervesanyag-tartalmának köszönhetően segít visszatartani a bejutó nedvességet (Bot-Benites, 2005). A hosszúra meghagyott szalmának is jó a vízfelszívó képessége (átlagosan 1 kg szalma 2-3 kg vizet tárolhat), de a további aprítás ezt a számot Smil (1999) szerint 3-3,8 kg-ra is felemeli. Kísérlettel bizonyított (Unger, 1978), hogy a nagyfokú búzamaradvány-szint megnövekedett nedvességmennyiséget eredményez a talajban, aminek következtében a cirok magasabb terményhozamot produkál. 8-12 t/ha-nyi növénymaradvány 80-90 mm-rel több tárolt nedvességet jelent a termőföld számára, illetve a ciroknál nagyjából 2 t/ha terméstöbbletet a maradványmentes műveléshez viszonyítva. Bizonyos típusú szerves maradványok húszszorta annyi nedvességet képesek megkötni, mint saját tömegük (Reicosky, 2005).

Ahhoz, hogy a talaj vizet tudjon befogadni illetve megkötni, sok múlik a művelés megválasztásán is, ezért a kellő mélységig lazult, tömörödéstől és egyéb talajállapot hibáktól (pl.: porosodás) mentes szerkezet elérése a cél. Taposási tömörödés esetén a 4 tonnás tengelyterhelés 30 cm, míg a 10 tonnás terhelés 50 cm mélységig préselheti össze a talajt. Nedves talajnál ez akár 60 cm-re is kiterjedhet. Nedves talaj egyszerű művelése esetén 1-3 centiméteres tömörödött réteg már 20-30 hőségnap után jelentős gazdasági károkat okoz. Extrém körülmények között a tömörödött réteg vastagsága elérheti a 3-5 cm-t is, ami beláthatatlan következményekkel jár a termelésre nézve – jóllehet ez Kalmár (2012) szerint elkerülhető a megfelelően megválasztott művelési stratégiával.

Amennyiben egy vízcsepp a pusztá, fedetlen talajra csapódik, sebességéből adódó energiája különválasztja a hantoktól a részecskéket, amik eltömítik a pórusokat, áthatolhatatlan üledékréteget vonva a felszínre. Ezek kiterjedése pár milliméter vagy több centiméter is lehet, többnyire homokos vagy iszapos anyagból. Míg a víz elfutásának esélye így nő, beszívódási képessége nagyban redukálódik (Bot-Benites, 2005). Egy lehulló vízcsepp mozgási energiája negyvenszerese saját tömegének, ami ütközésének erejét kétszeres nagyságrenddel nagyobbá teszi, mint a bekövetkező lemosódás erejét (Smil, 1999). A huzamosabb ideig szervesanyag-kímélően művelt talajokon a víz romboló hatása sokkalta

kisebb, ugyanis ezeknél a talajnak csupán a felső, 1-3 centiméteres rétege ülepszik meg, és az alatta lévő rétegben mind a lazultság, mind a szerkezet ép marad. Ezzel szemben a szakszerűtlenül művelt talajokon az esőkár 20-25 centiméter mélységben is még kimutatható, főként vályog-és agyagtalajok esetében (Birkás, 2010b).

Amennyiben deflációról esik szó, a növényi maradványokkal való borítottság 0,56 t/ha-ról 1,12 t/ha-ra való növelésével a pusztítás mértéke 95%-kal csökkenthető. Ha a felszín 25%-ban fedett, a vízerózió felére csökkenthető, a borítás 90%-ra emelésével pedig a fedetlen talajhoz viszonyítva 93%-kal csökkenthető a kár (Smil, 1999).

Bizonyított tény továbbá, hogy a nedvességvesztés-csökkentő művelés a talaj szerves-szén készletét is kíméli, aminek mértéke Birkás (2007b) állítása szerint 0,5-1,0 t/ha is lehet.

A vízkímélő művelés ismérvei a következők: a tömörödés megszüntetése; rögzítés elkerülése; felületcsökkentés; elgyomosítás megakadályozása; és legvégül, a felszínborítás. Számszerűsítve a betakarítás utáni felszínborítás mértéke ideális esetben 45-55%, tarlóhántás után 35-45%, őszi alapművelés után 25-35%, míg tavaszi esetében 15-25%, vetés után szintúgy (Kalmár, 2012). A takaróanyag fogyását az idő előre haladtával főként a talaj biológiai tevékenysége, a N-ellátottság, valamint az esős-száraz napok váltakozása okozza, amihez hozzájárul még a művelés módja is (Birkás, 2007a).

55-65%-os borítottság elérése esetén 20-23,5 mm-rel több nedvesség tartható meg a takaratlan talajhoz képest (Birkás, 2012).

2.6.2. Hő és kiszáradás

A felszínborításnak a nap szárító hatása ellen is szerepe van, ilyen esetben hőszigetelőként funkcionál. A talaj hőmérséklete kihatással bír a vízabszorpcióra illetve a tápanyagok felszívódására, a mag csírázási képességére és a gyökér fejlődésére, a mikrobiológiai aktivitásra és a talaj keményedésére. 35 Celsius-fokig a gyökerek több vizet vesznek fel, míg az efölötti értékek már ellentétes hatást váltanak ki. 40-50 Celsius-fok esetén a talaj felső 5 centiméteres rétegében már jelentősen degradálódik a termésképzés, a magképzés, illetve ilyen hőfoknál már a talajmikrobák életfeltételei is számottevően megcsappannak. Az ideális hőmérséklet 25-35 Celsius-fok közötti, ekkor a csírázás és termésnövekedés optimális. Efölé emelkedve a kukorica fejlődése drasztikusan visszaesik, 40 fok felett pedig a szója például teljesen elvesztheti csírázókéességét (Bot-Benites, 2005).

Ennek elkerülése végett célszerű talajtakarást alkalmazni, a szétterített szalma ugyanis nagy részét képes visszaverni a hősugaraknak, nem engedve a talaj túlzott mértékű felmelegedését (Brito et al., 2005).

„2007. augusztusi vizsgálatok a gondosan hántott tarlók talajában 10 cm alatt nyirkos állapotot, a mélyen hántott és lezárt talajokban 20-25 cm-ig száraz állapotot mutattak” (Birkás, 2007c).

Mivel a meleg, szerves anyagokban gazdag talajoknál a maradványok bomlása aránylag gyorsan megy végbe – főként a könnyebben bomlóaké, mint például a búza szalmája -, a szerves anyagok könnyebben elérhetővé válnak. Valójában ez azzal is együtt jár, hogy az éves talajerózió és vízlefutás mértéke is megnő, ami kifejezetten kedvezőtlen a talajra nézve (Smil, 1999). Több új keletű tanulmány támasztja alá, hogy a megnövekedett talajhőmérséklettel a CO₂ emisszió (azaz kibocsátás) mértéke is nő, a talaj gyorsabban lélegzik (Brito et al., 2005).

Az aszálytal szembeni érzékenység mérséklődése csakis víz- és szervesanyag-megőrző műveléssel lehetséges.

A talaj kérgesedése, kiszáradása szinte minden évben jelentkező probléma. A tavaszi sok csapadék utáni hirtelen felmelegedés, majd csapadékhiány következtében erősen kérgesedni kezd a talaj. 30-70-100 mm-es kéreg már súlyos kár jele. Az 5 mm alatti enyhe kárt jelöl, ilyenkor még kézzel porhanyítható, a 6-10 mm-es már nem hagyható figyelmen kívül. Száraz időben jelentkező 11-35 mm-es kéreg már kockázatot jelent, 25-35 mm-es mérettartományban súlyos a kár, míg az előlítottak már a nagyon súlyos kategóriába esnek.

Másik gyakori jelenség a repedezés, mely a túltelített, majd hirtelen kiszáradt talajokon figyelhető meg. Az eső a talajkolloidokat a mélyebb részek felé mossa, amik vízfelvételekor kitágulnak, megduzzadnak. Száradáskor viszont épp ellenkezőleg, így a szerves anyagban szegény, de kolloidokban gazdag talajok ilyenkor mélyen berepedeznek (Birkás, 2013).

2.6.3. A mulcshagyó technológia és eszközparkja

A javításra szoruló területek regenerálására jó megoldást jelent a mulcshagyó technológia alkalmazása, amely az utóbbi években egyre nagyobb teret hódít. Mulcsnak a területen hagyott, aprított növényi maradványok talajjal való keverékét nevezzük, mint például a szalmának, kukoricának illetve napraforgó szárának, tányérjának, gyökerének talajos egyvelegét. Az ilyen jellegű felszínborítás voltaképpen védőréteget biztosít a talaj számára a különböző káros időjárásból adódó behatások ellen, ezenfelül gátolja a gyomnövények kelését.

Mulcsnak a 30%-os talajborítást meghaladó mennyiség értendő, aminek létrehozására többféle talajművelési módszer áll rendelkezésre – ezek a talajvédő művelés kategóriájába tartoznak. Mind a direkt vetés (No-till), a bakhátas művelés (Ridge-till) és a mulcsművelés (Mulch-till) biztosítja a 30%-ot meghaladó borítást (Jóri, 2009).

A mulcshagyó technológiának két változata különböztethető meg: első az in situ mulcshagyás, amelynél a maradványok ott maradnak, ahova aratás közben szóródtak. A második az idegen nevén cut-and-carry mulcshagyás, melynek lényege, hogy a máshonnan származó mulcsot a területre szállítják, majd ott terítik (Bot-Benites, 2005).

A mulcshagyás preferálása a szántással szemben több dologgal indokolható. Egyrészt, mert lazítja a szántás során tönkretett talaj szerkezetét, másrészt, mert a szántással ellentétben nem hagyja a laza talajt az esőzések következtében újra összetömörödni, jelentősen javítva így a csírázáshoz, gyökérnövekedéshez és csapadékszivárgáshoz való esélyeket. Szántásnál – ami jelentős anyagi vonzattal járó művelési forma – azonban újabb lazítási munkálatoknak kell alávetnünk a talajt, ami újabb és újabb költségeket ró a gazdálkodóra. A tömörödés és a degradált szerkezet így azonban továbbra is fennálló probléma marad (Bot-Benites, 2005). A szántás további hátránya még, hogy időpontjának megválasztása nagy gondosságot igényel a porosítás, rögzítés, vagy nedves körülmények között a szalonnásítás, kenés elkerülése végett.

Összesítve a mulcs-technológia előnyeit: eszköztakarékos, energiatakarékos, művelettakarékos, talajvédő, nedvesség-megőrző és környezetkímélő (Jóri, 2009).

A mulcshagyás már a betakarítással elkezdődik, a védőréteg már akkor a talajra kerül. Az USDA - Natural Resources Conservation Services – University of Wisconsin (2000) felhívja a figyelmet arra, hogy az időjárásból adódóan tél és tavasz között számolni kell bizonyos mértékű redukálódással a takaróréteg mennyiségét illetően, így annál inkább kerülni érdemes a gyakori őszi, valamint tavaszi művelést, ami tovább csökkenti az értékes védőréteget.

A mulcshagyó technológiához Jóri (2008) megítélése alapján a hagyományosnak számító munkagépek nem megfelelőek, helyettük gépkombinációk alkalmazása javallott. A „megvalósításához szükséges műszaki bázis alapelemei a következők: mulcs-kultivátor, mulcs-lazító, mulcs-vetőgép.” „A mulcsművelésre alkalmas kombinált eszközöknek a következő műveleteket kell megvalósítani: szalma/szár-aprítás, talajlazítás és porhanyítás, mulcsképzés (keverés), felszínelmunkálás és lezárás” (Jóri, 2009). A technológiában történt előrelépés a kapcsolt gépsorok (kultivátor + síktárcsa + henger) elterjedésével jelentősen megnövelte a kultivátoros művelés hatékonyságát (Szabó, 2013).

Szalma és száraprításra vízszintes tengelyű szárzúzózt alkalmaznak, tárcsás csoroszlyát illetve boronát, ásóboronát, valamint késes hengert. A lazítás és porhanyítás feladatára közép-mély lazítót, kultivátort (szárnyas, lazítókapás), merev és rugós fogas boronákat, míg mulcsképzésre tárcsás-, ásó-, forgóboronát és TLT-t. Ennél a munkafolyamatnál az 5-10 cm vastagságú, porhanyós talaj-növény keverék létrehozásának céljára eltérő művelési

sebességnél más-más eszköz az optimális. 5-8 km/h-s, tehát alacsony sebességnél a tárcsás boronák, míg nagynál (8-14 km/h) már az ásó és forgóboronák keverő hatása minősül kielégítőbbnek. A felszín elmunkálására valamint lezárására a különféle hengerek és boronák alkalmasak. Közülük leghatékonyabb a nagy vonalterhelésű gyűrűs henger. Rugós boronák alkalmazása többnyire kényszerhelyzetben történik, kedvezőtlen talajállapot esetén, mert kisebb az eltömődési esélyük a többi eszközhöz viszonyítva (Jóri, 2008).

Öt éves átlagot alapul véve a 35-45%-os takarás számít ideálisnak, ám több hetes szárazság esetén a borítottság értéke lehetőség szerint legyen nagyobb, nagyjából 45-55%-nyi (Birkás, 2010a).

2.7. A talaj tápanyagkészletének pótlása

Ahhoz, hogy a felszínen lévő növényi maradványok talajba jutásuk után jobban tudjanak hasznosulni, célszerű N-t kijuttatni, és azt a bekeveréssel egy menetben bedolgozni. Erre azért van szükség, mert a száraz növényi részek tág C:N arányuk miatt nehezen bomlanak. A nitrát kibocsátás elkerülése végett a karbamidot – ahol ez lehetséges - a talajba injektálják, nem pedig a felszínre szórják (Bot-Benites, 2005).

A nagy mennyiségű gyökér és szármарadvány mellé a pentozán hatás elkerülése érdekében célszerű tonnánként 8-10 kg N-t kijuttatni, így a lebontáshoz a mikroorganizmusok nem a környezettől vonják el a szükséges N mennyiséget, valamint a növény fejlődéséhez is marad elegendő (Hartman, 2008).

A lebomlás sebessége, a tartalmazott tápanyag mennyisége függ attól is, hogy mely növényeket keverjük be. Korábbi tanulmányok kimutatták (Blair et al., 2003), hogy a lucerna és a rizs szalmája gyorsan bomlik, gyors stabilitásnövekedést okozva a talaj aggregátumai közt talaj-kötő komponenseik felszabadítása révén. Ezek további szétesése során a tápanyagok gyorsan veszendőbe merülnek, idővel a talajszerkezet stabilitásának lecsökkenését okozva. Ellenben más növények, mint például a *Flemingia macrophylla* lebomlása lassabban történt, viszont talajszerkezet javító hatása is hosszantartóbbnak bizonyult (Bot-Benites, 2005). Kijelenthető ezáltal, hogy a jó minőségű talaj elérése szempontjából nem mindegy, milyen, és mennyire gyorsan feltáródó maradványokat keverünk le.

A növényi maradványok tápanyagpótló hatása főként hosszabb távon érvényesül. Tízévnnyi indiai adat bizonyítja, hogy míg az első évben a szervesen műtrágya alkalmazása hozza a nagyobb terméseredményeket, a második és harmadik évben már a szerves és

műtrágya kombinált használata megegyezik a csak szervetlennel kezelt területekével. A negyedik évtől kezdve pedig egyértelműen a kombinált használat kerül vezető pozícióba (Singh, 2011).

2.8. A szárzúzás és fontossága

A szárzúzás fontossága abban rejlik, hogy a talajba kerülő szerves anyag tápanyagképzést elősegítő képessége csak megfelelő bomlás esetén következik be. A nehezebben bomló növényi részek darabolás, aprítás, szársértés nélkül nem hogy javítják a talaj szerkezetét, fizikai tulajdonságait, művelhetőségét, illetve vízháztartását, inkább rontják azt. A túl nagy, egyben maradt szárrészek helyén a talajban üregek maradnak az idő múlásával, ami kedvezőtlen a vetés minőségét tekintve, illetve a csírázásnak sem kedvez. A soron következő gépi munkálatra is kedvezőtlen hatással van a szármaradványok fizikális jelenléte (Hartman, 2008).

A jó mulcs alapvető feltétele a szalma, szár minél kisebbre zúzása és minél egyenletesebb terítése; "a zúzás és terítés az aratással egy menetben okszerűbb, így a talaj rövid időre sem marad takaratlan" (Birkás, 2008b). Leghosszabb ideig tartó takarással – amennyiben kellőképpen apróra zúzzák – a gabonafélék szalmája bír (Birkás, 2007a). Búzánál az ideális szecskahossz 8-12 centiméteres, a jobb feltárulás érdekében hosszában is megtört, mindezek mellett elengedhetetlen az egyenletes terítés és a törekszőró használata a kombájnnon (Birkás, 2008b).

Kukoricánál a szárhossz optimális mérete csak 4-8 cm a lassabb bomlás miatt, a többi feltétel azonban megegyezik a búzáéval. A borsó, káposztarepce, mustár szára gyorsan bomlik, ezért védő hatásával kevesebb ideig számolhatunk (Birkás, 2007a).

A szárzúzás megvalósítására leginkább alkalmas eszközöknek a vízszintes tengelyű szárzúzók minősülnek. Ezek lengőkései nagy kerületi sebességgel dolgoznak, amik így az optimálisnál nagyobb nedvességtartalommal rendelkező kukoricaszárakat is képesek összeaprítani, és kedvező szecskaeloszlást eredményeznek (Jóri, 2008).

Népszerű megoldás még a tárcsás borona elemekből épített aprító betét, de ez nem minősül elég hatékornak. Legjobb eredményt a kis öblösségű, csipkés élkiképzésű elemekből épített 10 foknál nem nagyobb szögállású tárcsás boronasor adja (Jóri, 2008).

Ma már a magágykészítő-vetőgépek nem érzékenyek a tarlómaradványokra, megfelelő méretűre aprítással teljesen elkerülhetővé válik a nehézkes művelés. Korábban a gépek érzékenységéhez hozzájárult az is, hogy a szármaradványok nem kerültek megfelelő

mértékben eldolgozásra, valamint, hogy aprításuk hiányosnak minősült (Szabó, 2013). A hosszú szecska azért sem előnyös, mert így a szalma nem fekszik fel a talajra, ami idővel kiszáradáshoz vezet (Birkás, 2013).

2.9. A tarlómaradványok talajba keverésekor használatos művelési sorrend

Mivel „a növények termesztési esélyét és termés biztonságát az elővetemény betakarításától végzett tevékenységek sora, azok időzítése és minősége fogja majd behatárolni vagy megalapozni” (Birkás, 2007c), a talajmegmunkálás milyensége nagymértékben kihatással van a szervesanyag-tartalomra. A talaj minden egyes bolygatáskor átkeveredik, ami – az aerob baktériumok, mikroorganizmusok segítségével – tápanyagvesztéshez vezet. Oxigén hatására a mikrobák életfolyamatai felgyorsulnak, több táplálékot vesznek magukhoz, így gyorsabban lebontják a növényi maradványokat (Bot-Benites, 2005).

A művelési sorrendnél ügyelni kell a fokozatos mélyítésre, ami egy sekély tarlóművelésből, annál valamivel mélyebb ápolásból, és végül a tömör rétegnél mélyebb alapozó művelésből áll (Birkás, 2009b).

Célszerű a szántást mellőzni, ugyanis ennél a megmunkálási formánál a talaj aggregátumai levegővel keverednek, a széndioxid emisszió nő, a légkörbe felszabadított CO₂ pedig egyértelműen veszteségnek számít. Ennek mértéke Birkás (Birkás, 2007b) szerint 800-1200 kg/ha/idény C körüli. Ezért forgatásos helyett lazításos talajmegmunkálás végzése a cél, amelynek végrehajtására eke helyett más alapgépeket alkalmaznak: középmély-lazítót, nehézkultivátort, nehéztárcsás boronát, illetve talajmarót (Jóri, 2008).

Ügyelni kell a bedolgozás során a maradványok egyenletes eloszlására, ez ugyanis a következő hatásokkal bír: egyöntetű hőmérsékletet és nedvességtartalmat biztosít vetés idejére; megkönnyíti a vetést, a mag kicsírázását és a talajfelszínre törését; minimalizálja a betegségek, rovarkártevők felszaporodását; és végül allelopatikus hatása révén gátolja a gyomok kelését (Bot-Benites, 2005).

A gazda rendelkezésére álló eszközpark, illetve tőke befolyással van a lehetőségekre, de lehetőség szerint törekedni kell a korszerű, fenntartható gazdálkodást célzó megmunkálásra.

A szántás nélküli, illetve a direktvetés azzal az előnnyel bír a konvencionális műveléssel szemben, hogy elpusztítás helyett rendbe hozza a heterotróf mikrobiológiai aktivitást, mivel a megmunkálás során megmaradó pórusok levegője széndioxidban illetve oxigénben gazdagabb (Bot-Benites, 2005).

2.9.1. Hántás

A tarlóhántás feladata, hogy kialakítsa a mélyebb alapművelés előfeltételeit sekély, lehetőleg mulcshagyó módszerrel (Birkás, 2009b). Ennek megkezdésével várni kell az esőig, majd a felszikkadásig, ez idő alatt a talaj pihen, megújul. Ez tavaszi vetésű növény esetén jelent jó megoldást, viszont amennyiben repce vagy őszi búza kerül a talajba, nincs elegendő idő a várakozásra. Ilyenkor aratást követően egy két napon belül lazítani kell, ami azonban erősebb rögződéssel jár együtt (Birkás, 2013). A hántás másik célja az árva- és gyomkezelések elősegítése, ám arra ügyelni kell, hogy ezek maghozásig illetve erős fejlettségi fokozatig ne maradjanak meg (Birkás, 2010a).

Tarlóhántásnál kiemelt fontosságú, hogy az elvégzett munka mind időben, mind minőségben megfelelő legyen, mely során a megfelelően felaprított, a felszínen terített növényi maradványok a talajjal keverednek. Ennek célja nem a 100%-os aláforgatás, hanem a melléktermékek részleges föld alá juttatása, ugyanis így a lebontási folyamatok intenzívebben zajlanak le, ezzel megalapozva a kedvezően alakuló bomlást (Hartman, 2008). Sekély hántáskor az az ideális, ha a szalma fele kerül a talajba (Birkás, 2010a).

Lényeges ennél a munkafolyamatnál, hogy a hántás mindig sekélyen, maximum 15 cm mélységben történjen, ugyanis a mély hántás nem csak költségesebb, de kevesebb haszonnal is jár, azon felül, hogy erős rögzítő hatással bír. A sekély hántásnak más előnye, hogy a gyomkezelés teljes számban és bizonyosan bekövetkezik (Birkás, 2006).

„A CO₂-emisszió nagyságának szempontjából a talajművelési eljárások sorrendje a következő: szántás, közép-mély lazítás, kultivátorozás, tárcsázás” (Jóri, 2007).

A tárcsázás olyan szempontból optimális, hogy általa hatásosabban eltüntethetők az aratás okozta keréknyomok, mert mélyebben töri fel a talajt. Azt viszont szem előtt kell tartani, hogy amennyiben a talaj 10 cm alatt nedves – és nem pedig csak nyirkos – a tárcsa kenő, gyúró hatása következtében vízzáró réteg képezhető (Birkás, 2006).

Noha a szénvesztesség a tárcsázásnál a legkisebb, a nem megfelelően végzett hántás ennél is jelentős veszteséget vonhat maga után. Számszerűsítve ez annyit jelent: a nagyjából 3 t/ha-os szalmamennyiség széntartalma 1,2 t/ha-ra tehető, ebből aszályos időben ily módon nyitott talajban két és fél hónap alatt 0,6-1 t/ha szén CO₂ formájában eltávozik. (Amennyiben gyökérzete is aláforgatásra került, az nagyjából fedezte ezt a veszteséget.) Ám ehhez hozzájön

még a vetésig bekövetkező szénveszteség, ami elmunkálatlan, vagy szántott talajon 0,12-0,28 t/ha napi szinten (Birkás, 2008a).

Mindebből következik, hogy azok az eljárások és eszközök használata ajánlott, amelyek csak a szükséges mélységben dolgoznak, illetve, amelyek a felszínen mulcs-réteget alakítanak ki, ezzel meggátolva a túlzott mértékű széndioxid-kibocsátást (Jóri, 2007).

Amennyiben a tarlóművelés sikeres, a legoptimálisabb alpművelési mód kiválasztására több lehetőség is nyílik (Birkás, 2007c).

A tarlómaradványok jobb bomlása érdekében célszerű 30-40 kg/ha mennyiségű műtrágyát már hántáskor kijuttatni, és a növényi részekkel együtt a talajba keverni (Kovács, 2012). A keverés jobb minősége elősegíthető azzal, ha a művelés iránya a sorok irányára rézsútos (Birkás, 2006).

Nem számít hibának a kalászos tarló hántásának elhagyása, de szigorúan csak abban az esetben, amennyiben a védelem jó szárazúzással és terítéssel biztosítva van. A felhantolt, el nem dolgozott talajok nedvességvesztesége elérheti az 50 mm-t is (Birkás, 2010a).

2.9.2. Hántott tarló ápolása

A tarló ápolása többek között a gyomok gyors, tömeges megjelenése miatt célszerű, mert az alpművelésig nem érlelhetnek magot, ezenfelül vízfelhasználásuk is tetemes (Birkás, 2007c).

A hántott tarlón „a növényi maradványok minél jobb lebomlásának elősegítése érdekében baktériumkészítményt” (Kosztolányi, 2011) célszerű kijuttatni, ami a talaj jobb művelhetősége, a szerkezet és vízháztartás javítása, illetve humusztartalmának növelése érdekében nem elhanyagolható változást hozhat.

Következő lépés az aprított szármaradványok kultivátorral történő talajba keverése, azzal egy menetben a felszín zárása tömörítő hengerrel, a csapadékvesztés megelőzése érdekében. A kultivátorozás mélysége nagyjából 30 cm-re tehető. Az alkalmazásakor fennmaradó nagy szártömeg a közvéleménnyel ellentétben nem számít rosszul elvégzett munkának, ugyanis tavaszi kultúra esetén megfelelő mennyiségű idő áll rendelkezésre a kellő mértékű lebomlásra, porhanyós talaj kialakulására (Kosztolányi, 2011). A talaj feltáródása ily módon végbemehet.

A síktárcsás porhanyítás, a kultivátorozás, valamint a nyirkos talaj szántása – amennyiben elmunkálják – szénkímélő művelésnek számít (Kalmár, 2012).

Amennyiben a hántás szakszerű, illetve a növényállomány az aratásig egészségesen van tartva, a növénymaradványok nem okozhatnak akkora fertőzést, hogy beavatkozásra kerüljön sor (Birkás, 2006).

A tarlógondozás pozitív hatása abban is kimutatható, hogy erősen csökkennek a rá következő folyamat, az alapművelés költségei. Ezen csökkenés mértéke középkötött talajokon 15-35%, míg kötött talajokon 12-24%-os (Birkás, 2006).

2.9.3. Alapművelés

A mulcshagyó művelés módja gyökérszónában tömör talajon (30-35 centiméteres mélység) a lazítás, ami főként közép-mély lazítóval történik, míg felszínhez közelebb lévő tömör réteg esetén – ez 16-20, esetleg 25-30 centimétert jelent – már kultivátort alkalmaznak (Birkás, 2007a). A mélyebb lazítás azért ideális, mert általa javul a tömör altalaj levegőzöttsége, biológiai élete, és a tömör talpba belegyúrt tarlómaradványok is képessé válnak a feltáródásra (Birkás, 2009b).

Repcetarlót véve alapul, a kultivátorral való alapművelés után 20-30%-os mulcstakarás keletkezik, ami széles sorközü növények vetése után 5-10%-ra csökken, a haszonnövény megerősödéséig elegendő védelmet nyújtva cserepesedés ellen. Búzatarló esetén a takarás sokkalta nagyobb, a 40-50%-ot is eléri, sőt, ennek nagyjából harmada a kelés idején is még megfigyelhető. Hántást követően a mulcsban a talaj:szalma arány 60:40%, míg ápolás után ez 50:50%-ra módosul. Kukorica elővetemény után, amennyiben sorra szöveget bezáróan végzik el a síktárcsás és kultivátoros művelést, a fennmaradó mulcs mértéke 50-60%, messze meghaladva bármelyik másik növényét (Birkás, 2008b).

A forgatás nélküli talajművelés előnye, hogy minimalizálja a talajtaposást, érezhetően csökkenti az üzemanyag-felhasználás mértékét. Ez számokban kifejezve – kisalföldi térséget figyelembe véve - a 35-40 literes forgatásos műveléskor elhasznált üzemanyag mennyisége helyett 20 liter/ha-os fogyasztást jelent. Ehhez jön hozzá a szántással együtt járó tavaszi elmunkálás további üzemanyagköltségének megtakarítása, illetve a külön menetben történő hengerezés 6 literes gázolajfogyasztásának teljes kiesése (Kosztolányi, 2011).

A kultivátorral történő megmunkálás további előnye még a menetszám-csökkentés (a felszínelmunkálás, a röggörhanyítás és a lazítás egyidejű végzése miatt) (Birkás, 2009a).

3. Módszerek

Ahhoz, hogy a felszínen hagyott, majd talajba kevert növénytermesztési melléktermékek talajszerkezet- illetve tápanyagjavító hatásáról, valamint termésmennyiség-növelő hatásáról gyakorlati eredmények álljanak rendelkezésre, egy teljes gazdasági évet magába foglaló kísérletet folytattam. A kísérlet elvégzését a világszinten csekély mennyiségű, alig hozzáférhető eredmény indokolta, valamint, hogy friss adatok állhassanak rendelkezésre a délalföldi kötött réti és glejes erdőtalajokon kiváltott hatásról, a szántóföldön termesztett növényekre gyakorolt termésmennyiség-növelő képességről. Ezen felüli indok volt még a fenntartható tápanyag-gazdálkodás gyakorlati alkalmazásának megvalósítása, a csökkentett költségek, a javuló szerkezet valamint a klímakárok csökkenésének bizonyítása.

3.1. Vizsgálatok anyaga

3.1.1. Földrajzi elhelyezkedés

A növények fejlődésére, valamint a talaj szerkezetének, minőségének változására irányuló megfigyelések két szántóföldi területen végződtek, több irányból vizsgálva az ott lezajló folyamatokat. A két kísérleti tábla a Csongrádi kistérségben, Csongrád település közvetlen közelében, Nagyrét és IX-es mezőgazdasági hasznosítású területeken helyezkedik el, 8 és 6 ha területen, 6-6 parcellás felosztásban. „A kistérség földterületének 64,3%-a az agrár-alkalmassági értékszám alapján eléri, illetve meghaladja az országos átlagot. A kistérség tájhasználatában dominál a szántó (68%), ezt követi a rét-legelő (17%).” (http 4)

3.1.2. Talajtípus

Az itt elhelyezkedő talajok kötött réti és glejes erdőtalajok. „A talajok átlagos aranykorona értéke 22-26 között van.” (http4)

Kísérletem lefolytatását indokolta az is, hogy „a Csongrádi kistérség legfontosabb tájhasználati konfliktusa a vízzel való gazdálkodás, azaz egyszerre a vízhiány, másfelől a belvíz” jelenléte. (http4)

3.1.3. Éghajlat

„A térség valójában nem gazdálkodik az ide érkező vízzel, ami mind az agrárium, mind a biológiai vízszükségletek felől közelítve annyit tesz, hogy a felhasznált vízmennyisége

kevesebb a területre ténylegesen jutó víz mennyiségénél.” A különbözetet nagyrészt az emberi beavatkozások okozzák. (http4)

A vizsgálati terület évi középhőmérséklete 10 Celsius fok, az évi csapadékátlag 500 mm. Ez a mennyiségű csapadék főként tél végén, kora tavasszal, valamint nyár végén, ősszel esik le, egyszerre nagy mennyiségben, köztük tavaszi, kora nyári vízhiány jelentkezik. (http4)

3.2. Vizsgálatok módszere

A kísérleti táblákba napraforgót (NK Neoma fajta), valamint kukoricát (DKC 4014 fajta) vetettünk, kukorica valamint napraforgó előveteményű táblákba. Ezek maradványait hagytuk a felszínen, majd kevertük a talajba a szóban forgó 2013/2014-es gazdasági év folyamán. A táblánkénti 6 db parcellából 3 műtrágyával kezelt, 3 műtrágyával kezeletlen, viszont mindegyikbe be lettek forgatva az előző évről ott hagyott növényi maradványok. Ez napraforgó- és kukoricaszárat jelent. Művelését tekintve mind a műtrágyázott, mind a műtrágyázatlan verziónál létezik egy-egy középmedy-lazított, tárcsázott, valamint szántott parcella.

A táblákon kétszeri talajvizsgálat, valamint a tavasztól őszig tartó periódusban növénynaplózási megfigyelés folyt.

A területen folytatott növénynaplózás a következő adatokat foglalja magában, heti bontásban:

- növénymagasság,
- levélhosszúság,
- levélszélesség,
- a termés fehérje,
- olaj,
- rost,
- és nedvességtartalma.

Kukorica esetében ezekhez kiegészítő adat:

- a csószám,
- a végleges csóhossz,

míg napraforgó kultúrájánál a végleges tányérátmérő.

A kukoricatábláról lekerülő terméseket a szentesi Árpád-Agrár Zrt. Erőtakarmánygyárának laboratóriumában vizsgálták, a Foss Tecator AB Infratech 1275

analizátorával, ami a fehérje-, nedvesség-, valamint olajtartalomról adott képet. Ezenkívül itt hektolitersúly mérése is történt. A napraforgó termésének vizsgálata már két helyszínen folyt. Az olaj- és nedvességtartalom a kiskunfélegyházi NT Élelmiszertermelő és Kereskedelmi Kft. laboratóriumában Bruker Minispec mq-one maganalizátorral, míg a fehérje és rosttartalom a kecskeméti Bács-Ág Kft. Mezőgazdasági Vizsgáló és Termékminősítő Laboratóriumában. A Bruker analizátora roncsolásmentes vizsgálatot végez, mágneses rezonancia segítségével, de csak tiszta magmintából.

A talajlaboratórium segítségét igénybe vevő vizsgálatok kétszer: a gazdasági év elején, illetve végén készültek, a következő adatokra kitérően:

- Arany-féle kötöttség,
- biológiai élet,
- pH,
- humusztartalom,
- összes só,
- N, P, K,
- valamint mésztartalom.

Ezeket az értékeket a hódmezővásárhelyi Mezőgazdasági Szakszolgáltató Kft. Agrokémiai Laboratóriumában mérték, a vizsgálathoz használt berendezések a következők: laboratóriumi pH mérő, konduktométer, Scheiber-féle kalciméter, spektrofotométer 1., Contiflo, AAS-3.

A vizsgálatok ábrákon is ismertetésre kerülnek, amik a munkafolyamatok elvégzése után, a mért eredményekből készültek. Ezek táblázatba foglalása Microsoft Excel programmal történt, illetve értékelésükhöz és diagramok rajzolásához az R programozási nyelven készültek elemző szkriptek, amelyet statisztikai számítások elvégzésére alkalmaznak. Ehhez az RStudio statisztikai elemző programot használtuk.

4. Eredmények

4.1. A talaj állapotának, tápanyagtartalmának változása

A két kísérleti tábláról a gazdasági év elején, illetve végén történt a talajminta vétele. 2013 őszén táblánként egy mintát vizsgáltattam be, homogén talajállapotot feltételezve, míg a betakarítás után táblánként 6 darab, azaz 12 minta mutatja a műtrágyázási, illetve művelési módok szerinti eltéréseket. A betakarítás a parcellák kijelölt folyómétereiből az időjárási viszonyok miatt kézzel történt, a minták még álló kultúrából lettek véve. A talajminták a hódmezővásárhelyi Mezőgazdasági Szakszolgáltató Kft. Agrokémiai Laboratóriumában lettek kielemezve, szűkített vizsgálattal, ami a pH (KCl)-ről, Arany féle kötöttségről, vízzoldható összes sóról, szénsavas mész-, humusz-, foszfor-, kálium- és nitrit-nitrát-, nitrogéntartalomról ad képet.

A napraforgóval telepített 6 ha területű tábla és a 8 ha-os kukoricatábla kiinduló adatai az alább következő ábrán vannak szemléltetve (1.ábra).

1.ábra: A 2013/2014-es gazdasági év elején vett talajminták eredményei, Csongrád-Nagyvér,
Csongrád-IX-es, 2013

Kultúra	pH-KCl	Össz.só	KA	CaCO	Humusz	P	K	N
		m/m%		m/m%	m/m%	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Napraforgó	7,01	0,04	48	0,42	1,6	135	187	28,4
Kukorica	6,7	0,06	52	0,08	1,59	181	294	18,5

A napraforgó kultúrát nevelő, tehát kukoricamaradványokkal beforgatott talaj 7,01-es pH-ja alapján semlegesnek minősül, a szénsavas mésztartalom gyengén meszes talajt jelöl, a 48-as Arany-féle kötöttség pedig agyagos vályogot. Az 1,6-os humusztartalom kis humusztartalmat mutat, foszfortartalma közepes, káliumtartalma gyenge, a nitrogénje szintén.

A kukoricával vetett táblába napraforgó maradvány leforgatása történt meg, az ebből származó minták a következőkre utalnak: gyengén savanyú pH, gyengén szikes, mészhiányos, agyag talaj. Ezenfelül kis humusztartalommal bír, gyenge nitrogén-ellátottsággal, míg foszforban és káliumban jó a minősítése.

A kukoricatábla betakarítás utáni értékeit az alábbi ábrán szemléltetem (2.ábra).

2.ábra: A kukoricatábla parcelláiból származó talajminták adatai, Talajvizsgálati jegyzőkönyv, 2014

Parcella név	pH-KCl	Összes só m/m%	K	CaCO m/m%	Humusz m/m%	P mg/kg	K mg/kg	N mg/kg
Kukorica I.	5,83	0,02	55	<0,08	1,54	83	252	2
Kukorica II.	5,8	0,02	52	<0,08	2,15	92	237	1,7
Kukorica III.	5,96	0,02	52	<0,08	2,23	104	268	2,4
Kukorica IV.	6,35	0,02	52	<0,08	1,49	130	253	2,7
Kukorica V.	6,5	0,02	52	<0,08	2,21	131	298	2,7
Kukorica VI.	6,74	0,02	52	0,5	1,88	173	289	5

Ahogy az ábrából is látszik, az I. számú, közép-mély-lazított és műtrágyával kezelt parcella gyengén savanyú pH-val rendelkezik, fizikai talajfélesége agyag, mészhányos, kis humusztartalmú, foszforellátottsága gyenge, nitrogénje szintén gyenge, kálium-tartalma megfelelő.

A II. számú parcella tárcsázott, műtrágyával kezelt, gyengén savanyú pH-jú. Fizikai talajfélesége szerint agyag besorolást kapott, ezenfelül mészhányos, közepes humusztartalmú, foszforellátottsága gyenge, nitrogénje közepes, káliuma megfelelő.

A III. számú parcella szántott, műtrágyával kezelt, gyengén savanyú pH-val bír. Fizikai talajfélesége agyag, talaja mészhányos, közepes humusztartalmú, foszforellátottsága közepes, nitrogénje szintúgy, káliuma jó minőségű.

A IV. számú parcella szántott, műtrágyás kezelést nem kapott, pH-ja gyengén savanyú. Fizikai talajféleség értéke alapján agyag, talaja mészhányos, kis humusztartalmú, foszforellátottsága közepes, nitrogénje igen gyenge, káliuma megfelelő.

Az V. számú parcella tárcsázott, műtrágyás kezelést nem kapott, pH-ja gyengén savanyú. Fizikai talajféleség szempontjából agyag talaj, mészhányos, közepes humusztartalmú, foszforellátottsága közepes, nitrogénje szintúgy, káliumtartalma jó.

A VI. számú parcella közép-mély-lazított, műtrágyás kezelést nem kapott. PH-ja gyengén savanyú, fizikai talajfélesége agyag, gyengén meszes talajú, kis humusztartalmú, megfelelő foszfor-, és gyenge nitrogén ellátottságú, káliumot tekintve jó.

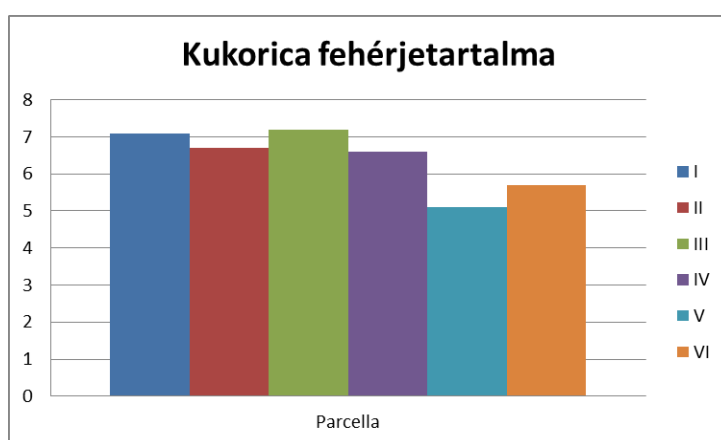
4.2. A betakarított termés minőségi mutatói

A két, egyenként 6 és 8 ha területű tábláról betakarított terményeket – trágyázási és művelési mód szerint elkülönítve – akkreditált laboratóriumokban vizsgáltattam be.

Az alábbiakban a két kultúra eredményeit külön-külön ismertetem, ábrákkal illusztrálva a parcellák közt adódott különbségeket, amit az eredmények összehasonlítása, szakirodalommal történő összevetése követ.

4.2.1. Kukorica beltartalmi értékei

A kukoricából származó beltartalmi értékeket diagramokba rendeztem, ezáltal szemléletesebben látszódnak a művelési módok, illetve trágyázás okozta különbségek. Beltartalmi értékek közül elsőként a fehérjetartalom elemzésére kerül sor (3.ábra).



3.ábra: A kukorica termésének fehérjetartalma parcellánkénti bontásban, Csongrád-Nagyrét, 2014

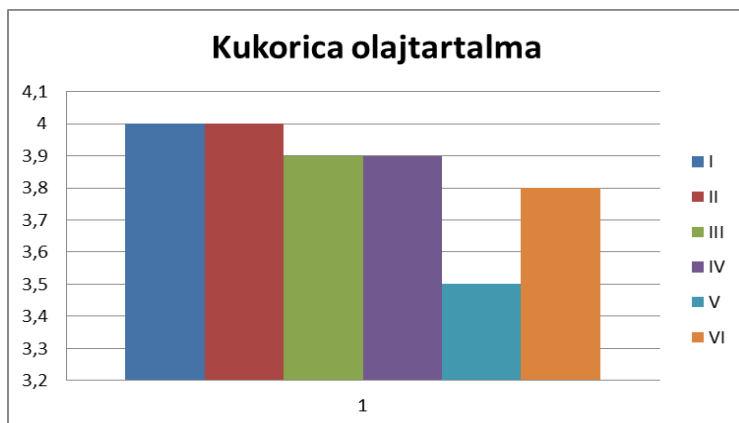
A jelmagyarázatban szereplő, római egytől hatig terjedő parcellaszámok a következőket jelölik:

- I. – Középmély-lazítózott, műtrágyával kezelt,
- II. – Tárcsázott, műtrágyával kezelt
- III. – Szántott, műtrágyával kezelt
- IV. – Szántott, műtrágyás kezelést nem kapott
- V. – Tárcsázott, műtrágyás kezelést nem kapott
- VI. – Középmély-lazítózott, műtrágyás kezelést nem kapott.

A diagramból egyértelműen látszik, hogy az összes parcellába leforgatott szármaradványmennyiség mellett műtrágyás kezelést is kapott talajok jelentősen magasabb fehérjetartalommal bíró kultúrát voltak képesek felnevelni. Ezek fehérjetartalma 7%-ot közelít meg, míg a kezeletlen talajok legjobb esetben is csak 6%-ot érnek el, jellemzőbb az 5%-os eredmény.

Művelési módokat figyelembe véve a műtrágyás kezelést is kapott területek közül a középmedy-lazított és szántott, míg a nem műtrágyázottak közül a szántott terület produkálta a jobb eredményt. A tárcsázott területek elmaradását véleményem szerint a sekély művelés okozhatta, ugyanis a kukorica gyökere mélyre hatol a talajban, és hiába kisebb a szénvesztesség valamint nagyobb a talajélet ennél a művelési formánál - a forgatásos művelésnek minősülő szántáshoz viszonyítva - a növénynek mégis kisebb élettér állt rendelkezésére. Ez feltehetőleg gabona kultúrájánál nem okozott volna problémát, ellenben a kapásnövényekkel. Ezenfelül a valószínűleg nedves, így kenhetővé vált agyag talajban tárcsatalpnyom is kialakulhatott, ami szintúgy meggátolta a növények gyökerének kellő mélységbe hatolását.

Következőként a kukorica olajtartalmának kiértékelésére került sor, amit újabb ábra szemléltet (4.ábra).



4.ábra: A kukorica terményének olajtartalma parcellánkénti bontásban, Csongrád-Nagyrét, 2014

Az ábra jelmagyarozatában szereplő római számos felosztást továbbra is ugyanazzal a jelentéssel használtam, mint a fehérjetartalomnál. Ez a jelölés az egész dolgozatot végigkíséri, jelentése napraforgó esetében is megmarad majd.

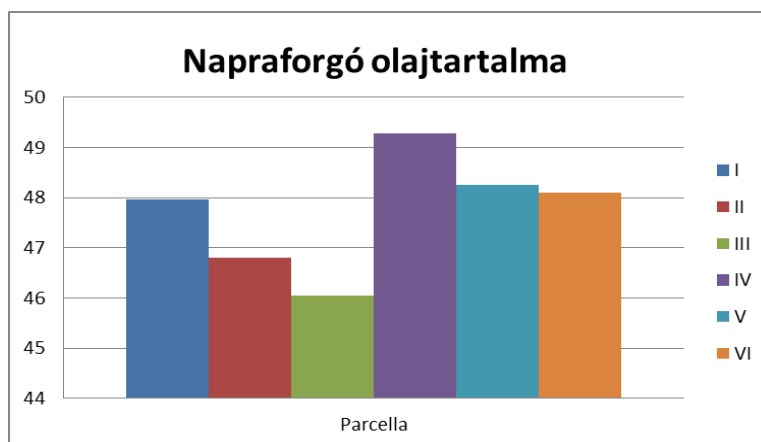
Az olajtartalom értékét tekintve jelentős különbségek nem adódtak, egyedül a műtrágyázatlan területek maradtak el valamelyest a többtől, ám a szántott ezek közül is a műtrágyázottat megközelítő értéket, 3,9%-ot produkált. Összességében véve az olajtartalom 3,5% és 4% között mozog.

Harmadikként a hektolitersúly értékelése következik. A magasabb hektolitersúly értékek nagyobb szemméretre és alacsonyabb nedvességtartalomra engednek következtetni, így ezt figyelembe véve legjobb eredményt a műtrágyázott-szántott, valamint a középmedy-lazított területek adták, legyenek azok műtrágyával kezelt, vagy kezeletlen parcellák.

Értékük 674 g és 695 g között változik, leggyakoribb a 680 g közeli és a 684 g-os literenkénti súly.

4.2.2. Napraforgó beltartalmi értékei

A napraforgó beltartalmi értékei közül elsőként az olajtartalmat érdemes megvizsgálni, hiszen ez nagymértékben befolyásolja a termés eladhatóságát, minőségét. A kiskunfélegyházi NT Élelmiszertermelő és Kereskedelmi Kft. laboratóriumában elhangzottak alapján a szabvány érték a 44%-os olajtartalom, amit az alább következő minták jelentősen meghaladnak (5.ábra).

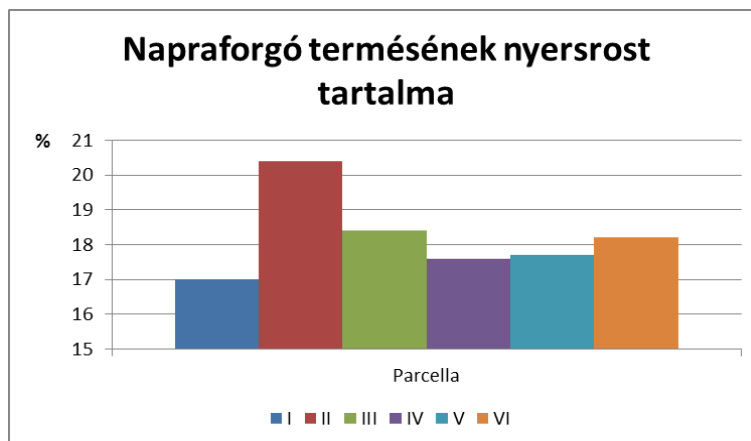


5.ábra: A napraforgó olajtartalmának százalékos értékei parcellánkénti felosztásban, Csongrád-Nagyrét, 2014

Az olajtartalom ekként való megoszlása ellentmond a várt eredményeknek, ugyanis a műtrágyával nem kezelt területek jelentősen magasabb olajtartalmat produkáltak, mint a kezelt parcellák. A trágyázott területek 46 és 48% közé eső olajtartalma alatta marad a trágyázatlan területekének, ahol még 49%-os – igen jó – olajtartalom is előfordult. Műtrágyázatlan területek közül továbbra is a szántott nyújtja a legkiemelkedőbb eredményt. Mivel az olajtartalom a nedvességtartalom csökkentésével nő, a labor szárítószekrényében megközelítőleg azonos mértékűre (3,91- 4,27%-os nedvesség) szárították a terményt. Így a különböző nedvességtartalom nem okozhatta az eltérést.

A napraforgós parcellák nyersfehérje tartalma 12,4% és 15,8% között változik, ezek közül legmagasabb értéket a II. és III. parcella, tehát a tárcsázott és műtrágyázott, valamint a szántott és műtrágyázott parcellák adták. A műtrágyás kezelést nem kapott parcellák továbbra is elmaradnak a kezelt területektől, értékük 14%-os fehérjetartalom alatt marad.

A termés nyersrost tartalmát a huszonkettes számú ábrán tüntettem fel (6.ábra).



6.ábra: A napraforgó termésének nyersrost tartalma parcellánkénti felosztásban, Csongrád-IX-es, 2014

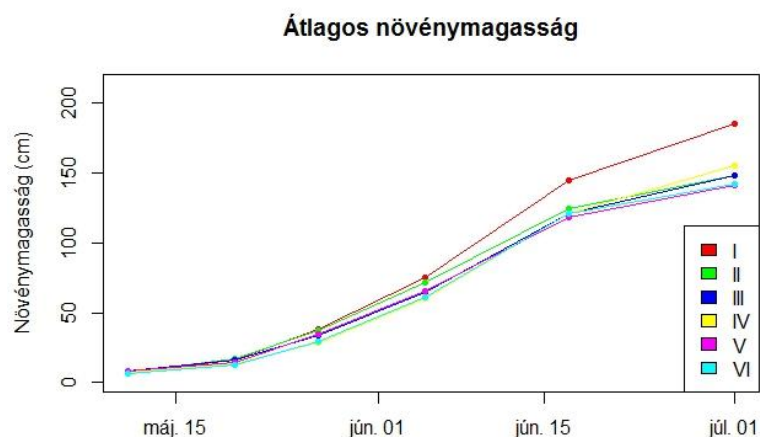
A nyersrost tartalom 17% és 20,4% között mozog, az I-es és a III-VI-osig terjedő parcellák 17-18%-os értéket mutattak. A szántott és műtrágyával kezelt II-es számú parcella ellenben kiemelkedően jó eredményt produkált, 20,4%-os nyersrostot mértek belőle.

4.3. A növények fizikai állapotára gyakorolt hatás

A kísérlet alatt nem csak a talaj és a betakarított termés tápanyagtartalmának változását követtem nyomon, hanem a növények fizikai állapotának változását is, megközelítőleg egy vagy két hetes intervallumokban, az időjárás engedte lehetőségek függvényében. Megfigyeltem a növények magasságát, a levél hosszát, szélességét, valamint napraforgó esetében a tányér átmérőjét, kukoricában a csövek hosszát, számát. Ezekről összesítés készült vonaldiagram formájában, ami a hónapok során végigköveti a változást. Feldolgozásuk statisztikai elemző program segítségével történt.

4.3.1. Napraforgó fejlődése

Elsőként a napraforgó fizikai állapotának változását mutatom be, azon belül is a növénymagasságét. Ezt a most következő ábra szemlélteti (7.ábra).

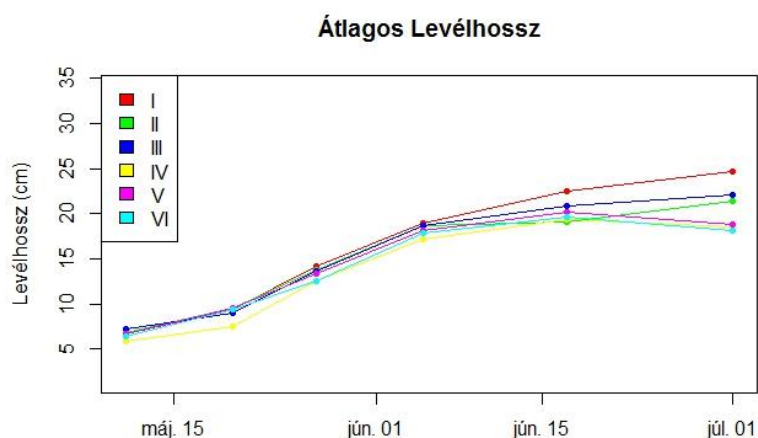


7.ábra: A napraforgó állomány növénymagasságának változása, Csongrád-IX-es, 2014

Ahogy az az idősről egyértelműen látszik, magasságát tekintve az I-es számú, közepmély-lazított és műtrágyával kezelt parcella nevelte a legjobb értékeket adó napraforgókat, ami a II-es és IV-es parcella követ. A trágyázatlan területek elmaradtak tőlük, magasságuk nem haladja meg a 150 centimétert, ellenben az I-es parcella közel 200 centiméteres magasságával.

Levél szélesség tekintetében a legjobb eredményeket szintén az I-es parcella mutatta, amit nagyjából megegyező értékekkel a III-as és a II-es parcella követett. A legjobb értékek 25 centiméteres szélességről adnak tanúbizonyságot, míg a legrosszabbak csak 16 centiméter körüli értékeket produkáltak.

A levélhosszúság ugyancsak eltérő képet mutatott, ez az alábbi idősoron látható (8.ábra).



8.ábra: A napraforgó állomány levélhosszúságának változása, Csongrád-IX-es, 2014

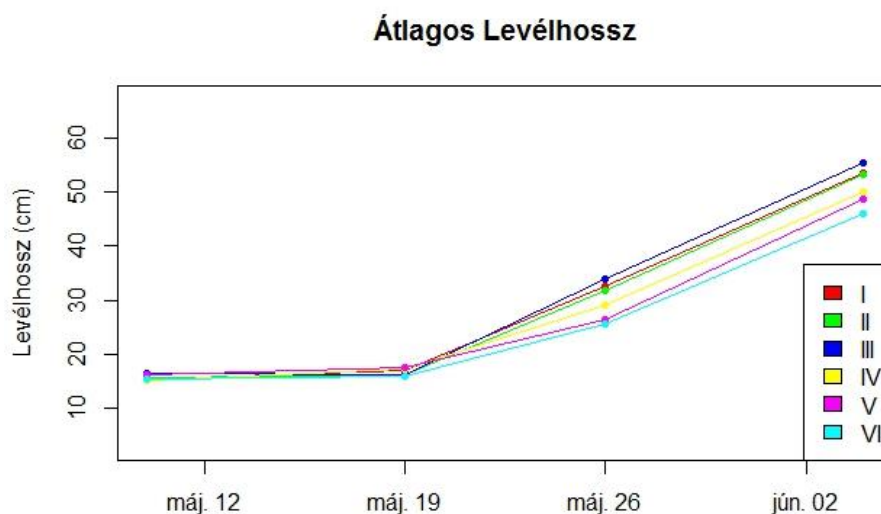
Az I-III. parcellák fizikai állapot változás tekintetében továbbra is a legjobb eredményeket hozták, 23-25 centiméter között változó hosszúsággal, míg a műtrágyával kezeletlen területek átlagosan tíz centiméterrel gyengébb végleges fejlettséget értek el.

Napraforgó esetében legutolsóként a tányérátmérő változását elemzem, egyedül e tekintetében figyelhető meg eltérés az eddigiektől, hiszen itt a III-as számú parcella áll az első helyen, amit a II-es, majd az I-es követ 18-20 centiméteres átmérővel. A műtrágyázatlan területek tekintetében nincs változás, méretük 15 centiméter alatt marad.

4.3.2. Kukorica fejlődése

A kukorica fejlődésénél feljegyzett paraméterek növénymagasságra, levélhosszúságra, levélszélességre, csőszámra, valamint csőhosszra vonatkoznak. Szemléltetésük ebben a sorrendben történik, elsőként a növénymagasságot bemutatva. A kukorica magasságát tekintve legkiemelkedőbb a 180 centiméteres eredményeket adó III-as parcella, amit az I-es követ átlagosan 160 centiméterrel. Érezhetően nagy különbség jelentkezett a műtrágyázott és kezeletlen területek között, utóbbiak ugyanis 130-140 centiméternél nem nőttek nagyobbra.

Következőnek a levélhosszúság mért értékeit szemléltetem (9. ábra).



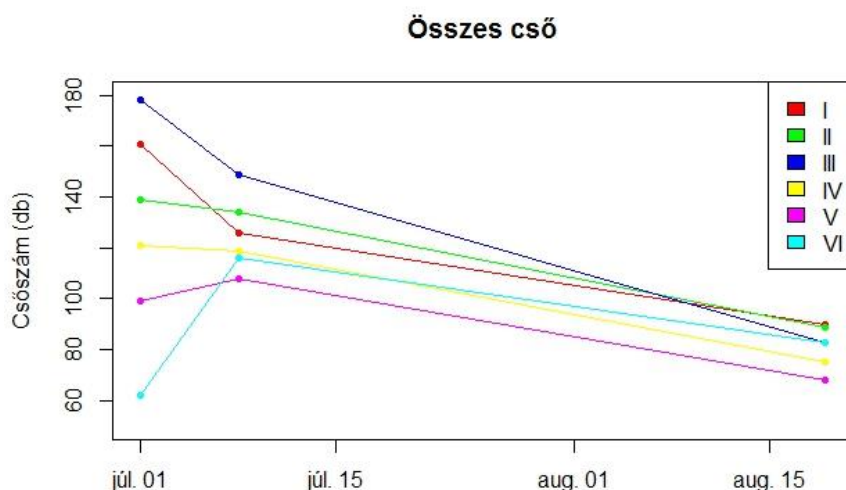
9.ábra: A kukorica állomány átlagos levélhosszúságának változása, Csongrád-Nagyrét, 2014

A május 19-e után bekövetkező ugrás a növények levélhosszúságában azért következhetett be, mert az akkor leeső, nagyjából 50 mm eső megkönnyítette számukra a kiszórt műtrágya felvételét, robbanásszerű növekedést okozva ezzel. A kezeletlen parcellák szintén növekedésnek indultak, de a műtrágyázottak növekedési erélyét nem tudták sem

megközelíteni, sem később behozni. A köztük adódó különbség az adatfelvételezések végére 10 centiméternyi lett.

A levélszélesség alakulását tekintve legjobb eredményt a IV-es, V-ös, I-es, és II-es parcellák mutatták, értékeik alig térnek el egymástól, mind 8 centiméter közelében állt meg. Egyedül a szántott és műtrágyával kezeletlen VI-os parcella maradt el 7 centiméteres átlagos levélszélességével.

A csövek számának változása érdekes eredményeket mutat, ugyanis a kezdeti nagy szám – főleg a műtrágyázott területek – az idő múlásával egyre csökkent, végül szinte minden parcellánál egy cső/növénynél állapodott meg. Ezt szemlélteti a harmincegyedik ábra (10.ábra).



10.ábra: A kukorica állomány csőszámának változása, Csongrád-Nagyrét, 2014

A műtrágyázott területek mutatták kezdetben a legmagasabb, 140-180 darabos csőszámot, illetve ezek is rúgták el a legtöbbet, végül 85-90 darabos átlagnál megállapodva. Noha a műtrágyával kezeletlen parcellák kevesebb csövet rúgtak el betakarításig, végleges számuk is alacsonyabb maradt (75-85 db) a kezeltékénél. A betakarítás idejére legnagyobb számban egy csövet neveltek a növények, elvétve fordultak csak elő két csövesek (legnagyobb számban a II-es parcellánál), olyan viszont, ami a harmadik csőkezdeményt is megtartotta volna, nem maradt.

4.4. Az eredmények kiértékelése, összevetése a szakirodalommal

Az eltérő megmunkálások – legyen az középmeley-lazítás, tárcsázás, vagy szántás – és a leforgatott növényi maradványok mellett a műtrágyázás megléte vagy hiánya jelentős különbségeket mutatott mind a talaj, mind a felnövő kultúra tápanyagtartalmában, szerkezetében, illetve fejlődésében. Ezeket nem csak a szakirodalommal, hanem egymással összevetve is vizsgáltam, valamint - talaj szempontjából - a korábbi évből kapott laboreredménnyel is. Elsőként ezeket elemzem, a szakirodalommal való összehasonlításra csak ez után kerül sor.

A növényi maradványok talajra vonatkozó tápanyagpótló hatása a várttal szemben ellentétes eredményeket hozott, kukorica kultúra esetében a tápanyag növekedése helyett a N, P, és K szintje jelentősen lecsökkent a gazdasági év végére. Foszfortartalmat vizsgálva a műtrágyás kezelést is kapott I-III. közötti parcellák esetében 80-100 mg/kg-os visszaesést tapasztaltam, míg a nem műtrágyázott IV-VI-os parcelláknál 10-50 mg/kg-osat. A kálium mennyisége a műtrágyázott talajokban 30-60 mg/kg-os csökkenést produkált, míg a kezeletlen parcellák vagy hozták a tavalyi eredményeket, vagy maximum 40 mg/kg-nyit estek vissza. A N, mint makroelem változása drasztikus csökkenést mutatott, a következőként alakult: 18,5 mg/kg-os értékről I-III. parcellák esetében 1,7-2,4 mg/kg-ra, IV-VI esetében 2,7-5 mg/kg-ra esett vissza.

Napraforgó kultúrát nézve P esetében a tápanyagmennyiség 135 mg/kg-ról 67-114 közöttire változott műtrágyás kezelést kapott területeknél, műtrágyázatlanoknál pedig 103-219 mg/kg-ra. Itt már megfigyelhető volt némi javulás, bár ennek mértéke még mindig elenyészőnek mondható. A káliumtartalom a következőképpen alakult: a kiinduló érték 187 mg/kg K volt, ami műtrágyázott (I-III) parcellák esetében 210-222 mg/kg-ra javult, műtrágyázatlanoknál (IV-VI parcella) pedig 202-344 mg/kg-ra. A talaj nitrogéntartalma 28,4 mg/kg-ról 3,3-4,4-re csökkent a műtrágyázott parcellákban, míg a kezeletleneknél 3,7-5,5 mg/kg-ra.

A nitrogén szintjének csökkenését okozhatta a talajmintavétel előtt 24 óra alatt leesett 140 ml csapadék, ami feltehetőleg mélyebb rétegekbe mosta le a felszínközeli nitrogént, ám ez a P és K értékeinek elmaradását nem magyarázza meg. A szakirodalom szerint ezeknek a csökkenéseknek az oka az, hogy a kultúra roppant nagy mennyiségű tápanyagot vett fel a talajból az év folyamán, pláne azokon a területeken, ahol műtrágyát is szórtunk ki. Itt ugyanis a műtrágya megkönnyítette mind a feltáródást, mind a növények növekedését, több

tápanyaghoz juttatva a fejlődésben lévő állományt. Ezek következtében a talajból mért N, P, K mennyiség csökkenése elkerülhetetlen volt – a növény tápanyagot nem szintetizál, csak annyit tud felhasználni, amennyihez a talajból hozzájut. Levonható tehát a következtetés, hogy az egyensúly fennmaradása érdekében mindenképpen célszerű a lehető összes tápanyagforrást biztosítani a növényeknek, amibe beletartoznak az előző évről visszamaradt növényi maradványok is. Ezek megkönnyítik a visszapótlás gazdaságossá tételét. Az értékek növekedését elérni csak a kijuttatott tápanyag sokszorosával lenne lehetséges.

Az általam mért eredmények természetesen csak egy gazdasági év megítélésére adnak lehetőséget, belőlük hosszú távú következtetés csak nagy pontatlansággal vonható le. Ahhoz, hogy reális képet kapjunk, legalább 5-6 év folyamatos megfigyelése lenne szükséges, talajmintavételkor a 2013/2014-es gazdasági évben tapasztaltaknál optimálisabb időjárási körülményekkel.

Fontos szem előtt tartani azt is, hogy jelen kísérlet megkezdésekor a korábbi évek leforgatott maradványából származó tartalékok optimális körülményeket biztosítottak a növények fejlődéséhez. Azonban ezek – amennyiben tovább folytatódna a műtrágyázás nélküli, talajt nem kímélő művelési módú, leforgatott maradványok nélküli termesztés – pár év leforgása alatt kiürülnének, és a már most is jelentkező látványos tápanyag-és fejlődésbeli különbségek tovább fokozódnának. Az egyre súlyosbodó következmények kisebb termés hozam, rosszabb talajélet, romló szerkezet és minőségbeli problémák képében jelentkeznének.

Noha a tápanyagtartalom alakulása csökkenést hozott, a talaj minősége, szerkezete alapvetően javuló tendenciát mutatott. Ennek ékes bizonyítéka, hogy az optimális növekedési feltételeket kapott kultúra jelentősen nagyobb zöldtömeget volt képes megnevelni, és erősebb, ellenállóbb állományt hozott létre. Jóllehet a minőségi mutatók nem minden esetben tükrözték ezt, a mennyiségiak mindenképpen, ami pedig – napraforgó esetében a nagyobb tányérátmérő, kukoricaéban a gyakoribb csőszám formájában – nagyobb bevételt jelent. Ezen felül a parcellák 90%-a esetében a humusztartalom is növekedett, 1,59 m/m%-ról változó mértékben ugyan, de kukorica állományú táblában akár 2,23 m/m%-ra is. A napraforgó nem mutatott ennyire jó eredményt, ott a kiinduló 1,60 m/m%-ról felerészt csökkent (1,37-ig), felerészt nőtt (2,26-ig).

A létrejött nagyobb zöldtömeg a későbbiek folyamán több leforgatott maradványhoz fog vezetni, aminek tápanyagtartalma így szintén visszakerülhet a talajba. A megnövelt tápanyagmennyiség pedig segíti a következő állományt, hogy könnyebben elviselje majd a betegségek, kártevők hatásait, illetve a fagyot. Attól, hogy a tápanyagtartalom növekedése

jelen kísérletben nem látszódik, a szerves maradványokból adódó humusztartalom még mindenképpen pozitív irányba tolódott el, ami a morzsásodás javulásával jár. Ez a csongrádi kistérség kötött, agyag talaján semmiképpen sem elhanyagolható eredmény, ugyanis itt a talaj jelenlegi állapotának fellazítására minden lehetőséget fel kell használni.

A korábban említett növényi maradványok, valamint a szerves anyag nagy mértékű megmaradása a javuló talajszerkezet egyik ismérve. Ilyen még a létrejött gyomosodás elleni védelem, amit a nagy zöldtömeg nem elhanyagolható árnyékoló hatásával ér el, illetve azzal, hogy a vizet elszívja a gyomok elől. Ellenkező esetben a gyomnövények jelentős vízfelhasználásával kellene számolni. Jelen esetben mind a kukorica, mind a napraforgó nagy talajtakaró hatást képes elérni, ami a kísérleti kultúrában egyértelműen meglátszott – gyomosodás egyedül a forgókban jelentkezett nagyobb mértékben, ahol az állomány nem volt kellőképpen sűrű.

A szerkezetjavulás jele ezenfelül még a pH-pufferként való funkcionálás. Kísérletemben a szakirodalommal ellentétben a pH értékek szintűgy nem javultak, semleges szintről enyhén a savasodás irányába tolódtak el. Kukoricatáblában a kezdeti 6,7-es pH-ról a gazdasági év végére egészen 5,8-ig képes volt lesüllyedni, egyedül a VI-os parcella mutatott javuló tendenciát 6,74-es pH-jával. A napraforgóval folytatott kísérletben 7,01-es pH-ról műtrágyázott területen 6,4-ig csökkent, műtrágyázatlanban az értékek ennél valamivel magasabbak maradtak, de továbbra is savasabbá vált a talaj.

Az, hogy a morzsaképződés sikeres volt-e, egyszerűen megállapítható, méghozzá a talajlakó mikroorganizmusok, a biológiai élet jelenlétéből. A gazdasági év végén vett talajminták gödreiben nagyszámú földigiliszta populációt találtam, az egész tábla területén élénk talajélet zajlott. A szakirodalom is megerősíti, hogy ez a növényi maradványok leforgatásának következményeként jöhetett létre, ugyanis ezek jelentik a mikro-és makroorganizmusok fő táplálékforrását. Táplálkozásukkor megemésztik, ásványi anyagokkal keverik a maradványokat, nyálkájukkal összetapasztják a talajaggregátumokat, ezáltal létrejön a morzsaképződés.

A víz átszivárogtatására való képesség a csapadék jobb felhasználásában jelentkezik. A kísérleti tábla két ellentétes végét megfigyelve az állományban egyértelmű különbség mutatkozott meg. A növekedéshez optimális körülményeket kapott parcellák erőteljesebb, zöldebb állománnyal bírtak mindvégig, még a nyár közepén jelentkező csapadékmentesebb időszakban is, míg a kevésbé kedvező körülmények között növő egyedeket jobban megviselték az időjárás szélsőséges változásai. Kukorica esetében levelük csavarodott, idő előtt sárgult, napraforgóban erőteljes hervadás jelentkezett.

Összességében kijelenthető, hogy a kísérlet alapján – minden vizsgálatot beleszámítva - legjobb eredményeket az I-es és III-as parcella hozta, tehát a középmező-lazított és műtrágyával kezelt, valamint a szántott és műtrágyával kezelt területek. Beltartalmi értékét tekintve kiemelkedő az V-ös és VI-os parcella, azaz a műtrágyás kezelést nem kaptak közül a tárcsázott és szántott területek. A mélyebb lazítás azért lehetett ideális a termesztésre nézve, mert általa a tömör altalaj levegőzöttsége javulhatott, növekedhetett a biológiai élet, illetve a tömör talpba gyúrt tarlómaradványok is fel tudtak táródni.

5. Értékelés és következtetések

A növényi maradványok leforgatásának hatására irányuló kísérletem alapján kijelenthető, hogy az a talaj szervesanyag-tartalmára, összetételére pozitív hatással bír. Amennyiben célunk a fenntartható módon történő gazdálkodás, illetve a gazdaságos megművelés, a költségek – főként a műtrágya mennyiségének – csökkentése, a szerves maradványokat elszállítani nem okszerű. Helyük a talajban van, oda vissza kell kerülniük, hogy feltáródva optimális irányba mozdítsák a talajéletet, a talaj minőségét, szervesanyag-tartalmát. Ez közvetve kihatással lesz a termésre, annak mind mennyiségi, mind minőségi mutatóira. Rövidtávon vizsgálva ez csak apró változásokat mutat, az eltérések valóságos voltáról teljes képet csak minimum 5-6, de ideális esetben 10 évnél is hosszabb kísérletsorozattal lehetne kapni, amire dolgozatom elkészítésekor nem állt rendelkezésre elegendő idő. Így a kapott részeredményekből csak nagyvonalú következtetéseket lehetett levonni.

Elsősorban ilyen levonható következtetés, hogy a szerves maradványokat mindenképpen érdemes a talajba visszajuttatni, majd feltáródásukat műtrágyával elősegíteni. Másodsorban látható, hogy a kijuttatott műtrágya nem csak a feltáródást segíti elő, hanem általa robbanásszerű növekedés és növényfejlődés érhető el, optimális időjárási körülmények között. Kevésbé kedvező időjárás esetén is segít, ugyanis az általa elért erőteljesebb, ellenállóbb növényállomány nem csak a nagy mennyiségű csapadékot hasznosítja jobban, hanem a hosszú ideig tartó szárazság is kevésbé viseli meg. Látható az is, hogy a talajmegmunkálásnak szintén jelentős szerepe van a várható termés optimális alakulása érdekében. Az elvégzett kísérlet alapján a legjobb eredményeket a közép-mély-lazított és szántott megmunkálás adta, a tárcsás megmunkálás csak elvétve hozott megközelítő, esetleg jobb értékeket. A szántás és altalaj-lazítás szinte ugyanannyira jónak bizonyult, alkalmazásukkor élénk talajélet jött létre, a talaj a vizet jobban mélyre vezette, amit ezáltal a növény jobban hasznosítani tudott.

A témába szorosan nem vág bele, de nem hagyható figyelmen kívül, hogy az időjárásnak mekkora befolyása van a talaj szerves-anyag tartalmára! A hirtelen leeső és nagy mennyiségű csapadék – példa rá a talajmintavétel előtti 140 ml - képes a nitrogént mélyebb rétegekbe mosni, és a legfelső, a tulajdonképpeni gyökérzónában tápanyaghiányt okozni, hiába a gondos talajmunka, a megfelelő mennyiségű műtrágya. A kimosódás ilyen esetben tönkretelheti az egész éves odafigyelés eredményét.

A kísérlet elvégzése által kapott eredmények, a megszerzett elméleti tudás hasznosítása elengedhetetlen, főként annak tudatában, hogy mennyivel jobb terméseredményeket lehet elérni növényi maradványok, műtrágya és szervesanyag-kímélő talaj-megmunkálási mód együttes alkalmazásával. Ezen tudás birtokában érdemes a szántást és altalaj-lazítást preferálni, amikor kapásnövény alá kerül sor talajmegmunkálásra.

A továbbiakban érdemes és célszerű lenne 5-6 évente talajvizsgálatot folytatni, ami alapján ellenőrizni lehet a talaj makrotápanyag mennyiségének alakulását, hogy az a 2013/2014-es gazdasági évben végzett kísérlet eredményeit alátámasztja-e, valamint, hogy hosszú távon a javulás milyen mértékben következik be. Továbbá célszerű lenne arra is kísérletet folytatni, hogy a leforgatott növényi maradványok mellé milyen mennyiségű műtrágya alkalmazása hozza a legjobb terméseredményeket úgy, hogy a költségek kezelhetőek maradnak.

6. Összefoglalás

A téma aktualitása megkérdőjelezhetetlen – a hazai szakirodalom hiánya ékes jele annak, hogy a magyar mezőgazdász társadalom nem fordít kellő figyelmet a növényi melléktermékek újrafelhasználására, illetve, hogy nincs tisztában annak kimagasló jelentőségével, tápanyag-pótló szerepével, talajszerkezetének javítására való képességével. Kevesen vannak tudatában, mekkora idő- és költségmegtakarítástól esnek el, amikor a betakarítás után elhordatják, felbálázzák a szármaradványokat, valamint, hogy a megfelelő talajtakarás hiánya – főként a nyári, aszályos időszakban – óriási vízvesztést okoz a talajaiknak.

Dolgozatommal és a vele járó kísérlettel célom volt bemutatni a növényi melléktermékek talajba keverésének pozitív hatásait, fontosságát, a szerkezetre, tápanyagtartalomra való javító hatását, termésmennyiségi és minőségi mutatók növelésére való képességét. Ezenfelül bebizonyítani, hogy a meghagyott talajtakarás, a mulcsoló technológia csökkenti a kiszáradást, növeli a vízmegtartó képességet, valamint, hogy a helyesen megválasztott talajművelési mód – középmély-lazítás és szántás – segít a csapadék megtartásában az általuk megmaradt magasabb szervesanyag-tartalomnak köszönhetően. Szándékomban állt megmutatni, hogy közvetett hatásuk, a nagy zöldtömeg és az erős növényállomány hogyan hat a gyomelnyomó képességre, a talajfelszín kiszáradástól való védelmére, betegségekkel szembeni ellenállására.

A kísérletben alkalmazott módszerek lényege a különböző talajművelési módok és a leforgatott szerves maradványok mellé kijuttatott műtrágya hatásai közt adódó eltérések kiélezése volt, diagramokon bemutatva a köztük kimutatható különbségeket. Általuk könnyen összevethetővé váltak az eredmények. Ezenfelül megkönnyítették a döntést, milyen módszerrel érdemes művelni a talajt, mivel lehet a legnagyobb terméshozamot és a legjobb minőséget elérni. A kísérlet adta eredmények, a belőlük lezűrhető következtetések bizonyítják, hogy mindent összevetve – amibe beletartozik a növényállomány fizikai volta, a termés mennyisége és minősége, a talaj tápanyag- és humusztartalma – a műtrágyás kezeléssel kiegészített, növényi maradványokat újra felhasználó, szántott vagy középmély-lazított megmunkálás hozza a legbiztosabb, legjobb eredményeket. Ezek jelentősége hosszú távon érződik igazán. Ily módon művelve a talajt megőrizhető és javítható annak állapota, jobb esetben növelhető a tápanyagmennyiség, gazdaságosabbá tehető a növények termesztése az idő-és üzemanyag ráfordításának csökkentésével, illetve ezeknek köszönhetően jobb eredmények érhetők el mind az anyagiakat, mind a mennyiségeket tekintve.

7. Irodalomjegyzék

- Alsadaawi, I.S., Khaliq, A., Al-Temimi, A.A., Matloob, A. (2011): Integration of sunflower (*Helianthus annuus*) residues with a pre-plant herbicide enhances weed suppression in broad bean (*Vicia faba*). *Planta daninha* **29** (4): 849-859.
- Blair, N., Faulkner, R.D., Till, A.R., Prince, K.E. (2003): The impact of plant residues with different breakdown rates on soil carbon and soil structure. In: Proc. 16th ISTRO Conference, Brisbane, 175-181.
- Bot, A., Benites, J. (2005): The importance of soil organic matter. Key to drought-resistant soil and sustained food and production. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 80 p.
- Brito, L.F., La Scala Jr, N., Merques Jr, J., Pereira, G.T. (2005): Variabilidade temporal da emissão de CO₂ do solo e sua relação com a temperatura do solo em diferentes posições na paisagem em área cultivada com cana-de-açúcar. In: Simpósio sobre Plantio direto e Meio ambiente; Seqüestro de carbono e qualidade da água, Anais. Foz do Iguaçu, 210-212.
- Gallandt, E., Liebman, M., Huggins, D., (1999): Improving Soil Quality: Implications for Weed Management. *Journal of Crop Production*, **2** (1): 95-121.
- Reicosky, D.C. (2005): Alternatives to mitigate the greenhouse effect: emission control by carbon sequestration. In: Simpósio sobre Plantio direto e Meio ambiente; Seqüestro de carbono e qualidade da água, Anais. Foz do Iguaçu, 20-28.
- Singh, Y., Singh B., (2001): Efficient Management of Primary Nutrition in the Rice-Wheat System. In: Kataki, P.K. (ed). *The Rice-Wheat Cropping Systems of South Asia: Efficient Production Management*. Food Products Press, New York, 23-85 p.
- Smil, V. (1999): Crop Residues: Agriculture's Largest Harvest. Crop residues incorporate more than half of the world's agricultural phytomass. *BioScience* **49** (4): 299-308.
- Unger, P.W. (1978): Straw-mulch rate effect on soil water storage and sorghum yield. *Soil Science Society of America Journal*, **42**: 486-491.
- USDA Natural Resources Conservation Service, University of Wisconsin-Extension (2000): Residue Management Choices. A Guide to Managing Crop Residues in Corn and Soybeans. Board of Regents of the University of Wisconsin System, Madison, 15 p.
- Barótfi I. (2000): Környezettechnika. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 981 p.
- Birkás M. (2006): Gondos tarlóművelés – esély a talaj megújulására. *Agrofórum*, **17** (8): 45-48 p.
- Birkás M. (2007a): Mennyit segít a nedvességgímélő művelés és talajhasználat? *Agrofórum*, **18** (6): 15-18 p.
- Birkás M. (2007b): Elvegyük-e a talajtól a szervesanyag-utánpótlás lehetőségét? *Agrofórum*, **18** (8): 4-6 p.
- Birkás M. (2007c): A talajszerkezet- és nedvességgímélő művelés biztonsága aszályos idényben. *Agrofórum*, **18** (10): 10- 14 p.
- Birkás M. (2008a): Művelési tanulságok tavalyról, az idei jobb eredmények érdekében. *Agrofórum*, **19** (2): 25-25 p.
- Birkás M. (2008b): A mulcsművelés hazai gyakorlata. *Agrofórum*, **19** (8): 27-30 p.
- Birkás M. (2008c): Kinek fontos, mi lesz a talajainkkal? *Agrofórum*, **19** (9): 33-35 p.
- Birkás M. (2009a): Tanácsok a tavaszi talajmunkákhoz. *Agrofórum*, **20** (3): 49-53 p.

- Birkás M. (2009b): Mit tehetünk a belvízkárral lerontott talajokon. Agrofórum, 20 (4): 52-56 p.
- Birkás M. (2010a): Tovább kell tanulnunk a klíma-leckét! Agrofórum, 21 (2): 58-65 p.
- Birkás M. (2010b): A tarlómaradványok szervesanyag-forrás értéke szélsőséges klímában. Agrofórum. 21 (8): 74-79 p.
- Birkás M. (2012): Talajművelési fogások a szárazság kárainak enyhítésére. Agrofórum, 23 (10): 9-15 p.
- Birkás M. (2013): Talajművelés, még nehezebb leckékkal. Agrofórum, 24 (10): 12-20 p.
- Gyuricza Cs., Kovács G. P., Balla I. (2012): Növénytermesztési melléktermékek: a talajokat vagy az erőműveket tápláljuk? Agrofórum, 23 (6): 65-67 p.
- Hartman M. (2008): Szervestrágyázás. Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet, Budapest, 44 p.
- Horváth J. (2012): Tarlóban a tápanyag! Agrofórum, 23 (8): 38-39 p.
- Jóri J. I. (2007): A klímaváltozáshoz alkalmazkodó gépesítés agrotechnikai és műszaki megoldásai. Agrofórum, 18 (10): 16-19 p.
- Jóri J. I. (2008): A mulcsművelés technológiai és műszaki elemei. Agrofórum, 19 (5): 11-15 p.
- Jóri J. I. (2009): A mulcsművelés hazai eszközparkja. Agrofórum, 20 (10): 86 p.
- Kalmár T. (2012): A klímakár-csökkentő, alkalmazkodó talajművelés alapjai – 2. rész. Mezőgazdasági Technika, 53 (4): 34-35 p.
- Kovács J. (2012): A talajok tápanyag-utánpótlása, szervestrágyázás. Agrofórum, 23 (9): 51-53 p.
- Kosztolányi A. (2007): Nedvességmegőrző talajművelés szemlélete a Tedeji Agrártermelő és Szolgáltató Rt.-nél. Agrofórum, 18 (10): 30-31 p.
- Kosztolányi A. (2011): Eredményes kukoricatermesztés mulcshagyó technológiával. Agrofórum, 22 (42): 118-119 p.
- Nemessályi Zs. (1982): A melléktermékek felhasználása. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 151 p.
- Szabó A. (2013): A talaj vízgazdálkodásának elméleti alapjai és a vízmegőrzés lehetőségei a gyakorlatban. Agrofórum, 24 (10): 22-24 p.
- http 1 The importance of soil organic matter. <http://www.fao.org/docrep/009/a0100e/a0100e05.htm> (2014 április)
- http 2 „B” Tételű modul - Fenntartható mezőgazdasági rendszerek és környezettechnológia
http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0032_fenntarthato_mg_rendszerek_es_kornyezettechnologia/adatok.html (2014 április)
- http 3 Schmidt J.: Földműveléstan
http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/0010_1A_Book_05_Foldmuveles/index.html (2014 április)
- http 4 Területhasználati alkalmasság a Csongrádi kistérségben
http://www.vati.hu/files/articleUploads/6430/terulethasznalati_alkalmassag_a_csongradi_kistersegben.pdf (2014 október)