10.14751/SZIE.2016.001

SZENT ISTVÁN EGYETEM

Gödöllő

Doktori (PhD) értekezés

TARLÓGONDOZÁS TALAJMŰVELÉSI ÉS BIOLÓGIAI MÓDSZEREKKEL

Kalmár Tibor

Gödöllő

2015

10.14751/SZIE.2016.001

A doktori iskola

megnevezése:	Növénytudományi Doktori Iskola
tudományága:	Növénytermesztési és kertészeti tudományok
vezetője:	Dr. Helyes Lajos intézetigazgató, egyetemi tanár, MTA doktora SZIE Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar Kertészeti Technológiai Intézet
Témavezető:	Dr. Birkás Márta tanszékvezető, egyetemi tanár, DSc SZIE Növénytermesztési Intézet Földműveléstani Tanszék

....

Az iskolavezető jóváhagyása A témavezető jóváhagyása

10.14751/SZIE.2016.001

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS 5

2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS 7

2.1. A talajvédelem jelentősége a XXI. században 7

2.1.1. A talajvédelem fejlődése – talajvédelmi irányzatok külföldön 9

2.1.2. A talajvédelem fejlődése – talajvédelmi irányzatok Magyarországon 11

2.2. A klímaváltozás hatása a növénytermesztésre és a talajhasználatra 12

2.3. A nyári talajművelések értékelése 15

2.3.1. A tarlóművelés megítélése a klasszikus hazai szakirodalomban 15

2.3.2. A tarlóművelés jelentősége 18

2.4. A növényi maradványok talajtakarásra való felhasználása 20

2.4.1. A növényi maradványok szerepe a talajvédelembenés a klímakárok elleni védelemben 22

2.4.2. A talajtakarás és a művelés hatása a talajállapot jellemzőkre 27

2.4.2.1. A talajtakarás és a művelés hatása a talajhőmérsékletre 27

2.4.2.2. A talajtakarás és a művelés hatása a talaj nedvességforgalmára 28

2.4.2.3. A talajtakarás és a művelés hatása a talajellenállásra 32

2.4.2.4. A talajtakarás és a művelés hatása a morzsásodásra 34

2.4.2.5. A talajtakarás és a művelés hatása a földigiliszta aktivitásra 36

2.4.2.6. A talajtakarás és a művelés hatása a talaj szerves szén tartalmára 40

2.5. A tarlóba vetés jelentősége a klímakár elleni védelemben 43

2.5.1. A takarónövény általános és talajvédelemben betöltött szerepe 44

2.5.2. A takarónövény talajra gyakorolt pozitív és negatív hatásai 46

2.6. A szakirodalmi áttekintés fontosabb megállapításai 48

3. ANYAG ÉS MÓDSZER 50

3.1. A kutatómunka körülményei 50

3.2. A kísérlet bemutatása 53

3.2.1. A tarlóművelési kísérlet bemutatása 53

3.2.2. A tarlóba vetési kísérlet bemutatása 54

3.3. A kutatás módszerei 56

10.14751/SZIE.2016.001

4. EREDMÉNYEK 58
4.1. A tarlóművelési kísérlet eredményei 58
4.1.1. A felszíntakarás változása a tarlóművelési kísérletben 59
4.1.2. A talajnedvesség alakulása a tarlóművelési kísérletben 68
4.1.3. Talajellenállás-vizsgálatok a tarlóművelési kísérletben 70
4.1.4. Az agronómiai szerkezet változása a tarlóművelési kísérletben 74
4.1.5. A földigilisztaszám vizsgálata a tarlóművelési kísérletben 78
4.2. A tarlóba vetési kísérletek eredményei 80
4.2.1. A felszíntakarás változása a tarlóba vetési kísérletekben 82
4.2.2. A talajnedvesség alakulása a tarlóba vetési kísérletekben 91
4.2.3. Talajellenállás-vizsgálatok a tarlóba vetési kísérletekben 95
4.2.4. Az agronómiai szerkezet változása a tarlóba vetési kísérletekben 99
4.2.5. Takarónövény-vizsgálatok a tarlóba vetési kísérletekben 104
4.3. Új tudományos eredmények 108

5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK 110
5.1. A tarlóművelési kísérlet tanulságai 110
5.2. A tarlóba vetési kísérlet tanulságai 114

6. ÖSSZEFOGLALÁS 117

7. SUMMARY 119

8. MELLÉKLETEK 121
M1. Irodalomjegyzék 121
M2. A szignifikáns differenciaértékeket és a korrelációs viszonyokat bemutató táblázatok és grafikonok 138
M3. A kísérletek kezeléseit bemutató fényképfelvételek 177

9. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS 185

10.14751/SZIE.2016.001

1. BEVEZETÉS

Adott termőterület, talajtípus megítélésében sokáig a potenciális termőképesség volt az elsődleges szempont, és csak később jelentek meg olyan minőségi elvárások, mint például a klímaváltozással összefüggésben nagy jelentőségű víztározó, vagy a környezetvédelem szempontjából elengedhetetlen – stresszhatásokkal, terhelésekkel szembeni – ellenálló (pufferoló) képesség.

A talaj feltételesen megújuló természeti erőforrás, és ebben a tekintetben egyaránt különbözik a nem megújuló (fosszilis) és a megújuló (pl. napenergia) erőforrásoktól is. A megújulás azonban bizonyos feltételekhez, tevékenységekhez kötött, amelyeket a racionális talajhasználat, agrotechnika és a talajvédelem által tudunk biztosítani.

A talajok – használattal, és ezen belül a műveléssel szabályozott – víztározó képessége teszi lehetővé a növényállomány folyamatos vízigényének biztosítását, a térben és időben változó csapadékeloszlás függvényében.

Az 1990-es években a termőföldek tulajdonváltása új helyzetet teremtett a talaj- és környezetvédelem terén, amelyet a kisparcellák megjelenése és a visszafogott ráfordítások mellett az új földtulajdonosok hiányos szakmai felkészültsége, és a rendelkezésre álló gépi technológia is nehezített. Ezenfelül számolni kell a klímaszélsőségekkel, amelyek a XXI. század első éveitől kezdődően egyre gyakoribbak, s amelyeket a túlművelt, degradált szerkezetű talajok nem képesek tompítani.

A nemzetközi és hazai kutatási és gyakorlati tapasztalatokra támaszkodva olyan klímakárcsökkentő talajművelési koncepció megfogalmazása és kidolgozása vált szükségessé, amely lehetővé teszi – a már hazánkban is elérhető korszerű munkagépeknek is köszönhetően – a talajok fizikai és biológiai állapotának javítását, ezáltal az időjárási szélsőségek kedvezőtlen hatásainak enyhítését, a környezet minőségének javulását.

A kímélő, klímakárcsökkentő művelés megvalósítását a learatott növények tarlóján kell elkezdeni, ahol és amikor a regenerálódni, megújulni készülő talaj leginkább ki van téve az időjárás elemeinek és szélsőségeinek. Ezt az ellentmondást kell feloldani a legtöbbször vitatott nyári talajművelések átértékelésével, amelyhez rendelkezésre áll ugyan a korszerű gépi technológia, az ezzel kapcsolatos ismeretanyag azonban kiegészítésre vár.

Kutatási munkám célkitűzései a fentieknek megfelelően a következők voltak:

1. A tarlóművelési módszerek összehasonlítása fontosabb talajállapot-jellemzők alapján.
2. A tarlóba vetés módszereinek tanulmányozása, tekintettel a káros klímahatás enyhítésére és a talajszerkezet kímélésére.

3. Új tarlógondozási koncepció megfogalmazása, a tarlóművelés szerepének tisztázása a talajvédelemben és a klímakárcsökkentésben.

A betakarítás utáni munkafolyamatokra különösen igaz, hogy nincsenek követendő sémák, mint ahogyan az adott évjárat, úgy a betakarítás közbeni szárzúzás minősége, a rendelkezésre álló gépi háttér, a soron következő főnövény igénye is más és más lehet, amely befolyásolja a tarlóművelés célkitűzéseit.

A tarlógondozás időszerűségére az utóbbi évek klímaszélsőségei, a nedvességveszteség csökkentésének és a nedvesség szabályozásának szükségessége irányítják a figyelmet. A tarlógondozás a betakarítás alatt (vagy korábban) károsodott talaj regenerálódásának elősegítése fizikai és biológiai módszerekkel. A szén- és nedvességveszteség csökkentése mellett új elemként jelenik meg a szerkezetkímélés és felszínvédelem, amelynek időbeni hossza, kialakításának módja a tarlóművelés olyan megválaszolandó kérdései, amelyhez doktori értekezésem kutatási témája közelebb vihet.

Az adott kutatási témát különösen aktuálissá teszi, hogy az Európai Unió Közös Agrárpolitikájának új költségvetési időszakában a közvetlen támogatások 30%-kát az éghajlat és a környezet szempontjából előnyös mezőgazdasági gyakorlatra kell fordítani. A 2015-ben bevezetésre került, zöldítés néven ismertté vált intézkedéscsomag elsődleges célja, hogy a mezőgazdasági termelők egyre nagyobb mértékben járuljanak hozzá a mezőgazdaság alapját is képező környezet és természeti erőforrások megőrzéséhez. A zöldítés egyik céltevékenysége az ökológiai jelentőségű területek kijelölése, amelynek a 15 hektárnál nagyobb szántóterülettel rendelkező gazdálkodók területük 5 %-át rendelik alá. Az ökológiai célú másodvetés kialakításának követelménye teljesíthető a két főnövény termesztése közötti időszakban vetett takaró- vagy zöldtrágya növénnyel.

10.14751/SZIE.2016.001

2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A talajvédelem jelentősége a XXI. században

A természeti erőforrások közül kiemelt szerep jut a talajnak, amelynek ésszerű hasznosítása, termékenységének fenntartása és védelme közös feladat. Várallyay (2004, 2005) megállapítása szerint ez Magyarországon a fenntartható fejlődés kiemelkedő alapeleme.

A termőföldről szóló 1994. évi LV. törvény VI. fejezete foglalkozik a talaj védelmével, amelynek lényege a termőföld termékenységének és minőségének megóvása, valamint fizikai, kémiai és biológiai romlásának megelőzése, illetve elhárítása. A földtörvény a földhasználó kötelezettségeként említi az ökológiai adottságoknak megfelelő földhasznosítást, valamint az olyan talajvédő gazdálkodás megvalósítását, amely tekintettel van a természetvédelmi, környezetvédelmi, növényvédelmi és állategészségügyi követelményekre is (Szabó 2006). Az okszerűtlen talajhasználattal okozott károk a környezet többi elemére is veszélyt jelentenek, így a helytelen talajművelési gyakorlat egyben a környezetvédelem körébe tartozó probléma is.

A hazai talajvédelmi stratégia alapvető célja a talaj zavartalan funkcióképességét akadályozó tényezők és a talajdegradációs folyamatok megelőzése, kiküszöbölése, megszüntetése vagy legalább bizonyos tűrési határig történő mérséklése (Németh et al. 2005). Az ország területének több mint felén fordulnak elő és hatnak ilyen korlátozó tényezők.

A talajminőség romlása miatt a talajok művelhetősége, termékenysége, végső soron a gazdálkodás jövedelmezősége válik kérdésessé. A más irányú földhasználat és a művelés alól történő kivonás miatt 1970 óta közel félmillió hektárral csökkent a szántóterület az országban. A bekövetkezett változások ellenére a földhasználat mégsem vált ésszerűbbé.

Várallyay (2012a) megállapítása szerint a fenntartható fejlődés két kiemelt fontosságú feladata a talaj-, és vízkészleteink racionális hasznosítása, védelme és minőségének fenntartása. Ésszerű használat során a talaj minősége fenntartható, de megújulása nem megy végbe automatikusan. Funkcióképességének, termékenységének fenntartása tudatos tevékenységet követel, melynek elemei az ésszerű földhasználat, a talajvédelem, az agrotechnika és a melioráció.

A talaj Magyarország legnagyobb természetes víztározója. Jó talajszerkezet esetén a talaj 0-100 cm–es rétegének pórustere képes lenne az egy év alatt lehulló csapadékmennyiség kétharmadának tárolására. Mégis az ország talajaira – különösen az Alföldön – a szélsőségesség jellemző, gyakran fordul elő aszály és belvíz ugyanabban az évben, ugyanazon a területen. Mindent meg kell tenni annak érdekében, hogy minél hatékonyabban használjuk fel a rendelkezésre álló vízkészletet,

amely feltételezi a talaj vízháztartásának, nedvességforgalmának szabályozását, a víz talajba szivárgásának és tárolásának elősegítését. Ennek érdekében végrehajtott beavatkozások döntő többsége egyben talaj- és környezetvédelmi intézkedés is (Várallyay 2012b).

A talajpusztulás és az ellene küzdő talajvédelem fogalomköre megváltozott az elmúlt 50-70 év alatt (Stefanovits 1996), mintegy két évtizede egészült ki a talajdegradáció, a kémiai, elsősorban az elsavanyosodás képében jelentkező degradáció, az elszikesedés és a sófelhalmozódás, továbbá a talajtömörödés fogalmával.

A degradáció komplex folyamata során a talaj anyagforgalma kedvezőtlen irányba változik, amelynek következményei sokrétűek:

– talaj- és termőfelület veszteség,
– zavarok a talaj funkcióiban,
– kedvezőtlen változások a talaj fizikai, vízgazdálkodási, kémiai, biológiai és agronómiai tulajdonságaiban,
– termékenység csökkenés,
– nehezebb mezőgazdasági hasznosíthatóság, magasabb költségekkel,
– káros környezeti mellékhatások,
– ökológiai folyamatok felbomlása,
– káros anyagok felhalmozódása,
– élővizek elszennyeződése,
– az életfeltételek romlása.

A degradáció ugyanakkor nem kivédhetetlen következménye a mezőgazdasági termelésnek, és többnyire megelőzhető.

Németh et al. (2005) az alábbiak szerint foglalják össze a hazai talajokat sújtó degradációs folyamatok mértékét és veszélyét. Magyarországon közel egymillió hektáron károsít szélerózió, és hasonló mértékű a szedimentáció is, amely következtében évente 80-110 millió tonna humuszos feltalajt ér kár, a szervesanyag-veszteség pedig becslések szerint 1,5 millió tonna. Hazánk talajainak 8%-a erősen, 18%-a közepesen, 20%-a pedig gyengén savanyú kémhatású. A szikesedés a talajok 8%-át érinti. A fizikai degradáció alapvető oka a talajok túlművelése, alkalmatlan művelőeszközök használata, és a nehéz erőgépek okozta terhelés. Magyarország talajainak 23%-a gyengén, 18%-a közepesen, 13%-a pedig erősen érzékeny a szerkezetleromlással és a tömörödéssel szemben. A fizikai degradáció következtében zavar támad a talaj víz- és anyagforgalmában, a tápanyagok hasznosulásban, a művelhetőség optimális intervalluma beszűkül, a művelés energiaigénye pedig fokozódik. A talajtermékenységet érintő kedvezőtlen folyamatok főként a vízháztartással kapcso-

latosak, ezért a talaj zavartalan funkcióit biztosító, a leromlását megakadályozó beavatkozások elsősorban a talaj vízháztartásának szabályozásán keresztül hatnak. Talajainknak csupán 31%-a jó vízgazdálkodású. A szikesedés és a szerkezetromlás a talaj vízgazdálkodási tulajdonságainak kedvezőtlenné válása révén közvetve hat az aszállyal és belvízzel szembeni érzékenységére.

A biológiai degradáció – kedvezőtlen mikrobiológiai folyamatok, szervesanyag-készlet csökkenése – mértékére nincs jelenleg megbízható felmérés hazánkban.

2.1.1. A talajvédelem fejlődése – talajvédelmi irányzatok külföldön

Campbell a talaj felszíni rétegének többmenetes porhanyításával kívánta megakadályozni a talaj nedvességvesztését, hatása 1898–1914 között érvényesült hazánkban. A tárcsa használatára épülő sokmenetes technológiája azonban lerontotta a talaj szerkezetét, ezért a későbbi talajvédő művelési irányzatok nem tartották követendő példának, ugyanakkor megszűnt a szántásos alapművelés kizárólagossága. Franciaországban Jean az 1910-es években rugós szárú kultivátorral ugyancsak több menetben, de szerkezetkímélő módon ért el 20 cm mély lazult réteget. Az 1920-as években az ekeellenes mozgalom képviselője, Bippart a száraz talajok szántása ellen emelt hangot a rögösödéssel összefüggő károk csökkentése érdekében (Birkás 1993, 2005).

Allen és Fenster (1986) az ún. tarló-mulcs művelésben használatos eszközök kialakulását, fejlődését a következőképpen foglalta össze. Az Amerikai Egyesült Államokban egymástól messze elszigetelve, három helyen, Alberta, Nebraska és Oklahoma államokban, szinte egy időben tettek kísérletet arra, hogy kifejlesszenek olyan eszközöket és eljárásokat, amelyek – a talajvédelmi szempontból fontos, tarlómaradványok felszínen tartása révén –, alkalmasak az erózió megfékezésére. Fred Hoeme oklahomai farmer 1933-ban saját gazdaságában keresett megoldást az eróziós károk mérséklésére. Egy útépítéseknél használatos gépet látva megépítette a saját kultivátorát, amely elég nehéz volt ahhoz, hogy megművelje a kiszáradt alföldi területeket. Alberta államban C. S. Noble gazdálkodóként munkagépeket is fejlesztett és gyártott, emellett a tarlón fellépő erózió csökkentésének lehetőségét is tanulmányozta. Az ún. szántás nélküli művelést az albertai Edward Bohannon mutatta be 1916-ban, búzatarlón folytatott kísérleteiben. 1938-ban F. L. Duley vezetésével létrejött a lincolni székhelyű *Agriculture's Soil Conservation Research Station,* amelynek fő kutatási területe elsőként a talajvédő, vízbeszivárgást segítő, elfolyást és párolgást csökkentő takaróanyagok használata volt. A gyomokat L. W. Chase által konstruált, szárnyas vagy V-alakú késekkel felszerelt kultivátorral korlátozták. Ez az eszköz elvágta a gyökereket a felszín alatt, miközben

a felszínen lévő növényi anyag érintetlen maradt. A technológiát az SCS akkori igazgatója, H. H. Bennett *stubble-mulch tillage*-nak nevezte el. A tarló-mulcs kísérletek 1941–1942 között folytak az SCS vezetésével. Az itt elért eredményeket később felhasználták a *minimum tillage* irányzat elméletének kidolgozásához. Duley, J. C. Russel, valamint C. R. Fenster a szöszös bükköny és a rozs takarónövényként való alkalmazását kezdte el tanulmányozni az 1940-es évek közepétől. A tárcsás eszközök a tarlómaradványoknak csak 30-70%-át dolgozták a talajba, ezért inkább a kultivátorok használatát preferálták. Az új triazin típusú herbicidek, a propazin és az atrazin piacra kerülésével lehetővé vált újfajta szármaradvány kezelési technológia kidolgozása. A búza-tarló-cirok-tarló és a búza-tarló forgóban kikísérletezett olcsó, ún. *eco-fallow (chemical-fallow)* eljárást önmagában vagy a mechanikai ápolással együtt használták, és felismerték, hogy a kémiai kezeléssel több nedvesség őrizhető meg kevesebb idő és energia felhasználásával. A mulcsba történő vetéshez Duley és Russel az ún. King márkájú vetőgépet találta megfelelőnek, amelynek élezett tárcsái átvágták a növényi maradványokat, miközben keskeny magárkot nyitottak. Ez a megoldás számos mai direktvetőgépen megtalálható. A vetőkultivátorok és a duplatárcsás direktvetőgépek fejlesztése szintén ebben az időben indult el.

A Bennett vezetésével 1936–1951 között megvalósult talajvédő földművelés célja a területrendezés, a táblásítás, a megfelelő vetésforgó, trágyázás és talajművelés által, a súlyos eróziós károkat szenvedett talajok termékenységének helyreállítása volt (Szabó 2006).

Az 1950-es évektől kezdődően az Amerikai Egyesült Államokból kiinduló talajművelési irányzatok *minimum tillage* néven, a művelés menetszámát, gyakoriságát és mélységét, egyszóval a ráfordítások csökkentését hangsúlyozták. A műveletek összevonása, elhagyása a talaj- és klimatikus viszonyokhoz való jobb alkalmazkodást segítette. A talajvédő művelés Észak-Amerikában az 1960-as évek végén és az 1970-es évek elején fejlődött ki, míg Nyugat-Európában az 1970-es évektől bontakozott ki. Az amerikai felfogás szerint talajvédőnek az a talajművelési és vetési technológia tekinthető, amely esetében a felszín – védelmi céllal – még vetéskor is legalább 30%-ban takart növényi maradványokkal. Ennek köszönhetően a szél és a víz okozta erózió mértéke legalább 50%-kal kisebb, mint hagyományos művelés esetén. Ezeket a kívánalmakat a mulcsművelés, a csupán vetősorokra kiterjedő bolygatás (*no-till, strip-till*) teljesíti. A *minimum-tillage* az 1980-as évektől, mint *reduced tillage* a talajvédő művelés előfutárává vált. Nyugat-Európában a művelési rendszereket hagyományos, csökkentett és művelés nélküli kategóriába sorolták, a talaj védelme pedig ennek megfelelően különböző szinteken valósult meg. Az új művelési irányzatok azonban nem szorították ki a hagyományos technológiát a XX. század talajművelési gyakorlatából, bár ez utóbbi lassan csökkenő tendenciát mutatott. A hagyományos művelést elsősorban a gazdálkodást

nehezítő körülmények – szárazság, defláció, erózió – miatt kezdték el átértékelni Észak-Amerikában és Nyugat-Európában egyaránt, ezért ezeket a talajvédő irányzat előzményeinek tekintjük (Soane és Ouwerkerk 1995, Birkás 2005, 2010, Morris et al. 2011, Soane et al. 2012).

A talajművelési irányzatok értelmezésekor és adaptációjakor számos tévhit, fogalomzavar és sajnos a talajokat érő művelés eredetű kár alakult ki. Ilyen volt például a vízmegőrző (*water conservation*), vagy az ún. környezetbarát (*eco-tillage*) talajművelés. Nedvességet megőrizni a párolgás miatt teljes mértékben nem lehet, ugyanakkor kímélő műveléssel és takarással a veszteség mértéke csökkenthető. Tárcsás műveléssel a szántásos technológia során fellépő károkat kívánták csökkenteni, ám az akkori célmunkagépek csonka kúp vagy gömbsüveg alakú tárcsalapjai jelentős mértékben porosították a talajt.

A klímakárok mérséklésére már a XX. század elején is törekedtek az amerikai és az európai kontinensen egyaránt, a kialakult új művelési irányzatok közvetve vagy közvetlenül a talaj és a környezet minőségének javítására irányultak. A művelés átalakulására a minimális, a talajvédő, és a talajminőség javítását és fenntartását célzó irányzatok voltak a legnagyobb hatással (Birkás 2005).

2.1.2. A talajvédelem fejlődése – talajvédelmi irányzatok Magyarországon

Campbellhez hasonló kísérleteket végzett hazánkban Kerpely Kálmán, aki elsőként mutatott be nedvességveszteséget csökkentő eljárást az 1900-as évek elején. A művelés mértékének csökkentését először Cserháti (1896) fogalmazta meg, amelyet később Kemenessy (1972) pontosított. Véleménye szerint csak az a beavatkozás indokolt, amely előrébb viszi a beéredés folyamatát. A biológiai (beérlelő) talajművelés során a takarékosság kívánalmai is megvalósultak, ezzel vált a két irányzat a korszerű talajművelés követendő útjává.

A szárazgazdálkodás rendszerét hazai viszonyokra előbb Baross László dolgozta ki, aki 10-12 művelet alkalmazásával érte el a vetésre alkalmas, beéredett talajállapotot. Id. Manninger G. Adolf a németbólyi uradalom területein az okszerű sekélyműveléses irányzat alapelveit fektette le. Mérsékelte a szántás szerepét, lazítót és kultivátort használt, azonnal zárta a bolygatott felszínt. A talajokat nem művelte, ha nedvességállapotuk arra nem adott lehetőséget.

Az 1920-as években Gyárfás József – az alkalmazkodó művelés első hirdetőjeként – öt pontban foglalta össze a szárazgazdálkodás irányelveit. Felhívta a figyelmet az aratást követő azonnali „tarlótörés” és az őszi alapművelés fontosságára, a tavaszi újraszántás elkerülésére, a jó magágy készítésére, valamint az ugaroltatásra.

Az 1970-es években az energia árrobbanás tette indokolttá a művelés racionalizálását, így a következő tíz évben tudatosan alkalmazták a csökkentett művelést. Csökkent a szántásos alapművelés részaránya, főként az őszi kalászosok alá, és egyre többen tértek át a váltvaforgató ekés szántásra. Ugyanakkor, az 1990-től néhány éven át jellemző, – a szántóterület több mint felén folytatott – kényszerművelés következtében, a talajok fizikai és biológiai állapota leromlott, az évtized végi időjárási anomáliák pedig óriási gazdasági károkat okoztak.

A talajhasználat akkor válik károssá, ha a művelés, a trágyázás, a növényi sorrend és a növényvédelem rontja vagy súlyosbítja a talaj és a környezet állapotát. Hazánkban a kezdetektől napjainkig hét talajhasználati rendszert különböztethető meg: korai extenzív, hagyományos, korai intenzív, integrált, modern intenzív, modern extenzív és ökológiai (Birkás 2005, 2006c). A hagyományos talajhasználat korszaka 1860-tól, a sokszántásos művelés kialakulásától indult. Cserháti ekkor dolgozta ki az okszerű művelés alapelveit. A klasszikus igaerőre alapozott szakaszban az időjárás és a vonóerő függés határolta be a talajművelés lehetőségeit. Gyárfás munkássága egybeesik a traktoros művelés kezdetével (az 1920-as évektől). A korai intenzív használat évei alatt (1960–1980) a hagyományos művelés számos ismérve (sok menet, gyakori szántás) még fellelhető. A takarékos művelés a művelési költségek csökkentése szándékával nőtt ki az iparszerű rendszerekből, és vált az 1980-as évektől az integrált talajhasználat művelési alapjává. 1988–2000 között az alkalmazkodó művelés hanyatló szakaszát romló talajállapot és hiányos gépválaszték jellemezte. 2000-től újólag előtérbe került a talaj- és környezetvédelem. Az integrált talajhasználat középpontjában a talajok fizikai és kémiai terhelésének csökkentése és a gazdálkodás biztonságának megtartása áll. A talajhasználat napjainkban is tartó szakaszát ez utóbbi mellett ökológiai, modern extenzív és intenzív rendszerek gazdagítják.

2.2. A klímaváltozás hatása a növénytermesztésre és a talajhasználatra

A talaj- és vízmegőrző gyakorlat, valamint a termelékenység fenntartása között közvetlen kapcsolat van. A legjobb technológiák alkalmazása nélkül nem lehetséges fenntartani azt a termelékenységi szintet, amely a 2050-ig néhány milliárddal növekvő lakosság táplálásához szükséges. Az öntözővízre épülő kulcsfontosságú agroökoszisztémák veszélybe kerülhetnek, mivel a vízlelőhelyek kimerülő félben lesznek, a vízfelhasználás pedig meghaladja a természetes édesvíz tárolók utánpótlásának mértékét. Ráadásul a szélsőséges klíma növeli a potenciális erózió veszélyét, amely 10-20%-kal csökkentheti a mezőgazdaság produktumát (Delgado et al. 2011).

Routschek et al. (2014) A1B IPCC szcenárióra épült regionális klímamodellje szintén a klímaváltozás eróziót felerősítő hatásáról tanúskodik, ugyanakkor kiemeli, hogy a talajhasználat, a talajművelés és a talajtulajdonságok nagyobb hatással bírnak majd az erózióra, mint a megváltozott csapadékeloszlás.

A klímaváltozás körében vannak egyértelműen nyomon követhető tendenciák. Az Ipcc (2007) jelentése szerint az emberi tevékenység nyomán légkörbe jutott üvegház-hatású gázoknak (CO_2, CH_4, N_2O) betudhatóan a globális átlaghőmérséklet 0,74 C°-kal emelkedett a múlt század folyamán. A XXI. századra elővetített növekedés megközelítőleg 1,8-4,9 C°. Gyuricza et al. (2012) szerint a régió klímája mindig is változékony volt, amelyen belül Magyarország a legkülönlegesebb földrajzi elhelyezkedéssel rendelkezik az időjárási változások előfordulása tekintetében.

Az Országos Meteorológiai Szolgálat Éghajlati Osztálya a szélsőséges éghajlati események vizsgálata során a teljes XX. századot felölelő adatsorok elemzésével megállapította, hogy egyértelműen gyakoribbá váltak a szélsőségesen meleg időjárási helyzetek, míg a hideg szélsőségek ritkábban fordulnak elő. A csapadékos napok száma csökkent, a tartósan száraz időszakok hossza pedig megnövekedett. A csapadékintenzitás nőtt, vagyis rövidebb ideig tartó, kiadós záporok nagyobb gyakorisággal jelentkeznek. A 2021–2050 közötti időszakban a maximumhőmérsékletben 25 C°-ot meghaladó nyári napok száma 16-20 nappal, a keleti országrészben ezt is meghaladó mértékben növekedhet. A csapadékesemények száma összességében csökkenhet, viszont a nagyobb, intenzívebb csapadékok előfordulása – a nyár kivételével – gyakoribbá válik. A nyári száraz időszakok várhatóan hosszabbra nyúlnak majd, az évszázad vége felé közeledve pedig ősszel és tavasszal is erre kell számítani (Lakatos et al. 2012).

Bartholy et al. (2008) a Pannon régióban a XXI. század második felétől – az időjárás változással összefüggésben – bekövetkező lehetséges szcenáriók elemzésekor, szintén a szélsőséges nyári csapadékeloszlást emelik ki. Várhatóan gyakrabban fordul majd elő hirtelen lezúduló, nagy mennyiségű eső. Meglátásuk szerint a telek enyhébbek és csapadékosabbak, míg a nyarak melegebbek, és szárazabbak lesznek. A szeles napok száma, ezzel összefüggésben a viharos szelek aránya megnövekszik.

Birkás (2008b, 2010) véleménye szerint a változó klíma és a klímaszélsőségek miatt át kell értékelni a talajművelés jelenlegi gyakorlatát. Az enyhébb és csapadékosabb téli félév miatt az alapművelésnek – a tömör rétegek megszüntetésével – elő kell segítenie a víz talajba történő bejutását, egyúttal csökkentenie kell a vegetáción kívüli időszak vízveszteségét. Az enyhe telek alatt mérséklődik a fagyhatás, valamint a degradált szerkezetű talajokon ebből eredő kár (pl. tavaszi széleróziós veszteség). Ugyanakkor az ősszel szántott talajok nagyobb rögei, hantjai nem porhanyulnak át.

Szükségszerű lesz az alapművelés őszi elmunkálása, az őszi szántások felszínének egyengetése. A téli szeles napok ugyancsak fokozott igényt támasztanak a lazultságot kímélő őszi elmunkálás iránt. A szárazabb és melegebb nyarak okán a betakarítás és a vetés közötti időszakot a víz- és szénmegőrzésnek kell alárendelni. Fontossá válik a sekély és mulcshagyó tarlóhántás, a talajtakarás, valamint a talaj nedvességállapotához igazodó alapművelés. A szélsőséges klímajelenségek gyakoribbá válása miatt csökkenteni kell a talajművelés menetszámát és ki kell terjeszteni a felszíntakarás időszakát (akár a vetés utáni időpontig is).

Birkás (2009) az első aggodalomra okot adó évtől, 2000-től, a klímaközpontú művelés korának nevezte el a napjainkig tartó időszakot, mivel a talajművelés feladata a talajminőség javításán keresztül a klíma eredetű károk csökkentése. Birkás számos definíciójának középpontjában éppen ezért a talajvédelem áll. Megfogalmazása szerint a fenntartható művelés legfőbb ismérve a növénytermesztés és a környezetvédelem szempontjaihoz igazodó kedvező talajállapot megőrzése és kedvezőtlen fizikai változások esetén a javítása. Sajátossága az alkalmazkodás a termőhelyi és az ökonómiai feltételekhez, a kármegelőzés, valamint a talaj, a környezet, és a klímakár enyhítés érdekében tett fejlesztés.

Birkás (2012) a 2001–2010 közötti időszakban a klímavédelemmel összefüggésben elért hazai tudományos eredményeket úgy értékelte, hogy sikerült

– a kímélő művelés feltételeinek kidolgozása,

– a nyári alapművelések átértékelése, tekintettel a szélsőséges klímára,

– a mulcs-műveléses technológiai javaslatok kimunkálása különböző növények alá, eltérő talajokra és talajállapot körülményekre,

– a nedvesség, szén-, és szerkezet kímélő tarlógondozás szükségességének bizonyítása.

Birkás ebben az időszakban számos új fogalmat alkotott. Ilyen például az alkalmazkodó művelés, amely során olyan talajkondíció létrehozása vagy fenntartása a cél, amely képes enyhíteni a káros klímahatásokat és biztonságosan alapozza a növ3énytermesztést. A klímakár csökkentő művelés középpontjában pedig a vízbefogadásra és tárolásra alkalmas talajállapot létrehozása, fenntartása, valamint a szerkezet és szervesanyag kímélő eljárások alkalmazása áll.

A vízkímélő művelési technológiák a csapadék talajba jutását, tárolását és visszatartását célozzák meg. A speciális művelési technológiák, a talajtakarás és a helyes tarlóművelési gyakorlat segíthetik a víz és a talajok szerves szén tartalmának megőrzését. Éppen ezért a mezőgazdasági gépesítés új kihívásokkal szembesül a jövőben, mivel a technológiai fejlődésnek elő kell mozdítania a vízmegőrző művelési koncepciók terjedését, lehetőség szerint csökkentve a menetszámot is, a talajállapot hibák elkerülése vagy csökkentése érdekében (Pepó 2004, Láng et al. 2007, Horváth 2009).

2.3. A nyári talajművelések értékelése

A szakírók már az 1800-as évek vége felé foglalkoztak a tarlóművelés módjával és hasznával, noha a rossz minőségű talajmunka következménye, a nedvességveszteség nem kapott kellő figyelmet. Korai klasszikusok közül Cserháti, Gyárfás és Kerpely kedvezőtlennek ítélte meg a hántás elmaradását vagy a tarlóégetést, ugyanakkor az eke tarlón való használatában nem találtak kivetni valót. Ennek hátterében a tiszta, tarlómaradványoktól mentes, szemnek tetszetős felszín iránti igény állt.

Az 1970-es években bekövetkezett energia árrobbanás a talajművelési rendszerek ésszerűsítését tette szükségessé, érdemi változást hozva a tarlóművelés gyakorlatába (Birkás et al. 1989). Felismerték, hogy az őszi talajművelések jobb minősége, és az aratás után talajban maradt nedvesség megkímélése között összefüggés van, bár az elért minőség gyakran nem felelt meg ennek. Birkás (2012) az 1974–1983 közötti években elért eredményként említi a hiányos tarlóművelés hátrányainak felismerését.

Az 1980-as évektől az új talajművelési irányzatok (pl. takarékos, kímélő, fenntartható) egyfajta elvárásként fogalmazták meg a származadvány egy részének felszínen hagyását. A hazai gyakorlat ugyan nehezen fogadta el, mivel korábban a nyári műveléseknél a feketére munkálást alkalmazta (Birkás 2006a). Ezekben az években Birkás sikeresen igazolta a tarlóművelési hibák hatását az alapművelés minőségére, valamint rangsorolta a nyári műveléseket a nedvességveszteség alapján. Kalmár et al. (2007) szerint a takaróanyagtól mentes felszín évtizedeken keresztül elvárás volt a tarlóművelés gyakorlatában, amelyet rögösen hagyva is jónak ítéltek. Ekkor azonban nem felelt meg a nedvességveszteség csökkentés kívánalmának. A szemléletmódban bekövetkező változás jelenleg is tartó hosszú folyamatában érdemi előrelépést hozott a fenntarthatóság elveinek hangsúlyozása (Jolánkai és Birkás 2010) éppúgy, mint a mulcsművelés terén végzett számos kutatás (Birkás et al. 2006), vagy a direktvetés várható előnyeinek és kockázatainak értékelése (Birkás 2012).

2.3.1. A tarlóművelés megítélése a klasszikus hazai szakirodalomban

A tarlóművelés nagyobb teret könyvekben és szakcikkekben az 1800-as évek végétől kapott. Az aratás utáni első talajmunka fő célját a gyompusztításban, egyéb hasznát a tarlómaradványok korhadásában és a talaj beéredésében jelölték meg. A klasszikus szerzők gyakoribb megnevezései a tarlóbuktatás, a tarlótörés, vagy a hántás volt, ezzel utalva a módra vagy az eszközre. A tarlómű-

velés mielőbbi elvégzését a nyári aratást követően, a bolygatott talaj felszínének lezárását valamennyi, a témakörben publikáló szerző nagyon fontosnak tartotta.

A mérvadó szerzők sekély tarlóművelési mélységet javasoltak. Kerpely (1897) sekély, 6-7 cm szántást, Cserháti (1905) 3-6 cm-t, Manninger (1957) akár 2-3 cm-t, Gyárfás (1925) alkalmazkodóan 3-12 cm-t, később Sipos (1978) 6-8, esetleg 10-12 cm-t.

Jablonowski (1928) a hántáson az 5 cm mély, a talajt csak némileg bolygató eljárást, míg a tarlóbuktatáson az előbbinél mélyebb aláforgatást, a tarlókeverésen forgatást és porhanyítást, a tarlótörésen normális szántásnak megfelelő mély megmunkálást értett.

Az aratást követően a talajfelszín szalmával történő takarása az 1970-es évek közepéig legfeljebb elvétve fordult elő. Így – Kemenesyn és Manningeren kívül – az előnyeit sem ismerhették. Ezért fogadható el Sipos (1978) megjegyzése, mely szerint „*tarlóhántással nem vagyunk képesek növelni a talaj nedvességtartalmát*". Az említett időszakban uralkodó szemlélet szerint azok az eljárások voltak fontosak, amelyek növelték a növény termését. Sipos Karcag térségében, kötött réti talajon végzett kísérletében nem tapasztalta a tarlóhántás kedvező utóhatását az őszi búza termésére. Ennek vélhető okát a kezelésekben lehet megtalálni. A tárcsás változatot (hengerrel) vetésig többször ismételték. A szántott talajok a nedvességveszteség miatt mutattak minőségi hiányosságot, ami később, a talaj beázása révén enyhült. A hántás nélküli változatnál két alkalommal végeztek vegyszeres gyomirtást (Gramoxone-nal), majd vetés előtt sekély talajmarást. Ebben a kezelésben a minimális bolygatással járó kisebb nedvességveszteség tehette lehetővé, hogy a mélyebb művelésekhez hasonló termést kapjanak.

A tarlóhántás hatásának megítélésében a szerzők véleménye néhány esetben eltér. Vélhetően nem száraz évekre vonatkozik Matlaszkovszky (1906) kijelentése (amelyben máig továbbélő tévhit is fellelhető): „*A tavasziak alá adott tarlóhántásnál teljesen mellékes a nyári nedvesség konzerválása, mert mire az őszi szántásra kerül a sor, úgyis megázik a föld*". Ezzel szemben Jalsoviczky (1910) azt tapasztalta, hogy „*Az a gazda, aki képes (a hántást) gyorsan el is végezni, nem félhet a későbbiekben bekövetkező hosszas szárazság azon káros hatásától, hogy a talaj nedvessége elpárologjon, és azt művelni képtelen lenne*". Úttörő gondolatot is közölt a nedvességvesztés csökkentését illetően: „*Még kedvezőbb ezen munkálat akkor, ha a tarlómaradványok nem a földbe keverve, hanem lehetőleg a föld felszínén hagyva maradnak*". A szerzők véleményalkotását az adott években uralkodó klíma is befolyásolta. Az 1920-as évek elején szárazság uralkodott, így a nedvesség megtartására érthetően nagyobb figyelem fordult. Sávoly (1920) szerint a tarlótörés szükségességét „ ... *a talajnak a csapadékvízzel való gazdálkodása indokolja*". Kimutatta, hogy a 'töretlen' homoktalajból 25%-kal több nedvesség párolgott el, mint a hántottból. Becslése szerint

a tarlóhántással legalább 40 mm csapadékvíz óvható meg. Tokaji (1930) keserűen mutatott rá arra, hogy „*A gazdák még mindig aszerint gazdálkodnak, hogy ahány szántás, annyi kenyér és elfelejtik, hogy a szántás a legdrágább talajmunka és hogy annak kezéből, aki nem tud azzal okszerűen bánni, könnyen kiesik a mai sovány kenyér is*”. Ő 69,5 kg/ha búzatermés többletet tulajdonított a jó tarlóművelésnek. Nyíri (1997) az aszálykárok mérséklése okán nem tartotta szerencsésnek az ekeközpontú művelést. Szorgalmazta a talajéletben kisebb törést okozó eljárások alkalmazását. Több előnyét látta a helyes tarlóművelésnek, mint a klasszikus elődök. Tőlük valamennyi hasznos javaslatot átvett és azokat saját tapasztalatai révén egészítette ki. A tanítványok, köztük Birkás (2004) szerencsésen léphettek tovább a klímakárcsökkentés okán szükséges fejlesztésekben.

A tarlóművelés eszköze sokáig az eke volt, a növényi maradványokat ezzel „buktatták alá” (Kerpely 1897, Cserháti 1905, Gyárfás 1925) növényvédelmi célból, valamint a maradványoktól mentes felszín elérése érdekében. Ugyanakkor egyes gazda szakírók – tapasztalataik nyomán – az eke mellett a jobb porhanyítás érdekében skarifikátort (rétfelújító borona), a gyomok ’kiemelésére’ pedig exstirpátort (sekélyen járó porhanyító), vagy kultivátort ajánlottak (Igali 1898), mivel ezek az eszközök az 1860-as évek végétől szerepeltek a gépválasztékban. A tárcsát (amely akkor a mai síklapú tárcsákhoz hasonlított) az 1900-as évek elejétől kezdték alkalmazni tarlóművelésre (Baross 1910). A kultivátor a tarlóművelésben indokolatlanul csekély elismertséget kapott (Beke 1922, Tokaji 1930). Még napjainkban is fellelhető a megszokottól eltérően használandó gépektől való idegenkedés. A kultivátorok használatának felívelő időszakaiban – az 1920-as, 1930-as, majd az 1980-as években – a tartózkodás igénnyé változott, amelyet az eszköz agronómiai és energetikai előnyei erősítettek. Az 1930-as évek végén a háborús körülmények, az 1980-as évek végén pedig a mezőgazdálkodás válsága miatt torpant meg a talajvédő művelés egyik legfontosabb eszközének elterjedése. A klasszikus szakirodalomban talán ezért kevés az utalás a tarlómaradványok felszínen hagyására. Gyárfás (1920) így írt erről: „*... azok az uradalmak, amelyek egypár órai járatás után a könnyű kultivátorokat ‘csúnya munkájuk’ miatt aratás után a gépgyáraknak vissza akarták küldeni, azokat ősszel mégis megtartották, amikor látták, hogy a ‘csúnya munka’ alatt mégis beérlelődött annyira a föld, hogy omlós őszi szántást adott*”. A kultivátor munkájára jellemzően a tarlómaradványok jelentős része, mint talajvédő anyag, a megmunkált föld tetején maradt, s ennek Manninger már védő szerepet tulajdonított. Az ő kijelentése – „*Mint a neve is elárulja, vele a talajba kultúrát viszek*” – napjainkban is vállalható. Kemenesy (1928) korát megelőzően a zúzott szalma fokozatos talajba keverését ajánlotta, méghozzá az akkor elterjedt disk-tillerrel (egyirányú tárcsával), amely talajra gyakorolt hatásában a síktárcsához áll közelebb. Mint írta a *„A szerves takaróréteg (mulch) nagy előnyére szolgál a talaj beérlelésének, a szalma gyorsabb lebomlásának,*

és ezzel a talajfauna természetszerűbb tápanyaghoz is jut”. A feketére munkált hántást elavultnak ítélte, helyette a megmunkált réteg beérlelését segítendő, talaj-tarlómaradvány keverék, a mulcs létrehozását ajánlotta (1964): *„Közel sem olyan fontos a tarlómaradványok tökéletes alátakarása, mint ahogy a köztudatban van, inkább elmarcangolásuk lényeges, mert ezáltal tudjuk megteremteni a szervesanyaggal kevert takaróréteget, az ún. ’mulch’-ot*”. Könyveiben (pl. 1964) bírálta a mechanikus szemléletet, amely a tarlómaradványok teljes talajba juttatására ösztönzött, ezért a talaj kiszáradását idézte elő. Utalt a tarlómaradvány és a talaj keverékéből kialakítható takaróréteg vízmegőrző és szerkezetjavító hatására is, különösen a rossz szerkezetű, cserepesedésre hajlamos, és a kötött talajokon. Úgy tapasztalta, az ily módon megvédett talaj jobb vízbefogadásra, de jobb gyomkelésre is képes. Szorgalmazta a kikelt gyomok jól időzített irtását, azért is, hogy maradványaik talajba juttatásával újabb táplálékot juttassanak a hasznos élőlényeknek.

Ha gondosan mérlegeljük az elődeink által írtakat, és a hozzájuk fűzött mostani tapasztalatokat belátható, hogy a tarlók nyári művelése sokkal több, mint feltörés, alábuktatás, vagy hántás. Inkább gondozás, azért, hogy a talaj vízbefogadó képessége, nyirkossága, művelhetősége, biológiai élete a tenyészidőn kívüli időszakban is megmaradjon és lehetőleg javuljon.

2.3.2. A tarlóművelés jelentősége

A tarlóművelés a learatott terület gondozása a talaj nedvességforgalmának fenntartása és a művelhetőség javítása érdekében (Birkás 2006b, Birkás et al. 2007). Magába foglalja a szalma és a szármaradvány gondos aprítását, terítését, a talaj felső sekély rétegének porhanyítását és a növényi maradványok részleges bekeverését. A nyári betakarítású növények esetében két folyamatból áll. A tarló – aratás után mielőbbi – sekély hántását 3-4 hét múlva követi a kigyomosodott, árvakeléses felszín ápolása mechanikai vagy kémiai módszerrel.

A tarlóhántás céljai száraz és átlagos idényben: 1. a talaj vízveszteségének csökkentése, 2. a hő- és levegőforgalom szabályozása, 3. a művelhetőség javítása a biológiai tevékenység pezsdítése révén, 4. a tarlómaradványok felszínen hagyása (mulcs) és a talajba keverése, valamint 5. a növényvédelmi hatás, azaz az árva- és gyomkelés előmozdítása, majd a kártevők és kórokozók életfeltételeinek korlátozása. Csapadékos idényben a fő feladatok nem változnak, csak más a fontossági sorrend, vagyis: 1. a talaj felszínének alakításával a vízbefogadás elősegítése és a veszteség szabályozása, 2. a talajszerkezet védelme az eliszapolódástól a növényi maradványok segítségével, 3. a hő- és levegőforgalom szabályozása a változóan meleg és csapadékos napokon, 4. a

biológiai élet kímélése a váltakozó hő- és hideg stressztől, 5. a tarlómaradványok feltáródásának elősegítése, valamint 6. a növényvédelmi hatás (Birkás 2010).

A klímaváltozáshoz való alkalmazkodásban egyre fontosabb szerepe van a nyári műveléseknek, így a tarlóművelésnek is. Ezért pontosabb, ha a tarlók gondozásáról beszélünk. A gondozás több feladatot ötvöz, úgymint nedvesség visszatartás, talajszerkezet védelem, a talaj biológiai életének pezsdítése, szervesanyag és szénkímélés. Az okszerű tarlógondozás a művelhetőség javulás, a klímakár enyhítés és a művelési költségek csökkentésének előfeltétele. A nyárvégi és őszi vetések eredményes kivitelezése, a tavaszi vetésű növények alá történő őszi alapművelés minőségi végrehajtása aligha képzelhető el szakszerű tarlóművelés nélkül. Bottlik és Stingli (2009) nyári tarlóművelési kísérletek 12 különböző kezelését vizsgálta a talajállapot jellemzőkre tekintettel. Az eredmények alapján megállapították, hogy a nyári tarlóművelésnek – eddig ismert feladatain kívül – a káros klímahatások elleni védelmet és a szervesanyag-veszteség mérséklését is szolgálnia kell. A legtöbb vizsgált eljárás megfelelt a legfontosabb elvárásoknak, amelyek a sekély, mulcshagyó, lezárt, szerkezetkímélő tarlóművelés megvalósítását célozták meg.

Klímakár enyhítő – vagyis a nedvességet jól visszatartó, csekély szén-dioxid légzéssel jellemezhető – tarlóművelésre olyan eljárás alkalmas, amely a talaj felszínén sekély, nagyobb rögöktől mentes szigetelő- és védőréteget képez. Elvárás a 2-2,5 hónapig tartó takarás, amely mulcshagyással érhető el, amikor a tarlómaradványokat (legalább 35-45%) védelmi jelleggel a felszínen hagyjuk (Birkás 2010). A tarlóművelésnek fenn kell tartania vagy elő kell mozdítania a talaj morzsásodását és megújulását. A tarló mélyebb művelése nem kívánatos, mert a talaj mélyebben kiszáradhat, az árvakelés és a gyomok csírázása pedig elhúzódhat, így részben lemondunk a kedvező növényvédelmi hatásról.

Steed és Reeves (1985) ausztráliai tartamkísérletben igazolta a mulcsozott tarló nedvesség megőrző hatását. A tarló leégetése esetén a talaj a vetés idejére kevesebb nedvességet tartalmazott. Perkun és Claupein (2006) szintén a tarlóhántás jelentőségét hangsúlyozza a gyomok és az árvakelés gyérítésében. Öt éves gyakorlati eredményeket összegezve állapítják meg, hogy a kontroll parcella (nem művelt az őszi szántásig) gyommagkészlete közel kétszerese volt, ahhoz képest, ahol tarlóművelést alkalmaztak, ugyanakkor a felszíni vegetációban nem érvényesült a tarlóművelés hatása. Cantero-Martinez et al. (1995) kémia tarlóápolás hatékonyságára hívják fel a figyelmet. Az ausztráliai Dooenben lévő kutatóintézet 10 éves kísérletében három tarlóművelési módszert hasonlítottak össze. A talajnedvesség megőrzésben kicsi, de szignifikáns különbségek mutatkoztak. Az alacsony termésű években (3,7 t/ha, öt év a tízből) a kémiai kezelésben részesített tarlón alkalmazott direktvetésnek köszönhetően 0,8 illetve 0,6 t/ ha búzaterméssel többet takarítottak be.

A kémiai tarlókezelés és a direktvetés előnye átlagosan 53 mm többlet nedvességben mutatkozott meg. Más eredményre jutott TANAKA (1985), aki az amerikai Nagy Alföld északi területein folytatta vizsgálatait kémiai (négyszeres kezelés) és mechanikai úton kezelt tarlón (tarlóművelés, majd gyomfésű). A betakarítást követően a felszínen hagyott származadvány mennyisége 0,6-3,6 t/ha között változott. A kémiai úton kezelt tarlón több volt ugyan a növényi maradvány, de a kezelések között nem tapasztaltak eltérést a 0-1,7 m talajszelvény nedvességtartalmában.

A tarlóhántás során kialakítandó felszíni mulcsréteg a származadvány megfelelő hosszra történő szecskázásával és egyenletes terítésével érhető el. LIU et al. (2010) tenyészedényes kísérletben vizsgálták a származadvány-kezelés hatását. Kalászosok szalmáját 50-250 mm szecskahosszban használták, amelyet seprűboronával dolgoztak be a talaj felső 10 cm rétegébe, 5, 7,5 és 10 km/h sebesség alkalmazásával. Az eredmények arra is rámutattak, hogy ugyanannál a sebességnél nagyobb szecskaméret esetén kevésbé hatékony a bedolgozás.

2.4. A növényi maradványok talajtakarásra való felhasználása

A tarlómaradványokkal való takarás célja a nedvességveszteség csökkentése, a talaj biológiai folyamatainak előmozdítása, és e célok teljesülése esetén a művelhetőség javítása. Hántást követően a felszín borítottsága a szalma feltáródásától függ. A feltáródást a klimatikus feltételek, a talaj nitrogén tartalma és biológiai tevékenysége határozza meg. Száraz idényben kedvezőbb a nagyobb takarás, de őszi vetés esetén a nagyobb takarás akár problémát is jelenthet. A talajélet előmozdítása révén biológiailag aktív (beéredett) állapot alakul ki. A beéredett talaj kultúrállapotú, amelynek jellemzői a jó szerkezet és hordképesség, a jó levegő-, hő- és nedvességforgalom, a jó művelhetőség, a kedvező biológiai tevékenység és tápanyag ellátottság, valamint a gyommentesség. Az ilyen talajállapot kialakulása során a művelés menetszáma és energiaigénye csökkenthető. A száraz és esős időszakok váltakozása sem mérsékli a nedvességveszteség csökkentésének fontosságát.

LAL (2009) megállapításai szerint a betakarításkori növényi maradványok fontos szerepet töltenek be a talajminőség alakításában, fenntartásában és a talaj védelmében. Ugyanakkor fontos meghatározni a bioüzemanyag előállítására rendelkezésre álló nyersanyag mennyiségét, mivel a lignocellulóz tartalmú növényi anyagok, különösen a kalászos növények szalmája, a bioüzemek látóterébe kerültek. Az USA-ban ezen anyagokból éves szinten 367 millió, míg világviszonylatban 2800 millió tonna keletkezik.

UNGER et al. (1991) szintén a növényi maradványok - más irányú hasznosítás miatti - korlátozott elérhetőségére hívják fel a figyelmet, és ezért talajvédő művelést, valamint a növényi maradvá-

nyok hatékonyabb felhasználását javasolják a szemiarid területekre, az erózió csökkentése és a nedvesség megőrzés érdekében. Meglátásaik szerint, a melléktermékek helyett történő jobb minőségű állati takarmányok használata, a műveletlen területek növényi biomasszájának hatékonyabb felhasználása, valamint a takarmányellátás és az állatállomány közötti jobb egyensúly, több növényi maradványt hagy a földeken, amely a védelemre fordítható.

Marokkó szántóin egyre népszerűbb a direktvetéses technológia, amelynek csak a takarmányozási célú szalmalehordás és a legeltetés szab gátat. Mrabet (2002) kísérletei szerint a direktvetés és a mélyebb, tárcsás-ekés művelés együtt is alkalmazható, hiszen a származadvány 30 %-ának eltávolítása nem jár terméscsökkenéssel.

Az élő mulcs fogalmát Hartwig és Ammon (2002) vezette be. A főnövényt megelőzően vagy azzal együtt kerülnek elvetésre, és a teljes vegetáció alatt biztosítják a talaj takarását. Ezek a növények gyakran évelők, állományuk évről-évre fennmarad. Ideális esetben a növekedésük mindaddig visszafogott, amíg a főnövény fejlődik. Vörös-, és fehérhere, lucerna, szarvaskerep, tarka koronafürt, az évelő fűfélék, mint pl. a zöld pántlikafű vagy a csomós ebír használható erre a célra, de főként gyümölcs-, és szőlőültetvényekben több a tapasztalat. Termesztésük hátránya a főnövénnyel szembeni kompetenciájuk miatt kialakuló alacsonyabb termés. Simon (1984) úgy véli, hogy bizonyos gyomnövények is rendelkeznek talajtakaró, talajvédő szereppel. Ilyen például a tyúkhúr a szőlőben.

Schertz (1988) álláspontja szerint, a talajvédő művelés során a vetést követően is minimum 30%-os felszíni takartság kívánatos. Vagyis száraz évjáratban a betakarítást követően legalább 45%-os borítottság a követelmény. A védő talajművelést 2010-re már a teljes vetésterület 63 %-ban.

Hazai viszonylatban a szalmát több évszázadon át – vetést akadályozó volta miatt – eltávolították a földekről. Később megváltoztak a fűtési és almozási szokások, de az elvárt „feketére művelés” (ugyanis a fekete felszín a gondosságról tanúskodott) csak a szalma eltávolítása vagy jó minőségű szecskázása és mélyebb bedolgozása esetén teljesült (Birkás 2009). A fejlettebb mezőgazdaságú országokban már az 1960-as évektől kezdődően használták a tarlómaradványokat védelmi céllal, nálunk egy bő évtizeddel később. A szalmaaprítás gyenge minősége és a növényvédelmi problémák ellenérvként hangoztatása azonban lassította a folyamatot. Az 1990-es évektől az új földhasználók többsége a régi gyakorlatot követte, amelyről a mélyen hántott vagy szántott, takaratlan, rögösen hagyott talajok tanúskodtak. Ezzel egy időben a megváltozott klíma (kedvezőtlen csapadékeloszlás, meleg- és hőségnapok nagy száma) arra figyelmeztetett, hogy a nedvességpazarló művelés térségünkben hosszútávon problémákat okozhat. A 2005–2007 közötti időszakban előfordult olyan 45-50 napos nyári csapadékmentes időszak, amikor a hántatlan és takaratlan tarló

vízvesztése 30-34 mm volt (0-60 cm réteg), míg a feketére művelt talajé még ennél is 41-45%-kal több. A mélyen szántott, takaratlan talaj több mint 60 mm vizet veszített. A sekélyen hántott és takart talaj előnye 21-26 mm nedvesség volt a feketére művelttel szemben.

VÁRALLYAY (2007) hangsúlyozza, hogy a mulcshagyó tarlóművelés célja a – a nedvesség megtartása mellett – a talaj vízbefogadó képességének növelése, a talaj biológiai tevékenységének pezsdítése, valamint a bekevert tarlómaradványok feltárása. BIRKÁS (2009) úgy látja, hogy a takaróanyag feladata sokrétű. A vízkímélés és hőszabályozás mellett a szerkezetkímélés is nagy fontosságú, a nyári csapó esők gyakorisága révén bekövetkező szerkezetrombolás megelőzése miatt. A takart talaj alatt, kímélő művelés során a talaj szerkezeti állapotát minősítő morzsaarány folyamatosan nő.

2.4.1. A növényi maradványok szerepe a talajvédelemben és a klímakárok elleni védelemben

DELGADO et al. (2011) szerint a klímaváltozás kedvezőtlen hatását mérséklő talaj- és vízkímélő technológia alapelvei a következők:

– növényi maradványok felszínen tartásával a talajvédelem biztosítása,
– a tarlómaradványok betakarításának elkerülése, amennyiben a talajszerkezet ezt igényli,
– talajfunkciók javítása a talaj általi szén megkötésével,
– évelő bioenergiai növények termesztése, amelyek kedvező szénkötésük révén jobban támogatják a környezetvédelmet, mint az energia célú gabonatermesztés
– a növénytermesztési rendszer diverzifikálása.

EAGLE et al. (2010) álláspontja szerint a hagyományosról a kímélő művelésre való átállás növelné a szénmegkötés lehetőségét az USA mezőgazdasági területein. A talaj széntárolása fontos a változó klímához való alkalmazkodásban, mivel befolyásolja a termőképességgel összefüggő talajtulajdonságokat és talajfunkciókat. Az aggregátum képződés javítása révén a talajszerkezet stabilizálódik, ami kedvező hatással van a porozitásra, ezáltal a gyökér fejlődésére és a talaj víztároló képességére. A talaj szénmegkötése javítja a kation kicserélő képességet és a fontos mikro- és makrotápanyagok megkötését.

ALLEN és FENSTER (1986) már korábban ismertetett tanulmánya szerint az amerikai Alberta, Nebraska és Oklahoma államokban az 1930-as évektől kezdődően különböző eszközöket és eljárásokat fejlesztettek ki, a növényi maradványok felszínen hagyásával a szélerózió mérséklése érdekében. A talajvédő művelésre alkalmas kezdetleges eszközökkel a későbbi mulcsművelés alapjait fektették le. Kezdetben nagyobb rögöket felszínre hozó eljárásokkal igyekeztek meggátolni a talaj

elhordását, majd a sekélyműveléssel gyérített gyom- és árvakelést tartották a felszínen, míg végül a felszínen hagyott tarlómaradványok segítségével próbálták csökkenteni a felszíni vízelfolyást és az evaporációt. Myhre és Sandford (1972) Mississippi és Alabama ún. Blackland lejtős területének finom textúrájú, gyenge vízbefogadású talajaira ugyancsak durva felszínkiképzést és/vagy a szalmamulcs alkalmazását javasolták.

Sallaway et al. (1990) az erózióban szerepet játszó feszíni vízlefolyás hatását tanulmányozták a szemi-arid Északkelet-Ausztrália területein. Megállapították, hogy a vízlefolyás mértékét a teljes csapadékmennyiség, míg a vízlefolyás maximumát a csapadék intenzitása határozza meg. A talajban kialakult vízhiány, a talajfelszín érdessége és a talajtakarás révén minimalizálható mind a teljes, mind pedig a maximális vízlefolyás. A direktvetés vagy a csökkentett művelés által létrehozott talajtakarás legmegbízhatóbban a tarlón alakítható ki. A korábbi vetés tovább csökkentheti a vízlefolyás mértékét.

Zuzel és Pikul (1993) Északkelet-Oregon államban ún. Thatuna iszapos vályogtalajon vizsgálta különböző mennyiségű szalmamulcs hatását az erózióra, a felszíni vízelfolyásra és a beszivárgásra. A szalma százalékos mennyisége és a talajveszteség erős szignifikáns korrelációt mutatott, míg a felszíni vízelfolyás, a beszivárgás, valamint a talajveszteség között kismértékű összefüggést tapasztaltak. Magyarázatként a művelt réteg alatti gyengén vízáteresztő réteg és a talaj magas szerves anyag tartalma szolgált. Eredményeik alapján a 25%-nál kisebb borítás nem felelt meg az erózió elleni védelemre. Roth et al. (1988) minimum 4-6 t/ha mulcsmennyiséget javasolt az erózió elleni hatékony védelem érdekében. A 100%-os talajborítás 60 mm csapadék beszivárgását tette lehetővé, míg a takaratlan parcellákon a lehullott csapadék mindössze 20%-a szivárgott be a talajba. Bhatt és Khera (2006) öt különböző technikát alkalmazva 6 t/ha mulcsot használt felt kísérletei során. A teljes felületre történő kijuttatás 33%-kal csökkentette az erózió mértékét. A csökkentett művelésnek köszönhetően 5%-kal mérséklődött a vízlefolyás és 40%-kal a talajveszteség. Edwards et al. (2000) a kanadai Prince Edward szigeten szalma- és komposztmulcs hatását vizsgálták burgonya állományban, mivel az erősen gépesített technológia és az intenzív művelés következtében a fizikai degradáció és talajveszteség tetten érhető jelenség. A komposzt kedvező hatását ugyan nem tapasztalták meg, de a szalmamulcs közel 50%-kal csökkentette a talajveszteséget. Guy és Cox (2002) az idahói Palouse régióban két hároméves kísérletet állított be tavaszi kalászos (tavaszi búza, tavaszi árpa) - borsó - őszi búza vetésforgóban, különböző talaj előkészítési eljárást alkalmazva. 1997 tavaszán a borsó direktvetését követően a tavaszi gabonák tarlómaradványai 44%-ban borították a felszínt, míg 1998-ban 74 %-ban. 1997 őszén, az őszi búza

vetése idején már csak a direktvetés esetében érte el a származadvány-borítás a 30% értéket, amely még hatásos volt az erózió ellen.

Aase és Siddoway (1980) a különböző magasságú (15-19, 30-35 cm) álló tarló mikroklímára gyakorolt hatását tanulmányozta a Sidney melletti kísérletekben. A felszín feletti 9 cm-es zónában a széláramlás mértékét a rövid tarló 1,5-szeres, a hosszú tarló pedig 5-szörös mértékben csökkentette a fedetlen felszínnel szemben. Az Új Mexikói Állami Egyetem Mezőgazdasági Tudományos Központja az USDA által nyújtott támogatásból, Sangu Angadi irányításával ugyancsak a magasan hagyott növényi tarló talajvédő hatását vizsgálta (Olmsted 2009). A hagyományos *no-till* eljárások inkább a talajbolygatás minimalizálására fókuszálnak és csak kevésbé a tarlógondozásra. Magasan hagyott tarló esetén kedvezőbb a mikroklíma a növények számára, ezen felül a betakarítás energiaigénye is kisebb, mivel kevesebb növényi maradvány halad át a betakarító gépen. Angadi 15 inch (37,9 cm) magas tarló hagyását javasolta, ami kedvező a vízbeszivárgás és a hó megfogása szempontjából is, mivel felfogja a felszínen elfolyó vizet, és járatokat, csatornákat biztosít a beszivárgáshoz.

Hamilton et al. (1996) szerint a tarló visszatartásának előnye a szél- és vízerózió kontrolljában, a kelő növények homokverés elleni védelmében, a talajnedvesség megőrzésében, a szerves anyag gyarapításában és a kórokozók elleni védelemben áll. Ugyanakkor számos nehézség is adódhat, úgymint a vetési időszakra még felszínen lévő sok származadvány, a nem megfelelő talaj-mag kapcsolat, a gyomirtó szerek hatásának tompítása, a kórokozók, kártevők felszaporodása. A szélerózió elleni hatékony védelem feltétele a talaj legalább 50%-os takarása. Az álló, legalább 10 cm magas tarló véd az esőcseppek mechanikai hatásától, fenntartja a vízbeszivárgást, csökkenti a felszíni elfolyást és az eróziót. Az 50%-os takarás akár nullára csökkentheti az egyébként 9-54%-os termésveszteséget, amit a homokverés okoz. Az álló vagy takart tarló a csapadék beszivárgásának elősegítésével talajnedvesség kímélő, emellett csökkenti a felszín közeli légáramlást, ezért a párolgást is. A takart tarló sokkal hatékonyabb száraz években, ekkor ugyanis a talajban tárolt több nedvesség nagyobb terméssé konvertálható. A 8 t/ha tarlómaradvány a csapadék 48%-át képes visszatartani a tarló nélküli kezeléshez képest, amely csupán a 30%-át. A párolgás 25%-os csökkentésével a tárolt víz mennyisége 56%-kal nőtt. Eredményeik alapján a repcének legalább 3 tonnát kell teremnie ahhoz, hogy az 50%-os takarás biztosítva legyen.

Birkás (2009) arra hívja fel a figyelmet, hogy a talajok védelme különösen hangsúlyos feladat a vegetációs időszakon kívüli periódusban. A betakarítás és a tarlóhántás közötti időszakban minimum 55-65%, majd a sekély tarlóhántást követően 35-45% takarás kívánatos. Macák et al. (2010) az optimális talajtakarás fontosságát a heves esőzések okán hangsúlyozzák, ugyanis segíti

a kárt szenvedett talaj regenerálódását. KALMÁR et al. (2011) degradált szerkezetű, mészlepedékes csernozjom talajon 2009 és 2010 években vizsgálták a talajtakarás és a kímélő művelés hatását. Megállapításaik szerint a károsodott szerkezetű talajok javítását a vegetációs időszakon kívül, a tarlófázisban kell elkezdeni. A takaró réteget a tarlóhántás során kell kialakítani, normál évjáratban legalább 35-65% fedési aránnyal, míg száraz években 55-60%, nedves évjáratokban pedig 30-50% takarást kell biztosítani. A vizsgálatok a jól időzített tarlóművelés művelhetőséget javító hatását igazolták.

A talajt ért károk akkor javíthatók, ha a biológiailag aktív zónában keletkeztek, amelyhez a földigiliszta és mikróba tevékenység, a növényi maradványok, a megfelelő nedvesség és a levegőzöttség adottak. BIRKÁS et al. (2008a) egy 2002-ben kezdődött talajművelési kísérletsorozat hat különböző művelési eljárását három talajállapot variánsba sorolták, úgymint gyökérzóna javító, mulcshagyó, valamint minimálisan bolygató. A talajállapot megítélésére 12 különböző paramétert használtak, úgymint a lazult réteg minősége és mélysége, a termesztett növény és a tarlómaradványok nyújtotta felszínvédelem, a morzsásodás, a vízszolgáltató képesség a gyökérzónában, a gilisztaszám, a művelés hatására bekövetkező CO_2 kibocsátás, a gyökerezési mélység, a termésmennyiség, a száraz biomassza produkció, valamint a biomassza körforgás. A vizsgálatok igazolták, hogy mindhárom talajállapot variáns javíthatja vagy fenntarthatja a talajminőséget, bár adaptációjuk a klímakárcsökkentés gyakorlatában feltételezhetően eltérő. A növényállomány klímakárral szembeni érzékenysége csökkenthető a következő technikák alkalmazásával: 1) megfelelően lazult gyökérzóna, ami csökkentheti a növények hőstresszel szembeni érzékenységét, 2) felszínvédelem által megvalósuló klímakárcsökkentés a vegetációs időszakban és azon kívül, 3) morzsásodási folyamatok elősegítése és védelme, 4) a földigiliszták természetes élőhelyének védelme, amely előnyös az áru- és a köztes növénynek is, 5) a talaj víztároló képességének javítása, felkészülve a száraz időszakokra, 6) az alapművelés és az elmunkálás során magvalósuló szénkímélés, ami fontos a víztároló képesség fokozásában, és 7) a tarlómaradványok racionális használata, amely növeli a talaj szervesszén-tartalmát. BIRKÁS et al. (2007) nyolc megyére és 26 körzetre kiterjedő, 10000 hektárt felölelő vizsgálatsorozat eredményeit dolgozták fel abból a célból, hogy rávilágítsanak a talajminőség környezetvédelemben játszott szerepére. A talajnedvesség védelem kérdésében a vegetációs időszak alatti lazult réteg mélysége és a talajfelszín állapota, azaz takartsága és morzsássága volt a döntő (1. táblázat).

1. táblázat. A felszíntakarás és várható hatása a talajmonitorozás eredményei alapján (2000-2005)

Takarás	**<10%**	**25-30%**	**45-50%**	**70-75%**	**95-100%**
A talajnedvesség veszteség csökkentésének mértéke	Enyhe. Elégtelen száraz évben, átlagos évben gyenge nedvességveszteség csökkentő hatás	Jó. Elegendő száraz és átlagos évben, mérsékelt a nedvességveszteség, támogatja a beéredést, a gyomok, és az árvakelés csírázását	Jó. Hatékony a nedvesség megőrzés és a beéredés szempontjából száraz és aszályos évben is.	Nagyon jó. Hatékony száraz évben, a gyomok és az árvakelés csírázása gátolt, A származradvány 20-25%-a bekeverhető, segítve a feltáródást	Nagyon jó. Nem javasolt a teljes takarás, 50% bekeverés ajánlott. N-műtrágya segíti a feltáródást.
Morzsavédelem esős évben	Elégtelen	Elégséges	Előnyös	Előnyös	Előnyös

Bottlik et al. (2012) a következők szerint foglalják össze az új talajművelési szemlélet szerepét az alkalmazkodásban és a kárenyhítésben. A talajvédelemben vannak kritikus időszakok, amilyen a tarlófázis, a nyári alapművelés, a tél végi és kora tavaszi időszak. Nyáron a betakarítást követően védőréteggel kell pótolni a megszűnt árnyékolást, amire a zúzott és jól terített tarlómaradványok alkalmasak. Később ennek fogyását kompenzálni lehet az időközben kikelt gyomok és árvakelés kémiai úton elölt maradványainak felhasználásával. A tarlóművelés mélységét, módját, idejét úgy kell megválasztani, hogy elősegítse a biológiailag aktív réteg mélyülését, a talaj regenerálódását. A talajminőség megóvásának feltétele a sekély bolygatás, a 35-45% takarás (száraz idényben 45-55%) és a lezárt felszín. A szalma almozási célú felhasználása esetén, vagy a kevés származradványt hagyó elővetemények után a talaj védelmét néhány ujjnyi porhanyó szigetelő réteg létrehozásával lehet biztosítani. A hántott tarlón kikelő gyom és árvakelés kémiai úton elölhető, így a hiányzó védelem pótolható.

2.4.2. A talajtakarás és a művelés hatása a talajállapot jellemzőkre

A talaj állapotát művelhetősége, növénytermesztésre való alkalmassága és a környezetre gyakorolt hatása alapján bíráljuk el. A talaj állapota jól jellemezhető bizonyos fizikai paraméterekkel. Ilyen például a talajellenállás, a nedvességtartalom, a hőmérséklet és az agronómiai szerkezet. Kedvező a talaj állapota, ha széles nedvességtartományban művelhető, termékeny, továbbá fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságai összhangban vannak.

2.4.2.1. A talajtakarás és a művelés hatása a talajhőmérsékletre

A talaj hőmérsékletére hatással van a talajhasználat módja, a porozitás, a feszín borítottsága és a beesési szög. A talaj hőmérséklete és nedvességtartalma között szoros összefüggés van. Minden olyan beavatkozás, amely mérsékli a talaj felmelegedését és hőmérsékletét, egyúttal hozzájárul a párolgás és a nedvességveszteség csökkentéséhez is.

Christensen (1985) árpa- és búzaszalma feltáródását vizsgálta durva homok és homokos vályogtalajon a felső 10 cm-es rétegből vett minták alapján, ugaroltatott és tarlómaradványokkal takart területen. A takarás csökkentette talaj hőmérsékletét, nedvességtartalmát és a bedolgozott szalma súlyveszteségét. Dahiya et al. (2007) négy kezelésből álló kísérletben vizsgálták a művelés és a mulcs hatását a talaj nedvességtartalmára és hőmérsékletére. Augusztus 5. – szeptember 20. között naponta öt mélységtartományban mérték a nedvességet az 5 és a 60 cm közötti rétegben, a talajhőmérsékletet pedig óránként, az 5, 15 és 30 cm mélységben. A mulcs naponta átlagosan 0,39 mm értékkel csökkentette a nedvességveszteséget a takaratlan változthoz képest, a forgó kapás művelés pedig naponta 0,12 mm-rel növelte azt. A takarás kontrollhoz képest 0,74, 0,66 és 0,58 C°-kal csökkentette a talaj hőmérsékletét a jelzett mélységekben. Sharma (1991) India trópusi és szubtrópusi régiójában tanulmányozta a művelés és a talajtakarás hatását a silókukorica termésére, a talaj hőmérsékletére és nedvességtartalmára. A mulcs a műveléstől függetlenül mérsékelte az optimálist meghaladó hőmérsékletet és növelte a tárolt nedvesség mennyiségét. Megállapították, hogy ezen a termőhelyen a csökkentett művelés és a mulcs együttes alkalmazása perspektivikus. Bhatt és Khera (2006) kísérleteiben a 6 t/ha mulcsmennyiség 1,4-2,4 C°-kal csökkentette a talajfelszín hőmérsékletét, a 0-30 cm talajréteg nedvességét pedig 3-7%-kal növelte.

Aase és Siddoway (1980) méréseiben a fedetlen talaj hőmérséklete 10 C°-kal haladta meg a tarlóval fedett változatét. Enz et al. (1988) vizsgálataiban a takaratlan felszín hőmérséklete min-

dig magasabbnak adódott, mint a tarlóval fedetté, kivéve a felhős napokat, amikor közel egyenlő volt. A legnagyobb különbség 14,5 C° volt. A fedett felszín kisebb mértékű párolgását a csökkent légáramlással és az alacsonyabb felszíni hőmérséklettel magyarázták. Sarkar et al. (2007) ugyancsak a direktvetés és a mulcs talajhőmérséklet szabályozó hatását igazolták. A direktvetéses kezelésben, a reggeli órákban 0,1-0,8 C°, a délutáni időszakban pedig 0,1-0,4 C°-kal volt alacsonyabb a felszíni 0-0,2 m réteg hőmérséklete a hagyományosan művelt talajhoz viszonyítva.

A mulcs mennyiségének növelése felerősíti a talajnedvességre és a talajhőmérsékletre kifejtett hatását (Scott 1921, Russel 1940), így a nagy, 10 t/ha meghaladó mennyiség magában hordozza a termés csökkenésének kockázatát hűvösebb klíma esetén.

2.4.2.2. A talajtakarás és a művelés hatása a talaj nedvességforgalmára

A talaj nedvességtartalma a növénytermesztés produktumát leginkább meghatározó talajállapot tényező. Minden művelési beavatkozás egyben a nedvesség szabályozást is szolgálja, egy időben kell elősegítenie a csapadék beszivárgását és a talajnedvesség megtartását.

A trópusi, szubtrópusi területek sűrűn lakottak. Az intenzív növénytermelés következtében a fenntarthatóság problémái már jelentkeztek, erózió és talajtermékenység romlás formájában. Govaerts et al. (2007) Phaezoem talajon tartamkísérletben vizsgálták a búza és a kukorica magasabb termésszintje elérésének lehetőségét. Direktvetés alkalmazásával, valamint a tarlómaradványok felszínen hagyásával a vízbefogadó-képesség jobb, a talaj nedvességtartalma pedig nagyobb volt. Mindez 30%-ban járult hozzá a magasabb termésszinthez. Annak ellenére, hogy a fellépő gyökérrothadás potenciálisan csökkentheti a termést, a direktvetés és a növényi maradványok felszínen hagyása ajánlott technológiai lehet Közép-Mexikó szubtrópusi felvidékeire.

Bordovsky et al. (1999) Texas állam csapadékszegény területein alacsony szerves anyag tartalmú, iszap-, és agyagtalajon végzett, 11 éven át tartó tartamkísérletet követően tettek megállapításokat. A csökkentett művelés hatására ugyan nőtt a feltalaj térfogattömege, de a vízvezető képesség javult. Ez a mikroaggregátumok, valamint a makropórusok nagyobb száma miatt következett be. A származaradványok eltávolítása csökkentette a vízvezető képességet. A tarlómaradványok borítás esetén magasabb volt az ún. mikroaggregációs érték (27,1 vs. 23,5 g/kg öntözetlen, 32,3 vs. 27,1 g/kg öntözött talajon), ugyanakkor a csökkentett művelés miatti tömörödés felhívja a figyelmet a mélyebb, alkalmankénti kultivátorozás fontosságára.

Shulan et al. (2011) három éves kutatásai a kínai Löszfennsíkon jellemző növénytermesztési gyakorlat megváltoztatását célozták. A hagyományos művelés mellett, mulccsal kiegészített

direktvetést, műanyag fóliás, valamint műanyag fólia és természetes mulcs kombinációjából álló talajtakarási módszert alkalmaztak. Az eredmények alapján nem javasolják a mulccsal kombinált művelés nélküli módszert, helyette a műanyag fóliás bakháttakarás, bakhát közötti mulccsal kiegészített változata ajánlott. Sharma et al. (2009) vizsgálataiban a minimum művelés, valamint a szalma- és a polyetilén mulcs őrizte meg a legtöbb nedvességet a talajban, biztosítva a jobb vízbeszivárgást. Sarkar és Signh (2007) két éven át tartó kísérletekben tanulmányozta a talajművelés és a mulcs hatását a talajhőmérsékletre, valamint az árpa (*Hordeum vulgare L.*) vízfelhasználására és termésére. Sekély (90 mm) és mélyebb (150 mm) szántás, valamint rizsszalma és a pormulcs kezeléseket állítottak be. A mulcs nélküli kezeléshez képest a szalmamulcs 19–21 mm nedvességet őrzött meg az 1,2 m-es talajszelvényben. A szalmamulcs kedvező hatása kifejezettebb volt sekélyebb szántás esetén. Shen et al. (2012) kísérleteiben a szalmamulcs lényegesen növelte a nedvességet a talaj 20-80 cm rétegében a kukorica nővirágzás időszakáig. Az érés ideje alatt viszont csökkent a nedvesség a 0-60 cm rétegben. Greb et al. (1970) a talaj nettó nedvességkészletében 12,7-71 mm gyarapodást mértek a búzaszalma megnövelt tömegének köszönhetően. A 14 hónapon át tartó ugaroltatás alatt a legnagyobb előnyt tavasszal tapasztalták. A mulcsréteg alatt mért nettó nedvesség többlet 70%-a a felszín alatti (kb. 81 cm) rétegben volt realizálható. Száraz és meleg tavasz esetén a búzaállomány jól reagált a megnövekedett nevesség mennyiségre, de amikor a tavaszi hőmérséklet az átlag alatt volt, a mulcs csökkentette a termést a hideg depresszió miatt. Blanco-Canqui és Lal (2007) már korábban ismertetett, 10 éves tartamkísérleteiben a mulcsos talaj több mint 30%-kal több vizet tartott meg ugyanabban a mélységben.

A mediterrán övezetben a talajvédő művelésre való áttérés egyik korlátja a felszínen lévő tarlómaradványok szűkös volta. A kellően vastag búzaszalmás takarás javíthatja a talaj-, és vízmegőrzés esélyét. Stagnari et al. (2014) 2010–2012 között durumbúzával folytattak kísérletet három különböző szintű talajtakarást alkalmazva (100% mulcsborítás - 5,0 t/ha, 50% mulcsborítás - 2,5 t/ha, 30% mulcsborítás - 1,5 t/ha). A 2011 és 2012-es száraz években a 100%-os mulcsborítás 36%, illetve 41% eltérést mutatott a gyökérzóna nedvességtartalmában, a kontroll parcellához viszonyítva. Az 50, illetve a 100%-os takarás szignifikánsan növelte a szemekben történő nitrogén felhalmozódást is. A kísérlet során alkalmazott legkisebb takarás szignifikánsan növelte a termést, de legalább 2,5 t/ha mennyiség kellett ahhoz, hogy a talaj és termés fiziológiai paraméterei is pozitív irányba változzanak. Az 5 tonnányi borítással szignifikánsan tovább javultak a talaj és növényi jellemzők. Fernandez et al. (2008) Argentína középső szemiarid területein tanulmányozták különböző takaróanyag mennyiség hatását a talaj hasznosítható vízkészletére. A kis és nagy mennyiségben alkalmazott takaróanyag hatása közötti különbség 18,5 mm talajnedvességnek adódott. A borítás

növekedésével csökkent a gyomborítottság és a talajhőmérséklet. Bunna et al. (2011) vizsgálataikban 1,5 t/ha rizsszalmát használtak talajtakarásra, amely 72%-ról 83%-ra javította a mungóbab kelési arányát, továbbá 164-ről 123 kg/ha-ra csökkentette a gyompopulációt. A még éréskor is 1%-kal nedvesebb talaj 35%-kal növelte az termést.

Zhao et al. (2014) a felszín takarása mellett, 40 cm mélyre bedolgozott kukoricaszár réteget is (12 t/ha) alkalmaztak a nedvességveszteség és a gyökérzónában tetten érhető sófelhalmozódás megakadályozására. A kezelés hatására a talaj nedvességtartalma a 0-20 cm rétegben 1,6-10,4%-kal (2011–2013) növekedett, a csupán felszíni takaráshoz viszonyítva. Ugyanezen talajréteg sótartalma évenként változó mértékben, 0,7-31,6%-kal csökkent.

Balwinder-Singh (2011) az indiai Punjab térségében végzett evapotranspirációs kutatásaihoz rizsszalmás takarást használt. A mulcs átlagosan 35, illetve 40 mm-rel csökkentette a transpiráció mértékét esős és száraz évben egyaránt. Ugyanakkor a megtakarítás jelentős része elveszett a megnövekedett párologtatás (+ 30 illetve 37 mm) következtében. Végeredményben az evapotranspiráció egyáltalán nem változott. Huang et al. ettől eltérő eredményre jutottak a kínai Löszfennsíkon végzett kísérleteikben. A szalmamulcs szignifikánsan csökkentette az evapotranspiráció mértékét ($P<0,05$), így növelte a vízfelhasználás hatékonyságát. Jiménez et al. (2005) homokmulccsal végeztek kísérleteket laboratóriumi körülmények között. A mulcsozott talaj párolgása 76%-kal volt kisebb, míg a talaj nedvességtartalma 1,6:1 arányt mutatott a nem takart talajhoz képest. Az eredmények igazolták, hogy a görögdinnye, a dinnye és az édesburgonya termeszthető öntözés nélkül mulcs használata mellett, de takarás nélkül nem. Cook et al. (2006) a kevesebb csapadékkal és magasabb átlaghőmérsékletekkel jellemezhető változó klíma miatt hívták fel a figyelmet a talajtakarás fontosságára, amely vizsgálataik alapján előnyösen befolyásolja a talaj vízkészletét és hőmérsékletét. Dél-angliai kísérleteikben üvegházban és szántóföldi körülmények között különböző eredetű mulcsképző anyagot használtak fel, búza-, szójaszalma és komposzt formájában. A vastagabb mulcsréteg (10-50 mm) alkalmazásával arányosan csökkent az elpárolgott víz mennyisége.

O'leary és Connor (1997) az ausztráliai Dooenben és Walpeupban végzett kísérleteik alapján úgy vélik, hogy a 420 mm csapadékú és kötött agyagtalajú területeken jelentős nedvességmennyiség tartható meg a kémiai tarlókezelésnek és a direktvetésnek köszönhetően. Ugyanakkor az évi 343 mm csapadékú térségben, homokos vályogtalajokon mérsékelten kedvező hatást tapasztaltak.

Homoktalajon előforduló érdekes jelenségre hívták fel a figyelmet Roper et al. (2013). Dél- és Nyugat-Ausztráliában közel 10000 ha mezőgazdasági művelés alatt álló, főként homoktalaj víztaszító tulajdonságú, amelyet a növényi maradványok viaszanyagai okoznak. Mivel ezek a talajok fokozottan ki vannak téve az erózió veszélyének, a direktvetés és a talajtakarás széles körben

alkalmazott eljárás. A tarlómaradványok visszatartása, a szántással és a tarlóégetéssel szemben, növeli a talajok szervesanyag-tartalmát, de egyben a víztaszítás problémáját is. Azt tapasztalták, hogy a víztaszítás mértéke arányos a talaj szerves szén tartalmával, így az a *no-till* kezelés és a tarlóvisszatartás esetén volt a legnagyobb. Ugyanakkor a talaj víztartalma is ezen kezelés alatt volt a legnagyobb, ami arra utal, hogy a talajok átnedvesedésében más folyamat is szerepet kap, nem csak a víztaszítás. Az elővetemény és az utónövény vetett sorai egyaránt segítik a víz talajba szivárgását.

Kovac et al. (2005) nem tudták igazolni a talajtakarás pozitív hatását. 1993–1995 között folytatott talajművelési kísérleteikben a hagyományos művelésű parcella talajának nedvességtartalma szignifikánsan meghaladta a csökkentett és a mulcsművelésű területekét, valamint a direktvetéses kezelését is.

Hazai szerzők közül Zsembeli et al. (2015) is rámutattak arra, hogy az aszálykárok okát nemcsak a csapadékhiányban, hanem sok esetben a talajhasznosításban, az agrotechnika módjában és színvonalában kell keresni. Szántóföldön hagyományos és csökkentett művelési kezelések hatásait vizsgálták. Súlyliziméteres kísérletben hat kezelés kialakításakor törekedtek a szántóföldi körülményeket jól jellemző talajállapot létrehozására. A kezelések között előfordult fedetlen felszín, rögös, porhanyított és mulcsos. Kimutatták, hogy a felszínt borító mulcsréteg csökkenti a talaj vízvesztését, gátolja kiszáradását, valamint kedvező hatása van a talajéletre is, ugyanis a magasabb CO_2-emissziós értékek intenzívebb mikrobiológiai aktivitást jeleznek. A redukált talajművelést szimuláló, sekélyen, forgatás nélkül bolygatott és növényi maradványokkal borított talajfelszínről, a 100 és 400 mm közötti vízbevételi tartományban - a többi kezeléshez viszonyítva - kevesebb nedvesség párolgott el, ami az adott művelési variáns közvetlen párolgást mérséklő hatásának tulajdonítható. A 450-500 mm feletti vízbevétel tartományban a felszínt borító mulcsréteg a csapadékból származó nedvességet magában tartja, mivel a nedves talaj azt nem képes felvenni, viszont ezt követően a csapadékmentes periódusban a nedvesség közvetlenül a szalmarétegből párolog el. E kezelés vízbefogadó képessége 450 mm vízbevétel mennyiségig a legjobb, s a vonatkozó görbe lefutása alapján a legegyenletesebb is. Mindez a mulcs vízforgalmat „pufferoló” hatásával magyarázható. A redukált művelést szimuláló kezelésről elmondható, hogy míg az alsó vízbevétel tartományban nedvességmegőrző hatással bír (a szigetelő réteg jelenléte miatt), addig szélsőségesen nedves időjárás, vagy nagy vízterhelés esetében fokozott párolgás jellemzi. Ez utóbbi jelenségnek fontos szerepe lehet a túlnedvesedés megakadályozásában.

2.4.2.3. A talajtakarás és a művelés hatása a talajellenállásra

A talajellenállás az az erő, amelyet a talaj a műveléskor a művelőeszközzel szemben kifejt. Értéke több tényező függvénye. A talaj számos fizikai és kémiai tulajdonsága hatással van rá, de leginkább a lazultság és a nedvesség befolyásolja. A talajellenállás mérés gyorsan kivitelezhető és megbízható képet ad a különböző művelési rendszerek talajállapotra gyakorolt hatásáról.

Gao et al. (2012) szerint a penetrációs ellenállás mérése széleskörűen használatos a gyökerekre ható ellenállás kimutatására száraz és tömör talajban. Ugyanakkor csak kevés modell képes előre jelezni az ellenállási értékeket a talaj szerkezetének, szervesanyag tartalmának, nedvesség állapotának, sűrűségének és egyéb változóinak előzetes ismerete nélkül. Mérési eredményeik 60%-os változékonyságot mutattak a korábbi modellekhez képest. Dexter et al. (2007) elsőfokú egyenlet használatát javasolják a talaj penetrációs ellenállásának jellemzésére. Az egyenlet két fő összeadandó tételt tartalmaz. Az egyik a talaj tömörségének foka, a másik a pórusnedvesség részesedése a talajellenállásból. Javaslatuk szerint ez az egyenlet ráilleszthető különböző textúrájú, nedvességtartalmú és térfogattömegű talajokra. Az egyenletet lengyelországi helyszíneken történt penetrálási eredményekből nyert adatokkal kalibrálták és tesztelték.

Amuri és Brye (2008) szerint az ún. *cone index* összefüggést mutat a talaj penetrációs ellenállásával, amely fontos talajtulajdonság. 2001-ben Kelet-Arkansasban különböző talajtakaró növényekkel végeztek kísérletet szója-búza vetésváltásban. Hagyományos és direktvetéses rendszereket hasonlítottak össze származadványok égetésével, illetve felszínen hagyásával. A művelésnek, az égetésnek, és a tarlómaradványok mennyiségének nem volt hatása a talaj ellenállására a felső 0-20 cm rétegben. Ez alatt viszont mindkét évben alacsonyabb értékeket kaptak az égetéses kezelésekben. Négy éven át tartó direktvetés a szójában 35%-kal növelte a talaj ellenállását a felső (0-5 cm) talajrétegben. Direktvetés és a tarlómaradványok felszínen hagyása esetén csökkent a talajellenállás a felső 40 cm-es rétegben, míg hagyományos művelés és mulcshagyás esetén nőtt.

Calonego és Rosolem (2010) a szója gyökérnövekedését és termését tanulmányozta takarónövényes vetésváltásban, direktvetéses és kultivátoros kezeléseket alkalmazva. A tömör talaj sekély gyökerezést eredményezett és akadályozta a növények víz- és tápanyag felvételét. A szerzők szerint a tömörödést mechanikai és biológiai úton, erős gyökerű növények termesztésével is meg lehet szüntetni. Brazíliai kísérletükben április-augusztus közti időszakban tritikálét és napraforgót termesztettek, majd a következő tavasszal (szeptember-október) a szója vetését megelőzően cirkot, kölest és bengáliai kendert vetettek takarónövényként direktvetéssel, illetve kultivátoros előkészítés (25 cm) után. Az első évben a kultivátoros előkészítés után kisebb volt a talaj penetrációs ellen-

állása, és a szója is többet termett, az ezt követő években viszont folyamatosan csökkent a termés a vetésváltásos területhez képest. A tritikálé-köles-szója vetésváltásban – a több biopórus és a kisebb penetrációs talajellenállás okán – a direktvetés ellenére nőtt a szója gyökerezési mélysége. A kísérlet igazolta, hogy trópusi talajokon a vetésváltás (agresszív gyökérzetű növényekkel) helyettesítheti a kultivátoros lazítást, és 3-4 éven belül segíthet a tömörödés megszüntetésében. Bunna et al. (2011) kambodzsai kísérlete ezt némileg alátámasztja. A rizs után mulcsba vetett mungóbab ugyan 35%-kal nagyobb termést adott, de sekélyen gyökerezett (<20 cm), mivel a gyökerek képtelenek voltak áthatolni a tömör talpon. Astier et al. (2006) Közép-Mexikó alacsony termésátlagú régiójában Andosol talajféleségen, zöldtrágya és a művelés hatását vizsgálták a kukorica termésére. A felszínen hagyott zab zöldtrágya és a *no-till* kezelés mutatta a legjobb vízbefogadási képességet és egyben a legnagyobb penetrációs ellenállást is.

Kalmár et al. (2013) már korábban ismertetett kísérletükben a talajtakarás talajvédő hatását vizsgálták extrém nyári időszakokban, amikor is 2009 jelentette az átlagos, 2010 a csapadékos, míg 2011 és 2012 a száraz évjáratot. Vizsgálataik során 38,9%-kal magasabb talajellenállási értékeket kaptak száraz évben, míg 45%-os talajtakarás esetén lényegesen alacsonyabbakat (3,15-2,86 MPa). Gao et al. (2007) is hasonló következtetésekre jutottak. Edwards et al. (2000) kísérletében a szalma- és a komposztmulcs 20%-kal csökkentette a gyökerezési zóna penetrációs ellenállását. Unger és Jones (1998) kísérleteiben a direktvetés és tarló mulcsművelés összehasonlításában, a térfogattömeg és a talaj penetrációs ellenállása a 0-10 cm rétegben volt kisebb. A gyökerek és a talaj élőlényei által létrehozott biopórusok révén javult a direktvetéses talaj lazultsága, vagyis a direktvetéses parcellák ülepedett szerkezete független volt a térfogattömegtől. A talaj jobb járhatósága szintén ezt támasztotta alá. A kísérlet igazolta, hogy a penetrációs ellenállást befolyásoló némely faktor független a térfogattömegtől, de a talaj nedvességtartalma erősen befolyásolja. Zhang et al. (2014) a helyi gazdálkodási gyakorlatnak megfelelően szerves trágyát és szalmamulcsot használtak talajtakarásra a kínai Jiangsu tartományban folytatott vizsgálataikhoz. A térfogattömeg és a *cone index* legkedvezőbb értékét (1,26 g/cm^3, illetve 2,71 MPa) a felső 0-10 cm rétegben, a két anyag együttes alkalmazásakor kapták. Hulugalle és Palada (1990) Közép-Nigériában végzett vizsgálataiban a mulcs ugyan nem befolyásolta a tömörödést, de csökkentette a nappali talajhőmérsékletet és növelte a talaj nedvességét. A talaj tömörsége direktvetés > minimum művelés > szántás sorrendben csökkent, a makropórusok aránya pedig 18, 35,2 és 42% értéken alakult a felső 0-50 cm rétegben. Glab és Kulig (2008) retekmulccsal és különböző művelési eljárásokkal kísérletezett Luvic Chernozem talajon. Csökkentett művelés és mulcskezelés alkalmazásával a felső 10 cm-es talajréteg térfogattömege (1,25 g/cm^3) nem tért el a hagyományos művelésben mért értéktől.

A makroporozitás ugyanakkor sokkal nagyobb volt a hagyományos művelés esetén (14,79%), mint a minimum művelésű talajokban (6,55%).

2.4.2.4. A talajtakarás és a művelés hatása a morzsásodásra

A talajhasználat befolyásolja a talaj agronómiai szerkezetét. Az eredeti szerkezet a talaj bolygatottságától és a szerves anyag veszteség mértékétől függően rossz irányba változhat. A talaj morzsássága, mint egyfajta indikátor, jelzi az intenzív csapadékkal, a tömörödéssel, az erózióval és egyéb szélsőségekkel szembeni ellenálló képességet.

Borresen (1999) 1990 őszétől Délkelet-Norvégiában két kísérletben vizsgálta a származadványok hatását, vályog- és iszapos agyagtalajon. A származadvány kezelési változatokat az aprítás, a leégetés, a lehordás és a 2, valamint a 8 cm mélyen történt bedolgozás jelentette, normál és kétszeres mennyiségű aprított szalma alkalmazása mellett. Száraz években javult a termés a takarással elért párolgáscsökkenés révén. Öt év alatt a talaj felső 2-7cm rétegében a szalmakezelés nem befolyásolta az összporozitást, a térfogattömeget és a pórusfrakciók megoszlását sem. Az aggregátum stabilitás 0,07 kg kg^{-1} értékkel, a durva aggregátumok aránya (>20 mm) 0,07 kg kg^{-1} értékkel nőtt, míg a finomabbaké (<0,6 mm) 0,08 kg kg^{-1} értékkel csökkent a normál és dupla mennyiségű, aprított szalma alkalmazása esetén. A tanulmány igazolta, hogy a sekélyművelés és a direktvetés a nagyobb mennyiségű felszínen hagyott származadvány (6-8 t/ha) alkalmazásakor sem kockázatos eljárás a tavaszi vetésű növények esetén.

Bottlik et al. (2008) a cukorrépa termesztés termésének stabilitása érdekében két technológiai fejlesztési lehetőséget javasolnak, tekintettel a klímaszélsőségekre és az egyre növekvő termesztési költségekre. Egyfelől a szántásos alapművelésre épülő technológia racionalizálását, másfelől a mulcshagyó alapművelés meghonosítását ajánlják. Az utóbbi megvalósítása az eltérő talajtípusok okán körültekintő beruházást kíván. A cukorrépán kívül más széles sortávú növény technológiájában is alkalmazható a mulcsművelés. A szántóföldi kultivátor alkalmazásával mindkét kísérleti helyen (rög:morzsa:por aránya – Cegléd 12:75:13, - Szerencs 9:86:5) kedvezőbben alakult az agronómiai szerkezet, amelyet többek között a kímélő bolygatás és a felszíntakarás eredményezett. Tarlóhántást követően 25-35, míg a vetés után a levélhányás fázisáig 12-15% takarást találtak előnyösnek.

Kalmár et al. (2013) a mulcs és a különböző tarlóművelési módszerek vizsgálatára állítottak be kísérletet extrém nyári időszakokban. A hagyományos tarlóművelési eljárást hasonlították össze a talajtakarással kombinált és anélkül kivitelezett sekély- és mélyművelési módszerekkel. A keze-

lések a következők voltak: bolygatatlan talaj takarással (5-75%) és anélkül, sekélyen művelt talaj (0,06-0,08 m) takarással és anélkül, sekélyművelés felszínzárással, sekélyművelés (0,08-0,10 m) takarás nélkül rögös felszínnel (hagyományos eljárás), valamint mélyművelés takarás nélkül rögös felszínnel, végül pedig mélyművelés takarással. A kísérlet végén 8-11%-kal több nedvességet mértek a bolygatatlan, 55-65%-ban takart talajon. A talaj felső 0,65 m-es szintjében mért nedvesség lényeges eltérést mutatott az egyes kezelések között (LSD $P<0,05$) a 85. napon. A legnagyobb értéket sorrendben a bolygatatlan takart, a sekélyen művelt takart és a mélyen művelt takart kezelés adta. A takaratlan felszín vagy a kismértékű (<15%) takarás növelte a klímakockázatot. A takarás arányának növelése (5-ről 75%-ra) 1,3-2,3-szer erősebb hatással bírt a morzsaképződésre, mint a különböző kezelésekben mért talajnedvesség. A szerzők feltételezik, hogy a morzsásodásra a talajtakarás és a talajnedvesség kombinált hatást fejt ki. Az értékelést a betakarítást követő 65. napon végezték el, amely a tarlófázis szokásos hossza Magyarországon. A talajnedvességnek és a takarásnak egyaránt szignifikáns ($P<0,01$) hatása volt a morzsaképződésre. Száraz idényben, 0,210 – 0,228 g/g talajnedvességnél több morzsa (≥69%) képződött, amennyiben a takarás elérte az 55%-ot. A kisebb mértékű takarás (≤25%) esetén limitált volt a morzsák száma. Átlagos évben az optimális morzsaarány 50-55% takarásnál, míg nedves évjáratban 55-60%-os értéknél alakult ki. Átlagos évben kisebb (0,215 g/g) nedvesség is előnyösnek bizonyult a morzsaképződésre. Csapadékos évben az eső jelentette stressz és a tartósan nagy nedvesség (≥0,274 g/g) is romboló hatással volt a szerkezetre.

Loch és Coughlan (1984) a talaj fizikai és kémiai tulajdonságainak elemzésére állított be kísérletet, amelyben öt év után direktvetés és tarlóvisszatartás esetén nőtt a száraz aggregátum méret a felső 0-4 cm rétegben, amit többnyire az esőket követő kisebb mértékű kiszáradásnak tulajdonítottak. Mulamba és Lal (2008) egy 1989-ben indított tartamkísérlet eredményeit dolgozta fel a talaj felső 10 cm-es rétegéből vett minták alapján. 0, 2, 4 és 8 t/ha mennyiségű mulccsal állították be a kezeléseket, direktvetést alkalmazva. A mulcs lényegesen, 18-35%-kal növelte a talaj víztároló képességét és porozitását (35-46%). A talaj térfogattömegére ugyan nem volt hatása a mulcsnak, ugyanakkor a stabil aggregátumok százalékos aránya nőtt. A szerzők szerint 4 t/ha mulcs bizonyult kedvezőnek a talaj porozitásának növeléséhez, míg 8 t/ha mennyiség a víztároló képesség és az aggregátum stabilitás javulásához. Zhang et al. (2008) 4 éven át tartó kísérletben, – egy sok száz éven át hagyományos művelés alatt álló – iszapos vályogtalajon tanulmányozták a szalma- és a műanyag filmes takarás hatásait, hagyományos talajművelés és direktvetés alkalmazása esetén. A direktvetésnek és a mulcsborításnak köszönhetően, javult a felső 10 cm-es rétegben lévő makroaggregátumok (>250μm) vízzel szembeni stabilitása és nőtt a hidraulikus vezetőképesség. Szig-

nifikáns összefüggést tapasztaltak a vízálló makroaggregátumok és a talaj szerves szén tartalma között. A műanyag film takarás nem változtatta meg a makroaggregátumok stabilitását és csak rövid távon volt előnyös a talaj fizikai szerkezetére nézve.

Blanco-Canqui és Lal (2007) már korábban bemutatott tartamkísérletében a makroaggregátumok (>5 mm) aránya hatszor volt nagyobb a 8, és tizenkétszer nagyobb a 16 Mg ha-1 mennyiségű mulcs alkalmazása esetén. Az aggregátum porozitásban rejlő különbségekre 96%-ban adott választ a talaj szerves anyag tartalma.

Huisz et al. (2009) egy 1960 óta Keszthely térségében homokos vályogtalajon (Eutric Cambisol) folyó kísérletben, különböző eredetű növényi maradványok aggregátum-stabilizáló hatását vizsgálták. Megállapították, hogy a kukoricaszárnak van az időben leginkább elhúzódó, de legkisebb mértékben lebomló szerves anyaga. Az aggregátum-stabilizáló hatás csökkenésének sorrendje kukoricaszár+búzaszalma > kukoricaszár > búzaszalma volt.

2.4.2.5. A talajtakarás és a művelés hatása a földigiliszta aktivitásra

A talajfauna 12%-át kitevő földigilisztákat az ökoszisztémák mérnökeiként ismerjük, mivel meg tudják változtatni a talaj számos kémiai és fizikai tulajdonságát. A gilisztajáratok, mint biopórusok fontos szerepet játszanak a talaj víz-, hő-, anyag- és levegőforgalmában, valamint gázcseréjében. A vízszintes járatok a feltalaj levegőzésében, míg a mélyebb függőlegesek, mint gravitációs pórusok, a víz beszivárgásban és a heves esőzések gyors levezetésében fontosak, éppen ezért az erózió ellen védelemben is lényeges szerepük. Európában a földigiliszták évente közel 50 tonna talajt dolgoznak át hektáronként. Aprító tevékenységük folytán nem csupán előkészítik a növényi eredetű anyagokat a mikrobiális bontásra, de a bélcsatornájukon keresztül áthaladó szerves anyag és talaj keveréke a talaj morzsásodásában is fontos szerepet kap.

László (2007) szerint a függőleges földigiliszta-járatok csökkentik az eróziót lejtős területen, mivel a felszíni lefolyás mérsékeltebbé válik a javuló vízbeszivárgás következtében. Birkás (2000) felismerte, hogy bizonyos mértékű talajlazultság azonban előfeltétele a földigiliszta különös, sajátságos talajlazító tevékenységének. Ez a megállapítás az 1990-es években, különböző talajokon (barna erdőtalaj, csernozjom, valamint hordalékos réti talaj) beállított kísérlet eredménye. A csernozjom talajban találta a legtöbb földigilisztát, függetlenül a talaj állapotától. Chan (2001) úgy véli, hogy talajvédő művelés esetén a földigiliszták fontosabb szerepet játszanak, mint a hagyományos technológiában, mivel módosítják a talaj egyes fizikai paramétereit és a tápanyagok körforgását.

A talajba dolgozott származmaradványok táplálékul szolgálnak, hiányuk éppúgy hátrány, mint amikor egyenetlenül takarják a felszínt (Birkás et al. 2010). Mackay és Kladivko (1985) üvegházi tesztedényes kísérletekben a növényi maradványok bontásának gyorsaságát vizsgálták. A 36. napon a szója növényi maradványok 60%-a maradt meg ott, ahol nem volt földigiliszta, míg ahol volt, ott csak 34%-a. Kukorica származmaradványok esetén 85, illetve 52%-on alakult ugyanez az érték. A kísérletben a földigiliszta tevékenység hatással volt az aggregátumok stabilitására is.

Blanchart et al. (1999) a földigiliszták talajszerkezet kialakításában betöltött szerepét igazolták. A kaolinos talajtípuson (Yurimaguas, Peru), az agyagtartalomtól függetlenül, az *andogeic* fajok játszották a főszerepet a talajszerkezet alakításában, míg a karib-tengeri Martinique-szigeten (Vertisols) a gyökereké és a szerves anyagoké volt a főszerep. A nagyobb testű *endogeic* fajták, mint pl. a P*ontoscolex corethrurus* vagy a *Millsonia anomala* ürüléke tömör és nagy volt, ezáltal növelte a nagyméretű morzsák számát és a térfogattömeget. Ezzel szemben a kistestű *eudrilid* fajták ürüléke kisebb és törékenyebb volt. Az *endogeic* fajták szerkezetformáló hatása a felszínen lévő származmaradványokkal függött össze. A perui talajokban igen aktív *Pontoscolex corethrurus* és *P. coalescence* a felszínen kérget alakított ki, amely növényi maradványok hiányában csökkentette vízbeszivárgást. Buck et al. (2000) megállapítása szerint a földigiliszták faji összetétele és a rendelkezésre álló táplálékforrás tápanyagértéke hatással van a vízálló morzsák képződésére. A mulcs és a tömörödés befolyásolja a járatok kialakulását, így fajtól függően eltérő az ürülékanyag képződése (Hansen 1996).

Johnson-Maynard et al. (2007) kutatásai 2001–2003 között folytak hagyományos művelés és direktvetés összehasonlításával. Szignifikáns különbséget 2003-ban tudtak kimutatni, amikor tavasszal 37,7 db/m^2 egyedet számláltak a hagyományos, és 149,9 db/m^2 egyedet a direktvetéses kezelésekben, nyáron pedig 17,1 illetve 58,4 db/m^2 egyedet. A tavasz és nyár közötti nagyobb mortalitás, valamint a nagyobb kokon aktivitás azt mutatja, hogy a művelés nélküli kezelésben a földigiliszta aktivitás gyorsan megfordul a száraz klímájú ökoszisztémákban. A nagyobb földigilisztaszám ellenére a térfogattömeg, a vízvezető képesség és az aggregátum stabilitás (0,5-1 mm) tekintetében nem volt különbség a kezelések között, amit a rövid vizsgálati idővel és a környezeti feltételek miatti alacsony szezonális giliszta aktivitással magyaráztak. Mackay és Kladivko (1985) már részben ismertetett kísérletében, a monokultúrában termesztett szója alatt több földigilisztát számláltak, mint a kukorica alatt, amelyet az utóbbiban használt növényvédő szer és ammónium műtrágya hatásának tudtak be. A művelés elhagyása a szántáshoz hasonlítva megduplázta az egyedszámot a szója alatt, ugyanakkor az itt számolt 141 db/m^2 (26,5 g/m^2) messze elmarad azoktól az adatoktól (1298 db/m^2, 224,5 g/m^2), melyeket trágyázott legelőn kaptak. Birkás (2006)

ezzel szemben úgy vélekedik, hogy ésszerű adagú és idejű műtrágya, növényvédő és talajfertőtlenítő szer használat mellett a talajbolygatásnak nagyobb hatása van az egyedszámra. Kladivko et al. (1997) tavasszal a kukorica-szója vetésváltásban 2-343 db/m^2 közötti egyedszámot számláltak a sekélyen élő fajokból. Nyolc direktvetéses parcellában a hagyományos művelésű talajhoz képest nagyobb, kettőben kisebb volt az állomány, míg négy parcellában közel azonos számú. A sekély rétegben tartózkodó fajok domináltak a legtöbb helyszínen (*Apporectodea tuberculata* és *A. trapezoids*). Doube et al. (1994) a különböző földigiliszta fajták számában bekövetkező változást tanulmányozták New South Wales-ben két termőhelyen, Temora és Harden települések közelében. A három fajta (*Aporrectodea trapezoides, Microscolex dubius, Microscolex phosphoreus*) mindegyike mindkét termőhelyen előfordult, de a populáció 97-99%-át az *Aporrectodea trapezoides* alkotta. Temorában a talajművelés intenzitásának kokonszámot találtak. A kifejlett egyedek mérete is itt volt nagyobb. Chan (2001) már részben ismertetett megállapításai szerint a talajművelés megváltoztatja a földigiliszták egyedszámát (2-9-szeres mértékben) és faji összetételét. A különböző fajok másként reagálnak a talajművelésre. A mély járatokat készítő (anecic) fajok egyedszáma csökken talajművelés esetén, különösen mélyszántáskor, míg az *endogeic* fajok egyedszáma nő, főként akkor, ha elegendő táplálék áll rendelkezésre. Bilalis et al. (2009) mediterrán klíma alatt úgy találták, hogy a földigiliszta populációra ható legfontosabb faktor a makropórusok száma és szerves szén mennyisége. A direktvetés lényegesen javította a talaj fizikai és kémiai talajtulajdonságait, így a földigiliszta állományra is pozitív hatást gyakorolt. A *no-till* kezelés és a pillangós állomány együtt szignifikánsan nagyobb földigiliszta állományt eredményezett. Berner et al. (2008), valamint Ernst és Emmerling (2009) is elemezték a talajművelés hatását a földigiliszta fajok egyedsűrűségére, összetételére, valamint a talaj szerves anyagának változására tekintettel. Az *anecic* (vertikális járatokat készítő) fajok száma csökkent hagyományos talajművelés (szántás) hatására, ezzel szemben az *endogeic* (horizontális járatokat készítő) fajoké nőtt a csökkentett művelésnek köszönhetően. Az *Aporrectodea caliginosa* egyedszám szántás esetén, az *Aporrectodea longa*, a *Lumbricus castaneus* és a *Satchellius mammalis* állománya viszont a grubberezést követően nőtt, míg az *Allobophora chlorotica* a direktvetéses talajt kedvelte. A művelés intenzitásának csökkentése nyomán vertikálisan megváltozik a feltalaj szerves anyagának tartalma, amely pozitívan hat a földigiliszta állomány biodiverzitására. Capowiez et al. (2009) a földigiliszta aktivitás, valamint a makroporozitás és a vízáteresztő képesség között kerestek összefüggést, két művelési változat (hagyományos művelés: szántás 30 cm mélyen, csökkentett művelés: forgóborona 7 cm mélyen) és 3 különböző növény adta 6 kezelésben. A talajművelésnek nem volt szignifikáns hatása a földigilisztaszámra, de befolyásolta az ökológiai típusok megjelenését (*anecic*

faj több volt a csökkentett művelésben). A legtömörödöttebb talajokban nagyobb egyedszámban fordult elő az *Aporrectodea giardi*, és kevésbé az *Aporrectodea caliginosa*. A hagyományos művelés minden pórusfrakcióra negatív hatást gyakorolt, csökkent a pórusok száma és folyamatossága is. A művelésnek nem volt lényeges hatása a talaj vízáteresztő képességére, valószínűleg azért, mert a csökkentett művelés során megnőtt makroporozitás ellentételezte a lazulással megnövekedett pórustérfogatot. A csökkentett művelésben szignifikáns összefüggést tapasztaltak a 6 mm-nél nagyobb makropórusok és a vízáteresztő képesség között, utalva a földigilisztaszám pozitív hatására. Pelosi et al. (2009) 3 termesztési rendszert, a hagyományost, az ún. élő mulcsba történő direktvetést, valamint a biorendszert hasonlították össze a földigiliszta állomány változása alapján. A három rendszer a talajművelés módjában, a műtrágya és a növényvédő szer felhasználásban tért el egymástól. Az *anecic* és *epigeic* fajok sűrűsége 3,2-7,2-szer nagyobb volt az élő mulcs rendszerben, mint a hagyományos és a biorendszerben. A hagyományos, valamint a biorendszer 2,8, illetve 2,2-szer nagyobb *endogeic* egyedsűrűséget mutatott. Obalum és Obi (2010) is szignifikánsan nagyobb ($P \leq 0{,}001$) giliszta aktivitást mutatott ki direktvetés esetén, ám véleményük szerint a vetésforgónak kifejezettebb hatása van a talaj fizikai változóira, mint a tarló- és mulcskezelésnek.

Birkás et al. (1989) úgy vélték, hogy a művelés okozta talajbolygatásnak a vártnál nagyobb hatása van a földigilisztaszámra. A korábban alkalmazott mély tarlóművelés, a fedetlenül hagyott felszínnel együtt, valamint a nyári, lezáratlan szántások, a giliszta aktivitás csökkenését eredményezték. Ráadásul a helytelen gyakorlat éveken át ismétlődött. Birkás a talaj nedvességtartalma és a földigiliszta aktivitás közötti összefüggésre is rámutatott. A kísérleti helyszínen a talajművelés optimális nedvesség intervalluma 19-25% (22%) volt, amely a földigiliszták számára is a legkedvezőbb érték. Birkás et al. (2010) a gilisztaszám, a lazult talajréteg mélysége, a talaj nedvességtartalma és a felszíntakarás közötti összefüggésekre is rámutattak. A szerzők szerint a földigiliszta-barát művelés jellemzője a lazult, morzsás talajszerkezet, a kis vízvesztő felület, valamint a takart felszín. A lazult talajréteg legalább 30-40 cm legyen, de ha nincs káros tömörödés a talajban, elég lehet 20 cm mélység is. Ugyanakkor, ha a talaj száraz, a mélyebben lazult talaj ad nagyobb esélyt a túlélésre. A legkedvezőtlenebb a sekélyen lazult, nedves talaj. A talajt művelhetővé tevő nedvesség előnyös a földigiliszták számára is. A talaj takarása a jövőben még fontosabb lesz a meleg, forró nyarak miatt. Minimum 35%-os takarás szükséges, de a 45% még jobb. A klímakárokat csökkentő talajművelés előnyös életfeltételeket teremt a földigiliszták számára is.

A hagyományos művelésben a talaj fizikai állapotának módosításával felgyorsul a növényi maradványok lebomlása, így csökken a földigiliszták számára rendelkezésre álló tápanyag meny-

nyisége. Ez a kedvezőtlen hatás mérsékelhető a növényi maradványok megtartásával (Erikson-Hamel et al. 2009). A kanadai Québecben beállított 2 éves kísérletben, 3 különböző talajművelési eljárást (hagyományos - szántás vagy tárcsa, csökkentett - kultivátor vagy tárcsa, és direktvetés) alkalmaztak. A szántóföldi mérések során a földigiliszta populáció és a biomassza is nagyobb volt direktvetés alkalmazása esetén, a származaradványos kezelésnek ugyanakkor nem volt hatása. Laboratóriumi körülmények között a művelés és a tarlómaradvány kezelés is hatással volt az *Aporrectodea turgida* (Eisen) fejlődésére, ami pozitív kapcsolatot mutatott a talaj szerves szén tartalmával. Ez arra utal, hogy azok a művelési és származaradvány kezelési eljárások, amelyek növelik a talaj szerves szén mennyiségét, több szerves anyagot is jelentenek a földigiliszták számára. A legnagyobb földigiliszta növekedési arányt azok a csökkentett művelésű talajok mutatták, amelyek nagy mennyiségű növényi maradványt kaptak. Az eredmények arra engednek következtetni, hogy hideg, nedves élőhelyeken a művelés okozta bolygatásnak nagyobb hatása van, mint az elérhető táplálék mennyiségének.

Birkás (2010) egy másik kísérletében a következő felszíntakarási változatokat alkalmazta: szántás 0%, lazítás és tárcsázás 25%, kultivátorozás 35%, direktvetés 65%. Ezeket a borítási arányokat a termesztett növényektől (2002 mustár, 2003 búza, rozs 2003 rozs, borsó, 2005 búza, mustár, 2006 búza, facélia, 2007 kukorica, 2008 napraforgó) függetlenül tartották. A takarás növelésével arányosan nőtt a földigilisztaszám. A sűrűvetésű növények (kalászos, majd utána a köztes védőnövény) kedvezőbb, míg a széles sortávú növények kevésbé kedvező életfeltételeket teremtettek a gyengébb árnyékoló hatás miatt. A mélyebb lazultság előnyösebb volt bármilyen takarás esetén. A takarás mértékétől függetlenül a fedetlen talajban kevesebb földigiliszta fordult elő. A szerző szoros kapcsolatot talált a lazultság, a felszíntakarás és a giliszta aktivitás között. A művelés-mulcs interakciót vizsgálva (P=1% szignifikancia szinten) megbízható kapcsolatot talált. Véleménye szerint, a takarás növelésével a művelés intenzitása okszerű mértékben csökkenthető. Doube et al. (1994) már részben ismertetett kísérletében szintén erős pozitív korrelációt találtak (r^2 =0,64 P<0,001) a giliszta biomassza és a tél elején még felszínen lévő származaradványok mennyisége között.

2.4.2.6. A talajtakarás és a művelés hatása a talaj szerves szén tartalmára

A talajban lévő szerves anyag alapvetően meghatározza a talaj víz-, hő-, levegőforgalmát és tápanyagszolgáltató-képességét. A megfelelő talajszerkezet, és ezen keresztül a talaj hordképességének kialakításban szintén elsődleges a szerepe.

Sparrow et al. (2006) alaszkai kísérletükben művelés nélküli (no-till), valamint tavaszi egyszeri, illetve kétszeri tárcsás kezelést hasonlítottak össze úgy, hogy a talaj 0-20 cm rétegéből vettek mintát a kísérlet 16. és 17. évében, tavasszal és ősszel egyaránt. A tarlómaradványokat részben meghagyták, illetve eltávolították minden évben. A művelési intenzitás csökkentésének hatása lényegesebb volt, mint a növényi maradványok eltávolítása. A direktvetés és az egyszeri tárcsázás után a talaj szervesanyag-tartalma nagyobb volt, mint a kétszeri tárcsázás esetében. A kísérlet 3. és 4. évében vett mintákhoz képest a kétszeri tárcsás kezelés szervesanyag-tartalma közel 20%-kal volt kevesebb a 16. és 17. évben vett mintákban. A növényi maradványok területen való tartása évente 650 g/m^2 értékkel növelte a konzervált szén tartalmát. A direktvetés javította a talaj minőségét jelző fontos paramétereket és alkalmas volt a szerves anyag megóvására, de a szubarktikus viszonyok alatt hosszútávon – a gyomosodás és a szervesanyag felszíni felhalmozódása miatt – nem perspektivikus.

Yuhua et al. (2009) a kínai Linfenben degradált talajokon búza monokultúrában beállított 10 éves tartamkísérlet tapasztalatait összegezték. A legjobb eredményt a direktvetéses kezelés adta, a származadvány felszínen hagyása és a táblán való csökkentett járás miatt. A felső 30 cm rétegben 27,2%-kal nőtt a szervesanyag-tartalom. A levegőzöttség 155%-kal, a kapilláris porozitás pedig 16,1%-kal javult a hagyományos műveléshez képest. A származadvánnyal fedett direktvetéses parcellák víznyelő képessége 67,4%-kal, a talaj 0-130 cm rétegének víztartó képessége pedig 14,9%-kal haladta meg a hagyományos művelésben mért értékeket.

Pakisztáni vizsgálataikban Pervaiz et al. (2009) különböző mennyiségű mulcs (7 illetve 14 t/ha) szervesanyag-növelő hatását (1,35 t/m^3) igazolták a mulcs nélküli kontrollal szemben. Salinas-Garcia et al. (2001) közép-mexikói szubhumid klíma alatt Vertisol és Andisol talajokon tanulmányozták a felszínen hagyott származadvány hatását, minimum-művelés, direktvetés és hagyományos technológia összehasonlításával. A felső 0-50 cm rétegben a szerves szén és a mikrobiális biomassza mennyisége kétszer nagyobb volt a direktvetés, és a 33, 66, 100%-os talajtakarás esetén, mint a hagyományos művelést vagy takarás nélküli direktvetést alkalmazva. A származadvány eltávolítása tehát veszélyezteti a termelés fenntarthatóságát olyan területeken, ahol gyengék a feltételek. A kísérlet alapján Apatzingán szub-humid trópusi területeire minimum 60% takarás ajánlott, a gyorsabb oxidáció miatt, míg Casas Blancas szub-humid mérsékelt területeire 30% borítás is elegendő.

Heenan et al. (2004) az ausztráliai Wagga Wagga település közelében tartamkísérletben vizsgálták a különböző tarló és talajművelési kezelések hatására, a talaj szerves szén tartalmában bekövetkező változást. A huszonegyedik évet követően a talaj felszíni 0,1 m-es rétegben bekö-

vetkező szervesszén változás a 8,2 t/ha veszteségtől (tarlóégetés, művelt talaj) a 3,8 t/ha növekedésig (tarlóvisszatartás, direktvetés) terjedt. A szervesszén veszteség lényegesen kisebb mértékű volt direktvetés és tarlóvisszatartás esetén, mint a három menetben művelt talajon és tarlóégetés alkalmazásakor. Becslésük szerint a tarló széntartalmának 5,6%-a transzformálódott át a talaj szerves szén készletébe. Hasonló megállapításra jutott Loch és Coughlan (1984). Kísérleteikben öt év után a talaj 0-10 cm-es rétegének szerves szén mennyisége direktvetés és tarlóvisszatartás esetén növekedett. Zhang et al. (2011) a feltalaj szerkezetét és vízgazdálkodási tulajdonságait tanulmányozták 4 éves kísérletben, hagyományos művelés és direktvetés, valamint különböző tarlókezelési módszerek összehasonlításával. A feltalaj (0-5 cm) a direktvetés és visszatartott származadvány esetén mutatta a makroaggregátumok (>250μm) legnagyobb vízzel szembeni stabilitását, valamint a nagyobb szervesszén tartalmat, így ez a technológia volt alkalmas a talaj fizikai szerkezetének javítására.

Blanco-Canqui és Lal (2007) közép-ohioi tartamkísérletében a talajtulajdonságokban bekövetkező változások a felső 5 cm rétegben voltak kifejezettek. Ugyanabban a mélységben a mulcsos talaj 30%-kal több vizet tartott meg. A talaj szerves anyagának mennyisége a felső 10 cm rétegben a következőképpen alakult:

0 Mg ha-1 mulcs: 16,0 t/ha

8 Mg ha-1 mulcs: 25,3 t/ha

16 Mg ha-1 mulcs: 33,5 t/ha

A 0 – 10 cm réteg alatt nem volt szignifikáns különbség a talaj szerves anyagának tartalmában. Megközelítőleg a származadvány összes mennyiségének 33%-a épült be a talaj szerves anyag készletébe, míg a maradék 2/3-nyi mennyiség elveszett, többnyire CO_2 és CH_4 gázok formájában.

Ausztráliában a tarlóégetéssel és a talajok túlművelésével jellemezhető gyakorlat a talajok szerves anyagának csökkenését eredményezte. A tarlómaradványok felszínen tartása és a csökkentett művelés megállíthatja ezt a tendenciát, de a talaj szerves anyag tartalma csak hosszabb távon nő. A mikrobiális biomassza (a szerves anyag élő komponense) gyorsabban reagál a talajművelésben bekövetkező változtatásra. Gupta et al. (1994) a tarló- és talajművelés gyakorlatában végrehajtott változtatások miatt bekövetkező, a mikrobiális biomasszát ért hatásokat vizsgálták. A talaj felső 0-5 cm rétegében mért biomassza szén mennyisége 25–52 g C m^2 között változott, amely érték 50%-kal vagy ezt meghaladó mértékben csökkent minden további 5 cm mélységben. A mikrobiális biomassza szén mennyisége nagyobb volt direktvetés és a tarlóvisszatartás esetén, mint művelt tarlón, valamint tarlóégetés esetén.

2.5. A tarlóba vetés jelentősége a klímakár elleni védelemben

A talajfelszín védelmében a kultúrnövények állománya is fontos szerepet kap, főként a sűrű sorra vetett növényfajtáké. A növényi vegetáció árnyékolja, védi a talajfelszínt, alatta sajátos mikroklíma alakul ki, amely fontos szerepet játszik a morzsásodás folyamatában. Létrejön az ún. beárnyékolási érettség, amely fizikai jellegű aprózódás, azaz a betakarítást követően ezek a morzsák kiszáradva szétesnek. A védőnövényeket jellemzően másodvetésben termesztik a talajvédelem, a felszíntakarás és a tápanyag kimosódás megakadályozása szándékával. Ezért a köztes védőnövényeket tápanyag-visszatartó növényeknek is nevezik. Védőnövényként használható intenzíven fejlődő zöldségnövény (retek, spenót, hagyma), szántóföldi növény (pohánka, facélia, rozs), pillangós (szója, somkóró, bíborhere) és keresztes virágú (olajretek, mustár, repce) növény (Ujj 2006).

Reeves (1994) megfogalmazása szerint a takarónövény az erózió és a tápanyag-kimosódás csökkentése érdekében termesztett növény. A definíciót az *Encyclopedia of Soil Science* kibővíti azokra a növényekre, amelyeket talaj-, és vízmegőrzés, minőségjavítás, valamint tápanyag-megőrzés és átmeneti legeltetés céljából termesztenek. Dabney et al. (2001) a gyomkorlátozást és az integrált, kártevők elleni védekezést is megemlítik, mint termesztési célt. Bizonyos régiókban a főnövény betakarítását követő őszi időszakban a hőmérséklet és a megvilágítás időtartama még lehetővé teszi vegetáció kifejlődését, de nem elég árunövények termesztéséhez. Számos kísérletet tettek ezen időszak hasznosítására, olyan növények termesztésével, amelyek meggátolják a tápanyagok kimosódását és/vagy különböző hatásokon keresztül javítják a talajt. Ezen növényeket általánosságban *catch crop*-nak, takaró- vagy zöldtrágya növényeknek nevezik. Thorup-Kristensen et al. (2003) *catch crop*-nak definiálják azokat a takarónövényeket, amelyek nitrogénmegkötés révén csökkentik a tápanyag kimosódás kockázatát, míg zöldtrágya növényeknek azokat, amelyeket a következő növény tápanyag ellátottságát javítják.

Kaspar et al. (2008) a Mississippi felső medencéjében téli takarónövényként számításba vehető fajokat a következőképpen összegzik. A téli takarónövények közvetlenül a főnövény betakarítása előtt vagy után kerülnek vetésre, és a következő gabona vetése előtt elölik az állományukat. A kis magvú gabonafélék közül a zab, az őszi búza, az árpa, a tritikálé és a rozs kiváló téli takarónövény. Gyors növekedésűek a hideg hónapokban is, viszonylag jó a fagytűrésük, vetőmagjuk olcsó és helyben előállítható. A búza, a tritikálé és a rozs számos fajtája ezen a vidéken nem fagy el télen, ezért tavasszal a szója vagy a kukorica vetése előtt fel kell számolni az állományukat műveléssel vagy kémiai úton. A télen elfagyó zab, árpa és búza fajták nem fejlesztenek kiterjedt gyökérrendszert. A hüvelyesek szintén alkalmas téli takarónövények, ráadásul nitrogénkötésük további előny.

Viszont a gabonaféléknél lassúbb a növekedésük, vetőmagjuk drágább, kevesebb nitrogént akkumulálnak és állományukat fel kell számolni tavasszal. A fűfélék, mint pl. a perjék vagy a keresztes virágúk (olajretek, mustár, takarmány retek) szintén potenciális takarónövények, egyes fajuk télen is jól fejlődik, kiválóan gyérítik a fonálférgeket és bizonyos betegségeket.

Elmore et al. (1992) ülepedett, gyomos talajba vetettek szóját a Mississipi Delta vidékén beállított kísérletben. Az itteni agyagtalajokon gyakori az erózió őszi vagy téli talaj-előkészítést után, amennyiben nem hagynak tarlómaradványokat a felszínen. A kísérlet számos évében a "természetes" téli növénytakaró elégséges védelmet biztosított az erózióval szemben. Ferrari és Parera (2015) szemiarid argentínai területen, csepegető öntözéssel ellátott szőlőültetvényeken vizsgálta őshonos sivatagi évelő növények takarónövényként való hasznosítását. Ezek a növényfajok adaptációjuk révén képesek maximalizálni a fotoszintézisüket és minimalizálni a vízleadásukat. A növények ezermagtömege szintén fontos vizsgálati paraméter volt a jobb vethetőség miatt. Csírázási potenciálja (97%) miatt elsőként ajánlják a *Digitaria californica*-t. A *Pappophorum phillippianum* – hőmérséklettől függetlenül magas csírázási potenciálja (70%) és nagy ezermagtömege miatt – ugyancsak kiváló takarónövény. Zhu et al. (1991) direktvetésű szója állományban *Stellaria, Bromus* és *Poa* fajokkal kísérleteztek. Kora március és április közepe közötti időszakban a kontrollhoz képest nem volt különbség a talaj nedvességtartalmában. Április végén a tyúkhúr elöregedésekor megkezdődött a kompetíció a szója és a takarónövények között, különösen a felső 0-15 cm rétegben. A *Bromus* és a *Poa* takarónövényes kezeléseknél a talaj nedvességtartalma 37-39%-kal volt alacsonyabb a kezeletlen kontroll, és 20–23%-kal a tyúkhúros parcellákhoz képest. A kísérlet szerint a tyúkhúr érdekes alternatívája lehet a takarónövényes termesztésnek. Korán elvénül és nem kell vetni. Allison et al. (1998) megállapításai szerint a kalászos növények árvakelése és a gyomnövények sok esetben a takarónövényekhez hasonló hatással bírnak, azaz a leghatékonyabb védőnövényként hasznosíthatók.

2.5.1. A takarónövény általános és talajvédelemben betöltött szerepe

Unger és Vigil (1998) szerint a takarónövények hatása pozitív, amennyiben javítják a vízbeszivárgást, csökkentik a felszíni párologtatást, vagy amikor csökkentik a nedves talaj víztartalmát, lehetővé téve a főnövény időben történő vetését. Hatásuk ugyanakkor inkább negatív, amikor limitálják a talaj nedvességtartalmát vagy súlyosbítják a nedves talajállapotot. Ezért inkább humid, szemihumid területeken ajánlott termesztésük, ahol a csapadék sokkal megbízhatóbban tervezhető. Ahol a takarónövények termesztése emiatt korlátozott, talajvédő művelést kell foly-

tatni. A növényi maradványok felszínen tartása a takarónövények számos pozitív hatását adja, kivéve a nitrogénfixálást, a tápanyag – különösen a nitrát – felvételt (kimosódás ellen), valamint a felesleges víz elvonását.

A védőnövények termesztésének célja a következő lehet:

– a talaj borítása az erózió csökkentése céljából (Panningbatan et al. 1995),

– az oldható tápanyagok megkötése révén a kimosódás megakadályozása,

– a légköri nitrogén megkötése (pillangósok),

– a talajszerkezet javítása és a talaj szerves anyagának gazdagítása,

– az évelő növények magjai számára jobb csírázási feltételek teremtése (árnyékolás).

Delgado et al. (2007) véleménye szerint a takarónövény limitált öntözési lehetőség mellett hozzájárulhat a következő növény termésének növeléséhez, a víz- és a nitrogén felvétel hatékonyságának növelése által, ugyanakkor csökkenti az eróziót és a nitrogén kimosódását is.

Van Pelt és Zobeck (2004) vizsgálataiban az aktívan fejlődő takarónövény adta a legjobb védelmet a szélerózió ellen. Ahol a kevés csapadék miatt bizonytalan a takarónövények termesztése, ott a nyári vetésű (*strip–till* módszer) télen elfagyó kalászos vagy takarmány fűfélék adhatnak jó védelmet a talaj kiszárítása nélkül. A tarlómaradványok felszínen hagyása nem igényel külön vetőmagot és egyéb technológiai beavatkozást sem, ezért nagyon költséghatékony. Reicosky és Forcella (1998) a takarónövény kettős szerepét abban látja, hogy mint felszíni takaróanyag véd a szél- és a vízerózió hatásától, ugyanakkor szénforrásként a talajminőség fenntartásában is fontos. A takaró- és takarmánynövények jelentette szénforrás elemi fontosságú az agroökoszisztémák számára, mivel hosszú távú gazdasági előnyöket biztosít, miközben a talajra, a vízre és a levegőre minimális hatást gyakorol. A feszíni és a gyökér biomassza egyaránt fontos szerepet tölt be a talaj kémiai és biológiai tulajdonságainak kialakításában, így a tápanyagok körforgásban is. A takarónövények nyújtotta friss szerves szén a talaj szénforgalma miatt fontos, de a víz-, a levegő-, és a hőháztartásban, valamint a talajszerkezet kialakításban is szerepet kap. Laloy és Bielders (2010) három éven át tanulmányozta a takarónövények erózióval szemben kifejtett hatását kukorica monokultúrában. Annak ellenére, hogy a kukorica késő őszi betakarítása miatt a takarónövény állomány fejlettsége nem volt megfelelő, a talajminőségre kifejtett hatás vitán felül állt. A takarónövény bedolgozását követő évben 40-90%-kal csökkent a – két főnövény közti időszakban mért – erózió mértéke, szemben a fedetlen talajjal. Ehhez azonban legalább 1,5 t/ha takarónövény biomasszát kellett a talajba juttatni.

Folorunso et al. (1992) a morzsás szerkezet védelmében látják a takarónövények szerepét, mivel csökkentik a heves esőzések felszínromboló hatását és az ezt követően kialakuló cserepese-

dés előfordulását. Kimutatták, hogy a zabosbükköny takarónövény 24-41%-kal képes csökkenteni a cserepesedési hajlamot talajtípustól függően. Hermawan és Bomke (1997) az aggregátum stabilitásban betöltött szerepet hangsúlyozza, ugyanis a téli takarónövény megakadályozza a morzsák szétesését a tél folyamán, ezért jobb a szerkezet a tavaszi művelések során.

Idowu et al. (2009) a talajminőség indikátorait tanulmányozták New York állam négy termőhelyén kukorica-szója vetésforgóban. Az aggregátum-stabilitás 2,5-szer, a szervesanyag-tartalom pedig 1,1-1,5-ször volt nagyobb direktvetés esetén, mint a szántáson alapuló rendszerben. A takarónövény kezelésnek a talajfelszín kérgesedési hajlama és a potenciálisan ásványosodó nitrogén tekintetében volt szignifikáns hatása. A takaró- és zöldtrágya növények gyökérfejlődésre gyakorolt pozitív hatásában nem csupán a talajporozitásra kifejtett kedvező tulajdonságuk, hanem a talaj ásványi nitrogén forgalmára (Thorup-Kristensen és Van Den Boogaard 1999) gyakorolt interakciójuk is szerepet játszik, ugyanakkor vélhetően allelopatikus hatások is tetten érhetőek (Creamer et al. 1996, Burgos et al. 1999).

2.5.2. A takarónövény talajra gyakorolt pozitív és negatív hatásai

A védőnövények javítják a talaj levegő és vízháztartását, morzsásságát, fizikai és biológiai jellemzőit (Williams és Weil 2004, Yang et al. 2012). Szerepük lehet a talajlazítás hatástartamának kitolásában is. A súlyos állapothibákat nem tudják orvosolni, de lassíthatják a talajszerkezet leromlását (Voorhees és Lindstom 1983, Voorhees 1983). Kedvező hatásuk a következőkben foglalható össze Birkás és Szemők (2006) szerint:

– a talaj felszínét a főidényen kívül borítva, védik az eróziótól, a deflációtól, a cserepesedéstől és a kérgesedéstől,
– a talajt beárnyékolási érettségben tartják,
– jótékony hatásúak a talajéletre, javítják a művelhetőséget,
– enyhítik a tömörödést, ezért a talaj kisebb energiával művelhető,
– elősegítik a morzsásodást,
– felveszik a tápanyagokat, különösen a nitrogént,
– egyesek nematicid hatással rendelkeznek,
– a vetésváltásba illesztésükkel folyamatos borítás érhető el.

A védőnövények alkalmazásának hazai korlátja a nyári csapadékhiány, ezért a sikeres termesztés alapja a nedvességveszteség csökkentő talajművelés és vetés. A védőnövényt úgy kell megválasztani, hogy ne legyen közös kórokozója és kártevője a főnövénnyel és ne gyomosítsa azt.

Védőnövény termesztése a szerves anyagban gyengén ellátott, és/vagy eróziónak, deflációnak kitett talajokon ajánlott és ott, ahol a tarlómaradványokat más célra használják fel. A védőnövény vethető közvetlenül a tarlóba is, ilyenkor kisebb a zöldtömeg, de a takarás gyorsan kialakul. Ha nincs megfelelő vetőgép ennek kivitelezéséhez, a tarlóra szórt vetőmag tárcsával vagy kultivátorral dolgozható be, azonnal zárva a bolygatott felszínt. Amennyiben a nagy zöldtömeg elérése a cél, inkább a nyár végi vetés ajánlott.

Wilson et al. (1982) a gyomos tarló, valamint különböző fűféle és pillangós takarónövény talajszerkezetre gyakorolt hatását vizsgálták erodált talajon. A szerény eredmények ellenére a takarónövény javította a talaj szerkezetét, víztartó képességét, növelte szervesanyag-tartalmát és csökkentette a felső 10 cm-es réteg térfogattömegét. Frye és Blevis (1989) kísérleteiben a pillangós takarónövény alatt 3-5%-kal nagyobb volt a talaj nedvességtartalma tavasszal a kontrollhoz képest. Két héttel a takarónövény állomány felszámolása után pedig a talaj nedvességtartama észrevehetően nagyobb volt a mulcs alatt. Duiker és Curran (2005) vizsgálataiban a későn felszámolt rozs takarónövény 0,08 t/m^3 értékre csökkentette a talaj térfogattömegét a felső 0-10 cm rétegben a takarónövény nélküli, illetve a korán felszámolt takarónövényes parcellákhoz viszonyítva. Chen és Weil (2011) kukoricaállományban tanulmányozta különböző takarónövények talaj tömörödöttségi állapotára gyakorolt hatását. Az eredmények alapján a takarmányretek után volt a legjobb a kukorica gyökerezése, a rozs produkálta a legtöbb elérhető felszíni nedvességet, míg a repce mindkét tekintetben előnyös volt. A repcét nehéz elölni tavasszal, ezért takarmányretek és rozs keveréke ajánlott direktvetés, valamint hideg-mérsékelt klíma esetén. Mint ismeretes, a szerves anyag pozitív hatást gyakorol a talaj számos fizikai tulajdonságára, beleértve a talajszerkezetet és a víztartó képességet is. A takarónövény szerepe kettős, ugyanis a talajszerkezetre és a porozitásra gyakorolt hatása révén befolyással van a gyökerezésre, a növényállomány fejlődésére, valamint az eróziós talajpusztulásra egyaránt (Meyer et al. 1999). Amennyiben a takarónövény maradványait a felszínen hagyjuk vagy sekélyen bekeverjük a feltalajba, a talajhőmérséklet és a párolgás befolyásolása által drámai hatással vagyunk a talaj vízkészletére (Kovar et al. 1992, Teasdale és Daughtry 1993). Olson et al. (2010) Dél-Illinois államban talajtakaró növényekkel végzett, nyolc éven át tartó kísérletben, a védő művelés hatását elemezték erózió által lerontott talajon. Az utolsó vizsgálati évben a művelési és a gyökérezési zóna szervesszén-tartalma nem mutatott különbséget a kezelések között függetlenül attól, hogy használtak-e takarónövényt vagy sem.

A zöldtrágya és a köztes védőnövények vegetációjuk alatt kimeríthetik a talaj vízkészletét, ezzel rontják a következő növény vízellátását, legalábbis olyan klímájú területeken, ahol a téli félév kevésbé csapadékos (Mitchell et al. 1999, Zentner et al. 2004). Harper et al. (1995) hasonló

véleményt fogalmaztak meg. A köztes védőnövény vízfelhasználása kérdéses lehet olyan területeken, ahol limitált a csapadék mennyisége. A talaj vízkészletére kifejtett hatás azonban eltér a tápanyagra gyakoroltétól, ugyanis míg a tápanyagot nem vonja ki a területről, sőt magakadályozza a kimosódást, addig a vizet elhasználja. Így úgynevezett *pre-emptív* kompetíció lép fel a következő növénnyel szemben, azaz a mineralizációja során tápanyagot ad a talajnak, ellenben a vízkészletet negatív irányban befolyásolja. Kaliforniában Mcguire et al. (1998) és Mitchell et al. (1999) a köztes védőnövény által okozott, 80 mm-ig terjedő csökkenést tapasztaltak a talaj tavaszi vízkészletében. A *catch crop* vízfelhasználása erősen függ a termesztési feltételektől és a növény vegetációs időszakának hosszától. Az olyan területeken, ahol jelentős a csapadékból származó többlet-vízmennyiség, a *catch crop* által felhasznált víz pótlódik, így a talaj tavaszi vízkészletét nem érinti (Mcguire et al. 1998).

Mullen et al. (1998) a legnagyobb baktérium egyedszámot bükköny takarónövény alkalmazása esetén tapasztalták N-műtrágya alkalmazása nélkül. Az enzimaktivitás is itt volt a legnagyobb. Megállapították, hogy a takarónövények jelentős hatást gyakorolnak a talaj biológiai tulajdonságaira is. Számos esetben a tekarónövény gátlólag hat a vetésforgóban következő növény fejlődésére (Hicks et al. 1989).

2.6. A szakirodalmi áttekintés fontosabb megállapításai

– Hazánk szántóterülete az 1970-es évektől máig közel félmillió hektárral csökkent, a jelenlegi terület felét pedig a talajdegradáció valamely formája sújtja. A talajhasználat ezen a kérdéses területen napjainkban sem vált ésszerűbbé.
– Hazánkban 1990–2000 között a kényszerművelés miatt a talajok fizikai és biológiai állapota leromlott, az évtized végi időjárási anomáliák pedig óriási gazdasági károkat okoztak.
– A klímakárok mérséklésére már a XX. század elején is törekedtek az amerikai és az európai kontinensen egyaránt, a kialakult új művelési irányzatok közvetve vagy közvetlenül a talaj és a környezet minőségének javítására irányultak.
– A globális klímaváltozás előrevetített forgatókönyve alapján Birkás (2009) hangsúlyozza, hogy a talajművelés céljának igazodnia kell a klímaváltozáshoz, ezért 2000-től a klímaközpontú művelés korának nevezte el a napjainkig tartó időszakot, mivel a talajművelés feladata a talajminőség javításán keresztül a klíma eredetű károk csökkentése.
– A klímaváltozáshoz való alkalmazkodásban egyre fontosabb szerepet kap a nyári művelés, így a tarlóművelés is. A tarlók gondozása összetett feladatot jelent. A nedvesség visszatartás, a talaj

biológiai életének pezsdítése, a szervesanyag és szénkímélés mára kiegészült a szerkezetkímélés és a felszínvédelem elvárásával.

– A talaj növényi maradványoktól mentes, úgynevezett feketére művelése több századon át elvárás volt a mindennapi gyakorlatban. Veszélyeivel napjainkban mind többen szembesülnek.
– A fejlettebb mezőgazdaságú országokban már az 1960-as évektől kezdődően használták a tarlómaradványokat védelmi céllal, nálunk egy évtizeddel később.
– A talajtakarás és a takarónövények talajállapot jellemzőkre gyakorolt kedvező hatását számos külföldi és hazai szerző igazolta.
– A betakarítást követően a felszínen hagyott szalma- és szármaradványok mennyisége a feltáródás feltételeinek függvényében csökken, szerepét átveheti a takarónövény, az árvakelés és a gyom.

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1. A kutatómunka körülményei

A józsefmajori termőhely termesztési viszonyai

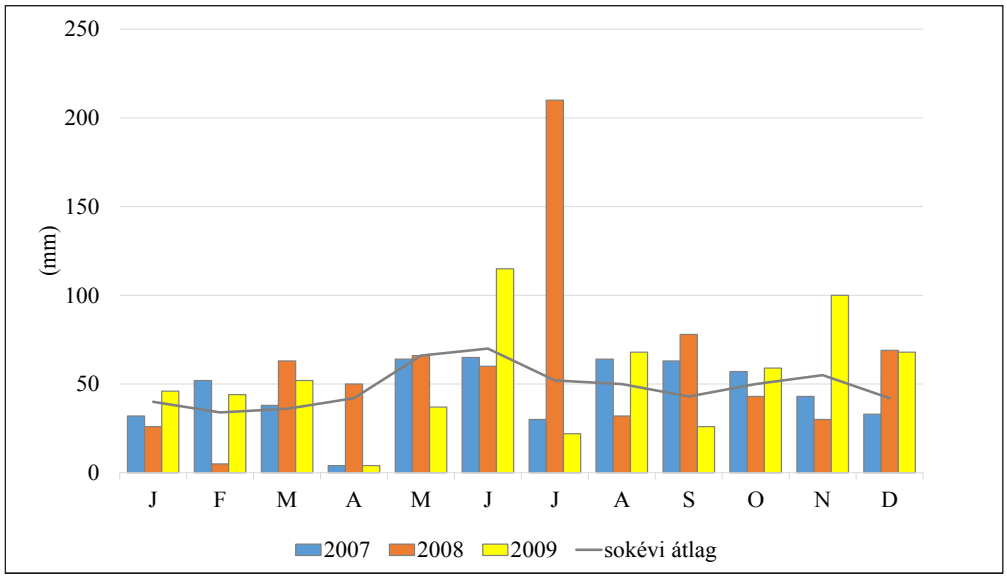
Földrajzi fekvés

A kísérletek 2008–2009 között Hatvan közelében, a Szent István Egyetem Józsefmajori Kísérleti és Tangazdaság területén folytak. A kísérleti terület az észak-alföldi hordalékkúpsíkság és Cserhát-vidék határán helyezkedik el, tengerszint feletti magassága 100 m, fekvése délkeleti. A domborzati viszonyok változatosak, az erózió tetten érhető jelenség.

Éghajlati tényezők

A kísérleti terület északi része mérsékelten hűvös és mérsékelten száraz, míg a déli része mérsékelten meleg és mérsékelten száraz. Az évi középhőmérséklet 9,5–10 °C, a vegetációs időszakban 16,3–16,8 °C; 10 °C fölötti középhőmérséklet 183 napon át mérhető, április 13. és november 13. között. Az évi abszolút hőmérsékleti maximumok 32,5 és 33 °C közöttiek. Fagymentes napok száma északon 170, délen 180.

A területre a sokévi átlag (Fenyőharaszt, 1965-1995) alatti csapadékmennyiség jellemző. Éves csapadékmennyiség 580 mm, amiből 323 mm hullik a vegetációs időszakban. Novemberben, májusban és júniusban várható a legtöbb csapadék (1. ábra).



1. ábra. A sokévi átlag és a kísérleti évek csapadékadatai

2008-ban a tenyészidő kezdetétől (2008. 04. 01.–07. 10-12.) 218 mm (a sokévi átlagnál 50 mm-rel több) csapadék hullott. A június és a július csapadékosabb, az augusztus száraz, szeptember első két hete esősebb, utolsó két hete szárazabb volt (2. táblázat). Az árva- és gyomkelés a kísérlet beállítását követően hullott esők nyomán 10 napon belül megjelent.

2. táblázat. A kísérlet ideje alatt hullott csapadék (mm) 2008-ban

Időpont	**Mennyiség**	**Eltérés a sokévi átlagtól**
Ápr.1. - Júl. 9.	217,8	–
Ápr.1. - Júl.12.	218	–
Júl.10.(13)-31.	167,6	–
Július	210,2	158,2
Augusztus	32	-18
Szeptember	77,8	34,8
Szept. 1-29.	77,6	–
Okt. 1-9.	17,8	–
Tarlóművelési kísérletben összesen	277,2	–
Tarlóba vetési kísérletben összesen	295,2	–

2009-ben a tenyészidő kezdetétől (2008. 04. 01.–07. 09.) 159 mm (a sokévi átlagnál 20 mm-rel kevesebb) csapadék hullott. A július és a szeptember szárazabb, az augusztus átlagos, október eleje kissé esősebb volt (3. táblázat). Az árva- és gyomkelés a kísérlet beállítása előtt hullott esők nyomán 10 napon belül megjelent, de a gyomkeléssel együtt az idény végéig elhúzódott.

3. táblázat. A kísérlet ideje alatt hullott csapadék (mm) 2009-ben

Időpont	**Mennyiség**	**Eltérés a sokévi átlagtól**
Ápr.1. - Júl.9.	159,3	–
Július 10 – 31.	18	–
Július.	21,6	–30,4
Augusztus	68	+18
Szeptember	26,4	16,6
Október 1–18.	48,8	–
Tarlóba vetési kísérletben összesen	161,2	–

Talajviszonyok

A kísérleti terület talajtípusa mészlepedékes csernozjom (Calcic Chernozem), fizikai talajféleség szerint vályog. Kémhatása kissé savanyú. A 0–40 cm-es réteg átlagos szervesanyag-tartalma 2,83%. A talajjellemzőket a 4. és az 5. táblázat mutatja.

4. táblázat A józsefmajori talajszelvény leírása (SZIE TALT nyomán)

A_{sz} szint (0–30 cm)	Szárazon sötét szürkésbarna, nedvesen nagyon sötét szürkésbarna színű. Nedvesen enyhén tapadó. Felső része poros, lemezes szerkezetű, kagylósan törő hasábos. Jellemző a diós szerkezet. Helyenként meszezési foltok fellelhetők. Nagyon tömődött, finom gyökerek csak a szerkezeti elemek között, a repedésekben találhatók. Állatjáratok nincsenek. Fokozatos, egyenletes átmenet jellemzi. Fizikai félesége agyagos vályog, pH-értéke 5,3.
A_1 szint (30–60 cm)	Szárazon nagyon szürkésbarna, nedvesen nagyon sötétszürke réteg, melynek fejlett morzsás szerkezete van. Gilisztajáratokat és ürülékeket 80–90%-ban találunk. Egyéb állatjáratok nem találhatók. A gyökerek eloszlása egyenletes. Fokozatos, egyenletes átmenet figyelhető meg. Vályog, agyagos vályog fizikai féleségű, karbonátot nem tartalmaz, pH-értéke 6,9.
AB szint (60–75 cm)	Szárazon barna, nedvesen sötétbarna színű, jellemzően morzsás szerkezetű réteg. Gilisztajáratokat 50–60%-ban találunk, elszórtan emlőskrotovinák is találhatók. Az átmenet éles. Karbonátot nem tartalmazó, vályog fizikai féleségű, pH-értéke: 7,1.
B_1 szint (75–100 cm)	Világos barnásszürke, nedvesen szürkésbarna, gyengén szerkezetes, aprómorzsás, mészlepedékes réteg. Mészereket és mészgöbecseket tartalmaz. Elszórtan gilisztajáratok és krotovinák találhatók benne. Vályog fizikai féleségű, karbonát tartalma ++, pH-ja 6,2.
BC szint (100–130 cm)	Szárazon barna, nedvesen sötétbarna réteg, melynek gyengén szerkezetes struktúrája aprómorzsás. Mészlepedéket, mészereket és mészgöbecseket egyaránt tartalmaz. Vályog fizikai féleségű, karbonáttartalma +++, pH-ja 7,9.

5. táblázat. A kísérleti terület egyes talajtulajdonságai különböző rétegekben (Geoderma Bt., 2006)

Megnevezés	**0–10 cm**	**10–20 cm**	**20–30 cm**	**30–40 cm**
K_A	40	39	39	40
pH_{KCl}	5,48	5,50	5,66	5,76
Humusz %	3,965	3,353	3,119	2,650
NH_4-N mg/100g	5,19	4,73	4,41	3,58
NO_3-N mg/100g	3,46	2,37	2,65	1,88
NH_4+NO_3 mg/100g	8,65	7,10	7,06	5,46
Összes N %	0,198	0,168	0,156	0,134
C org%	2,230	1,930	1,829	1,575
C:N	11,36	11,56	11,69	11,90
AL-P_2O_5 mg/kg	128	95	85	58
AL-K_2O mg/kg	231	166	162	170

3.2. A kísérlet bemutatása

3.2.1. A tarlóművelési kísérlet bemutatása

A tarlóművelési kísérletet 11 kezeléssel állítottuk be 2008. július 12–13-án. A terület közel sík. Egy kezelés területe: 10 m × 180 m (1800 m^2). A parcellák iránya az egyenestől 45°-kal tért el. A kezeléseken belül 4-4 állandó mintateret randomizáltan jelöltünk ki a mérésekhez.

A tarlóművelési kísérlet kezeléseit a 6. táblázat foglalja össze.

6. táblázat. A tarlóművelési kezelések és jelöléseik

Megnevezés	**Mélység (cm)**	**Jelölés**	**Talajfelszín**
Hántatlan, kontroll	0	HN	*bolygatatlan, takart*
Síktárcsás porhanyítóval művelt	6 – 9	SP	*bolygatott, lezárt, takart*
Kultivátorral művelt	6 – 9	K	*bolygatott, lezárt, takart*
Hagyományos tárcsával művelt	9 – 12	HT	*bolygatott, lezáratlan*
Hagyományos tárcsa és gyűrűs henger használata	9 – 12	HTGY	*bolygatott, lezárt, takart*
Szántás ágyekével, elmunkálás forgóelemmel	20 – 22	SZF	*szántott, egyengetett*
Szántás váltvaforgató ekével	32 – 35	VSZ	*bolygatott, lezáratlan*
Szántás váltvaforgató ekével és elmunkálás	32 – 35	VSZE	*szántott, elmunkált*
Szántás váltvaforgató ekével, elmunkálás síktárcsával	20 – 22	VSZSP	*szántott, elmunkált*
Lazítás elmunkálás nélkül	35 – 40	L	*lazított, takart*
Lazítás elmunkálva síktárcsával	35 – 40	LE	*bolygatott, lezárt, takart*

A kísérlet elrendezése:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	21	28	26	27	25	20	29	21	24	23	22
SP	K	HT	HTGY	SZF	VSZE	VSZSP	VSZ	L	LE	HN	HN	VSZ	VSZE	VSZSP	SZF	LE	L	SP	HTGY	HT	K

A kísérlet kezeléseit a gyakorlatban elterjedt sekély- (HT, HTGY) és mélyműveléses (SZF, VSZ, VSZE, VSZ–SP, L) kezelésekből, a talajvédelemnek alárendelt (SP, K, LE) változatokból, valamint a bolygatatlan tarló (HN) adta variánsból állítottuk össze.

A mérési időpontokat a 7. táblázatban foglaltam össze.

7. táblázat. A mérési időpontok a tarlóművelési kísérletben (2008)

		Mérési időpontok											
		07.13.	07.24.	07.26.	07.29.	08.12.	08.14.	08.30.	09.04.	09.12.	09.13.	09.27.	09.29.
1	Tarlómaradvány borítás	x	x				x				x	x	
2	Nedvességtartalom	x			x	x			x				x
3	Talajellenállás	x			x	x			x				x
4	Agronómiai szerkezet	x		x		x		x					x
5	Földigilisztaszám	x		x		x		x					x
6	Gyom- és árvakelés	x	x				x			x		x	

A kísérletnek helyet adó tábla jele Fh-14, a kísérlet területe 12 ha volt. Az Mv Verbunkos (középkorai) búzafajtát napraforgó elővetemény után, október közepén vetették. Az aratás időpontja (csak a kísérlet területén) július 12. volt. A szalmát a betakarítással egy menetben, közepes minőségben (8–15 cm szecskaméret) zúzták, mennyisége 4,0–4,8 (átlag 4,5) t/ha volt (maximum 800 g/m^2), amely jelentősen meghaladta a korábbi években mért szalmamennyiséget. A szalmatakarás a hántatlan tarlón 95%-os volt.

A tarlóművelésre július12-én került sor, szikkadt felszínű, alatta nyirkos, 25 cm mélység alatt pedig nedves talajon. Beárnyékolási morzsákat a július eleji csapadék eliszapoló hatása miatt nem találtunk. A napraforgó elővetemény utáni tárcsás alapművelés miatt tárcsatalp-tömörödés alakult ki, de kimutatható volt a napraforgó elővetemény (kukorica) alá végzett szántás talpképzése is.

3.2.2. A tarlóba vetési kísérlet bemutatása

Tarlóba vetési kísérletet két évben, 2008-ban és 2009-ben végeztünk. 5 kezelésben és 3 ismétlésben, véletlenszerű sávos elrendezéssel állítottuk be, 6×100 m területű parcellákon.

A tarlóba vetési kísérlet kezelései:

1. Az aratás napján tarlóba vetés (A)
2. Az aratás napján hántás, majd augusztusban vetés (B)
3. Az aratást követő két nap múlva tarlóba vetés (C)

4. Az aratást követő egy hét múlva tarlóba vetés (D)

5. Az aratás napján hántás, majd egy hét múlva vetés (E)

A kezelésekkel részben a gyakorlatban elterjedtebben alkalmazott (B, E), valamint a vitásnak tartott (A, C, D) módszereket modelleztük.

A kísérlet elrendezése:

1	2	3	4	5	23	22	25	21	24	35	34	33	32	31
A	B	C	D	E	C	B	E	A	D	E	D	C	B	A

A tarlóhántást síktárcsával, 6–7 cm mélységben, a kezeléseknek megfelelően időzítve végeztük.

A mustár és olajretek 50:50% arányú keverékének 2,5 cm mélyen és 25 kg/ha magmennyiséggel történő vetéséhez magágykészítő vetőgépet használtunk. A mérési időpontokat az 8. és 9. táblázat mutatja.

8. táblázat. A mérési időpontok a tarlóba vetési kísérletben (2008)

		Mérési időpontok								
		07.10.	**07.12.**	**07.29.**	**07.30.**	**08.12.**	**08.30.**	**09.04.**	**09.23.**	**10.09.**
1	**Tarlómaradvány borítás**		x		x	x	x		x	
2	**Talajnedvesség**	x		x		x		x		x
3	**Talajellenállás**	x		x		x		x		x
4	**Agronómiai szerkezet**	x		x		x		x		x
5	**Gyom- és árvakelés, takarónövény**		x		x	x	x		x	

9. táblázat. A mérési időpontok a tarlóba vetési kísérletben (2009)

		Mérési időpontok								
		07.10.	**07.16.**	**07.30.**	**08.12.**	**08.18.**	**08.27.**	**09.03.**	**09.23.**	**10.18.**
1	**Tarlómaradvány borítás**	x		x		x		x		x
2	**Talajnedvesség**		x	x	x		x		x	
3	**Talajellenállás**		x	x	x		x		x	
4	**Agronómiai szerkezet**		x	x	x		x		x	
5	**Gyom- és árvakelés, takarónövény**	x		x		x		x		x

2008-ban a tarlóba vetési kísérlet beállításának körülményei megegyeztek a tarlóművelési kísérletnél leírtakkal, azzal a különbséggel, hogy a vizsgálati terület betakarítása és a tarlóművelés július 10-re esett. 2009-ben a – tárcsás alapműveléssel előkészített talajba, október közepén vetett – Lupus őszi búzafajta átlagtermése 4 t/ha volt, aratása július 9.- én zajlott. A tarlón maradt szalma tömege 3,5–4,5 t/ha (0,4 kg/m^2; max. 0,8 kg/m^2) volt, a betakarítással egyidejű szalmazúzás minősége közepesnek volt ítélhető.

A tarlóművelésre július. 09-én és 10-én került sor, a kissé szikkadt felszínű, alatta nyirkos, 20 cm mélység alatt pedig nedves talajon. Beárnyékolási morzsákat a júniusi csapadék eliszapoló hatása miatt nem találtunk. A napraforgó elővetemény utáni tárcsás alapművelés miatt tárcsatalp-tömörödés alakult ki, de kimutatható volt a napraforgó elővetemény (kukorica) alá végzett szántás talpképzése is.

3.3. A kutatás módszerei

– A tarlómaradvány-borítottság (%) méréséhez 0,25 m^2-es mérőkeretet és standard fotósorozatot használtunk.
– A talaj fizikai állapotának (0–50 cm) minősítésére valamennyi kezelésben talajellenállás-mérést végeztünk a Mobitech Bt. Szarvasi rugós erőmérővel (Daróczi és Lelkes 1999, Daróczi 2005). A készülék 50 cm mélységig alkalmas a talaj tömörödöttségének helyszíni megállapítására. A méréseket 50 cm mélységig, 5/10 cm-enként, hat mélységben végeztük, 3 ismétléssel.
– A talajnedvesség-mérést (tömeg%-ban) PT-I nedvességmérő műszerrel (Kapacitív Kkt., Budapest) végeztük, 3 ismétlésben. A műszer 2–40 tömeg% közötti intervallumban használható.
– Az agronómiai talajszerkezet-vizsgálat a rög (>10 mm), a morzsa (2,5–10 mm) és a porfrakció (<0,25 mm) elkülönítésével történt. Az eljárás lényege, hogy a mintaterületekről 5-5 ismétléssel vett, majd átlagolt mintákat légszárazra szárítjuk, majd hét különböző lyukméretű szitán (20, 10, 5, 3, 1, 0,5, 0,25 mm) átrostáljuk. Az egyes frakciók súlyát megmérjük, és mennyiségüket a minta tömegszázalékában kifejezve állapítjuk meg a talaj százalékos por-, morzsa- és rögösszetételét. Stefanovits (1992) alapján a rögfrakció 10 mm-nél nagyobb, a morzsafrakció 2,5–10 mm közötti, az aprómorzsa-frakció 2,5–0,25 mm közötti, és a porfrakció pedig 0,25 mm-nél kisebb talajalkotókat jelent.
– A földigilisztaszám-vizsgálat (db/m^2/0–20 cm) során negyed négyzetméteres mintaterületeket jelöltünk ki, majd az ásópróbából vett mintából elkülönítettük és megszámláltuk az egyedeket.

– A növényvizsgálatok a tőszám, a zöldtömeg, a gyökérhosszúság és a gyökértömeg vizsgálatára irányultak. Tömegmérésük szárítás után mérlegeléssel történt.
– A talaj – szalma – gyom- és árvakelés, valamint a talaj – szalma – tarlóba vetett növény arányának alakulását (a beállítástól a kísérlet befejezéséig) 0,25 m^2-es mérőkeret segítségével vizsgáltuk.
– Statisztikai módszerek közül a kezeléshatás elemzésére az egytényezős varianciaanalízis szolgált (SVÁB 1981). A szignifikáns különbségek kimutatásához F-statisztikát (FISHER LSD-teszt) használtunk 95, illetve 99%-os megbízhatósági szinten ($P<0,05$; illetve $P<0,01$). A változók közötti összefüggést regresszióanalízissel vizsgáltuk.

10.14751/SZIE.2016.001

4. EREDMÉNYEK

4.1. A tarlóművelési kísérlet eredményei

A különböző klímajelenségek másfél évtizede éreztetik hatásukat a növénytermesztésben, befolyásolva annak jövedelmezőségét, ennek ellenére hazánk területének 35–45%-án nem vesznek tudomást erről. A legtöbb hiányosságot a tarlóművelés terén tapasztalhatjuk, míg a második helyre a nyár végi szántások kerülnek rossz minőségük folytán (Birkás 2014).

A 2008 nyarán beállított tarlóművelési kísérletben 11 kezelést alkalmaztunk, úgymint kezeletlen kontroll, azaz hántatlan tarló (HN), sekélyműveléses kezelések (SP, K, HT, HTGY), valamint mélyműveléses kezelések (SZF, VSZ, VSZE, VSZ-SP, L, LE). A kezelések kiválasztásánál a napjaink talajművelési gyakorlatában általánosan használt eljárásokat vizsgáltuk. A HN kezelés alkalmazásával az volt a célunk, hogy elemezzük a bolygatatlan talajban végbemenő állapotváltozásokat, valamint rámutassunk arra, hogy késedelmes tarlóhántás esetén milyen mértékű nedvességveszteséget szenved el a talaj a változó borítás függvényében. Ugyanakkor ismert aszálykárenyhítő megoldás, ha – főként tavaszi vetésű növény esetén – a tarlót hántatlanul hagyjuk addig, amíg a talaj nedvessége eléri a művelhetőség optimumát. Ez az eljárás azonban csak akkor hatékony, ha a szecskázott és terített szalma révén biztosítjuk a talajfelszín védelmét (Birkás 2014). A sekélyműveléses kezelések közül az SP jelölésű, síktárcsás porhanyító használatára alapozott eljárás. Ez a tárcsatípus a 2000-es évek eleje óta érhető el a gyakorlat számára, jellegzetessége a kis lapátmérőjű (450 mm), kúpos tárcsák önálló karokra történő felfüggesztése, valamint az integrált rögtörő, tömörítő henger. A munkagép a művelő tárcsák formája és átmérője miatt kiváló porhanyító, származadvány-aprító és bekeverő képességgel jellemezhető. A munkagépet – igen találóan – Birkás (2004) nevezte először síktárcsás porhanyítónak, az eszköz rendkívüli talajművelő képességére utalva. A K kezelésben olyan szántóföldi kultivátort alkalmaztunk, amelynek három sorban és 30 cm osztásban lévő, merev szárú kapáira szerelt ún. MixIn késszárak átlagon felüli származadvány-kezelési képességgel ruházzák fel az eszközt. Mindkét előbb említett eszköz és eljárás alkalmas a sekély, mulcshagyó, elmunkált és visszatömörített felszínű tarlóhántás kivitelezésére. A mindennapos gyakorlatban még mindig széles körben alkalmazzák az ún. hagyományos tárcsákat (HT) a nyári talajmunkák során, amelyeket a nagy tárcsaátmérő, a gömbsüveg forma és a csoportos tárcsafüggesztés mellett leginkább a lezáró hengeregység hiánya jellemez. A tárcsa formája és a tömörítő, rögtörő henger hiánya miatt az eszköz sokkal jobban rögösít és porosít, mint a kísérletben alkalmazott síktárcsás porhanyító. Nagyobb munkamélységre képes, ezért sokszor az indokoltnál nagyobb mennyiségű származad-

ványt kever a talajba a tarlómunkák során, ezáltal csökkentve a felszínvédelemre szánt takaróanyag arányát. A hagyományos nehéztárcsa hengerrel kombinált változatát (HTGY) azért alkalmaztuk, hogy ráirányítsuk a figyelmet a nyáron bolygatott talaj elmunkálásának, tömörítésének fontosságára, amelynek kiemelt szerepe van a nedvesség és szervesanyag-vesztés mérséklésében, a művelhetőség fenntartásában. A mélyműveléses kezelések közül az ágyekével (SZF) és a váltvaforgató ekével (VSZ) történő szántások a nyáron nem ajánlott művelési eljárások közé tartoznak. A nyári szántások kockázatát a rossz időzítés és az elmunkálás nehézsége jelenti, s egyben lemondást a tarlóhántás nyújtotta számos előnyről, pl. a növényvédelmi hatásról, valamint a beéredett tarló talaján végezhető, kisebb energiaigényű, jobb minőségű alapművelés lehetőségéről. A nagy víz- és szénvesztő, takaratlan felszín kitettségében rejlő klímakockázat a szántással egy vagy külön menetben végzett elmunkálással mérsékelhető (VSZE, VSZ-SP kezelések). A napi gyakorlatban a tarló talajának közvetlen lazítása (L) szintén tetten érhető eljárás, amelyet a talaj gyógyításának folyamatában okszerűen időzítve tartamhatást kapunk. A lazítás alkalmazása esetén a növényi maradványok felszínvédő szerepe megmarad. Ugyanakkor a kapcsolt vagy külön menetben végzett elmunkálás (LE) nemcsak a párologtató felszínt csökkenti, hanem a porhanyó, mulcsos felszín kialakításával az intenzív esők szerkezetromboló hatását is mérsékli.

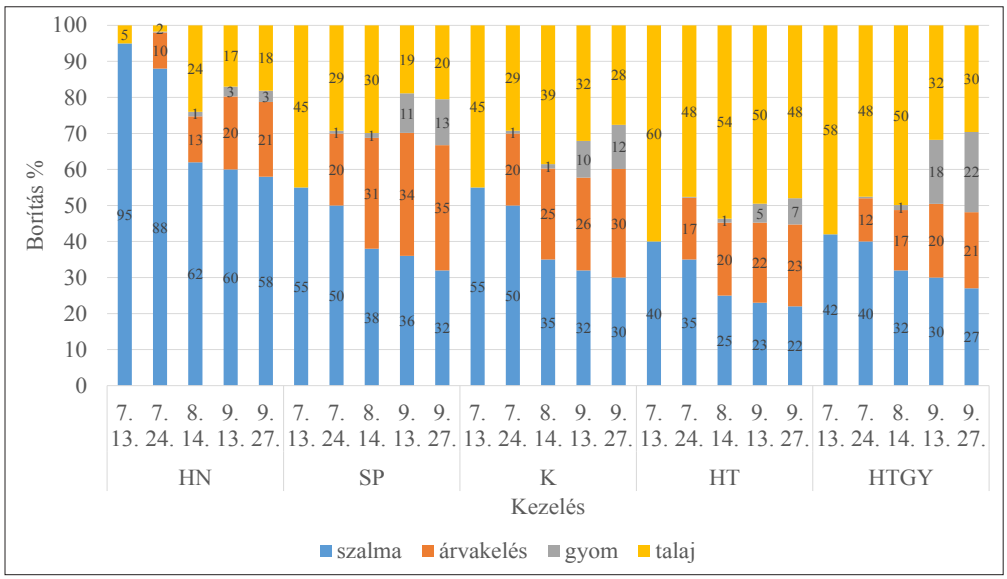
4.1.1. A felszíntakarás változása a tarlóművelési kísérletben

A felszíntakarás jelentőségét számos tényező támasztja alá, úgymint talajnedvesség-visszatartás, morzsásodás, mérsékelt porosodás, kisebb felszíni eliszapolódás és cserepesedés, ezen felül a lazult réteg mélyülése, aktív földigiliszta-tevékenység, továbbá jó gyom- és árvakelés. A védelmi céllal alkalmazott felszíntakarás optimuma idényenként eltér, ugyanúgy a javasolt tartomány is, amely értelemszerűen szélesebb az optimumnál. Különbség van a bolygatott és a bolygatatlan talajok védelmi igényei között. A bolygatott talajon nagyobb, a gondosan művelt talajon kisebb a javasolt borítási arány. A takarás időtartamát tekintve nyár közepén nagyobb, az idény végén kisebb lehet a borítottság. Száraz idényben a nedvesség-visszatartás miatt nagyobb arányú felszíntakarás ajánlott. Ugyanakkor a talaj csapadékos idényben is védelemre szorul, meg kell előzni a morzsapusztulást, az eliszapolódást és a kérgesedést.

Annak ellenére, hogy a 8–15 cm szecskaméret nem tekinthető ideális aprózottságnak, a 4,0–4,8 t/ha szalmamennyiség terítése jó minőségben sikerült. Ennek különösen akkor van jelentősége, amikor nem kerül sor a tarlóhántásra a betakarítást követő 48 órán belül. A szalmaréteg ugyanis egyaránt védi a talajt a vízvesztéstől és az időjárási szélsőségektől. A tarlóhántás késleltetésének egyik

oka a szárazság, a száraz talajállapot lehet. A talaj akár egy hétig is pihenhet a szalmatakaró alatt, így később nyirkos állapotában már jobb minőségben hántható meg. Az egyenletes szecskaméret és terítés a jó minőségű talajba keverés alapja, amely révén elkerülhető, hogy lokális nitrogénhiány alakuljon ki a talajbaktériumok tevékenysége folytán. A mulcshagyó tarlóművelés során a felszínen kialakítandó mulcsréteg, azaz a szalma és talaj megfelelő keveréke csak minőségi szecskázás esetén hozható létre. A BIRKÁS (2009) által megfogalmazott elvárás – amely szerint a betakarítás és a tarlóhántás közötti időszakban minimum 55–65%, majd a sekély tarlóhántást követően 35–45% takarás kívánatos – esetünkben maradéktalanul teljesült.

A 2. ábra a különböző művelőeszközök eltérő szalmabekeverési arányát mutatja a tarlóművelési kísérletben. Július 13-án, az első mérési időpontban a hántatlan tarlón 95% szalmaborítási értéket mértünk.



2. ábra. Az összes borítás a sekélyműveléses kezelésekben (Hatvan, 2008. 07. 13. – 09. 27.)

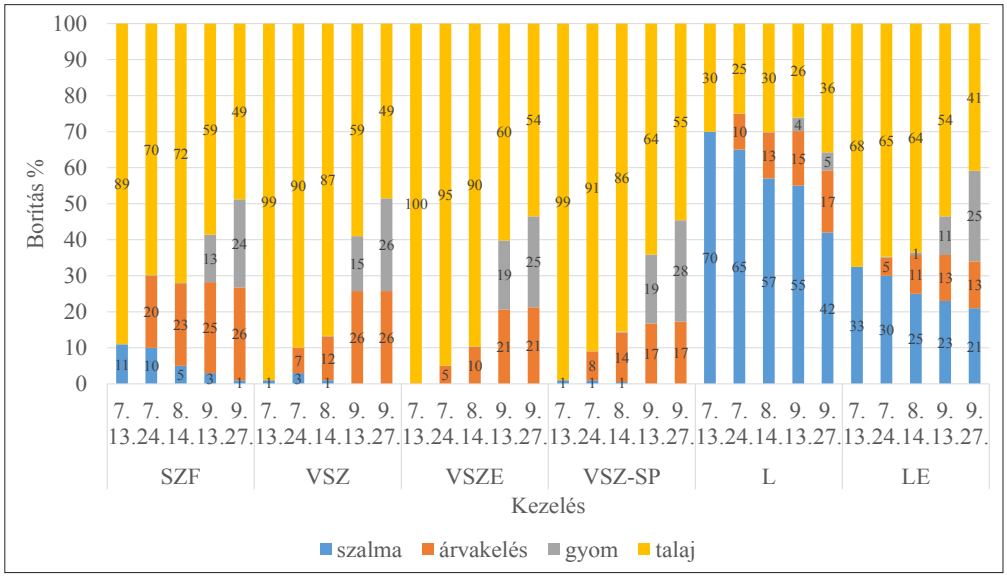
Kezelések: HN: hántatlan, SP: síktárcsás porhanyító, K: kultivátor, HT: hagyományos tárcsa, HTGY: hagyományos tárcsa hengerrel

Szalmaborítás $SZD_{5\%}$: 10,85; $SZD_{1\%}$: 14,49

A takaróréteget a tarlóhántás alkalmával kell kialakítani, legalább 35–65% fedési aránnyal normál évjáratban, száraz években 55–60%, nedves évjáratokban pedig 30–50% takarást kell biztosítani (KALMÁR et al. 2011). 2008 júliusa ugyan csapadékosabb volt mint a sok évi átlag, de augusztustól száraz periódus következett, így a tarlóhántást követően 45–55% takarás kialakítása indokolt elvárás volt a különböző kezelésekkel szemben. A tarlóhántást követően a következő sorrend alakult ki a felszínen maradt szalma mennyiségének tekintetében a sekélyműveléses keze-

lések között: SP=K>HTGY>HT. A klímakár csökkentő talajművelési szemléletmód az SP és a K kezelések esetében jutott érvényre, míg a HTGY és a HT variánsoknál csupán 42, illetve 40% volt a szalmatakaró aránya. A hagyományos nehéztárcsával végzett tarlóhántást követően 31, illetve 37,5%-kal kevesebb származadvány maradt a felszínen – szemben SP és K változatokkal –, ami a nagyobb szögben döntött tárcsalapok „eltemető" munkájának nyomán alakult ki. Talajvédelmi szempontból a hiányos takarás száraz és csapadékos évjáratban egyaránt kritikus lehet.

A mélyműveléses kezelések között négy szántásra épülő eljárást vizsgáltunk. Az eke munkájának természetéből adódóan, származadvány nem maradhatott a felszínen (3. ábra).



3. ábra. Az összes borítás a mélyműveléses kezelésekben (Hatvan, 2008. 07. 13. – 09. 27.)

Kezelések: SZF: ágyeke, forgóelemmel, VSZ: váltvaforgató eke, VSZE: váltvaforgató eke elmunkálóval, VSZ-SP: váltvaforgató eke és síktárcsa, L: lazító, LE: lazító és elmunkáló

Szalmaborítás $SZD_{5\%}$: 10,85; $SZD_{1\%}$: 14,49

Kivételt az SZF variáns képviselt, ahol a forgatás hiányossága okán 11% növényi maradványt mértünk a felszínen. Ez a kezelésváltozat jól szemlélteti a talajkímélő művelési technológia azon álláspontját, amely nem önmagát a szántást ítéli meg kedvezőtlenül, hanem a forgatás időzítését és minőségét illetően fogalmaz meg dilemmákat. Az elmunkált szántások ugyan kevés nedvességet és szerves szenet veszítenek, de esetükben felszínvédelemről egyáltalán nem beszélhetünk. Amennyiben a takarás hiánya poros talajszerkezettel párosul, az eliszapolódás, majd a kiszáradást követően a cserepesedés, kérgesedés kedvezőtlen folyamatként jelentkezik. A mindennapi gyakorlatban kedvelt eljárás a tarló talajának – közvetlenül a betakarítás után történő – lazítása abban az esetben, ha nedvességállapota erre lehetőséget ad. A kísérletben tapasztalt eredmények alapján, a

beavatkozást követően 70% takarást mértünk az L kezelés esetében, amely csak akkor tekinthető kockázatmentesnek, ha az elmunkálatlan felszín nem rögös, nem vízvesztő. Ugyan kisebb, 33% borítási értéket tapasztaltunk az elmunkált lazítás, azaz az LE variáns parcelláin, mégis normál évjáratban ajánlható ez az eljárás.

Elvégeztük a szalmaborítás egytényezős varianciaanalízisét, amely alapján P>0,5% megbízhatósági szinten számos kezelés közti különbséget statisztikailag is megbízhatónak találtunk (1/a., b., c. melléklet). Ezek a következők voltak (ahol pl. a HN-SP/K… stb. jelölés a HN és az SP, valamint a K… stb. kezelésparok között fennálló statisztikailag igazolt eltérésre utal):

HN-SP/K/HT/HTGY/SZF/VSZ/VSZE/VSZ-SP/L/LE,

SP-HT/SZF/VSZ/VSZE/VSZ-SP/L/LE,

K-HT/SZF/VSZ/VSZE/VSZ-SP/L/LE,

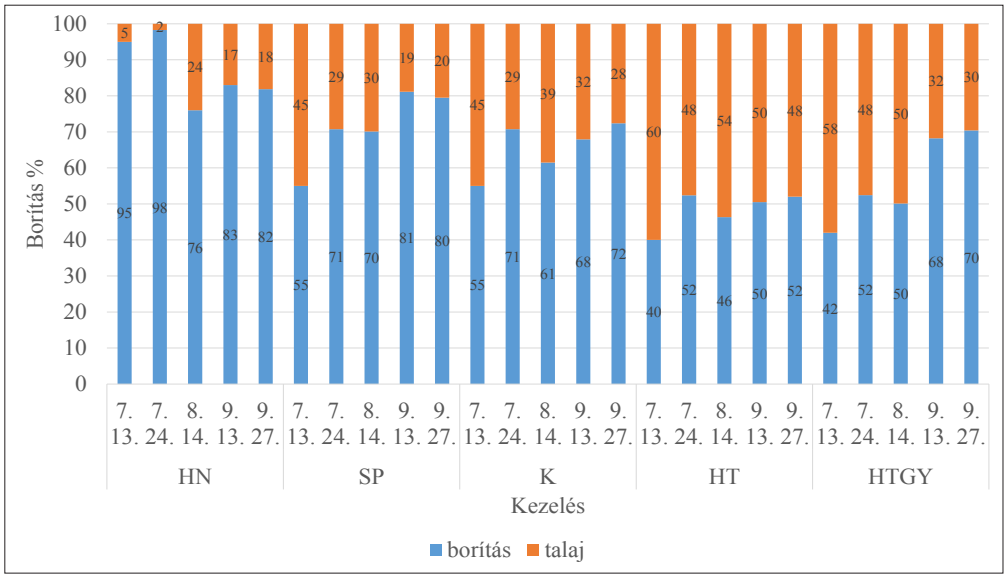
HT-SZF/VSZ/VSZ-SP/L,

HTGY-SZF/VSZ/VSZ-SP/L, valamint SZF-VSZE/L/LE, VSZ-L/LE, VSZE-L/LE, VSZ-SP-L/LE, L-LE. Ugyanezeket a kezelésparokat, SP-HT, K-HT, valamint K-LE kivételével P>0,1% szinten is megbízhatónak találtuk.

Az idő előrehaladtával a felszínen hagyott szalma mennyisége a kezelésektől függően eltérő mértékben csökkent. Erről a 4. és 5. ábra, valamint a 10. és 11. táblázat tájékoztat. Ezzel egy időben az árvakelés és a gyomok csírázásnak indultak, majd később a felszínvédelemben hasonló szerepet kaptak, mint a szalma. Állományuk a tarlóápolás során hatékonyan gyéríthető majd, ellenben addig (vagy a kémiai módszerrel történő elölésüket követően az után is) kihasználható a talajvédő hatásuk. A kísérlet 77 napja alatt a felszínen maradt származadvány csökkenése a következőképpen alakult az egyes kezelésekben: HN>K>SP>HT>HTGY. A sorrend alapján rámutathatunk a mélyebben és nagyobb mértékben bolygatott talajokban (HT, HTGY) lejátszódó gyorsabb származadvány feltáródásra, ami mindenképpen hátrányos a kritikussá válható nyári hónapok alatt.

A tarlóhántás céljai között jelentős a növényvédelmi hatás, azaz az árva- és gyomkelés előmozdítása, vagyis az egyes eljárásokat a kelés intenzitása minősíti. A tarlóhántás során valójában magágyat készítünk az árvakelés és a gyomok gyors és egyöntetű csírázásához, amelyben a porhanyó felszíni talajréteg és a felszínzárás kap kiemelt szerepet. A vizsgálat során a gyom- és árvakelés tekintetében az SP>HTGY>K>HT>HN sorrendet állítottuk fel az egyes eljárások között, azzal a fontos megjegyzéssel, hogy a HT kezelés hatását nagyban javítja a felszín elmunkálásának ténye, ugyanis a HTGY-nél 43,3%-kal nagyobb arányú gyom- és árvakelés borítást mértünk. A hántatlan tarlón (HN) mért legkisebb mértékű gyomosodást, illetve árvakelést a bolygatatlansággal és a mindvégig nagyobb arányú szalmatakarással, annak gyomelnyomó hatásával magyarázhatjuk.

A talajtakarás felszínvédelemben betöltött szerepe miatt a gyom- és árvakelés megfelelő állományának kialakulását követően a három borítási típust (szalma, gyom, árvakelés) együtt kell értékelnünk. ALLISON et al. (1998) megállapításai szerint a kalászos növények árvakelése és a gyomnövények sok esetben a takarónövényekhez hasonló hatással bírnak, azaz hatékony védőnövényként hasznosíthatók. A folyamatosan csökkenő szalmamennyiséget kompenzálhatja a gyom, az árvakelés vagy az ezzel a céllal tarlóba vetett védőnövény. A kísérlet végére a sekélyműveléses kezelések közül a legnagyobb összes borítási értéket az SP és a K kezeléseknél mértük, 80, illetve 72% értékben (4. ábra).

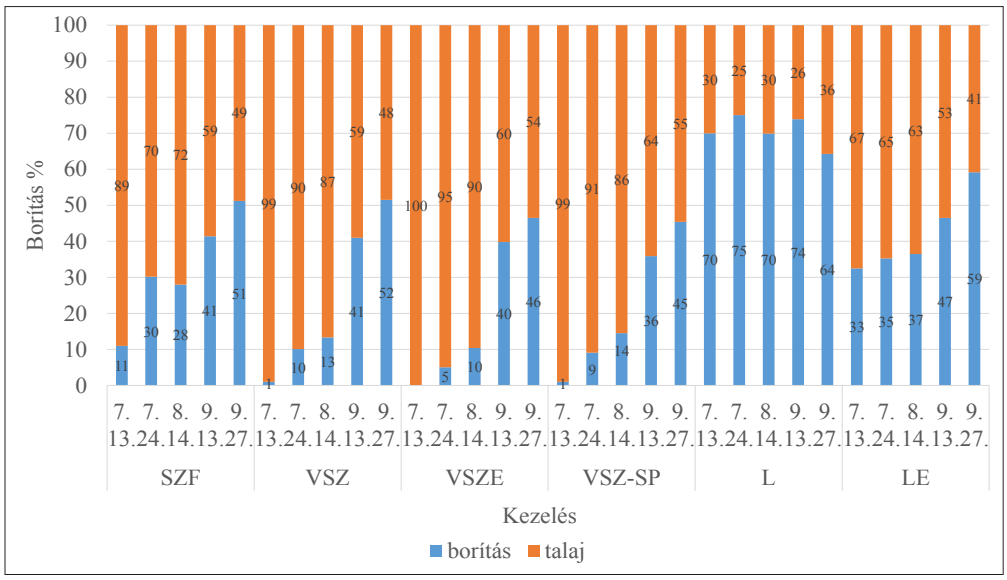


4. ábra. A felszínborítás és a talaj aránya a sekélyműveléses kezelésekben (Hatvan, 2008. 07. 13. – 09. 27.)

Kezelések: HN: hántatlan, SP: síktárcsás porhanyító, K: kultivátor, HT: hagyományos tárcsa, HTGY: hagyományos tárcsa hengerrel

Összes borítás $SZD_{5\%}$:17,38; $SZD_{1\%}$: 23,22

A kísérlet beállításakor mért talajnedvesség, majd az ezt követő 12 nap alatt hullott csapadék hatására valószínűleg minden elpergett szem kikelt. A sekélyműveléses kezelések esetén a felszín közelében maradt magvak 10 napon belül és gyorsan, a mélyebbre kerültek lassabban keltek ki. A szántott talajok gyomosodása középidőben intenzívvé vált, jelezve a felszínre fordított talajréteg magas gyommagkészletét. A talajt két éve szántották, a gyommagvak ez idő alatt megtartották csírázóképességüket, amely igazolja, hogy a szántástól legfeljebb „tűzoltó”- (bizonytalan) gyomirtást lehet remélni (5. ábra).



5.ábra. A felszínborítás és a talaj aránya a mélyműveléses kezelésekben (Hatvan, 2008. 07. 13. - 09. 27.)

Kezelések: SZF: ágyeke, forgóelemmel, VSZ: váltvaforgató eke, VSZE: váltvaforgató eke elmunkálóval, VSZ-SP: váltvaforgató eke és síktárcsa, L: lazító, LE: lazító és elmunkáló

Összes borítás $SZD_{5\%}$:17,38; $SZD_{1\%}$: 23,22

A gyom- és árvakelés, azaz a zöldnövény-borítás tekintetében nem találtuk statisztikailag megbízhatónak az egyes kezelésparok közötti különbségeket (2/a., b. melléklet).

10. táblázat. Az összes borítás változása 77 nap alatt a sekélyműveléses kezelésekben, százalékpontban (% P) kifejezve (Hatvan, 2008)

Kezelés	**Borítás típusa**	**Összes borítás (%)**		**Változás % P**	**Eredmény % P**
		07. 13.	**09. 27.**		
HN	Szalma	95	58	–37	-13
	Árvakelés	0	21	21	
	Gyom	0	3	3	
SP	Szalma	55	32	–23	25
	Árvakelés	0	35	35	
	Gyom	0	13	13	
K	Szalma	55	30	–25	17
	Árvakelés	0	30	30	
	Gyom	0	12	12	
HT	Szalma	40	22	–18	12
	Árvakelés	0	23	23	
	Gyom	0	7	7	
HTGY	Szalma	42	27	–15	28
	Árvakelés	0	21	21	
	Gyom	0	22	22	

Kezelések: HN: hántatlan, SP: síktárcsás porhanyító, K: kultivátor, HT: hagyományos tárcsa, HTGY: hagyományos tárcsa hengerrel

A 10. és a 11. táblázat adatai alapján megállapítható, hogy az összes borítás aránya csupán két kezelés esetében, a HN és L variánsoknál csökkent, azaz a gyom- és árvakelés minden más esetben helyettesítette a csökkenő szalma mennyiségét a felszínvédelemben.

11. táblázat. Az összes borítás változása 77 nap alatt a mélyműveléses kezelésekben, százalékpontban (% P) kifejezve (Hatvan, 2008)

Kezelés	**Borítás típusa**	**Összes borítás (%)**		**Változás % P**	**Eredmény % P**
		07. 13.	**09. 27.**		
SZF	Szalma	11	1	–10	40
	Árvakelés	0	26	26	
	Gyom	0	24	24	
VSZ	Szalma	0	0	0	52
	Árvakelés	0	26	26	
	Gyom	0	26	26	
VSZE	Szalma	0	0	0	46
	Árvakelés	0	21	21	
	Gyom	0	25	25	
VSZ-SP	Szalma	0	0	0	45
	Árvakelés	0	17	17	
	Gyom	0	28	28	
L	Szalma	70	42	–28	-6
	Árvakelés	0	17	17	
	Gyom	0	5	5	
LE	Szalma	33	21	–12	26
	Árvakelés	0	13	13	
	Gyom	0	25	25	

Kezelések: SZF: ágyeke forgóelemmel, VSZ: váltvaforgató eke, VSZE: váltvaforgató eke elmunkálóval, VSZ-SP: váltvaforgató eke és síktárcsa, L: lazító, LE: lazító és elmunkáló

A sekélyműveléses kezelésekben a HTGY>SP>K>HT>HN sorrendet tapasztaltuk a borítás arányának 77 nap alatti változásában. A hagyományos nehéztárcsás kezelés elmunkált változatának (HTGY) kiemelkedő szereplése mögött a mérsékelt származadvány csökkenés és a javuló talajállapot miatti jobb gyom- és árvakelés áll. Az összesített borítás (szalma, árva- és gyomkelés) egytényezős varianciaanalízise alapján, P>0,5% szinten a következő kezelléspárok közötti különbségeket tekinthetjük statisztikailag is megbízhatónak (3/a., b., c. melléklet):

HN-K/HT/HTGY/SZF/VSZ/VSZE/VSZ-SP/LE,

SP-HT/SZF/VSZ/VSZE/VSZ-SP/LE,

K-HT/SZF/VSZ/VSZE/VSZ-SP/LE,

HT-VSZ/VSZE/VSZ-SP/L,

HTGY-SZF/VSZ/VSZE/VSZ-SP, valamint SZF-L, VSZ-L/LE, VSZE-L/LE, VSZ-SP-L/LE, L-LE. A P>0,1% szinten pedig a következő kezeléspárok érték el a megbízhatóság értékét:

HN-HT/HTGY/SZF/VSZ/VSZE/VSZ-SP/LE,

SP-HT/SZF/VSZ/VSZE/VSZ-SP/LE,

K-SZF/VSZ/VSZE/VSZ-SP/LE,

HT-VSZE/VSZ-SP,

HTGY-SZF/VSZ/VSZE, valamint SZF-L, VSZ-L, VSZE-L, VSZ-SP-L, és L-LE.

A szalma:talaj arány egyszerű, ún. borítási arányszámmal fejezhető ki, amelynek kis (<0,4) értéke alacsony, míg nagy (>2) értéke hatásos borítottságot jelez. Hosszabb száraz idényben bolygatatlan tarlón 65–85%, míg művelt tarlón a 55–60% takarás bizonyult jobbnak. A borítási arányszám ennek megfelelően 1,8–5,6, illetve 1,2–1,5 értéken alakult (Kalmár et al. 2011) korábbi vizsgálataiban.

Kísérletünkben az idény csapadéka alapján 45–55% takarást ítéltünk hatékonynak, amelyhez 0,81–1,22 borítási arányszám tartozik, és amelyet a tarlóhántást követő első mérés során az SP és a K kezelések teljesítettek. A bolygatatlan tarló ugyancsak mutatta a felszínvédelemhez szükséges kellő mértékű takarást (12. táblázat). Ugyanakkor a HT és a HTGY kezelések már a kísérlet beállításakor sem rendelkeztek a felszínvédelemhez szükséges borítási értékkel.

12. táblázat. A szalma:talaj borítási arányszám változása 77 nap alatt (Hatvan, 2008)

Nap	HN	SP	K	HT	HTGY	SZF	VSZ	VSZE	VSZSP	L	LE
07. 13.	19	1,22	1,22	0,66	0,72	0,12	0,01	0	0,01	2,3	0,49
07. 24.	7,3	1	1	0,54	0,67	0,11	0,03	0	0,01	1,86	0,43
08. 14.	1,63	0,61	0,54	0,33	0,47	0,05	0,01	0	0,01	1,33	0,33
09. 14.	1,5	0,56	0,47	0,3	0,43	0,03	0	0	0	1,22	0,3
09. 27.	1,38	0,47	0,43	0,28	0,37	0,01	0	0	0	0,72	0,27

Kezelések: HN: hántatlan, SP: síktárcsás porhanyító, K: kultivátor, HT: hagyományos tárcsa, HTGY: hagyományos tárcsa hengerrel, SZF: ágyeke forgóelemmel, VSZ: váltvaforgató eke, VSZE: váltvaforgató eke elmunkálóval, VSZ-SP: váltvaforgató eke és síktárcsa, L: lazító, LE: lazító és elmunkáló

A borítási arányszám további táblázataiból (13. és 14. táblázat) látható, hogy az idő előrehaladtával minden kezelésben kivétel nélkül csökkent a szalmatakarás aránya. Ezzel együtt folyamatosan nőtt a gyomok, és az árvakelés nyújtotta takarás, amely átvette a szalma védelmi szerepét. Az SP és a K eljárásoknál augusztustól kezdődően vált szükségessé a felszínvédelmi funkció megerősítése.

A kezelések közül kiemelkedett az SP, a K, és a HTGY jelölésű, amelyek borításai arányszámai 4, 2,57, illetve 2,33 értéken alakultak a kísérlet végén.

13. táblázat. Az össznövény:talaj borítási arányszám változása 77 nap alatt (Hatvan, 2008)

Nap	HN	SP	K	HT	HTGY	SZF	VSZ	VSZE	VSZSP	L	LE
07. 13.	19	1,22	1,22	0,66	0,72	0,01	0,01	0	0,01	2,33	0,49
07. 24.	49	2,44	2,44	1,08	1,08	0,42	0,11	0,05	0,09	3	0,53
08. 14.	3,16	2,33	1,63	0,85	1	0,38	0,15	0,11	0,16	2,33	0,58
09. 14.	4,88	4,26	2,12	1,04	2,12	0,69	0,69	0,66	0,56	2,84	0,88
09. 27.	4,55	4	2,57	1,08	2,33	1,04	1,08	0,88	0,81	1,77	1,43

Kezelések: HN: hántatlan, SP: síktárcsás porhanyító, K: kultivátor, HT: hagyományos tárcsa, HTGY: hagyományos tárcsa hengerrel, SZF: ágyeke forgóelemmel, VSZ: váltvaforgató eke, VSZE: váltvaforgató eke elmunkálóval, VSZ-SP: váltvaforgató eke és síktárcsa, L: lazító, LE: lazító és elmunkáló

14. táblázat. Az árvakelés és a gyom hatása a borítási arányszám változására (Hatvan, 2008)

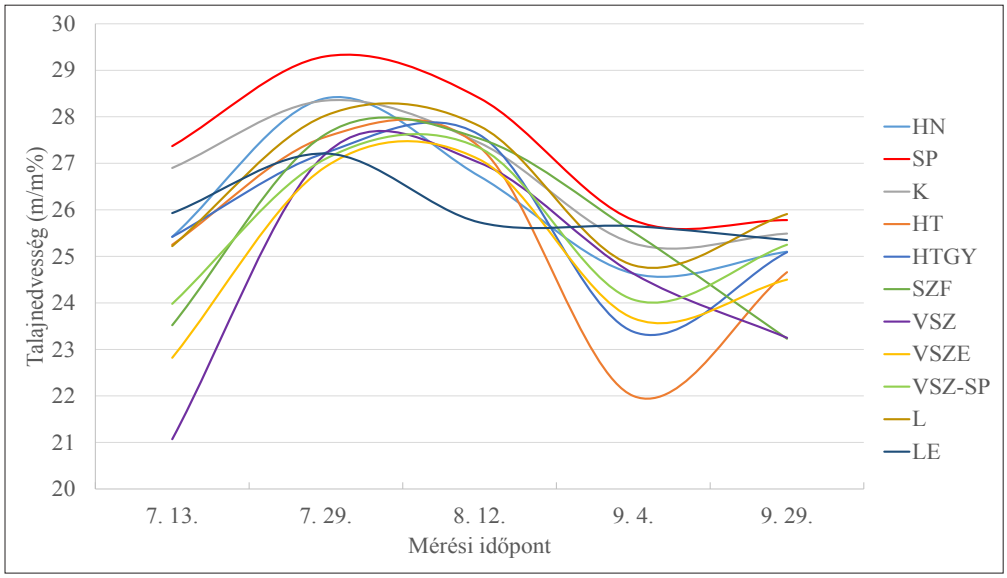
Nap	HN	SP	K	HT	HTGY	SZF	VSZ	VSZE	VSZSP	L	LE
07. 13.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
07. 24.	41,7	1,4	1,4	0,5	0,4	0,3	0,1	0,1	0,1	1,1	0,1
08. 14.	1,5	1,7	1,0	0,5	0,5	0,3	0,1	0,1	0,2	1,0	0,2
09. 14.	3,4	3,7	1,6	0,7	1,7	0,7	0,7	0,7	0,6	1,6	0,6
09. 27.	3,2	3,5	2,1	0,8	2,0	1,0	1,0	0,9	0,8	1,1	1,2

Kezelések: HN: hántatlan, SP: síktárcsás porhanyító, K: kultivátor, HT: hagyományos tárcsa, HTGY: hagyományos tárcsa hengerrel, SZF: ágyeke forgóelemmel, VSZ: váltvaforgató eke, VSZE: váltvaforgató eke elmunkálóval, VSZ-SP: váltvaforgató eke és síktárcsa, L: lazító, LE: lazító és elmunkáló

A sekélyművelések közül a HT kezelés alacsony értéke (1,08) a bolygatott talaj lezárásának fontosságára hívja fel a figyelmet. A gyom- és árvakelésnek köszönhetően július 24 -től már a HT és HTGY variánsok is, a 77. napra pedig az összes kezelés rendelkezett a hatékony felszínvédelemhez szükséges kritikus 0,81 értékkel. A gyom- és árvakelés borításváltozásban betöltött hatása legszembetűnőbb a HN, az SP, a K és a HTGY eljárások esetében, ugyanis ezekben az esetekben 2–3,5 közötti értékkel javította a borítási arányszámot. A magas arányszám a kedvező talajállapot miatt bekövetkezett tömeges gyom- és árvakelés eredménye.

4.1.2. A talajnedvesség alakulása a tarlóművelési kísérletben

Adott talajtípus nedvességoptimuma 22 tömeg%-nál van, azaz ekkor, nyirkos állapotában művelhető a legjobb minőségben és legkisebb energiával (Csorba et al. 2011). Kísérletünkben a felső 0–50 cm réteg nedvességét mértük, mivel e réteg átázhat 40–50 mm nyári csapadék hatására, továbbá az alsóbb rétegekből felfelé szivárgó nedvesség kedvező esetben e rétegben csapódhat le. A kísérlet beállításakor (július 13.) a 0–50 cm talajszelvény átlagos nedvességtartalma 21,07–27,37 tömeg% között változott, kezelésenként eltérő értékeket mutatva. Az intervallumon belül a sekély-műveléses kezelések (SP, K, HT, HTGY) adták a magasabb értékeket, átlagban 3,38 tömeg%-kal (14,8%) múlták felül a szántásoknál mért átlagos nedvességértékeket (6. ábra). A mélyműveléses kezelések közül az L és az LE kedvező értékeinek hátterében az intenzív bolygatás után is fennálló magas borítottság (70% az L kezelésnél), valamint az LE variáns esetében az időveszteség nélküli elmunkálás áll. A felszín elmunkálásának fontossága, ha szerény mértékben ugyan, de már a kísérlet elején is megmutatkozott, mert a július 13-i méréskor a HT-HTGY, a VSZ-VSZE, valamint az L-LE kezelés párokat összehasonlítva 0,17, 1,75, illetve 0,71 tömeg%-kal mértünk magasabb nedvességértékeket ott, ahol elmunkálást is alkalmaztunk.



6. ábra. Talajnedvesség trend a talaj 0–50 cm rétegében (Hatvan, 2008. 07. 13. – 09. 29.)

Kezelések: HN: hántatlan, SP: síktárcsás porhanyító, K: kultivátor, HT: hagyományos tárcsa, HTGY: hagyományos tárcsa hengerrel, SZF: ágyeke forgóelemmel, VSZ: váltvaforgató eke, VSZE: váltvaforgató eke elmunkálóval, VSZ-SP: váltvaforgató eke és síktárcsa, L: lazító, LE: lazító és elmunkáló

A csapadékos júliust (210,2 mm) – július 25-től kezdődően – száraz időszak követte, és a kísérlet befejezéséig mindössze 109,6 mm csapadék hullott, kedvezőtlen eloszlásban. A 67 nap alatt 23 csapadékeseményt naplóztunk, amelyből 16 alkalommal 5 mm-nél, 15 alkalommal pedig 2 mm-nél kevesebb csapadék hullott. Ugyanakkor a talajnedvesség-értékek a kísérlet 79 napja alatt végig 22 tömeg% felett alakultak, az augusztus–szeptemberi száraz periódus idején is. Ennek hátterében elsősorban a nedvességkímélő művelés állt. Mint ismert, kedvező esetben a csapadék 80%-a jut a talajba. A nedvesség további sorsát – mint esetünkben is történt – azonban a talaj állapota jelentősen befolyásolhatja. A nedvességtartalom változása +/– 1,23–10,2% között alakult (15. táblázat). A 11 változat összehasonlításában a talajnedvesség az SP és K kezelésekben a 2., illetve 3. a legmagasabb értékeken alakult, mégis 5%-ot meghaladó veszteség adódott az első napon mért állapothoz képest. Ez jól tükrözi azt a tényt, hogy amikor a párolgás feltételei kialakulnak, a talaj vizet veszít, azaz a teljes vízmennyiséget megőrizni nem lehet. A veszteséget a talaj takarásával, valamint kímélő műveléssel csökkenteni tudjuk (Birkás 2010).

15. táblázat. A talajnedvesség változása a kísérlet 79 napja alatt (Hatvan, 2008)

Kezelés	Talajnedvesség (tömeg%) 1. nap	Sorrend	Talajnedvesség (tömeg%) 79. nap	Sorrend	Nedvesség-változás (%)
HN	25,42	5	25,1	6	–1,25
SP	27,37	1	25,78	2	–5,80
K	26,9	2	25,49	3	–5,24
HT	25,25	6	24,66	8	–2,33
HTGY	25,42	4	25,09	7	–1,29
SZF	23,52	9	23,23	11	–1,23
VSZ	21,07	11	23,25	10	+10,2
VSZE	22,82	10	24,5	9	+7,45
VSZ-SP	23,98	8	25,25	5	+5,29
L	25,22	7	25,91	1	+2,7
LE	25,93	3	25,35	4	–2,2

Kezelések: HN: hántatlan, SP: síktárcsás porhanyító, K: kultivátor, HT: hagyományos tárcsa, HTGY: hagyományos tárcsa hengerrel, SZF: ágyeke forgóelemmel, VSZ: váltvaforgató eke, VSZE: váltva-forgató eke elmunkálóval, VSZ-SP: váltvaforgató eke és síktárcsa, L: lazító, LE: lazító és elmunkáló

A kísérlet utolsó mérési időpontjában, szeptember 29-én a kezelések között mért legnagyobb eltérés 2,68 tömeg% volt (11,5%), amely az SZF és L változat között alakult ki. A szántások ala-

csonyabb nedvességtartalma a nagyobb vízvesztő felület miatt várható volt. Ugyanakkor mindössze 1,19 tömeg%-kal (4,9%) mértünk kisebb záróértéket a négy szántásos változat átlagában, szemben a sekélyműveléses variánsok átlagával. A lazított parcellák viszonylag magas záróértéke mögött a tenyészidőszakon kívül fenntartott, illetve a gyom- és árvakelésnek köszönhetően elért jó talajborítottság áll, amely 70%-ról mindössze 64%-ra csökkent 77 nap alatt. Igazoltuk a sekélyművelések előnyét a mélyművelésekkel szemben, noha a síktárcsával elmunkált forgatás (VSZ-SP) kedvezőbbnek bizonyult a többi szántásos változatnál. A 79. napon a következőképpen alakult a kezelések sorrendje a talajnedvesség értékek alapján: L>SP>K>LE>VSZ-SP>HN>HTGY>HT>VSZE>VSZ>SZF. A legjobban szereplő L, SP és K variáns egyben a legnagyobb felszínborítási értékkel rendelkezett a kísérlet végén.

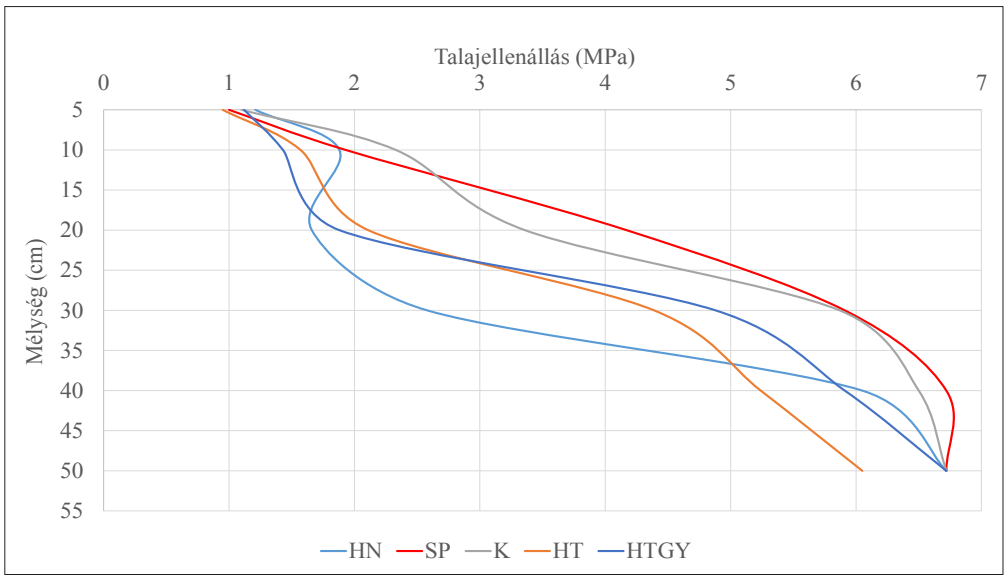
A talaj 0–50 cm rétegének nedvességkülönbségei nem érik el a statisztikai megbízhatóság értékét (4/a., b. melléklet). A talajfelszín takartsága és a talajnedvesség közötti kapcsolat erősségét regresszióanalízissel vizsgáltuk, a két változó gyenge kapcsolatát (R^2=0,592) másodfokú parabolafüggvény írja le (30. melléklet).

Eredményeinkhez hasonló megállapításokra jutottak Sharma et al. (2009), Sarkar és Signh (2007), valamint Zsembeli et al. (2015) is, akik nagyobb nedvességtartalmat mértek a csökkentett művelés és az arányosan nagyobb mértékű felszíntakarás függvényében. Ugyanakkor például Kovac et al. (2005) kísérleteiben a hagyományos művelésű parcella nedvességtartalma meghaladta a csökkentett művelésű és a direktvetésű változat nedvességtartalmát is.

4.1.3. Talajellenállás-vizsgálatok a tarlóművelési kísérletben

A talaj behatolási ellenállását a 0–50 cm rétegben rugós erőmérővel vizsgálatuk. Az 5/10 cm-enként mért értékekből rajzolt penetrogramok alapján minősíthetjük a talaj állapotát, meghatározhatjuk a tömörödés mértékét és a tömör rétegek elhelyezkedését.

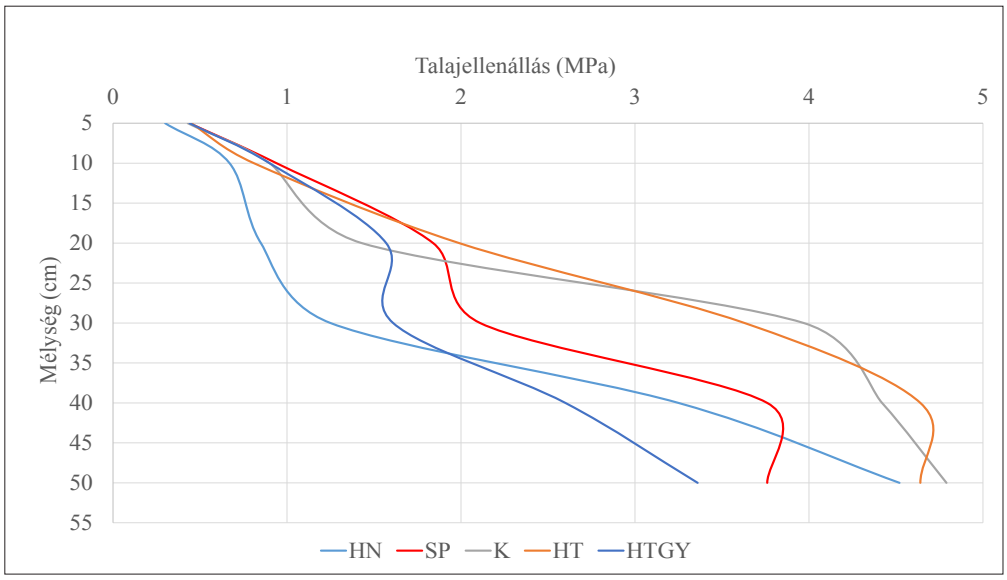
Az 7. ábrán szembetűnő a tenyészidőszak alatt letömörödött talaj állapota, amelyet a hántatlan tarló (HN) magas ellenállásértékei igazolnak. A sekélyművelések felszíni rétege a bolygatás mélységéig volt lazult, amely 10 cm-t jelentett az SP és a K, valamint 20 cm-t a HT és a HTGY variánsok esetében. Az első mérési időpontban az átlagos talajellenállás értékek a 0–50 cm talajrétegben 3,4–4,4 MPa között alakultak. A második mérési időpontban a 0–50 cm rétegben mért átlagértékek látványosan csökkentek, 1,17 MPa volt a HN kezelés, valamint 0,99–1,12 között változott az SP, a K, a HT és a HTGY változatok esetében. Mindennek hátterében az ebben az időszakban esett 167,6 mm csapadék állt. Ezt követően augusz tus 12-ig 20,2 mm, majd szeptember 04-ig újabb



7. ábra. A talajellenállás értékei az 1. napon a sekélyműveléses kezelésekben (Hatvan, 2008. 07. 13.)

Kezelések: HN: hántatlan, SP: síktárcsás porhanyító, K: kultivátor, HT: hagyományos tárcsa, HTGY: hagyományos tárcsa hengerrel

12 mm csapadék hullott. A szárazodás magasabb értékekben realizálódott, így augusztus elejére 40–107%-kal nőtt a talaj ellenállása a sekélyműveléses kezelésekben, míg szeptember elejére már 2-3-szoros értékeket kaptunk a július végi eredményekhez képest. Szeptember 29-én az újra nyirkos talajban végzett mérés a valós különbségeket mutatta az egyes eljárások között (8. ábra).

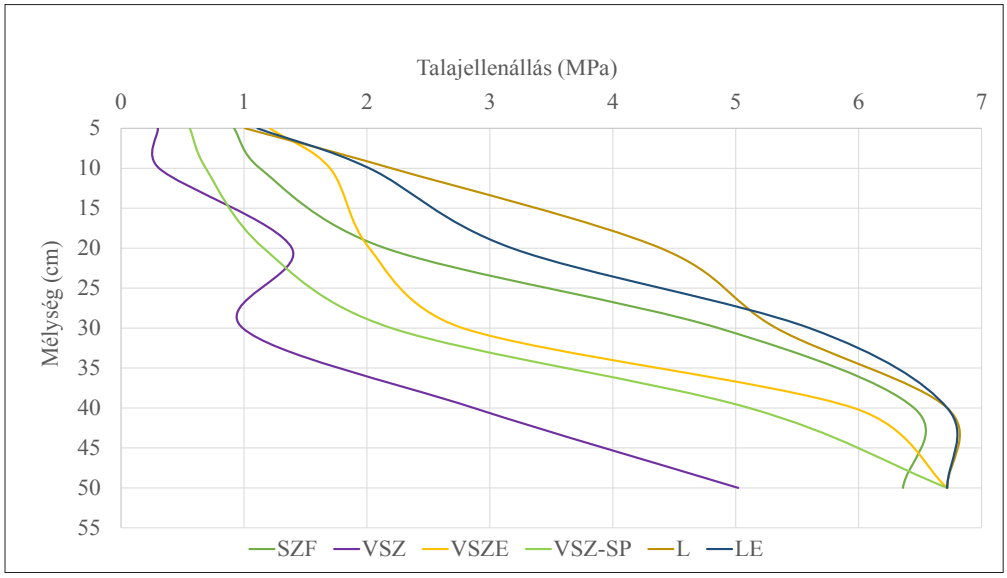


8. ábra. A talajellenállás értékei a 79. napon a sekélyműveléses kezelésekben (Hatvan, 2008. 09. 29)

Kezelések: HN: hántatlan, SP: síktárcsás porhanyító, K: kultivátor, HT: hagyományos tárcsa, HTGY: hagyományos tárcsa hengerrel

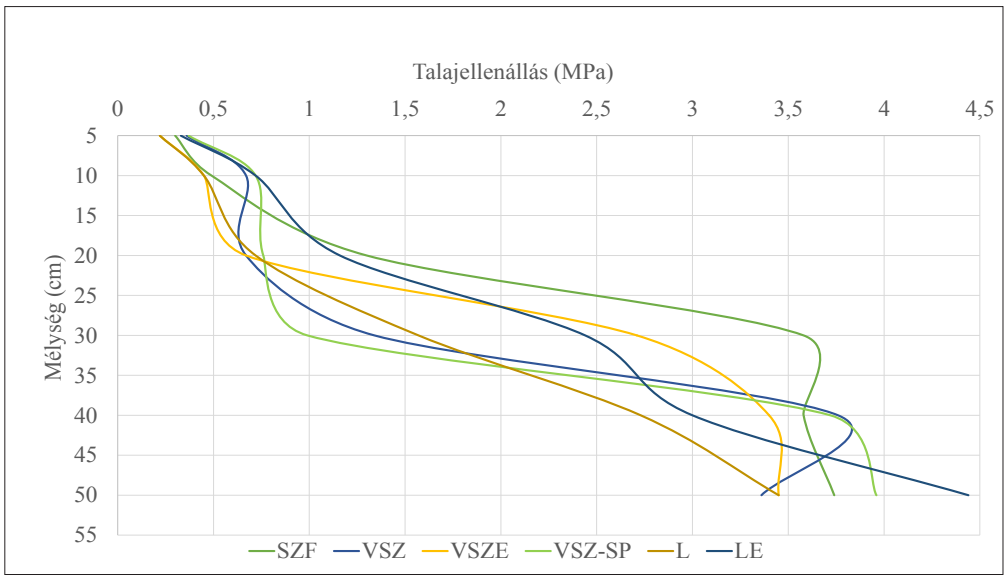
A hántatlan tarló tömörsége a magas borítási értéknek köszönhetően 79 nap alatt 1,88 MPa értékről 0,67-ra csökkent a felszíni 0–10 cm rétegben, lazultsága pedig 30 cm mélyre terjedt ki. A 79. napra a talaj felső 18–20 cm rétege minden sekélyműveléses kezelésben kellően átlazult, ugyanakkor a 28 cm körül lokalizált eketalp-tömörödés mindenhol kimutatható volt. A lazult réteg mélysége a kísérlet végére 20 cm-rel nőtt az SP és a HTGY, míg 10 cm-rel a K kezelés esetében, ugyanakkor a HT változatnál nem változott.

A kísérlet beállításakor a mélyműveléses kezelések átlagos talajellenállás-értékei 1,81–4,23 MPa között alakultak a 0–50 cm talajrétegben (9. ábra). A szántások (SZF, VSZ, VSZE, VSZ-SP) lazító hatása 25, illetve 32–34 cm-ig volt kimutatható, ugyanakkor a lazítások (L, LE) hatása a penetrációs adatokból nem volt igazolható, mivel a talaj a kívánatosnál nedvesebb volt 30 cm alatt. Ennél a két változatnál már 20 cm alatt 4,39, illetve 3,18 MPa értékeket mértünk. A nedvesebb július végi, majd a száraz augusztus és szeptember eleji időszakban a szántások és a lazítások esetében a sekélyműveléses kezelésekhez hasonlóan először alacsonyabb, majd magasabb talajellenállás értékeket mértünk.



9. ábra. A talajellenállás értékei az 1. napon a mélyműveléses kezelésekben (Hatvan, 2008. 07. 13.) Kezelések: SZF: ágyeke forgóelemmel, VSZ: váltvaforgató eke, VSZE: váltvaforgató eke elmunkálóval, VSZ-SP: váltvaforgató eke és síktárcsa, L: lazító, LE: lazító és elmunkáló

A kísérlet 79. napján megállapítottuk a lazult réteg kiterjedését (a talaj lazultsága 7–47%-ban nőtt a szántott rétegben és alatta), valamint az eketalp-tömörödés megmaradását az SZF változat alatt (10. ábra).



10. ábra. A talajellenállás értékei a 79. napon a mélyműveléses kezelésekben (Hatvan, 2008. 09. 29)

Kezelések: SZF: ágyeke forgóelemmel, VSZ: váltvaforgató eke, VSZE: váltvaforgató eke elmunkálóval, VSZ-SP: váltvaforgató eke és síktárcsa, L: lazító, LE: lazító és elmunkáló

A 0–50 cm rétegben mért átlagos talajellenállás-értékek alapján a következő sorrendet állítottuk fel az egyes kezelések között: L<VSZ<HTGY=VSZ-SP<HN<VSZE<LE<SP<SZF<K<HT. A lazított (L, LE) talajt 30 cm-ig 2 MPa-nál, 40 cm-nél pedig 3 MPa-nál kisebb talajellenállás jellemezte, a lazulás mértéke 65 és 52% volt. A lazulás mértéke a penetrációs átlagok alapján is elbírálható. A hántatlan talaj (HN) lazulása 46%, a hagyományos tárcsával (HT) művelt talajé pedig 21% volt. Az elmunkált tárcsázott (HTGY) talaj 55%-kal lett lazább. Az ajánlott sekélyművelések (K, SP) lazulása igen kedvező, 38, illetve 51% volt (16. táblázat).

16. táblázat. A penetrációs ellenállás értékek átlaga MPa -ban megadva (Hatvan, 2008)

Időpont	**HN**	**SP**	**K**	**HT**	**HTGY**	**SZF**	**VSZ**	**VSZE**	**VSZ-SP**	**L**	**LE**	**Átlag**
07. 13.	3,35	4,40	4,31	3,40	3,66	3,63	1,81	3,40	2,74	4,40	4,23	3,56
09. 29.	1,81	2,14	2,66	2,69	1,75	2,22	1,69	1,82	1,75	1,52	2,02	1,93
Változás (%)	46	51	38	21	55	39	7	47	36	65	52	46

Kezelések: HN: hántatlan, SP: síktárcsás porhanyító, K: kultivátor, HT: hagyományos tárcsa, HTGY: hagyományos tárcsa hengerrel, SZF: ágyeke forgóelemmel, VSZ: váltvaforgató eke, VSZE: váltvaforgató eke elmunkálóval, VSZ-SP: váltvaforgató eke és síktárcsa, L: lazító, LE: lazító és elmunkáló

Az egyes kezelések közötti talajellenállás-különbségeket (0–50 cm) sem az első, sem pedig az utolsó napon nem találtuk statisztikailag igazoltnak (5/a., b. melléklet). A talajtakarás és a talajellenállás között gyenge összefüggést tártunk fel R^2=0,391 (31. melléklet).

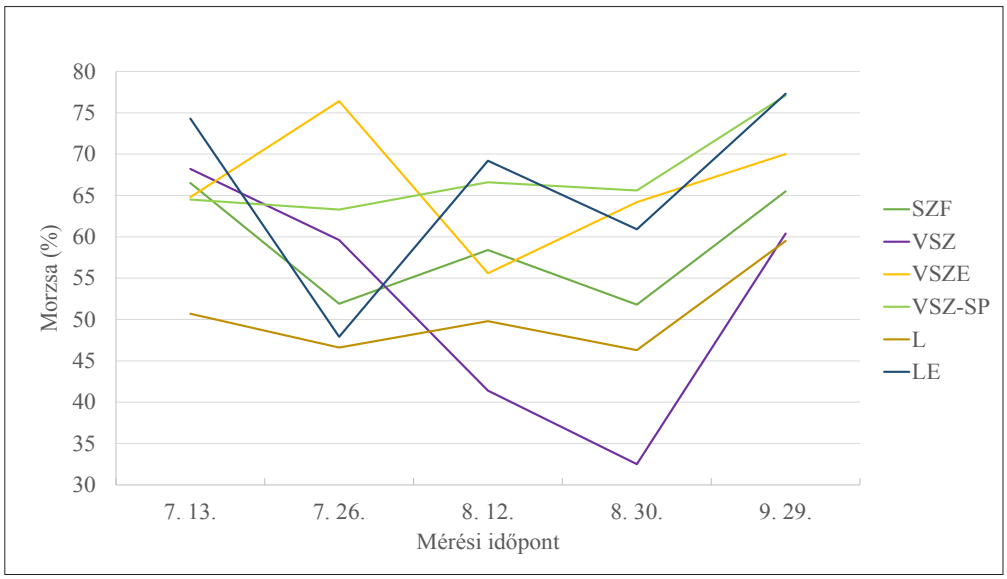
Eredményeinktől eltérő következtetésre jutott Amuri és Brye (2008) is, akik a felső 0-20 cm-es talajrétegben nem találtak összefüggést a talajellenállás, valamint a talajművelés és a felszínen lévő származadvány között. Hulugalle és Palada (1990) kísérleteiben a felszínen hagyott származadvány szintén nem befolyásolta a talaj tömörségét a felső 10-cm-es talajrétegben.

4.1.4. Az agronómiai szerkezet változása a tarlóművelési kísérletben

Az agronómiai szerkezet, azaz a rög (>10 mm), a morzsa (0,25–10 mm) és a por (<0,25 mm) aránya alkalmas arra, hogy a talajkondíciót és a műveléshatást elbíráljuk. A morzsafrakción belül a porfrakcióhoz közel álló kismorzsa (0,25–2,5 mm), valamint nagymorzsa (2,5–10 mm) különíthető el. A sokszor és intenzíven bolygatott talajokban nő a por- és a rögfrakció aránya, ezzel szemben a kímélő művelés előnye a nagyobb morzsaarányban nyilvánul meg. Stefanovits (1992b) megállapítása szerint, az ideális szerkezetű talajban a morzsák aránya 80%, hazánkban viszont ilyen talajt nem találunk. A kísérleti terület talajában a művelés előtt a rög:morzsa:por arány 23:75:2, a kísérlet befejezésekor a művelések átlaga 20:70:10 volt, amely főként a szántásos kezelésekben bekövetkezett porosodás miatt állt elő. A heves esők eliszapoló hatása a szántások takaratlan talaján érdemi kárt is okozott a por eliszapolásával. A talaj pórusaiban lévő levegő felmelegedéskor kitágul, lehűléskor pedig összehúzódik, ennek ismétlődése során alakul ki a nyári szántások felszínén az 1-2 cm mélységre terjedő lazult, porhanyó réteg, amelyet az eső könnyen eliszapol.

A morzsásodás megindulásának feltétele a talaj nyirkossága, a megfelelő talajélet és földigiliszta-tevékenység, a felszín védelme takarással, valamint a kímélő művelés, kisebb talajterhelés. A kísérlet beállítását követő első mérés során a négy sekélyműveléses kezelésben átlagosan 74,2% volt a morzsa aránya (amely adott talajra jellemző érték), szemben a szántások 66% átlagértékével.

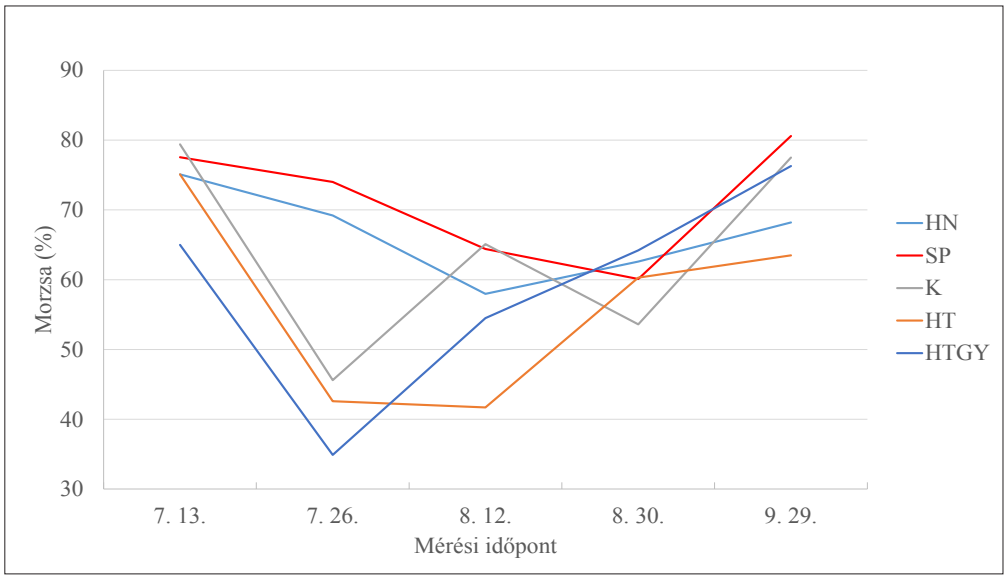
A mélyművelések közül a 79. napra az VSZ-SP és az LE variánsok esetében 77,1, illetve 77,3% morzsaarányt mértünk, amely a jó talajszerkezet jele (11. ábra). Birkás (2010) szerint, ha morzsafrakció 70–80% között alakul, a talajszerkezet jónak ítélhető.



11. ábra. A morzsásodás trendje a mélyművelésekben (Hatvan, 2008. 07. 13. – 09. 29.)

Kezelések: SZF: ágyeke forgóelemmel, VSZ: váltvaforgató eke, VSZE: váltvaforgató eke elmunkálóval, VSZ-SP: váltvaforgató eke és síktárcsa, L: lazító, LE: lazító és elmunkáló

A 12. ábrán látható, hogy a sekélyműveléses kezelésekben jelentősebb morzsavisszaesés a hagyományos tárcsával (HT) művelt talajon következett be, amely a talaj takarásának (árvakelés, gyom) köszönhetően az időszak végére javult. A morzsavédelemben a mulcshagyó SP, K és HTGY kezeléseket minősítettük kedvezőnek, mivel az összes morzsa aránya mindhárom esetben 70% felett alakult a kísérlet végére, sőt az SP esetében a 80% -ot is meghaladta, amely a kedvező talajszerkezet kialakulására utal.



12. ábra. A morzsásodás trendje a sekélyművelésekben (Hatvan, 2008. 07. 13. – 09. 29.)

Kezelések: HN: hántatlan, SP: síktárcsás porhanyító, K: kultivátor, HT: hagyományos tárcsa, HTGY: hagyományos tárcsa hengerrel

A 17. táblázat adataiból látható, hogy a kísérlet ideje alatt az SP, a HTGY, a VSZE, a VSZ-SP, az L, valamint az LE kezelésekben nőtt a morzsaarány. Ellenben a hántatlan tarló talajában (HN) a 79 nap alatt 9,2%-kal csökkent a morzsafrakció aránya, amelynek hátterében vélhetően a borítottság és a talajnedvesség csökkenése áll. Az előbbi mutató 95-ről 82%-ra csökkent a kísérlet végére, de volt olyan időszak augusztus közepén, amikor az összes borítás (szalma, gyom, árvakelés) csupán 76%-ot ért el. A talajnedvesség ennek megfelelően az augusztusi mérési időpontban 3,25 (15 cm), illetve 2,5 (20 cm) tömeg%-kal alacsonyabb értéket mutatott. Nyilvánvaló, hogy a takarás és a talajnedvesség ilyen mértékű csökkenése negatív hatást gyakorolhat a morzsásodásra.

17. táblázat. A morzsafrakció változása a kísérlet 79 napja alatt (Hatvan, 2008)

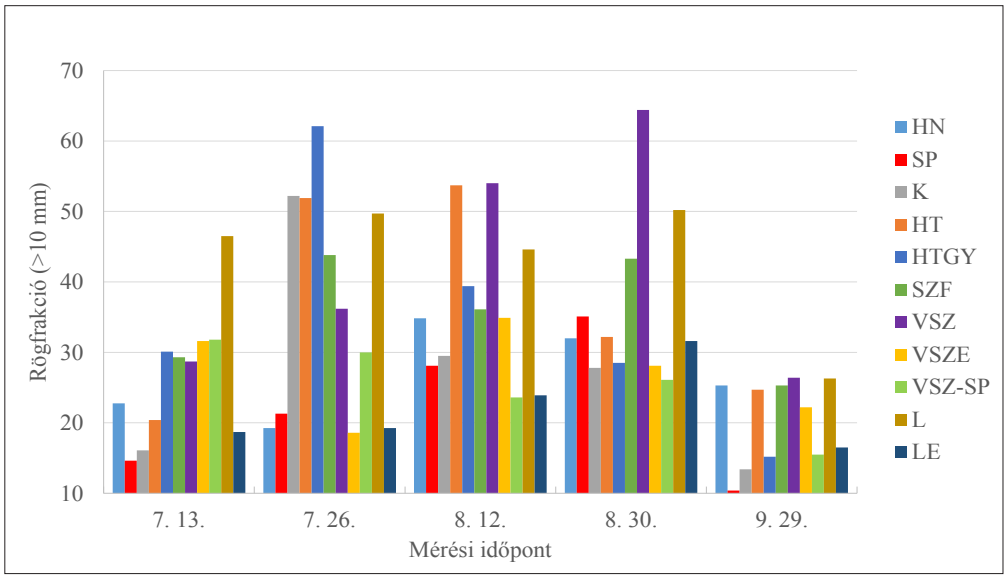
Kezelés	Összes morzsa (%) 1. nap	Sorrend	Összes morzsa (%) 79. nap	Sorrend	Morzsásságváltozás (%)
HN	75,09	4	68,2	7	–9,2
SP	77,5	2	80,6	1	+4,0
K	79,4	1	77,5	2	–2,4
HT	75,1	3	63,5	9	–13,0
HTGY	65	8	76,3	5	+17,4
SZF	66,5	7	65,5	8	–1,5
VSZ	68,2	6	60,4	10	–11,4
VSZE	64,8	9	70,0	6	+8,0
VSZ-SP	64,5	10	77,1	4	+19,5
L	50,7	11	59,5	11	+17,3
LE	74,3	5	77,3	3	+4,0

Kezelések: HN: hántatlan, SP: síktárcsás porhanyító, K: kultivátor, HT: hagyományos tárcsa, HTGY: hagyományos tárcsa hengerrel, SZF: ágyeke forgóelemmel, VSZ: váltvaforgató eke, VSZE: váltvaforgató eke elmunkálóval, VSZ-SP: váltvaforgató eke és síktárcsa, L: lazító, LE: lazító és elmunkáló

Az SP 80,6, a K kezelés pedig 77,5% morzsaarányt mutatott a kísérlet végére. A köztük lévő 4% különbség úgy állt elő SP javára, hogy a beállítást követő első mérés során még K-nál mértünk némileg nagyobb értéket. Az eltérést azzal indokolhatjuk, hogy a kezdetben még egyforma felszín-borítottság, augusztus közepétől megváltozott, mivel az SP 8, 13, illetve 8%-kal nagyobb takarási értéket mutatott az egyes mérési időpontokban. A VSZ kezelést vizsgálva megállapíthatjuk, hogy az elmunkálás ténye (VSZE, VSZE-SP) 15,9, illetve 27,6%-ot javított a morzsaarányon. A VSZ-SP kezelésben külön menetben alkalmaztunk szántás-elmunkálást, és azt tapasztaltuk, hogy a

síktárcsás eszköz porhanyító és konszolidáló hatása szembetűnőbb a váltvaforgató ekére szerelt elmunkálóénál. Ez magyarázhatja a morzsaarányban rejlő jelentős, 10,1% különbséget. A HT és a HTGY változat morzsafrakcióját összehasonlítva, szintén nagy, 20,1% eltérést találtunk a HTGY javára, amely újfent a bolygatott felszín elmunkálásának fontosságára hívja fel a figyelmet. A 79. napon mért morzsafrakció tekintetében a következő sorrendet állítottuk fel a kezelések között: SP>K>LE>VSZ-SP>HTGY>VSZE>HN>SZF>HT> VSZ>L.

A morzsásodás mellett ható kedvezőtlen folyamat a rögösödés. A száraz talaj művelésekor por és rög keletkezik, ehhez hasonlóan, a nedves talajon gyúrt rögök kiszáradva kőkeménnyé válnak. A rögök (>10 mm) aránya a szántások közül az SZF és a VSZ változatoknál, továbbá az elmunkálatlan szántás (VSZ), a lazítás (L), valamint a hagyományos tárcsás művelés (HT) esetében volt nagyobb mértékű egészen augusztus végéig (13. ábra). A kísérlet végére e kezelésekben is 30% alá csökkent a rögösség aránya. Az SP, a K és az LE kezelések rögössége a 79 nap alatt a körülményekhez képest is alacsony maradt. A VSZE és a VSZ-SP változatok alacsony rögfrakciója a szántások elmunkálásának előnyeire irányítja rá a figyelmet. A 79. napon mért rögfrakció tekintetében a következő sorrendet állítottuk fel az egyes kezelések között: VSZ>L>SZF=HN>HT>VSZE>LE>VSZ-SP>HTGY>K>SP.



13. ábra. A rögfrakció trendje eltérő művelések esetén (Hatvan, 2008. 07. 13. – 09. 29.)

Kezelések: HN: hántatlan, SP: síktárcsás porhanyító, K: kultivátor, HT: hagyományos tárcsa, HTGY: hagyományos tárcsa hengerrel, SZF: ágyeke forgóelemmel, VSZ: váltvaforgató eke, VSZE: váltvaforgató eke elmunkálóval, VSZ-SP: váltvaforgató eke és síktárcsa, L: lazító, LE: lazító és elmunkáló

Rögfrakció $SZD_{5\%:}$:14,77; $SZD_{1\%}$:19,74

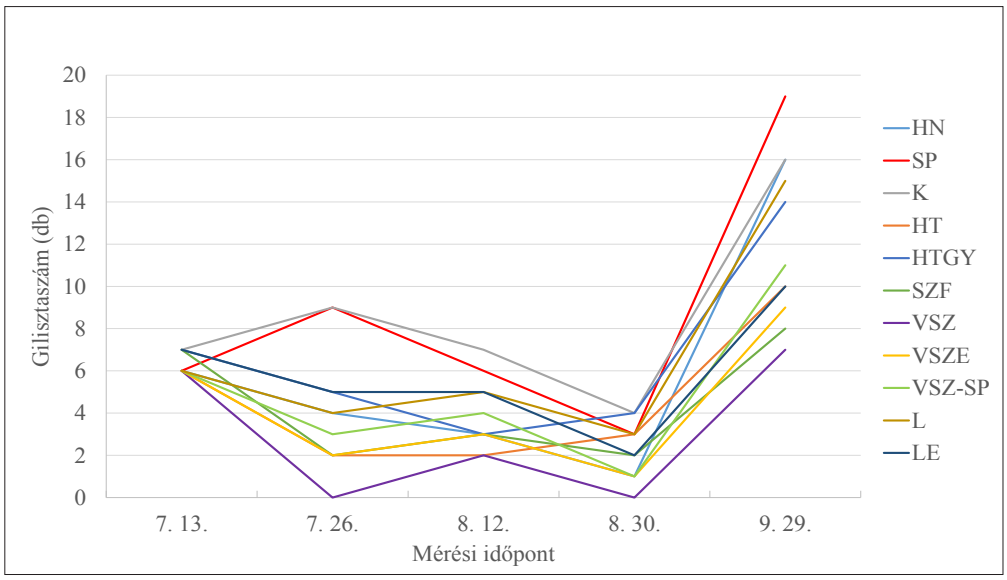
A morzsa- és a porfrakció vizsgálatakor megállapítottuk, hogy az egyes kezeléspárok között fennálló különbségek nem érik el a statisztikai megbízhatóság határát (6/a., b. és 7/a., b. melléklet). A rögfrakció tekintetében P>5% szinten a HN-VSZ/L, az SP-VSZ/L, a K-L, a VSZ-VSZE/VSZ-SP/LE, a VSZE-L, a VSZE-SP-L, valamint az L-LE változatok közötti különbségek statisztikailag is megbízhatóak. Ugyanakkor P>1% szinten már csak az SP-VSZ/L, valamint az L-LE között találtunk igazolt eltérést (8/a., b., c. melléklet). A 32. és 33. melléklet szerint a talajnedvesség és a morzsásság között gyenge (R^2=0,1616), míg a talajborítottság és a morzsásság között közepesen erős (R^2=0,7402) kapcsolatot tártunk fel.

Kalmár et al. (2013) korábbi vizsgálataiban hasonló összefüggést találhatunk, ugyanis a takarás arányának növelése 1,3-2,3-szer erősebb hatással bírt a morzsaképződésre, mint a különböző kezelésekben mért talajnedvesség. Eredményeinkhez hasonlóan Borresen (1999) is rámutatott a sekélyművelés és a szalmakezelés morzsásodásra kifejtett pozitív hatására.

4.1.5. A földigilisztaszám vizsgálata a tarlóművelési kísérletben

A földigiliszta-tevékenység a talaj biológiai életének és fizikai kondíciójának objektív mutatója. Valószínűleg a talaj folyamatos nyirkosságának és takart felszínének köszönhetően – az augusztusi visszaesést leszámítva – folyamatosan növekedett a gilisztaszám a talajban. Az augusztusi egyedszámcsökkenés hátterében a július végén kezdődött száraz periódus állt, emiatt az augusztus 30-án végrehajtott számlálás során egyetlen kezelésben sem találtunk 4-nél több egyedet. Az időjárás és főként a szárazság giliszta aktivitásra gyakorolt kedvezőtlen hatásaira Johnson-Maynard et al. (2007) is rámutattak. Birkás (2006) megállapítása szerint az egy ásómintában talált 3-4 giliszta (kb. 30–40 db/m^2/15 cm) igen jó élőhelyre utal. Kísérletünkben a földigilisztaszám a 79. napon 7–19 db között alakult, amely közepes földigilisztaszámnak felel meg. Birkás et al. (1989) rámutattak arra is, hogy a talajművelésnek a vártnál nagyobb hatása van a földigilisztaszámra. A korábban alkalmazott rossz gyakorlat, a mély tarlóművelés a fedetlenül hagyott felszínnel együtt, valamint a nyári, lezáratlan szántás a giliszta aktivitás csökkenését eredményezte. A 2008. évi tarlóművelési kísérlet szántásos kezelései ezt a megállapítást alátámasztják, mivel az SZF és a VSZ variánsokban számláltuk a legkevesebb földigilisztát a kísérlet végén, 7, illetve 8 egyedet (14. ábra).

Az öt mérés átlagát tekintve a HT, az SZF és a VSZ eljárások szerepeltek a legrosszabbul. Birkás – a talaj nedvességtartalma és a földigiliszta aktivitás közötti összefüggés elemzése során – azt is megállapította, hogy a talajművelés számára (középkötött vályogtalajon tapasztalt) ajánlott nedvességintervallum 19–25 tömeg% (optimum 22%), a földigilisztaszámra is a legkedvezőbb érték (14. ábra).



14. ábra. A földigilisztaszám alakulása eltérő művelések esetén (Hatvan, 2008. 07. 13. – 09. 29.)

Kezelések: HN: hántatlan, SP: síktárcsás porhanyító, K: kultivátor, HT: hagyományos tárcsa, HTGY: hagyományos tárcsa hengerrel, SZF: ágyeke forgóelemmel, VSZ: váltvaforgató eke, VSZE: váltvaforgató eke elmunkálóval, VSZ-SP: váltvaforgató eke és síktárcsa, L: lazító, LE: lazító és elmunkáló

Az egyedszám tekintetében a kezelések sorrendje az utolsó mérési időpontban (szeptember 29.) a következő volt: SP>K>HN>L>HTGY>VSZ-SP>HT=LE>VSZE>SZF>VSZ. Az SP, a K és a HN kezelésekben szeptember végén 16–19 db egyed fordult elő a 0–15 cm rétegben négyzetméterenként, vagyis a szántásokhoz képest szinte kétszeres egyedszámot mértünk. A szántások okozta intenzív talajbolygatás értelemszerűen kisebb egyedszámot eredményezett, ugyanakkor a művelés nélküli HN variáns nagyobb egyedszámban megmutatkozó előnye csak hosszabb távon érvényesült volna. A szakirodalomban hasonló eredményről számolt be Mackay és Kladivko (1985), valamint Chan (2001) is, akik a művelés elhagyásával 2-9 szeres földigliszta egyedszám növekedésről adtak számot. Ugyanakkor Capowiez et al. (2009) kísérleteiben a talajművelésének nem volt szignifikáns hatása a földigilisztaszámra.

Az elmunkált felszínű lazított parcella (LE) talaja 35–40 cm mélyen, kevésbé intenzíven volt bolygatva,ezért az utolsó mérési időpontban számolt egyedszám közel állt a földigiliszta-barát (Birkás 2010) művelést (jellemzője a lazult, morzsás talajszerkezet, a kis vízvesztő felület, valamint a takart felszín) megtestesítő SP és K kezelésekhez. Ennek hátterében a tömörödésektől mentes, 30–40 cm mélységig lazult talaj, és a 20–30%-ban takart felszín áll, amelyek jó életfeltételeket biztosítottak a földigiliszták számára.

Az egyes kezelléspárok közötti eltéréseket nem találtuk statisztikailag igazoltnak (9/a., b. melléklet). Ugyanakkor a 34. és 35. melléklet szerint a talaj takarása és a földigilisztaszám, valamint a talaj-

nedvesség és a földigilisztaszám között erős kapcsolatot fedeztünk fel, amit az R^2 =0,8242, illetve 0,9066 értékek jól tükröznek.

A szakirodalomban hasonló eredményekről számoltak be Doube et al. (1994), akik pozitív korrelációt (R^2 = 0,64, P<0,001) találtak a giliszta biomassza és a tél elején még felszínen lévő származaradvány mennyisége között. Buck et al. (2000) is igazolták a felszínen lévő mulcs és a földigiliszta egyedszám, valamint járatképződés közötti kapcsolatot. Eredményeinkhez hasonlóan Birkás (1989) is rámutatott arra, hogy a mély tarlóművelés, a fedetlenül hagyott felszín, valamint a lezáratlan nyári szántások esetében csökken a földigiliszta aktivitás. Birkás (2010) későbbi vizsgálataiban is a felszín takartságának növelésével arányosan nőtt a földigilisztaszám. Erikson-Hamel et al. (2009) viszont csak laboratóriumi körülmények között tudták igazolni a talajtakarás és a földigiliszta egyedszám közötti pozitív korrelációt, szántóföldi feltételek mellett nem.

4.2. A tarlóba vetési kísérletek eredményei

2008-ban a tarlóművelési kísérlettel párhuzamosan tarlóba vetési kísérletet is beállítottunk, amelyet 2009-ben megismételtünk. A kísérlet mindkét évben öt kezelést tartalmazott, amelyek kivitelezéséhez két munkaeszközt használtunk. A tarlóhántást ugyanazzal a munkagéppel, a síktárcsás porhanyítóval végzetük el, amely a tarlóművelési kísérletben az SP kezelést adta. A tarlóba vetéshez pedig tárcsás csoroszlyával szerelt, nagy csoroszlyanyomással jellemezhető (féldirekt) gabonavető gépet használtunk, amely a maglehelyezést követően azonnal zárta és tömörítette a vetett sorokat, optimális mag-talaj kapcsolatot alakítva ki. Az egyes variánsok közötti különbséget az eltérő tarlóhántási, tarlóba vetési körülmények jelentették. A B és az E változatoknál a tarlóhántást a betakarítás napján végeztük el, majd külön menetben és eltérő időpontokban vetettük el a takarónövényt. Az E változatnál az aratást követő egy hét múlva, a B-nél pedig jóval azt követően, augusztus második felében. Az A, a C és a D kezelésekben nem végeztünk külön menetben tarlóhántást, hanem a szármaradvánnyal borított tarlóba közvetlenül vetettük bele a takarónövényt. Tettük ezt az A jelű kezelésben a betakarítás napján, a C és a D esetében pedig két nappal, valamint egy héttel az aratást követően. A betakarítás napján elvégzett tarlóhántással (B, E) azt az előnyt próbáltuk kiaknázni, amelyet a talaj ún. beárnyékolási érettsége jelent a jobb minőségű talajmunka tekintetében. A sűrű állományú kalászosokban sajátos mikroklíma alakul ki, és ennek köszönhetően a felszíni talajréteg fizikai aprózódásával kedvező porhanyós állapot jön létre. A talajnak ez a kedvező nyirkossága és rugalmassága nagyban segíti a tarlóhántás jobb minőségben történő elvégzését, ellenben az árnyékolás megszűnésével – főként, ha a szalmát is eltávolítják – ez az előny 1-2 meleg nap alatt elvész.

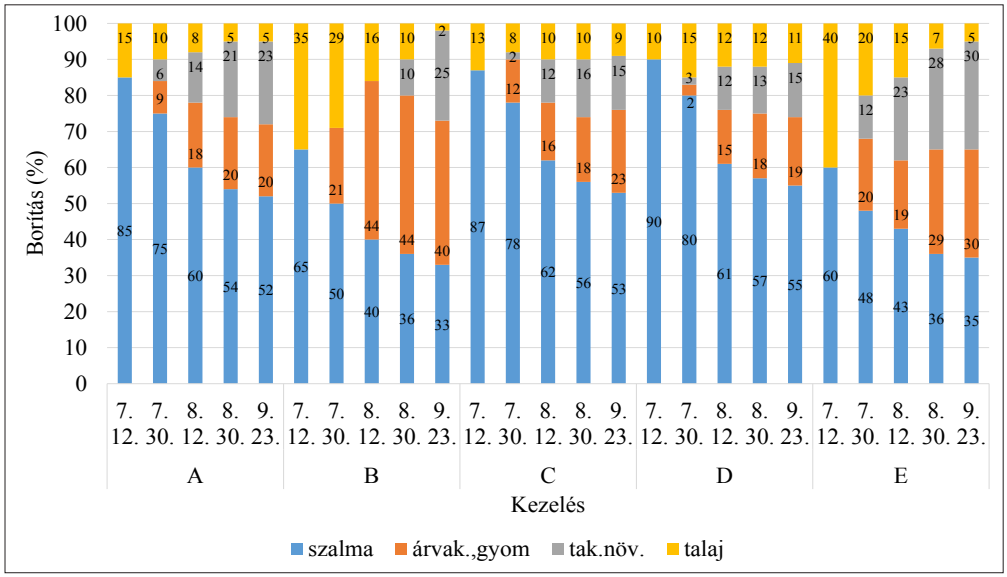
A köztes növények sikeres termesztésének kritikus eleme a nedvességveszteséget csökkentő talaj-előkészítés alkalmazása, valamint a megfelelő vetésidő megválasztása. Elfogadtuk a szakirodalom azon megállapításait, hogy amennyiben nem termeszthető takarónövény a limitált csapadékmennyiség miatt, akkor a tarlómaradványokat kell a felszínen hagyni, ami nem igényel külön technológiai beavatkozást, sőt vetőmagot sem, így még költséghatékony is (Unger és Vigil 1998, Van Pelt és Zobeck 2004). Ha viszont a tarlómaradványokat más célra hasznosítják, takarónövény vetése indokolt (Birkás 2006).

A köztes növény a termesztés célja szerint zöldtrágya-, tápanyag- (nitrogén-) megkötő és takarónövény lehet. Gyuricza (2008) szerint a zöldtrágyának vetett köztes növény biztos termesztéséhez a vetési időt augusztus második felére kell időzíteni, mivel sok év átlagát elemezve, ekkorra már több a csapadék. Ugyanakkor száraz évjáratban, a nedvességkímélő talajművelés és az erre az időszakra már jellemző harmatképződés biztosít elegendő nedvességet a csírázáshoz. A fenti megállapítás miatt került be kísérletünkbe az augusztusi vetésidő is. A tarlóba vetési kísérletünkben a köztes növény termesztésének célja a talaj védelme, főként a kritikus nyári hónapok alatt. Ekkor a felszínen hagyott szecskázott szalma mennyisége fokozatosan csökken az időjárási körülmények okozta mechanikai, valamint a talajjal való érintkezésből adódó biológiai hatás miatt. Az árvakelés és a kelő gyomok ellensúlyozzák ezt a folyamatot, ezért védelmi céllal vehetők figyelembe, viszont a mennyiségük változó. Agronómiai szempontból a cél természetesen az, hogy minél kisebb legyen az arányuk, mivel ez esetben jobb a betakarítás minősége (kisebb a pergési veszteség), és kisebb a talaj gyommagkészlete. A takarónövény vetését lehetőleg minél korábban el kell végezni, ezért kísérletünkben a betakarításhoz közeli időpontokat is vizsgáltuk. A vetés kivitelezéséhez kombinált, magágykészítő tárcsasorral is felszerelt vetőgépet használtunk, amelynek 100 kg-ot meghaladó csoroszlyanyomása lehetővé tette a közvetlenül a tarlóba történő vetést (A, C, D kezelések). Ez a technológiai megközelítőleg direktvetésnek tekinthető, mivel annak ellenére, hogy a csoroszlyák és a mellső művelőeszköz tárcsái is bolygatták a talajt, annak mértéke nem haladta meg a szakirodalomban rögzített 10%-ot. Előzetesen megállapítottuk, hogy a direktvetés előnyei és megfontolandói közül számos a mi kísérletünkre is igaz volt.

Az eredmények kiértékelése során a kísérlet öt kezelését, számos esetben két csoportba sorolva említjük. Mivel a B és az E változatok közös ismérve az aratás napján végzett tarlóhántás, ezért ezeket összefoglaló néven, úgynevezett „tarlóhántásos” kezelésekként említjük. A másik három variáns, az A, a C és a D közös jellemzője a tarlóba vetés, ezért ezeket közös név alatt, úgymint „direktvetéses” kezelések tárgyaljuk.

4.2.1. A felszíntakarás változása a tarlóba vetési kísérletekben

2008-ban, a tarlóba vetési kísérlet területén, július 10-én került sor a betakarításra. Még ezen a napon meghántottuk a B és az E parcellák tarlóját, továbbá elvégeztük az A kezelés beállítását is, azaz az olajretekből és mustárból álló vetőmagkeveréket közvetlenül belevetettük a tarlóba. A C és a D változat beállítására 2 nappal, illetve egy héttel később került sor. Az első mérési időpontban, július 12-én a B és az E kezelés hasonló értékű szalma:talaj arányt mutatott, 65:35, illetve 60:40 értékben, amely 18 illetve 9%-kal meghaladta a párhuzamosan kivitelezett tarlóművelési kísérlet SP kezelésében, hasonló időpontban mért felszínborítási értéket (15. ábra). Tehát a tarlóhántást követő minimálisan elvárt 35–45% takarás (BIRKÁS 2009) mindkét megművelt parcella esetében teljesült.



15. ábra. Az összes borítás a tarlóba vetési kísérletben (Hatvan, 2008.07. 12. – 09. 23.)

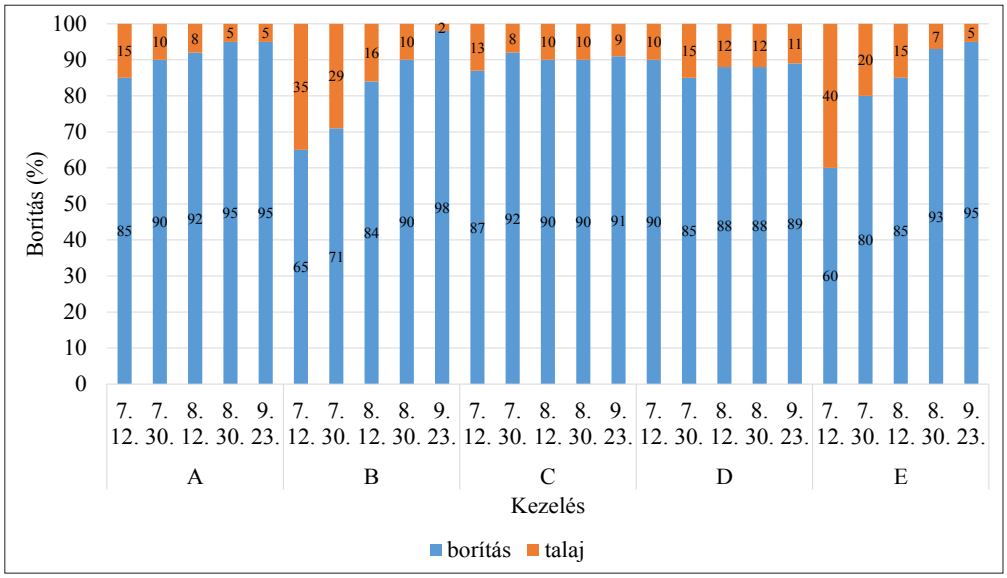
Kezelések: A: aratás napján tarlóba vetés, B: aratás napján tarlóhántás, augusztusban vetés, C: aratás után két nappal tarlóba vetés, D: aratás után egy héttel tarlóba vetés, E: aratás napján tarlóhántás, egy hét múlva vetés

Szalmaborítás $SZD_{5\%}$: 18,02

A tarlóba történő vetést az A, C és D változatok esetében három különböző időpontban végeztük el, amely némiképp tükröződik az eltérő 85, 87, valamint 90% szalmatakarási értékekben. A vetőgép művelő-, valamint vetőtárcsái 3–5%-nyi származadvány mennyiséget dolgoztak a talajba a tarlóba vetéskor. Július végére a szalma borítási aránya az A, a C és a D variánsoknál 10,9 - 11.7% míg a B és az E parcellákon 20–23%-kal csökkent. A különbség hátterében a B és az E esetében tapasztalt nagyobb mértékű bekeverés és az ebből adódó jelentősebb szalmafeltáródás áll. Ezzel egy időben a különböző parcellákon már eltérő mértékű gyom- és árvakelés-borítást mértünk (amelyeket ebben a kísérletben

együtt értékeltünk), valamint az elvetett takarónövény is fejlődésnek indult. Július 30-án az azonos időpontban hántott kezelésekben (B és E) 21, illetve 20% volt a gyom- és árvakelés aránya, szemben a direktvetéses parcellák alacsonyabb kelési értékeivel, amelyek 9,12, illetve 2%-on alakultak az A, a C és a D esetében. A D parcelláin – az A és a C változatokhoz viszonyítva – az egy héttel későbbi talajbolygatás és tarlóvetés miatt 77,7 illetve 83%-kal kelt kevesebb gyom- és árvakelés. A takarónövény aránya szintén jól szemlélteti az eltérő tarlóhántási és vetési időpontok miatt adódó különbségeket. Július végén az A, a C és a D kezelésekben – az aratás napján, valamint 2, illetve 7 nappal a betakarítás után vetett parcellák – mértük a legkisebb takarónövény-borítási értéket, 6, 2, illetve 3%-ot. Lényegesen magasabb takarónövény-borítási értékkel találkoztunk az E változatnál (12%), amelynek hátterében nemcsak az optimális időben történt tarlóhántás állt, hanem a kisebb mennyiségű szalmaborítás is, amely kevésbé késleltette a takarónövény kelését. A B kezelés parcelláin ebben az időpontban még nem mérhettünk takarónövény-borítást.

Az augusztus közepén és az azt követően végrehajtott mérésekkor mind az öt kezelésben eltérő arányban, fokozatosan csökkenő szalmamennyiséget mértünk, amely 60–62% borítást mutatott a direktvetéses (A, C és D) változatoknál, míg a tarlóhántásos kezeléseknél egyformán 40 illetve 43% értéket (16. ábra).

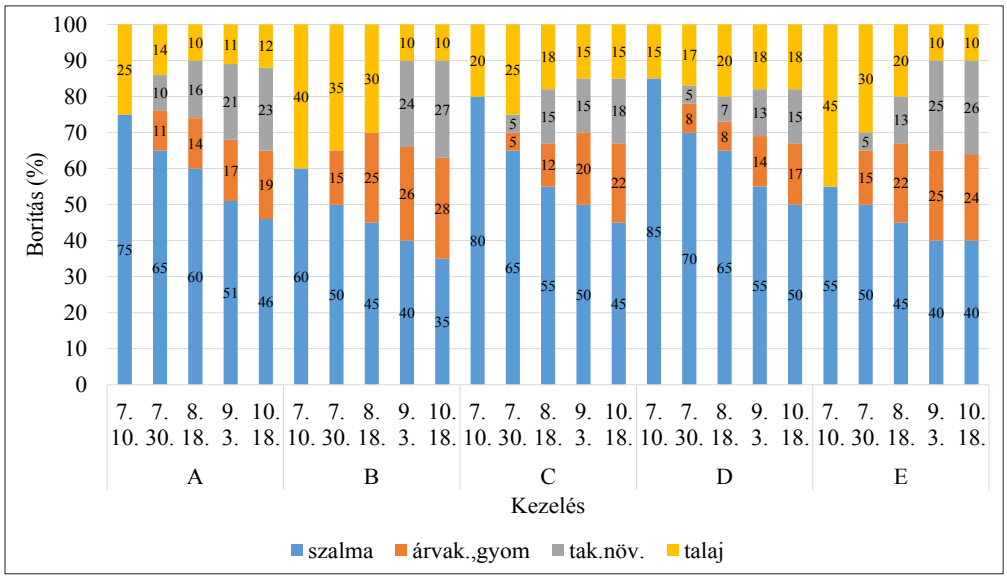


16. ábra. A felszínborítás és a talaj aránya a tarlóba vetési kísérletben (Hatvan, 2008. 07. 12. – 09. 23.)
Kezelések: A: aratás napján tarlóba vetés, B: aratás napján tarlóhántás, augusztusban vetés, C: aratás után két nappal tarlóba vetés, D: aratás után egy héttel tarlóba vetés, E: aratás napján tarlóhántás, egy hét múlva vetés

Ezzel párhuzamosan a gyom- és árvakelés, valamint a takarónövény (összefoglaló néven zöldnövény) borítási aránya nőtt. Időközben, augusztus 21-én a B kezelésben is elvetettük a takarónövényt,

amely a következő 9 nap alatt 10% borítást ért el. A kísérlet utolsó mérési időpontjában, szeptember 23-án megállapítottuk, hogy a szalmaborítás szinte azonos mértékben csökkent az egyes változatoknál, 52–55% arányt adva a direktvetéses, valamint 33 és 35%-ot a tarlóhántásos variánsok esetében. A kísérlet végére a megfogyatkozott szalma helyét a gyom, az árvakelés, valamint a tarlónövény vette át, és hozott létre különböző mértékű borítást. A gyom- és árvakelés tekintetében a B>E>C>A>D, míg a takarónövény kelés esetében az E>B>A>C=D sorrendet állítottuk fel a kísérlet utolsó mérési időpontjában. A zöldnövény-borítás legnagyobb arányát a B és az E kezelésekben mértük, 65, illetve 60%-ot, míg a legkisebb zöldnövény kelési arányt a D variáns adta (34%). A 16. ábrát tanulmányozva látható, hogy a kísérlet végére a talaj összes borítása terén a B>E=A>C>D sorrend alakult ki. A B variáns esetében a talajnak csupán a 2% maradt fedetlen, míg a D-nél 11% lett a borítatlan talaj aránya a kísérlet végére. Az A, valamint az E kezelés között nem volt eltérés.

2009-ben az első felvételezésre július 10-én került sor. Az öt kezelésből ekkorra már beállítottuk az A, a C és részben a B és az E változatokat is. Ez utóbbi kettő vetése későbbi időpontban történt, az E parcelláit egy héttel a betakarítás után, a B-t pedig augusztusban vetettük el. A D változatban a takarónövény direktvetésére július 16-án került sor, amelyet jól tükröz a kezelés legnagyobb kezdeti, 85%-os borítási értéke (17. ábra).

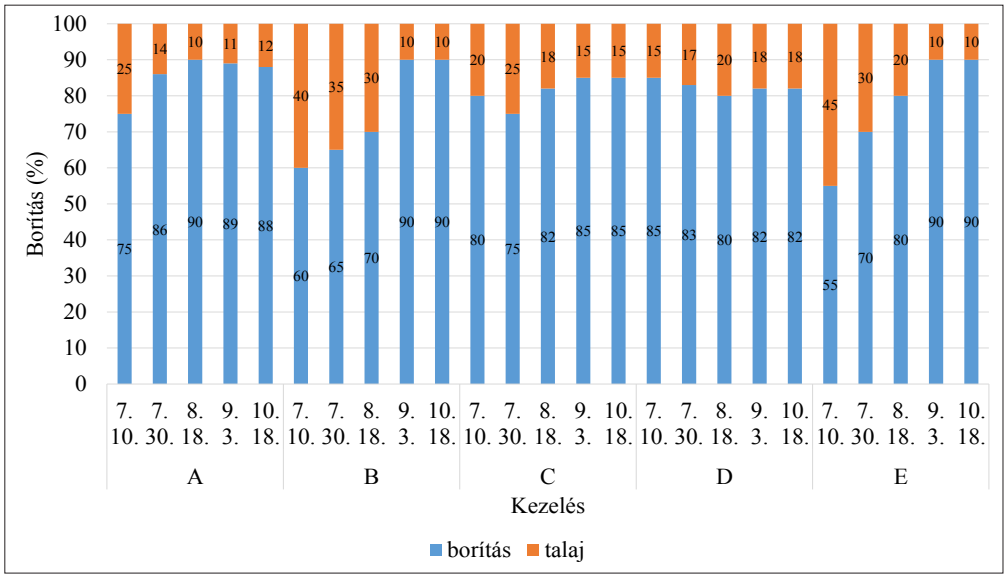


17. ábra. Az összes borítás a tarlóba vetési kísérletben (Hatvan, 2009. 07. 10. – 10. 18.)

Kezelések: A: aratás napján tarlóba vetés, B: aratás napján tarlóhántás, augusztusban vetés, C: aratás után két nappal tarlóba vetés, D: aratás után egy héttel tarlóba vetés, E: aratás napján tarlóhántás, egy hét múlva vetés

Szalmaborítás $SzD_{5\%}$:14,99

Ez az érték egyben azt is jelenti, hogy teljesült a bolygatatlan talajjal szemben száraz idényben – a betakarítás és a tarlóhántás közötti időszakban – támasztott 65–85% takarás. A tarlóhántásos kezelésekben (B, E) 60, illetve 55% szalmaborítást állapítottunk meg, amely ugyancsak megfelelt a korábban már említett 55–60% borítási elvárásnak. A direktvetéses A és C kezelések felszínén 75, valamint 80% volt a kezdeti borítási érték, amely jelzi, hogy a vetőgép művelő- és vetőtárcsa sora 5,8–11,7% körüli szalmamennyiséget dolgozott be a talajba. Az elmúlt évihez képest adódott eltérés mögött a különböző üzemeltetési sebesség állhatott. A július végi mérési időpontban 9–18,7%-kal csökkent a felszínen lévő szalma mennyisége a kezelésekben. Legnagyobb mértékben a C és a D (18,7, illetve 17,6%-kal), legkisebb mértékben az E (9%-kal) variáns parcelláin csökkent a takaróanyag. A második vizsgálati időpontban a gyom- és árvakelés legnagyobb borítási értékét a tarlóhántásos kezelésekben (B, E) kaptuk, 15–15%-ot. Ennek hátterében az intenzívebb talajbolygatás és a kisebb mértékű takarás állt. A takarónövény kezelésenkénti eltérő borítási értéke jól tükrözi a vetési időpontokban lévő eltéréseket, az A-ban 10, a C, a D és az E változatokban egyaránt 5%-ot mértünk július végén. Augusztus 18-án már lényeges eltérést találtunk a szalmaborítás vizsgálata során a tarlóhántásos és a direktvetéses eljárások között. Az előbbieknél egyaránt 45–45, még az utóbbiaknál 60 (A), 55 (C), valamint 65 (D) %-os takarást állapítottunk meg. A 18. ábrán látható, hogy a gyom- és árvakelés, valamint a takarónövény legnagyobb együttes arányát (35%) az E parcelláin kaptuk, míg a leggyérebb (15%) kelést a D mutatta.



18. ábra. A felszínborítás és a talaj aránya a tarlóba vetési kísérletben (Hatvan, 2009. 07. 10. – 10. 18.)

Kezelések: A: aratás napján tarlóba vetés, B: aratás napján tarlóhántás, augusztusban vetés, C: aratás után két nappal tarlóba vetés, D: aratás után egy héttel tarlóba vetés, E: aratás napján tarlóhántás, egy hét múlva vetés

A következő mérési időpontban, szeptember 3-án, már egyértelműen kirajzolódott a különbség mind szalmatakarás, mind pedig gyom- és árvakelés, valamint takarónövény-borítás tekintetében a két kezeléscsoport között. A legkisebb szalmatakarást (40%) az E és a B adta, vélhetően az ekkor már intenzívebb feltáródás miatt. Ugyanakkor a legnagyobb zöldnövény-borítást szintén ezeken a parcellákon kaptuk, mindkét kezelésben összesítve 50%-ot. Szeptember elején a direktvetéses variánsok közel hasonló szalma– (50–55%), ugyanakkor eltérő zöldnövény– (38% A, 35% C, 27% D) borítási értéket mutattak. A kísérlet végére a tarlóhántásos variánsoknál (B, E) kisebb 35, illetve 40%-os, míg a direktvetéses változatoknál nagyobb (46–50%) szalmatakarást találtunk. A zöldnövény-borítás tovább növekedett, legnagyobb arányát a B és az E kezelésekben vette fel, 55, valamint 50%-ot. A D kezelés mindkét mutató tekintetében a szélsőséget képviselte, legnagyobb (50%) szalma-, valamint legkisebb (32%) zöldnövény-borítási értékkel. A gyom- és árvakelés tekintetében a B>E>C>A>D, míg a takarónövény-borítás esetében az B>E>A>C>D sorrendet állítottuk fel a kísérlet utolsó mérési időpontjában.

2008-ban az összes borítás terén bekövetkezett legnagyobb változást az E és a B kezelésben mértük, ahol a 74 nap alatt 60, illetve 65%-ról 95, illetve 98 %-ra nőtt a takarás, amely 35, valamint 33%P növekedést jelent (18. táblázat).

Lényegesen kisebb mértékű változást tapasztaltunk a direktvetéses kezelésekben, ahol az összes borítás mindössze 4, illetve 10%P-tal nőtt a C és az A kezelésekben, de csökkenés is előfordult (D). A gyom- és árvakelés aránya 19–40% között változott az utolsó mérési időpontban, a legmagasabb értéket a B esetében vette fel. Ugyanez a takarónövény esetében 15–30% között változott, legmagasabb értéket az E jelű variánsnál mutatva. A kétfajta borítástípust együtt értékelve megállapíthatjuk, hogy a gyom-, az árvakelés és a takarónövény együttes takarása 34–65% között változott a kísérlet végére, és B>E>A>C>D sorrend alakult ki. A legintenzívebb kelést és legnagyobb takarási értéket a tarlóhántásos változatoknál kaptuk, amely összefüggött ezen variánsoknál megfigyelt javuló talajállapottal.

18. táblázat. Az összes borítás változása a tarlóbavetési kezelésekben, százalékpontban (%P) kifejezve

Kezelés	Borítás típusa	2008				2009			
		Összes borítás (%)		Változás %P	Eredmény %P	Összes borítás (%)		Változás %P	Eredmény %P
		07.12.	09.23.			07.10.	10.18.		
A	Szalma	85	52	–33	+10	75	46	–29	+13
	Gyom+árvakelés	0	20	+20		0	19	+19	
	Takarónövény	0	23	+23		0	23	+23	
B	Szalma	65	33	–32	+33	60	35	–25	+30
	Gyom+árvakelés	0	40	+40		0	28	+28	
	Takarónövény	0	25	+25		0	27	+27	
C	Szalma	87	53	–34	+4	80	45	–35	+5
	Gyom+árvakelés	0	23	+23		0	22	+22	
	Takarónövény	0	15	+15		0	18	+18	
D	Szalma	90	55	–35	-1	85	50	–35	–3
	Gyom+árvakelés	0	19	+19		0	17	+17	
	Takarónövény	0	15	+15		0	15	+15	
E	Szalma	60	35	–25	+35	55	40	–15	+35
	Gyom+árvakelés	0	30	+30		0	24	+24	
	Takarónövény	0	30	+30		0	26	+26	

Kezelések: A: aratás napján tarlóba vetés, B: aratás napján tarlóhántás, augusztusban vetés, C: aratás után két nappal tarlóba vetés, D: aratás után egy héttel tarlóba vetés, E: aratás napján tarlóhántás, egy hét múlva vetés

A 18. táblázat adatai alapján megállapíthatjuk, hogy 2009-ben az előző évihez hasonló változások következtek be a gyom- és árvakelés, valamint a takarónövény-borítás terén. A kísérlet végére az összes borítás tekintetében B>E>A>C>D a sorrend alakult ki. Az E és a B kezelésekben csupán a talaj 10%-a maradt fedetlen a kísérlet végére.

A hagyományos talajművelési szemléletnek a 20%-nál kisebb takarás felel meg, a 35% borítási arány átlagos évjáratban kedvezőnek ítélhető (Kalmár et al. 2007). A tarlóművelési kísérlet értékelésekor már rámutattunk arra, hogy a 2008. év vizsgálati időszakában, a csapadékosabb júliust (210,2 mm) száraz augusztus (32 mm) és szeptember (77,8 mm) követte. Így a tarlóművelési kísérletben a szalma:talaj arányt kifejező ún. borítási arányszámra – az év csapadékviszonyai alapján hatékonynak tekintett 45–55% takarás miatt – a 0,81–1,22 értéket tartottuk elfogadhatónak a tarlóhántást követő időszakra. Ezt az intervallumot a tarlóba vetési kísérletnél is elérendő célként fogalmaztuk meg azokra a kezelésekre, ahol a betakarítást követően elvégeztük a tarlóhántást (B és E). Száraz idényben Kalmár et al. (2011) szerint a nagyobb felszíni borítottság a kedvező, a nem művelt talajra ekkor 65–85% takarást tartottak követendőnek. Esetünkben a direktveté-

ses változatoknál (A, C, D) a 60–70% borítást, és ennek megfelelően a 1,5–2,3 borítási értéket fogalmaztunk meg elvárásként. A 19. táblázatból látható, hogy a borítási arányszámot vizsgálva a kísérlet öt kezelése két csoportra osztható. A beállítását követő első mérési időpontban a szalma:-talaj arány alacsonyabb értéken, 1,85, illetve 1,5 értéken alakult a tarlóhántásos kezeléseknél (B, E), meghaladva a minimumként megfogalmazott 0,81–1,22 közötti intervallumot. A direktvetéses változatoknál ugyanez a mutató jóval nagyobb értéken (5,66–9) indult az első mérést követően.

19. táblázat. A szalma:talaj borítási arányszám változása (Hatvan, tarlóba vetési kísérlet, 2008, 2009)

2008						2009					
Változás 74 nap alatt						Változás 101 nap alatt					
Nap	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**	**Nap**	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**
07.12.	5,66	1,85	6,69	9	1,5	**07.10.**	3	1,5	4	5,66	1,22
07.30.	3	1	3,54	4	0,92	**07.30.**	1,85	1	1,85	2,33	1
08.12.	1,5	0,66	1,63	1,56	0,75	**08.18.**	1,5	0,81	1,22	1,85	0,81
08.30.	1,17	0,56	1,27	1,32	0,56	**09.03.**	1,04	0,66	1	1,22	0,66
09.23.	1,08	0,49	1,12	1,22	0,53	**10.18.**	0,85	0,53	0,81	1	0,66

Kezelések: A: aratás napján tarlóba vetés, B: aratás napján tarlóhántás, augusztusban vetés, C: aratás után két nappal tarlóba vetés, D: aratás után egy héttel tarlóba vetés, E: aratás napján tarlóhántás, egy hét múlva vetés

Július végére a szalma csökkenő mennyisége miatt a borítási arányszám értékei 1, illetve ez alá estek, de még a határérték fölött voltak a B és az E változatoknál. Ugyanekkor a direktvetéses parcellákon (A, C, D) a borítási arányszám az elvárt intervallumon felül volt, és 3, 3,54, valamint 4-es értéket vett fel. Ekkor vette lényegében kezdetét a szeptember második feléig, azaz a kísérlet végéig tartó szárazabb időszak, amelynek további három mérési időpontjában, már minden kezelésben a határérték alatt alakult a borítási arányszám. Augusztus közepén a B és az E esetében 0,66, 0,75, két hét múlva mindkettőnél már csak 0,56, míg szeptember 23-án mindössze 0,49 és 0,53 értékeket mértünk. Ehhez hasonlóan, de más arányban változott a direktvetéses A, C és D kezelések borítási arányszáma. Augusztus közepén 1,5–1,63, két héttel később 1,17–1,32, majd szeptember végén már csak 1,08–1,22 közötti értékeket határoztunk meg. Mindebből jól látható, hogy a júliusi és augusztusi hőségnapok alatt a hántott tarló felszínén maradt tarlómaradvány önmagában éppúgy nem elég ahhoz, hogy kellő védelmet biztosítson a klímaszélsőségek ellen, mint a direktvetéses parcellák esetenként 40–50%-kal nagyobb, de mégis folyamatosan csökkenő származadvány-borítása. Ez még akkor is igaz, ha a tarlómunkákhoz mulcshagyó eszközöket, síktárcsás porhanyítót vagy tarlóhántó kultivátort használunk.

A vegetációs időszakon kívül a származadvány-takarás talajvédelmi funkcióját tehát ki kell egészíteni, védelmi hatását ki kell tolni egészen a következő növény vetése körüli időpontig. Ebben segít a gyom- és árvakelés, valamint a takarónövény fokozatosan fejlődő állománya, ami a borítási arányszámot a július 30-i mérés alkalmával, kezelésenként változó mértékben, 1,66–7,96 (A, C, D), valamint 1,44 és 3,08 (B, E) értékkel, egy hónappal később pedig már 6,01–17,83 (A, C, D), valamint 8,44 és 12,72 (B, E) értékkel növelte (20. és 21. táblázat). Az utolsó mérési időpontban a gyom- és árvakelés, valamint a takarónövény- (zöldnövény-) borítás együttes hatására a borítási arányszám az A, a C, és a D variánsok esetében 6,87–17,92, míg a B és az E kezeléseknél 48,51, illetve 18,47 értékkel nőtt. A két kezeléscsoport összehasonlításában, az arányszám változására gyakorolt gyom-, árvakelés- és takarónövény-hatás a B és az E kezeléseknél volt a legkifejezettebb.

20. táblázat. Az össznövény:talaj borítási arányszám változása (Hatvan, tarlóba vetési kísérlet, 2008, 2009)

2008						2009					
Változás 74 nap alatt						Változás 101 nap alatt					
Nap	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**	**Nap**	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**
07.12.	5,66	1,85	6,69	9	1,5	**07.10.**	3	1,5	4	5,66	1,22
07.30.	9	2,44	11,5	5,66	4	**07.30.**	6,14	1,85	3	4,88	2,33
08.12.	12,2	5,25	9	7,33	5,66	**08.18.**	9	2,33	4,55	4	4
08.30.	19	9	9	7,33	13,28	**09.03.**	8,09	9	5,66	4,55	9
09.23.	19	49	10,11	8,09	19	**10.18.**	7,33	9	5,66	4,55	9

Kezelések: A: aratás napján tarlóba vetés, B: aratás napján tarlóhántás, augusztusban vetés, C: aratás után két nappal tarlóba vetés, D: aratás után egy héttel tarlóba vetés, E: aratás napján tarlóhántás, egy hét múlva vetés

A 2009. év kísérleti időszaka alapvetően száraz volt, sőt szárazabb, mint a 2008, így minimum elvárásként fogalmaztuk meg KALMÁR et al. (2011) által ajánlott 55–60% takarást művelt, valamint 65–85% borítottságot a bolygatatlan talaj esetében. Ekkor a borítási arányszám művelt talajon 1,2–1,8, nem művelt talajon pedig 1,9–3,0 között alakul. Ennek megfelelően a direktvetéses változatoknál (A, C, D) ez utóbbit tartottuk elfogadhatónak. A 19. táblázatból látható, hogy a beállítását követő első mérési időpontban a szalma: talaj arány alacsonyabb szinten (1,5, valamint 1,22) alakult a tarlóhántásos kezeléseknél (B, E), mint a direktvetéses változatoknál, de így is megvalósult a minimumként megfogalmazott 1,2–1,8 intervallum. A direktvetéses változatoknál ugyanez a mutató jóval magasabb értéken (3–5,66) indult az első mérést követően. Július végére, a szalma csökkenő mennyisége miatt, a borítási arányszám egyaránt 1-et vett fel a B és az E vál-

tozatoknál, így a határérték alá esett. Ugyanekkor a direktvetéses parcellák (A, C, D) közül csak a D változatban volt az elvárt intervallumon felül. Augusztus 18-án a B és az E kezelésben egyaránt 0,81, két hét múlva mindkettőnél már csak 0,66, míg október 18-án mindössze 0,53, valamint 0,66 értékeket mértünk. A direktvetéses A, C és D kezelések borítási arányszámai más arányban változtak. Augusztus közepén 1,22–1,85, két héttel később 1,0–1,22, majd október közepén már csak 0,81–1,0 közötti értékeket határoztunk meg. Látható, hogy a nyári hónapok alatt a hántott tarló felszínén maradt tarlómaradvány ugyanúgy nem elég a kellő felszínvédelemhez, mint a direktvetéses kezelések esetenként 40–50%-kal nagyobb borítottsága.

21. táblázat. Az árvakelés, a gyom és takarónövény hatása a borítási arányszám változására (Hatvan, tarlóba vetési kísérlet, 2008, 2009)

2008						2009					
Változás 74 nap alatt						Változás 101 nap alatt					
Nap	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**	**Nap**	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**
07.12.	0	0	0	0	0	**07.10.**	0	0	0	0	0
07.30.	6	1,44	7,96	1,66	3,08	**07.30.**	4,29	0,85	1,15	2,55	1,33
08.12.	10,7	4,59	7,37	6,7	4,91	**08.18.**	7,5	1,52	3,33	2,15	3,19
08.30.	17,83	8,44	7,73	6,01	12,72	**09.03.**	7,05	8,34	4,66	3,33	8,34
09.23.	17,92	48,51	8,99	6,87	18,47	**10.18.**	6,48	8,47	4,85	3,55	8,34

Kezelések: A: aratás napján tarlóba vetés, B: aratás napján tarlóhántás, augusztusban vetés, C: aratás után két nappal tarlóba vetés, D: aratás után egy héttel tarlóba vetés, E: aratás napján tarlóhántás, egy hét múlva vetés

A gyom- és árvakelés, valamint a takarónövény, azaz a zöldnövény-takaró fokozatosan fejlődő állománya a július 30-i mérés alkalmával – kezelésenként változó mértékben – 1,15–4,29 (A, C, D), valamint 0,85 és 1,33 (B, E) értékkel, egy hónappal később pedig már 3,33–7,05 (A, C, D), valamint 8,34 és 8,34 (B, E) értékkel emelte a borítási arányszámot. Az utolsó mérési időpontban a zöldnövény-borítás hatására az arányszám az A, a C, és a D variánsok esetében 3,55–6,48, míg a B és az E kezeléseknél 8,47, illetve 8,34 értékkel nőtt. A két kezeléscsoport összehasonlításában, a borítási arányszám változására a B és az E kezelés fejtett ki legnagyobb hatást (20. és 21. táblázat).

Igazoltuk a szakirodalom korábbi megállapításait, miszerint a gyomok, őshonos sivatagi növények és az árvakelés a takarónövényekhez hasonló szereppel bírnak a felszínvédelemben (Zhu et al. 1991, Elmore et al. 1992, Allison et al. 1998, Ferrari és Parera 2015)

A statisztikai kiértékelések során, 2008-ban megbízható különbséget tártunk fel a szalmaborítás tekintetében, P>5% szinten az A-B, A-E, B-C, B-D, C-E, valamint a D-E kezelésparok között.

Ugyanakkor P>1% szinten már nem volt ezen változatok között igazolható eltérés (10/a., b. melléklet). Nem találtunk statisztikailag igazolható különbséget a kezeléspárok között sem a zöldnövény, sem pedig az összes borítás tekintetében (11/a., b. és 12/a., b. melléklet).

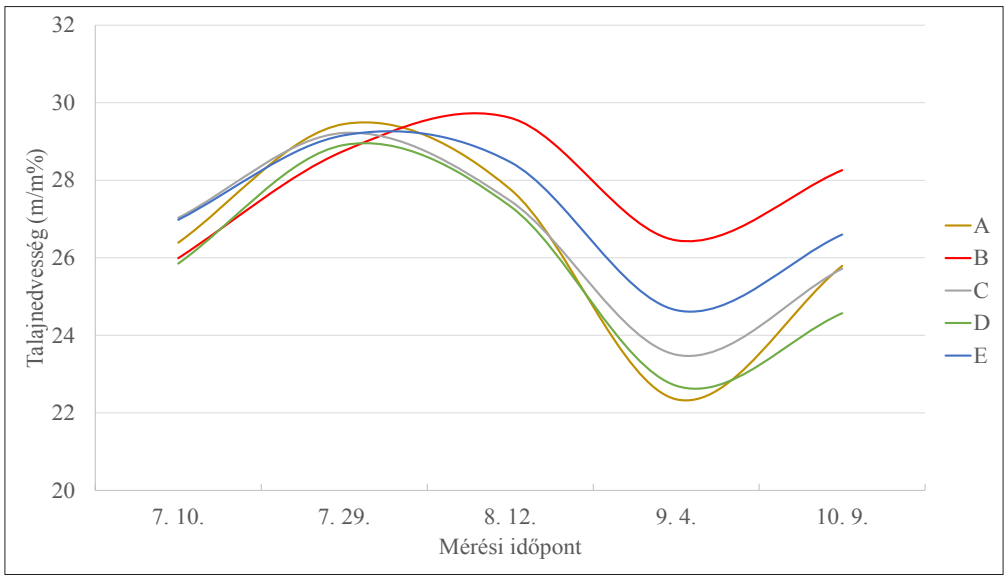
2009-ben a szalmaborítás tekintetében a statisztikai elemzések igazolható különbségekre mutattak rá P>5% szinten, a B-D és a D-E kezeléspárok között (13/a., b., c. melléklet). Ugyanakkor a zöldnövény és az összes borítást vizsgálva nem volt statisztikailag igazolható eltérés az egyes kezeléspárok között (14/a., b. és 15/a., b. melléklet).

4.2.2. A talajnedvesség alakulása a tarlóba vetési kísérletekben

Az adott talaj (Chernic Calcic Chernozem) művelhetőségének nedvességoptimuma a felső 0–15 cm rétegben 8–16 tömeg%, e réteg alatt 16–26 tömeg%. Az adott talaj száraznak minősül, ha nem éri el a 14–16 tömeg% határértéket, nyirkos, ha nedvessége 17–23 tömeg% között van, és nedves, ha meghaladja a 26–28 tömeg%-ot (Csorba et al. 2011).

2008-ban a kísérlet beállításakor a talaj felső 0–15 cm rétege kissé nedves, alatta nedves volt. A talaj 0–50 cm rétegének nedvességgörbéje nagyban hasonlít a tarlóművelési kísérletben rögzítetthez. Mindkét esetben a kísérlet beállítását követően augusztus közepéig enyhe mértékben emelkedett a talaj nedvességtartalma a 0–50 cm rétegben, majd szeptember közepére kezeléstől függetlenül csökkent, utána pedig a kísérlet végéig ismét emelkedett.

Az első mérési időpontban, július 10-én mért értékek 25,85–27,03 tömeg% között változtak (19. ábra).



19. ábra. Talajnedvesség trend a talaj 0–50 cm rétegében (Hatvan, 2008. 07. 10. – 10. 09.)

Kezelések: A: aratás napján tarlóba vetés, B: aratás napján tarlóhántás, augusztusban vetés, C: aratás után két nappal tarlóba vetés, D: aratás után egy héttel tarlóba vetés, E: aratás napján tarlóhántás, egy hét múlva vetés

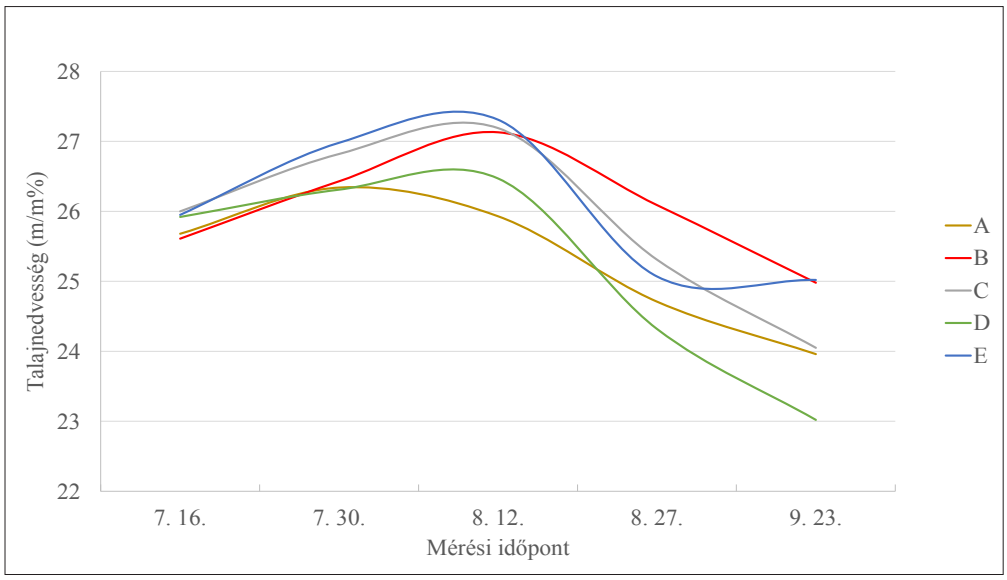
Április 1. és a betakarítás közötti időszakban a területen összesen 175,8 mm csapadék hullott, júliusban pedig kimagaslóan sok, 210,2 mm, amelyből 209,8 mm a betakarítást követően esett. Augusztus már mindössze csak 32 mm csapadékot hozott, így a talaj nedvessége az augusztus 12-i, harmadik mérési időpontban már csökkenő értékeket mutatott. A tarlóhántásos kezelésekben kissé magasabb értékeket mértünk, mint a direktvetéses változatokban. A kezelések közötti jelentősebb különbségek azonban csak az ezt követő időszakban alakultak ki. Szeptember elejére az egyes változatoknál mért talajnedvesség 3,16–5,42 tömeg%-kal csökkent az augusztus közepi értékekhez képest, legnagyobb mértékben az A, legkisebb mértékben a B kezelésnél. Egy hónappal később, a talajtakarásnak és a mérsékelt talajbolygatásnak betudhatóan csekély mértékű emelkedést figyeltünk meg a talaj 0–50 cm rétegének nedvességtartalmában. Az előző mérési időponthoz képest 1,81–3,44 tömeg%-kal nőttek az értékek, legnagyobb mértékben az A kezelésé változott. A záró nedvességértékek alapján a B>E>A>C>D sorrendet állítottuk fel az egyes variánsok között. A 22. táblázatból látható, hogy a kiindulási értékekhez képest csupán egyetlen kezelésben nőtt a talaj nedvességtartalma. A különböző kezelések közül a B-nek volt legnagyobb hatása a talajnedvesség változására, mivel a talaj nedvességtartalma ebben a kezelésben 8,7%-kal emelkedett a 92 nap alatt.

22. táblázat. A kezelések sorrendje a nedvességváltozás tekintetében (Hatvan, tarlóba vetési kísérlet, 2008, 2009)

Kezelés	2008					2009				
	Nedvesség (tömeg%) 1. nap	Sorrend	Nedvesség (tömeg%) 92. nap	Sorrend	Nedvesség-változás %)	Nedvesség (tömeg%) 1. nap	Sorrend	Nedvesség (tömeg%) 70. nap	Sorrend	Nedvesség-változás (%)
A	26,39	3	25,79	3	–2,3	25,68	4	23,96	4	–6,6
B	25,99	4	28,26	1	+8,7	25,61	5	24,98	2	–2,4
C	27,03	1	25,72	4	–4,8	26,00	1	24,05	3	–7,5
D	25,85	5	24,57	5	–4,9	25,92	3	23,02	5	–11,2
E	26,98	2	26,6	2	–1,4	25,95	2	25,02	1	–3,6

Kezelések: A: aratás napján tarlóba vetés, B: aratás napján tarlóhántás, augusztusban vetés, C: aratás után két nappal tarlóba vetés, D: aratás után egy héttel tarlóba vetés, E: aratás napján tarlóhántás, egy hét múlva vetés

2009 első három hónapjában 30 mm-rel több csapadék hullott a kísérleti területre, mint egy évvel korábban. Ez az előny felére csökkent az április és a betakarítás közötti időszakban. Júliusban összesen 21,6 mm, augusztusban és szeptemberben pedig mindössze további 68, illetve 26,4 mm csapadék esett az adott területen. Ha a két év kísérleti időszakának csapadékviszonyait hasonlítjuk össze, lényeges különbséget találunk a 2008. előnyére, amikor 320 mm csapadék hullott, szemben 2009 azonos időszakának 134 mm-ével. Mindebből megállapítható, hogy 2009-ben lényegesen eltérő csapadékviszonyok alakultak ki a kísérlet idejére, amely a nedvességgörbék lefutásán is jól látszik. Az első mérési időpontban szinte minden kezelés talaja hasonló nedvességértéket mutatott (25,68–26,00 tömeg%), amely szerény mértékben ugyan, de tovább emelkedett a július végi mérési időpontig. Sőt, az augusztus 12-i mérés alkalmával egy variáns, az A kivételével még ez után is kismértékű növekedést tapasztaltunk a talaj 0–50 cm rétegében. Ekkor a kezelések nedvességtartalma 25,93–27,31 tömeg% között változott, és nem mutatott egyértelmű különbséget a tarlóműveléses és a direktvetéses kezelések tekintetében. Az ezt követő két mérési időpontban minden kezelésben folyamatosan kisebb értékeket mértünk. Szeptember 23-ára a talaj 0–50 cm rétegének nedvességtartalmát tekintve az E>B>C>A>D sorrend alakult ki a kezelésváltozatok között. (20. ábra)



20. ábra. Talajnedvesség trend a talaj 0–50 cm rétegében (Hatvan, 2009. 07. 16. – 09. 23.)

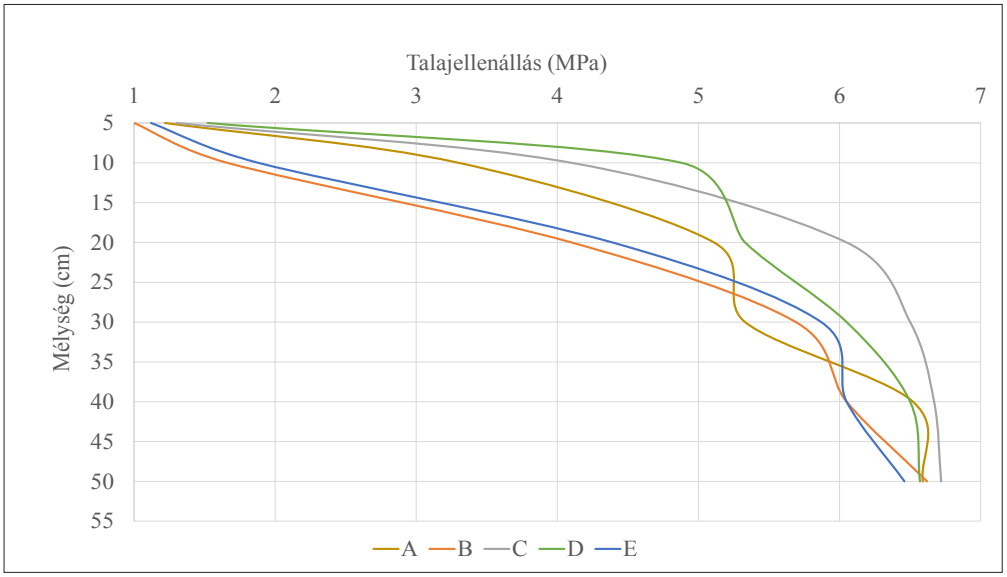
Kezelések: A: aratás napján tarlóba vetés, B: aratás napján tarlóhántás, augusztusban vetés, C: aratás után két nappal tarlóba vetés, D: aratás után egy héttel tarlóba vetés, E: aratás napján tarlóhántás, egy hét múlva vetés

A 22. táblázat a nedvességtartalomban bekövetkezett változásokat szemlélteti. Látható, hogy a kiindulási értékekhez képest minden variáns esetében csökkent a talaj nedvessége. A csökkenés mértéke 2,4–11,2% volt, a két szélsőértéket a B és a D kezelés adta. A tarlóhántásos változatok jobb eredménye mögött a sekélyműveléssel létrehozott porhanyó, szigetelő réteg állhat, ami száraz időszakban jobban mérsékli a nedvesség veszteséget, mint a csupán szalma és zöldnövény alkotta takarás.

A nedvességtartalom alapján felállított sorrendet tekintve, 2009-ben helyet cserélt egymással a B és az E, valamint az A és a C kezelés is, bár köztük szinte jelentéktelen különbség alakult ki. A két év záróértékeit összehasonlítva megállapíthatjuk, hogy 2009-ben 6,3, illetve 11,4%-kal alacsonyabb szinten alakult a legkisebb, valamint a legnagyobb nedvességtartalom, ami a kísérleti időszak kevesebb csapadékával magyarázható. Az egyes kezeléseket összevetve, a 2009. évi kísérlet végén pedig 1,55–3,28 tömeg%-kal kisebb záróértékeket találunk az előző évhez képest. A talajnedvesség különbségei egyetlen kezelőspár tekintetében sem és egyik évben sem érték el a statisztikai megbízhatóság értékét (16/a., b. és 17/a., b. melléklet). Ugyanakkor a 36. és 37. melléklet alapján látható, hogy a talajtakarás és a talajnedvesség között másodfokú parabolafüggvénynyel leírható, erős összefüggést tapasztaltunk mindkét évben R^2=0,8785 (2008), R^2=0,885 (2009).

4.2.3. Talajellenállás-vizsgálatok a tarlóba vetési kísérletekben

A 2008. július 10-én elvégzett első penetrométeres vizsgálat adatai (21. ábra) jól tükrözik, hogy mely változat esetében történt már meg a kezelés beállítása, és azt a tényt is, hogy a tarlóhántásos és a direktvetéses kezelések egyaránt sekélyműveléses beavatkozások. A lazultság értékek ennek megfelelően alakultak az egyes vizsgálati időpontokban. A betakarítás napján elvégeztük a B és az E parcellák tarlóhántását, valamint elvetettük a takarónövényt az A kezelésben.

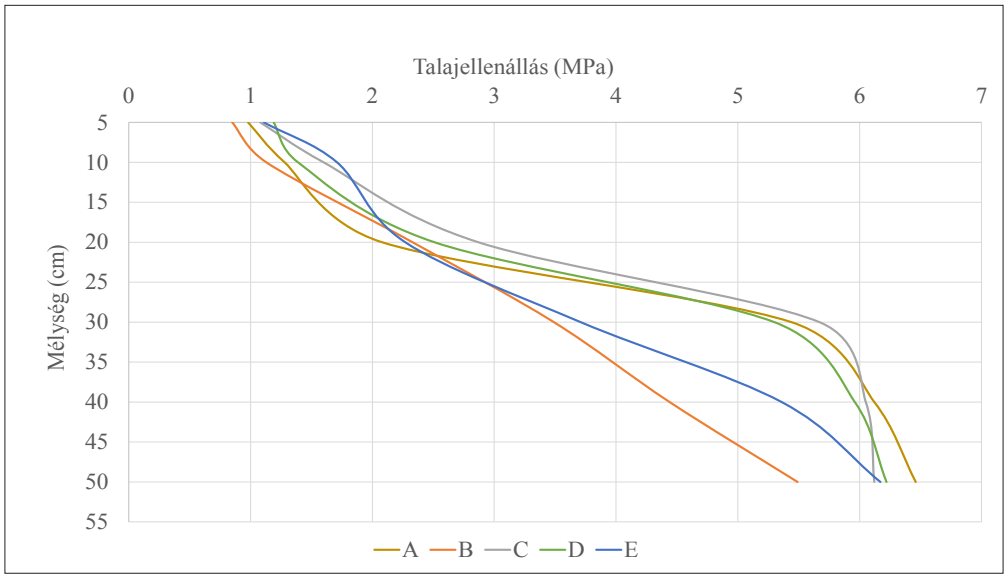


21. ábra. A talajellenállás a tarlóba vetési kísérlet beállításakor (Hatvan, 2008. 07. 10.)

Kezelések: A: aratás napján tarlóba vetés, B: aratás napján tarlóhántás, augusztusban vetés, C: aratás után két nappal tarlóba vetés, D: aratás után egy héttel tarlóba vetés, E: aratás napján tarlóhántás, egy hét múlva vetés

Az első mérési időpont talajellenállás értékei 1,0–1,52 MPa között alakultak a felső 5 cm rétegben. a C és a D változatok nagyobb értékei elárulják, hogy ezeken a parcellákon ekkor még nem állítottuk be a kezeléseket. Emellett a B és az E, valamint az A közötti enyhe különbség pedig a tarlóhántás és a direktvetés mint eljárás közötti különbségre utal, ugyanis a tarlóhántás mélyebb és intenzívebb bolygatást jelent. A 0–10 cm közötti réteg lazultságának elemzése szintén ezt a tényt támasztja alá. A tarlóhántásban részesített a B és az E variánsok 1,66, illetve 1,88 MPa értéket mutattak, szemben a másik három változattal, ahol már tömör volt a talaj ebben a mélységben. Ott 3,3, 4,1, valamint 4,88 MPa-t mértünk az A, a C és a D parcelláin (21. ábra). Az E és a B kezelésekben a 10–50 cm rétegben 4,1–6,62, valamint 4,39–6,46 MPa ellenállási értékeket kaptunk. Az A, a C és a D kezelések esetében az 5–50 cm rétegben 3,3–6,59, 4,1–6,67, valamint 4,88–6,57 MPa értékeket állapítottunk meg, amely jól mutatja, hogy az ülepedésre hajlamos talajok a tenyész-

időszak alatt milyen mértékben tömörödnek, és hogy a kedvező lazultságnak sok esetben nincs tartamhatása.



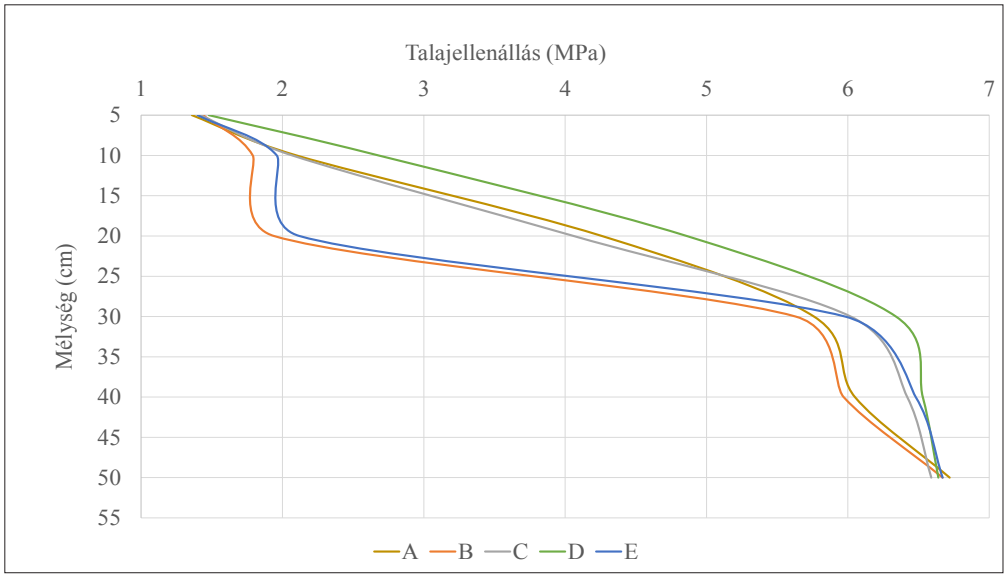
22. ábra. A talajellenállás a tarlóba vetési kísérlet befejezésekor (Hatvan, 2008. 10. 09.)

Kezelések: A: aratás napján tarlóba vetés, B: aratás napján tarlóhántás, augusztusban vetés, C: aratás után két nappal tarlóba vetés, D: aratás után egy héttel tarlóba vetés, E: aratás napján tarlóhántás, egy hét múlva vetés

A kísérlet utolsó mérési időpontjában, a 92. napon felvett értékek a lazult réteg mélyüléséről árulkodnak (22. ábra). A lazult réteg mélységét tekintve nem, de a mért adatok között természetesen volt különbség az egyes kezelések között. Mind az öt kezelésben 20 cm-ig terjedt a lazultság, amelyről az ebben a mélységben mért 2,08–2,87 MPa értékek tanúskodtak. Az adott intervallumon belül nem különültek el egymástól élesen a tarlóhántásos és a direktvetéses eljárások. A legalacsonyabb ellenállási értéket az A kezelés adta, míg a legnagyobbat szintén egy direktvetéses változat, a D mutatta. Az 5–10 cm rétegben az utolsó mérési időpontban felvett adatok vizsgálatakor kiderült, hogy a direktvetéses kezelések (A, C, D) alatt jelentősebb mértékben (61–71,5%-ban) lazult a talaj, szemben a B és az E variánsokkal, ahol a talajellenállás 31,9, illetve 9%-kal csökkent. A 0–10 cm rétegben legnagyobb mértékben (71,5%) a D változat parcelláin csökkent a talajellenállás. A 10–20 cm réteg talajellenállás-adatait elemezve láthatjuk, hogy a lazultság 43,2–59,3%-kal növekedett. A tarlóművelési kezelésekben (B, E) kisebb, míg a direktvetési eljárásokban (A, C, D) nagyobb mértékben lazult a talaj a kísérlet végére. A 20–30 cm talajréteg tömörségére a kezeléseknek már csekély hatása volt, a talaj tömör maradt minden változatnál, a talajellenállás-értékek 3,49–5,67 MPa között alakultak. A B és E kezelések hatása nagyobb volt, mint a direktvetéses változatoké, ugyanis az előbbiek esetében 38,7, illetve 36,8%-kal csökkent a talajellenállás, míg az

utóbbiaknál mindössze 12,4 (D), illetve 12,8%-kal (C), sőt az A kezelésben 2,1%-kal még nőtt is a talaj ellenállása. Megállapítottuk, hogy az egyes kezelések hatása 20 cm alatt már nem érezhető. A változatokat a 0–20, valamint a 0–50 cm talajréteg átlagos talajellenállás-értékei alapján is rangsoroltuk. 2008-ban ennek megfelelően a 0–20 cm talajréteg átlagai alapján a B<A<E<D<C, míg a 0–50 cm zóna értékei alapján a B<E<A<D<C sorrendet állítottuk fel a kezelések között.

2009-ben az első mérés idejére (július 16.) már minden kezelést beállítottunk. A 0–5 cm rétegben mért talajellenállás-értékek nagymértékű egyezőséget mutattak, 1,36–1,48 MPa között változtak (23. ábra).

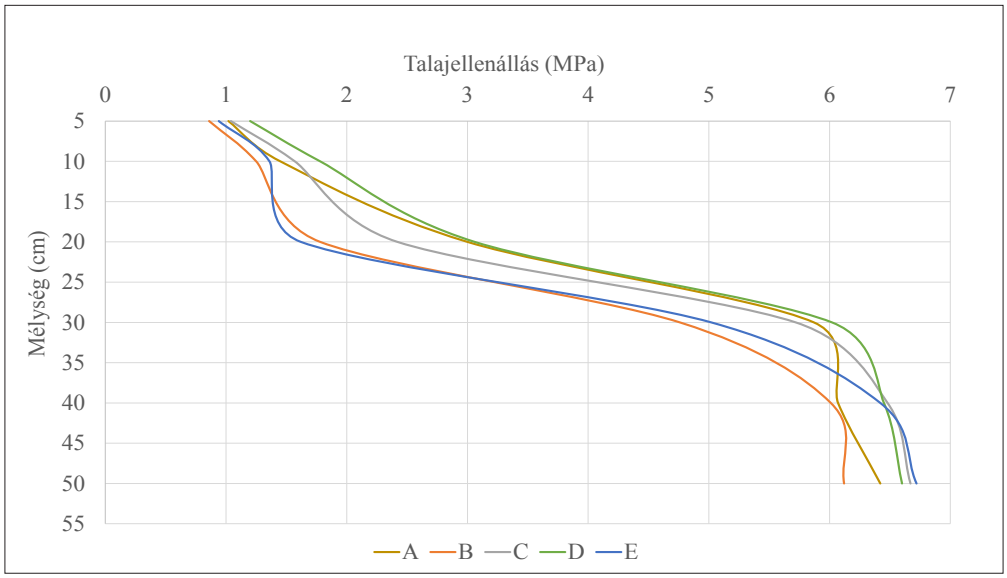


23. ábra. A talajellenállás a tarlóba vetési kísérlet beállításakor (Hatvan, 2009. 07. 16.)

Kezelések: A: aratás napján tarlóba vetés, B: aratás napján tarlóhántás, augusztusban vetés, C: aratás után két nappal tarlóba vetés, D: aratás után egy héttel tarlóba vetés, E: aratás napján tarlóhántás, egy hét múlva vetés

Az 5–10 cm rétegben, az előző évihez hasonlóan, eltérést találtunk tarlóhántásos és a direktvetéses változatok között, az előbbiek talajellenállás-értékei 1,79, illetve 1,96 MPa, az utóbbiak pedig 2,07–2,68 MPa között voltak. Ebben a talajrétegben a D változat alatt volt a legtömörebb a talaj (2,68 MPa), a leglazultabb pedig a B kezelés alatt (1,79 MPa). A direktvetéses kezelésekben a lazult réteg (<3 MPa) mélysége a 10 cm szintig tartott, míg a B és az E változat talaja 20 cm-ig volt lazult. A következő rétegben (10–20 cm) tovább tartott a B és az E előnye, ezekben a kezelésekben 1,94, valamint 2,12 MPa értékeket állapítottunk meg. Az A, a C és a D kezelések ekkor átlagosan 1,9–2,4-szer magasabb értéket mutattak. A 0–20 cm-es réteg alatt minden kezelésben 5,63–6,72 MPa közötti értéket mértünk. A 70. napon, szeptember 23-án mind az öt kezelésben

hasonló mértékben lazult talajrétegeket azonosítottunk, amelyek minden változatnál 20 cm mélyre terjedtek (24. ábra).



24. ábra. A talajellenállás a tarlóba vetési kísérlet befejezésekor (Hatvan, 2009. 09. 23.)

Kezelések: A: aratás napján tarlóba vetés, B: aratás napján tarlóhántás, augusztusban vetés, C: aratás után két nappal tarlóba vetés, D: aratás után egy héttel tarlóba vetés, E: aratás napján tarlóhántás, egy hét múlva vetés

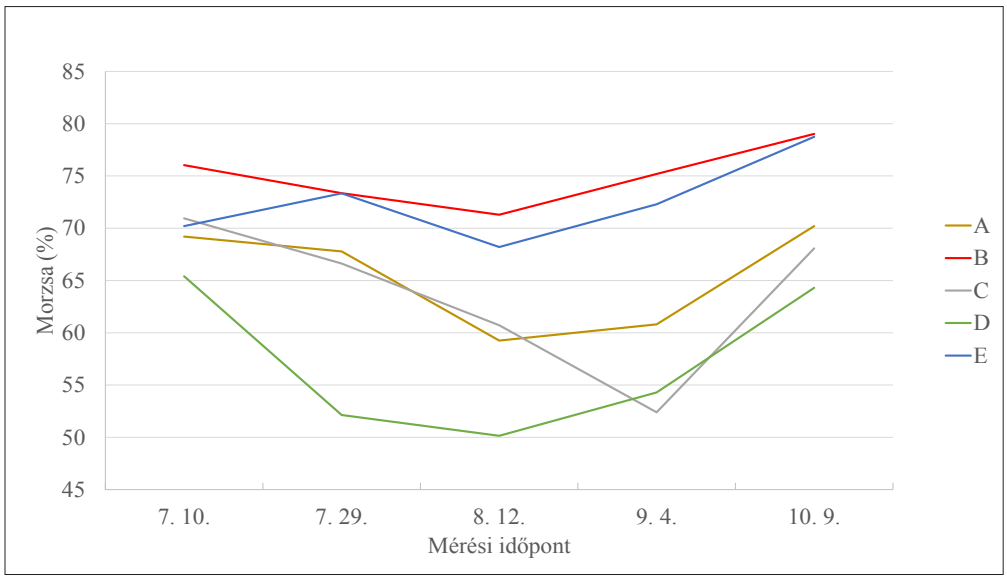
A 0–5 cm rétegben a B és az E variánsok némiképp alacsonyabb talajellenállás-értékeket mutattak (0,86, illetve 0,94 MPa), mint a direktvetéses eljárások, amelyeknél 1,02–1,2 MPa-t mértünk. Legnagyobb mértékben az E és a B tömörsége enyhült, 40,3, valamint 32,9%-kal. Az 5–10 cm zónában megmaradt a tarlóműveléses kezelések (E, B) nagyobb lazultsága. Ebben a mélységben a B változat esetében mértük a legkisebb (1,25 MPa), míg a D parcelláin a legnagyobb (1,78 MPa) ellenállási értékeket. Ebben a mélységben 70 nap alatt közel azonos szinten csökkent minden eljárást követően a talaj tömörsége (24,2–31%-kal). A 10–20 cm rétegben felvett adatok lényeges eltérést mutattak a tarlóműveléses változatok javára, a B-nél 1,78, az E-nél 1,62 MPa-t mértünk. Ugyanekkor, ugyanebben a zónában az A, a C és a D változatoknál 3,0, 2,42, valamint 3,06 MPa talaj-ellenállási értékeket állapítottunk meg. 2009-ben a 0–20, valamint a 0–50 cm talajréteg átlagai alapján ugyanazt a B<E<C<A<D sorrendet állítottuk fel a kezelések között, mint egy évvel korábban. A talajellenállás különbségei egyetlen kezeléspár tekintetében és egyik évben sem érték el a statisztikai megbízhatóság értékét (18/a., b. és 19/a., b. melléklet). A regresszióanalízis segítségével rámutattunk a talajtakarás, a talajnedvesség, valamint a talajellenállás összefüggéseire. A 38. és 39. melléklet arról tanúskodik, hogy 2008-ban a talaj takartsága és a talajellenállás között igen erős (R^2=0,8969), míg a talajnedvesség és a talajellenállás között szintén igen erős (R^2=0,9014)

kapcsolatot fedeztünk fel. A 40. és 41. melléklet szerint a következő évben a talaj takarása és ellenállása között, az előző évihez képest némiképp gyengébb korrelációt kaptunk (R^2=0,720), míg a talajnedvesség és a talajellenállás között az egyik legerősebb összefüggésre (R^2=0,9081) mutattunk rá.

Korábban Kalmár et al. (2013) szintén igazolták a felszíntakarás (45%) és a talajellenállás közötti pozitív korrelációt. Edwards et al. (2000) kísérleteiben a felszíntakarás 20%-kal csökkentette a gyökerezési zóna talajellenállást. Eredményeinkhez hasonlóan Zhang et al. (2014) szintén csak a felső talajrétegre kiterjedően tapasztaltak kedvezőbb talajellenállási értékeket. Unger és Jones (1998) a 0-10 cm-es talajrétegben igazolta a tarlóhántás - kisebb talajellenállásban megnyilvánuló - előnyét a direktvetéssel szemben.

4.2.4. Az agronómiai szerkezet változása a tarlóba vetési kísérletekben

2008-ban a betakarítás napján vett mintákban viszonylag magas morzsaarányt találtunk, amely 65,4–76,03% között alakult (25. ábra). A morzsásság hasonlóságot mutat a tarlóművelési kísérlet sekélyműveléses kezeléseiben tapasztalt értékekkel. Az öt kezelés közül kettőnek (B, E) a hántott tarlóján történt meg a mintavétel, az A esetében pedig a direktvetéses parcellákat mintáztuk meg. A másik két direktvetéses változatban (C, D) ekkor még nem történt meg a kezelések beállítása. A kezelésekben a következő két mérési időpontban rendre alacsonyabb morzsaarányt mértünk, amely alól egyetlen kivétel volt (E variáns 07. 29.). Egy hónap alatt a morzsafrakció aránya az egyes kezeléseknél változó mértékben, 2,8–23,3%-kal csökkent. Legnagyobb visszaesést a D, a legkisebb mértékűt pedig az E kezelésben mértük. Az augusztus 12-i mérési időpontban már kezdett kirajzolódni a tarlóhántásos (B, E) kezelések előnye a direktvetésűekkel szemben, ugyanis azok morzsássága 70% fölé emelkedett, míg ez utóbbiaké 60% körüli vagy ez alatti volt. A morzsásság visszaesésében valószínűleg a rendkívül csapadékos július (210,2 mm) is szerepet játszhatott, amelyhez hasonló tendenciát figyelhettünk meg a tarlóművelési kísérlet SP kezelésében is.



25. ábra. A morzsásodás trendje tarlóba vetési kísérletben (Hatvan, 2008. 07. 10. – 10. 09.)

Kezelések: A: aratás napján tarlóba vetés, B: aratás napján tarlóhántás, augusztusban vetés, C: aratás után két nappal tarlóba vetés, D: aratás után egy héttel tarlóba vetés, E: aratás napján tarlóhántás, egy hét múlva vetés

Morzsásság $SZD_{5\%}$: 7,33; $SZD_{1\%}$: 9,99

A kímélő művelés és a felszínen hagyott szalma morzsásodást elősegítő hatása hosszabb távon érvényesülhet, amely jelenséget mi is megtapasztaltuk a szeptember eleji méréskor. A C variáns kivételével minden kezelésben növekvő morzsafrakciót mértünk. A B és az E parcellák nagyobb morzsásságban megnyilvánuló előnye továbbra is megmaradt. Október elején, az utolsó mérési időpontban, az A, a B és az E változatokban a morzsa aránya meghaladta a kiindulási értéket, míg a C és a D esetében alatta maradt. A 92 nap alatt mutatott morzsásodás tekintetében B>E>A>C>D sorrend alakult ki a kezelések között (23. táblázat). A direktvetéses kezelésekben kisebb, a tarló-hántásos változatoknál nagyobb morzsafrakciót mértünk. A legnagyobb mértékű morzsacsökkenést (4%) a C változat, míg a legnagyobb arányú növekedést (12,1%) az E változat produkálta. A kísérletben a legjobban szerepelt B kezelésben a rög: morzsa:por arány 18:79:3 értéken alakult.

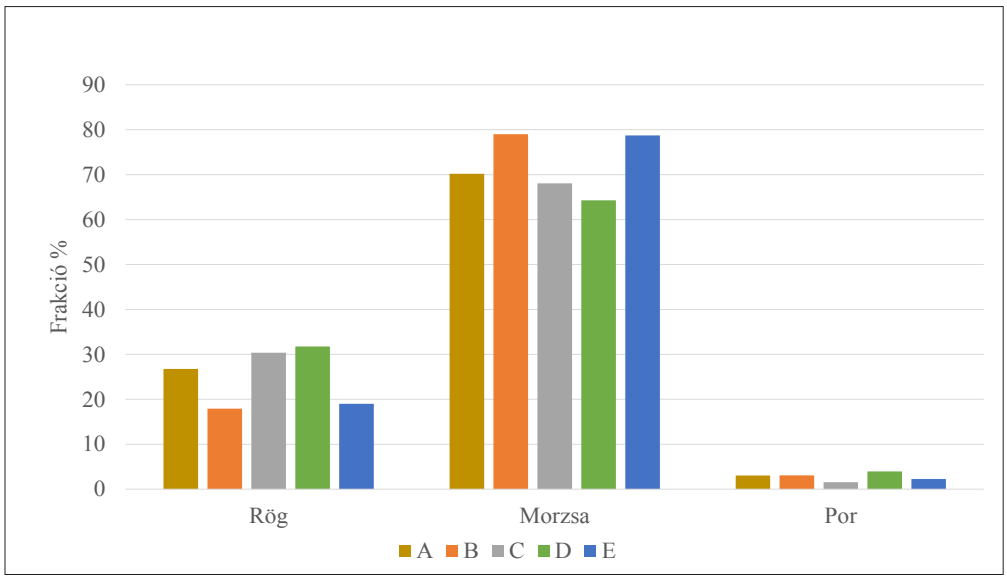
23. táblázat. A tarlóba vetési kezelések sorrendje a morzsafrakció változásában (Hatvan, 2008)

Kezelés	Összes morzsa (%) 1. nap	Sorrend	Összes morzsa (%) 92. nap	Sorrend	Morzsásságváltozás (%)
A	69,21	4	70,2	3	+1,4
B	76,03	1	79,02	1	+3,9
C	70,95	2	68,08	4	–4,0
D	65,4	5	64,3	5	–1,7
E	70,2	3	78,75	2	+12,1

Kezelések: A: aratás napján tarlóba vetés, B: aratás napján tarlóhántás, augusztusban vetés, C: aratás után két nappal tarlóba vetés, D: aratás után egy héttel tarlóba vetés, E: aratás napján tarlóhántás, egy hét múlva vetés.

2008-ban a morzsásság tekintetében statisztikailag is igazolható eltérést állapítottunk meg P>5% szinten az A-B, A-D, B-C, B-D, C-E és a D-E kezeléspárok között, P>1% szinten pedig a B-C, B-D, valamint a D-E kezeléspárok között (20/a., b., c. melléklet). A 42. és 43. melléklet alapján, 2008-ban a talajnedvesség és a morzsásság között erős (R^2=0,8656), míg a takarás és a morzsásság között közepesen erős (R^2=0,7882) kapcsolatot tártunk fel.

A rög és a porfrakció alakulását elemezve megállapíthatjuk, hogy a 10 mm-nél nagyobb talajalkotók aránya négy mérési időpontban a D és a C, valamint az A variáns esetében volt a legnagyobb. Ugyanakkor a D eljárás rögösítő hatása egyértelmű volt (26. ábra). Az utolsó mérési időpontban a rögösödés tekintetében a D<C<A<E<B sorrendet állítottuk fel az egyes eljárások között, amely pontosan a morzsásodási sorrend ellentéte. A porosodás mértéke jellemzően a tarlóhántásos kezelésekben (B, E) volt jelentősebb, amely a tárcsás talajművelő eszköz kedvezőtlen hatását támasztja alá. S ez még abban az esetben is igaz, ha síktárcsát használunk a tarlómunkák során. A kísérlet végére a porfrakció aránya (1,56–3,94%) minden változatban jelentősen csökkent, amely a talaj beéredésének folyamatát tükrözi.



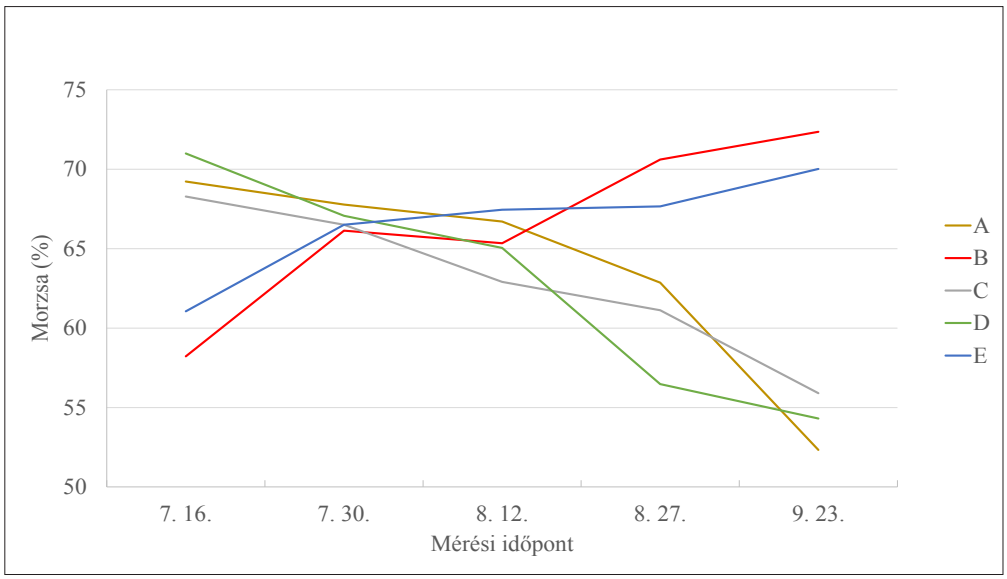
26. ábra. Az agronómiai szerkezet a 92. napon a tarlóba vetési kísérletben (Hatvan, 2008. 10. 09.)

Kezelések: A: aratás napján tarlóba vetés, B: aratás napján tarlóhántás, augusztusban vetés, C: aratás után két nappal tarlóba vetés, D: aratás után egy héttel tarlóba vetés, E: aratás napján tarlóhántás, egy hét múlva vetés

Rögfrakció $SZD_{5\%}$: 10,52; $SZD_{1\%}$: 14,36

A rögfrakció elemzésekor statisztikailag is igazolható eltéréseket találtunk P>5% szinten az A-B, A-D, B-C, B-D, C-E és a D-E, valamint P>1% szinten a B-C, B-D, D-E kezeléspárok között (21/a., b., c. melléklet). Ugyanakkor a porfrakció esetében az egyes kezeléspárok közötti különbségek nem érték el a statisztikai megbízhatóság értékét (22/a., b. melléklet).

2009-ben a betakarítás után egy héttel, július 16-án vett mintákban a morzsafrakció aránya 58,22–70,99% között változott (27. ábra). Ekkorra megtörtént a B és az E parcellák talajának hántása (E vetése is), és az A, a C, valamint a D kezelésekben is elvetettük a takarónövényt különböző időpontokban. Az első mérési időpontban a direktvetéses kezelésekben a B-hez viszonyítva 18,9–21,9, míg az E-hez viszonyítva 11,8–13,3%-kal nagyobb morzsafrakciót állapítottunk meg. Ez utóbbiakban feltűnően nagy, 30%-ot meghaladó volt a rögfrakció (>10 mm) aránya, amely tárcsás művelés kedvezőtlen hatására utalhat. A talaj nedvességtartalma meghaladta a művelhetőségi optimumot a tarlóhántás körüli időpontban, így a nedves talaj művelése során keletkezett gyúrt rögök nagyobb arányával találkozhattunk az egy héttel később elvégzett mintavételezés során. A hónap végén, július 30-án végrehajtott második mintavételezés során – egymással ellentételesen zajló folyamatok hatására – az egyes kezelések morzsafrakciói közel azonos szintre kerültek, 66,13–67,78% között alakultak. A tarlóhántásos eljárások esetében növekedett, a direktvetéses variánsoknál csökkent a morzsa aránya.



27. ábra. A morzsásodás trendje tarlóba vetési kísérletben (Hatvan, 2009. 07. 16. – 09. 23.)

Kezelések: A: aratás napján tarlóba vetés, B: aratás napján tarlóhántás, augusztusban vetés, C: aratás után két nappal tarlóba vetés, D: aratás után egy héttel tarlóba vetés, E: aratás napján tarlóhántás, egy hét múlva vetés

A következő 12 napban lényeges változás nem történt, az E kivételével a többi változatnál 0,79–3,6%-kal tovább csökkent a morzsa aránya. Az E kezelésnél 1% körüli növekedést tapasztaltunk. Augusztus végén a tarlóhántásos kezelések közül a B előnye mutatkozott meg, mivel 8%-kal nőtt a morzsásság ebben a kezelésben. A másik szélsőséget a D képviselte, ahol 13,2%-kal kevesebb morzsát mértünk ekkor. A többi változatnál vagy szinten maradt (E), vagy kisebb-nagyobb mértékben csökkent (A, C) a morzsafrakció aránya. Az utolsó mérési időpontot vizsgálva megállapítottuk, hogy a 2009-ben mért záró morzsaértékek (52,33–72,36%) elmaradtak az egy évvel korábban kapott értékektől (64,3–79,02%). A legkisebb, és a legnagyobb érték 22,8, illetve 9,2%-kal alakult alacsonyabb szinten, mint 2008-ban. A kísérlet végére a változatok között a B>E>C>D>A sorrend alakult ki a morzsafrakció nagysága tekintetében. A direktvetéses kezelések (A, C, D) kisebb morzsaarányt mutattak, mint a tarlókezelésesek (B, E). A legnagyobb morzsafrakciót 2009-ben is a B és az E kezelésben mértük, bár arányuk 8,4, illetve 11,1%-kal elmaradt a 2008-ban mért értékektől. A harmadik, a negyedik és az ötödik helyezés tekintetében az A, a C és a D változat helyet cserélt. A kísérletben a legmagasabb morzsaarányt mutató B kezelés rög:morzsa:por aránya a 19:72:9 értéken alakult. Ez az arány a rögfrakció tekintetében mindössze 1%-ban tér el az előző évitől, azaz a porfrakció a morzsa rovására nőtt, méghozzá 6%-kal.

A 24. táblázat adataiból látható, hogy 2009-ben a kísérlet 70 napja alatt a B kezelésben mértük a legnagyobb morzsafrakció-növekedést (24,2%). A 2008. évihez hasonlóan jó szerepelt az E keze-

lés is. A direktvetéses kezelésekben visszaesett a morzsa aránya, különösen az A és D esetében (24,4, illetve 23,5%).

24. táblázat. A tarlóba vetési kezelések sorrendje a morzsafrakció változásában (Hatvan, 2009)

Kezelés	Összes morzsa (%) 1. nap	Sorrend	Összes morzsa (%) 70. nap	Sorrend	Morzsásságváltozás (%)
A	69,23	2	52,33	5	–24,4
B	58,22	5	72,36	1	+24,2
C	68,28	3	55,90	3	–18,1
D	70,99	1	54,31	4	–23,5
E	61,06	4	70,02	2	+14,6

Kezelések: A: aratás napján tarlóba vetés, B: aratás napján tarlóhántás, augusztusban vetés, C: aratás után két nappal tarlóba vetés, D: aratás után egy héttel tarlóba vetés, E: aratás napján tarlóhántás, egy hét múlva vetés

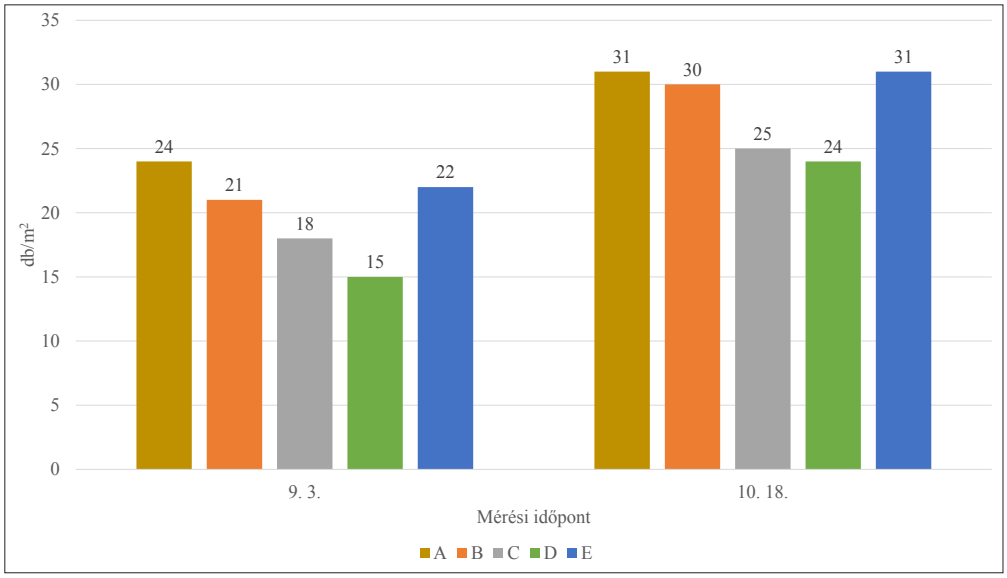
A rögösség tekintetében már augusztus végétől megmutatkozott a direktvetéses kezelések hátránya, amely tarlóhántásos kezelésekhez képest jelentős különbségben nyilvánult meg. A rögfrakció aránya igen magas szinten 40,0, 36,6, illetve 39,0%-on alakult az A, a C, és a D variáns esetében (44. melléklet). 2009-ben ez egyes frakciókban vizsgált kezelőpárok különbségei nem érték el a statisztikai megbízhatóság értékét (23/a., b., 24/a., b. és 25/a., b. melléklet). A 45. és 46. melléklet alapján látható, hogy 2009-ben – az előző évihez képest – erősebb kapcsolatot kaptunk a talajnedvesség és a morzsaképződés (R^2=0,973), valamint a borítottság és a morzsásság között (R^2=0,8092) is.

Eredményeinkhez hasonlóan Birkás (2006) is hangsúlyozza a takarónövények vetésének jelentőségét, hiszen beárnyékolási érettségben tartják a talajt, így segítik a morzsaképződést. Folorunso et al. (1992), Hermawan és Bomke (1997), valamint Reicosky és Forcella (1998) is igazolták a takarónövények morzsavédelemben és aggregátum stabilitásban betöltött közvetlen és közvetett (szénforrás) szerepét.

4.2.5. Takarónövény-vizsgálatok a tarlóba vetési kísérletekben

A két alkalommal (szeptember 03., október 18.) elvégzett növényvizsgálatok a gyökerezés (gyökérhosszúság, gyökértömeg) és a növényborítás (növényszám, zöldnövény tömeg) értékelésére terjedtek ki.

A növényszám (db/m^2) és növényfejlettség (kg/m^2) vizsgálatakor tapasztalt eltérések összhangban állnak a tarlóhántásos és a direktvetéses kezelések között kapott takarónövény-borítási különbségekkel. A takarónövény darabszám vizsgálatában (28. ábra) az A és az E kezelés, míg a takarónövény zöldtömeg (29. ábra) esetében az E variáns bizonyult a legjobbnak.

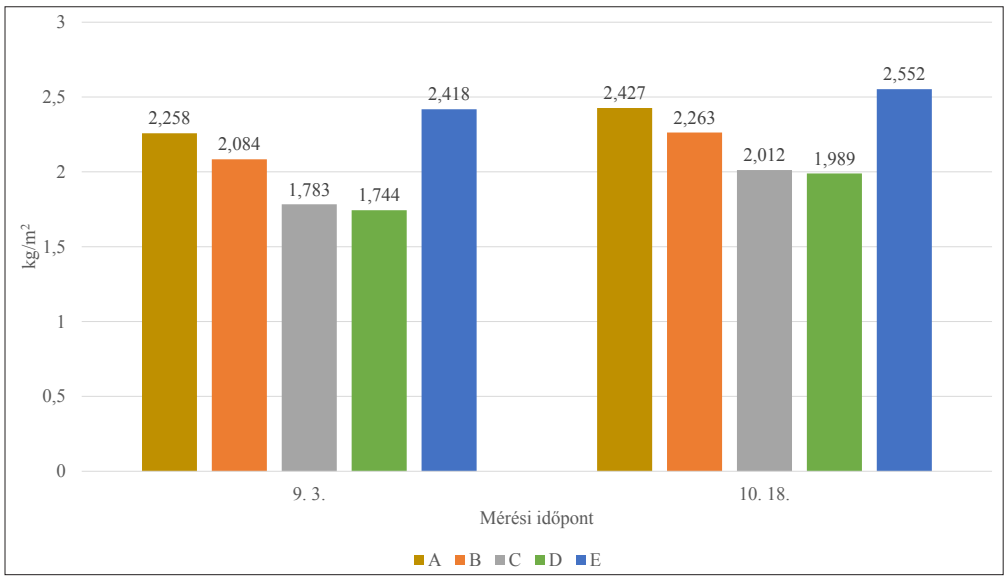


28. ábra. Takarónövény szám (db/m^2) a tarlóba vetési kísérletben (Hatvan, 2009. 09. 03. – 10. 18.)

Kezelések: A: aratás napján tarlóba vetés, B: aratás napján tarlóhántás, augusztusban vetés, C: aratás után két nappal tarlóba vetés, D: aratás után egy héttel tarlóba vetés, E: aratás napján tarlóhántás, egy hét múlva vetés

A B kezelésben augusztus 17-én vetettük el a takarónövényt, amely a javuló talajállapotnak, valamint a kelést és a fejlődést segítő csapadéknak (4 alkalommal 16,2–27,4 mm közötti mennyiség) köszönhetően gyors fejlődésnek indult, és látványos borítást ért már az első mérési időpontban, végül pedig jobban szerepelt, mint a korábban vetett C és D variánsok. A tarlóhántásos kezelések (B, E) mellett ki kell emelni az A direktvetéses parcellákon mért magas növényszám és zöldnövény tömeg értékeket. A növényszám vizsgálatakor az A=E>B>C>D, míg a növényfejlettség tekintetében az E>A>B>C>D sorrendet kaptuk, amely a betakarítást követően azonnal elvégzett tarlóhántás (B, E) és vetés (A), valamint az augusztusi vetés (B) előnyét támasztja alá. A kezelések közötti sorrend nem változott a két mérési időpont között. Növényszám tekintetében a legtöbb növényt tartalmazó A és E változatok, valamint a leggyengébb D kezelés között 29,1% különbséget találtunk. Ez az eltérés a növényfejlettséget tanulmányozva szintén 28,3% volt a legnagyobb zöldnövény tömeget mutató E, valamint a leggyérebb fedettséget produkáló D variáns között. Az öt kezelés zöldnövény produktuma hektárra vetítve 19,89–25,52 tonna között alakult, amely a mustár és az olajretek potenciális termőképességének 40–50%-a. Ugyanakkor fontos hangsúlyozni, hogy kísérletünkben

a talaj minél tökéletesebb takarása volt a cél, és nem pedig a minél nagyobb zöldtömeg elérése. Hasonlóan vélekedik BIRKÁS (2006) is, aki a nyár végi vetést javasolja abban az esetben, amennyiben a nagy zöldtömeg elérése a cél. A túlságosan fejlett takarónövény állomány kimeríti a talaj vízkészletét, ezzel kockázatossá válhat az utónövény termesztésének sikere. Az állomány túlfejlődésének megakadályozására használhatunk totális gyomirtó szerrel végzett kémiai kezelést, valamint szárzúzó és mulcsozó gépekkel végzett mechanikai állomány felszámolást is. A kezelések között megállapított növényszám különbségek nem érték el a statisztikai megbízhatóság értékét (26/a., b. melléklet). Ellenben a növényfejlettség egytényezős varianciaanalízise statisztikailag is igazolható különbségeket tárt fel P>5% szinten az A-C, A-D, C-E, valamint a D-E kezelespárok között, P>1% szinten pedig az C-E, valamint a D-E variánsok között (27/a., b., c. melléklet). A takarónövény szám és a zöldtömeg közötti összefüggést másodfokú parabolafüggvény írja le. A két változó között erős, R^2=0,9519 kapcsolatot találtunk (47. melléklet).



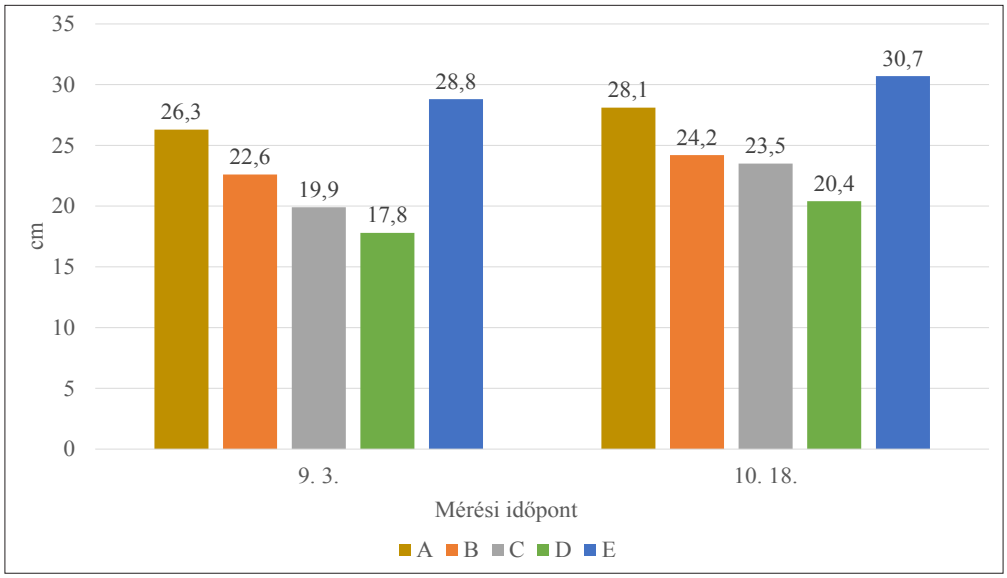
29. ábra. Takarónövény zöldtömeg a tarlóba vetési kísérletben (Hatvan, 2009. 09. 03. – 10. 18.)

Kezelések: A: aratás napján tarlóba vetés, B: aratás napján tarlóhántás, augusztusban vetés, C: aratás után két nappal tarlóba vetés, D: aratás után egy héttel tarlóba vetés, E: aratás napján tarlóhántás, egy hét múlva vetés

$SZD_{5\%}$: 0,35; $SZD_{1\%}$:0,55

A gyökerezés mélységének vizsgálatakor, a kísérlet végén az E>A>B>C>D sorrendet állítottuk fel. Az E és a legsekélyebben gyökerező D parcellái között 10,3 cm (50,4%) eltérést tapasztaltunk gyökérfejlettség terén. A talajpenetrációs vizsgálatok alapján minden kezelés talaja 20 cm mélységig volt lazult (<3MPa), ugyanakkor a gyökerezés mélysége minden variáns esetében meghaladta ezt a szintet, sőt az E esetében, még a 30 cm-t is (30. ábra). Ez jól tükrözi azt az általános álláspon-

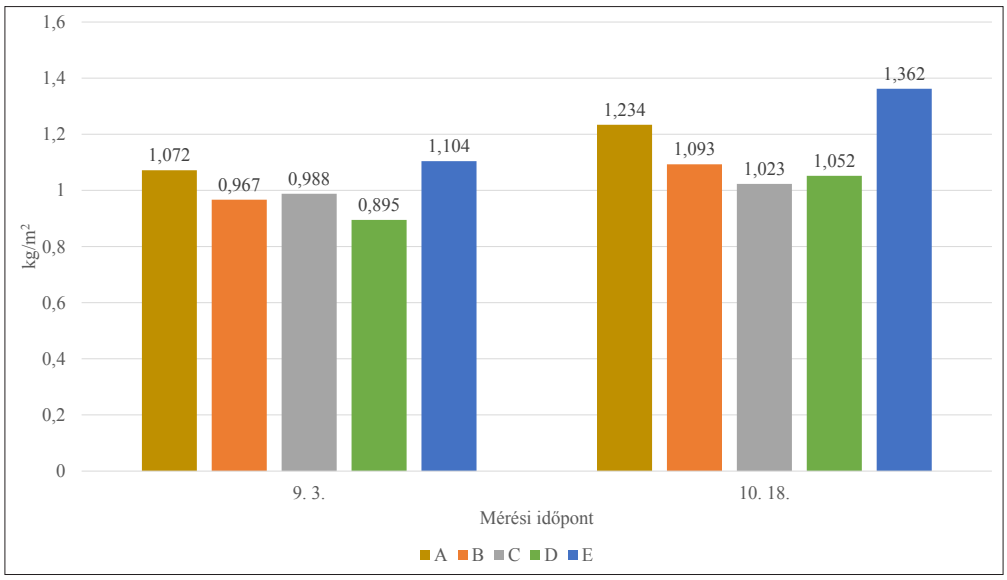
tot, hogy bizonyos köztes növényfajok erős gyökérzetük révén talajlazító hatással bírnak, és ha a talaj nem tartalmaz vastag tárcsa-, illetve eketalpat, akkor ez érvényre is jut.



30. ábra. Takarónövény gyökérhosszúság a tarlóba vetési kísérletben (Hatvan, 2009. 09. 03. – 10. 18.) Kezelések: A: aratás napján tarlóba vetés, B: aratás napján tarlóhántás, augusztusban vetés, C: aratás után két nappal tarlóba vetés, D: aratás után egy héttel tarlóba vetés, E: aratás napján tarlóhántás, egy hét múlva vetés $SZD_{5\%}$*: 4,38* $SZD_{1\%}$*:6,88*

Hasonlóan vélekedik Calogeno és Rosolem (2010) is, akik szerint erős gyökérzetű takarónövények termesztésével helyettesíteni lehet a kultivátoros művelést, így a talajtömörödés 3-4 év alatt enyhíthető. Részben ezt támasztják alá Bunna et al. (2011) kísérleteiben kapott eredmények, ahol a sekélyen gyökerező mungóbab ugyan pozitív hatással bírt, de nem tudta áttörni a tömör talpat.

A gyökértömeg közel arányosan növekedett a gyökérhosszúsággal és a zöld növényi tömeggel, így e paraméter tekintetében az E>A>B>D>C sorrendet állapítottuk meg az egyes kezelések között (31. ábra). A D és a C kezelés egymással helyet cserélt, ugyanis a D-nél a C-t 2,8%-kal meghaladó, kevésbé mélyre hatoló, de ahhoz hasonlóan fejlett gyökérrendszert találtunk. A gyökérhosszúság egytényezős varianciaanalízise során statisztikailag is igazolható különbségeket találtunk P>5% szinten, az A-C, A-D, B-E, C-E és a D-E kezelespárok, valamint P>1% szinten pedig az A-D, C-E, valamint a D-E változatok között (28/a., b., c. melléklet). A gyökértömeg elemzésekor ugyanakkor nem találtunk statisztikailag is igazolható különbségeket az egyes kezelések között (29/a., b. melléklet). A gyökérhosszúság és a gyökértömeg közötti összefüggést másodfokú parabolafüggvény írja le. A két változó között erős, R^2=0,9719 kapcsolatot találtunk (48. melléklet).



31. ábra. Takarónövény gyökértömeg a tarlóba vetési kísérletben (Hatvan, 2009. 09. 03. – 10. 18.)

Kezelések: A: aratás napján tarlóba vetés, B: aratás napján tarlóhántás, augusztusban vetés, C: aratás után két nappal tarlóba vetés, D: aratás után egy héttel tarlóba vetés, E: aratás napján tarlóhántás, egy hét múlva vetés

4.3. Új tudományos eredmények

„A tarlógondozás talajművelési és biológiai módszerekkel” a témában végzett kísérletek új tudományos eredményei a következők:

1. A felszíntakarás jellemzésére ún. borítási arányszámot dolgoztam ki. Megállapítottam, hogy a tarlómaradványok csökkenése vagy hiánya miatt a borítási érték már a nyár közepétől kedvezőtlen értékeket mutathat. Ennek ellensúlyozására, a tarlómaradványok felszínvédő hatását egyszerű, adaptív módon kell megerősíteni.
2. Bizonyítottam, hogy a gyom- és az árvakelés a talajnedvesség szabályozott felhasználása esetén felhasználható a talajvédő funkció megerősítésére.
3. A vizsgát termőhelyre számszerűsítettem a modern talajművelő eszközök– síktárcsa, kultivátor– nyomán kialakult védőtakaró jelentőségét a talajnedvesség hatásos visszatartásában, ezáltal a gyom- és árvakelés kívánt mértékű megjelenésében.
4. Talajállapot-indikátorok – takarásarány, morzsásság, nedvesség, talajellenállás, földigiliszta-szám – segítségével mutattam rá a szokásos tarlóművelés hiányosságaira a talajregenerálódás folyamatában.
5. Megállapítottam a talajvédelmi célú tarlóba vetés kritikus pontjait száraz és változékony nyári időszakban.

6. Bizonyítottam, hogy a tarlóbavetés időpontja okszerűen igazítható a felszínvédelem fenntartásához. A szalmatakarás csökkenése révén bekövetkezett hiányt az élő takaró pótolhatja a felszínvédelemben.
7. Kimutattam, hogy a közvetlen tarlóba vetés eredményét a szalmatakarás nedvesség-visszatartó funkciója alakítja.

5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A Hatvan közelében működő Józsefmajori Kísérleti és Tangazdaság területén egymással párhuzamosan folyó kísérletekben, a tarlóművelés és a takarónövény-vetés talajállapot-jellemzőkre gyakorolt hatását vizsgáltuk két egymást követő évben, a 2008–2009 közötti időszakban. Célunk szerint választ kívántunk kapni arra, hogy mely eljárások alkalmasak leginkább a – szélsőséges klíma okán – veszélynek kitett tarlók talaján a klímakár csökkentésére.

5.1. A tarlóművelési kísérlet tanulságai

– A sekély- és mélyművelések mellett a hántatlan tarló talajában végbemenő változásoknak is jelentősége van, mivel a gyakori szárazság szükségessé teheti a tarlóhántás késleltetését. Méréseink szerint a talaj a szalmatakaró alatt pihenve 7–10 nap múlva nyirkos állapotában jobb minőségben művelhető.
– A munka kezdetén feltételeztük, hogy a felszínt védő takaróanyag mennyiségével kapcsolatos elvárások az idény csapadékossága és a bolygatottság mértékének függvényében változnak. A 2008. év csapadékviszonyai alapján a tarlóhántást követő időszakra 45–55% takarást ítéltünk meg elfogadhatónak. A sekélyművelések közül kettő, a hagyományos nehéztárcsa (HT), valamint ennek elmunkált változata (HTGY) már a tarlóhántást követően sem teljesítette az elvárt kritériumot. Ugyanakkor a mulcshagyó eszközökkel, azaz a síktárcsával (SP) és a kultivátorral (K) végrehajtott kezelések parcelláin az augusztus közepi, harmadik mérési időpont alkalmával csökkent a takaróanyag mennyisége a kritikus érték alá. A szalma: talaj arányt kifejező ún. borítási arányszám értéke ekkor a minimumszint alá csökkent, amely 0,81 volt. A meleg és száraz nyári hónapok alatt, főként július végétől a szalmatakaró nyújtotta borítást ki kell egészíteni, védelmi funkcióját meg kell erősíteni. Erre a célra alkalmazható a gyom- és árvakelés, valamint a vetett takarónövény. A zöldnövény takarónak (gyom- és árvakelés) köszönhetően egészen a kísérlet végéig biztosított volt a felszínvédelemhez szükséges borítási érték. A mélyműveléses kezelések közül a szántások 45–52% zöldnövény borítással rendelkeztek a kísérlet végére, amely némi védelmet adott a kezdetben poros szerkezetű, később eliszapolódó és kérgesedő variánsok talaján. A felszín elmunkálásának ténye sokat javított a takarás, és így a felszínvédelem terén. A hagyományos nehéztárcsa elmunkált változata (HTGY) adta kezelésben a kísérlet végére 23%-kal nagyobb szalma- és 43,3%-kal nagyobb zöldnövény takarást mértünk a HT, azaz a hagyományos nehéztárcsa elmunkálatlan változatához képest. A gyakorlatban kedvelt

eljárásnak számít a tarló talajának lazítása (L) közvetlenül a betakarítást követően, amely akkor tekinthető kockázatmentesnek, ha az elmunkálatlan felszín nem rögös és nem vízvesztő. Az elmunkálás eredményeként nagyobb arányú gyom- és árvakelés borítást mértünk az LE eljárás parcelláin, amely helyettesítette a gyorsabban fogyatkozó szalmatakarást. Így a kísérlet végén csupán 5% eltérést találtunk az összes borítás tekintetében a két lazításos változat között. A szalma, valamint az összes borítás egytényezős varianciaanalízise alapján számos kezeléspár között statisztikailag is igazolható különbséget találtunk.

– A kísérlet talajának művelhetőségi optimuma 22 tömeg%-nál van. A kísérlet beállításakor a 0–50 cm talajszelvény átlagos nedvességtartalma 21,07–27,37 tömeg% között változott, kezelésenként eltérő értékeket mutatva. A sekélyműveléses változatok átlagosan 14,8%-kal múlták felül a szántásokban mért átlagos nedvességet. A július végétől kialakuló száraz periódus ellenére a kísérlet végére minden kezelésben 23 tömeg%-ot meghaladó nedvességet mértünk a 0–50 cm talajrétegben, amely nemcsak a lehullott csapadéknak tudható be, hanem a nedvességkímélő művelés és a minőségében fokozatosan átalakuló, de állandóan jelenlévő talajtakarás eredményének is. A kezelésváltozatok nedvességkülönbségei nem érték el a statisztikai megbízhatóság értékét. A legjobban szereplő SP, K és L változatok egyben a legnagyobb felszínborítási értékkel rendelkeztek a kísérlet végén.
– A kísérlet beállítását követően a sekélyműveléses kezelések talaja a bolygatás mélységéig volt lazult, ami 10 cm-t jelentett az SP és a K, valamint 20 cm-t a HT és HTGY eljárások esetében. A szántások parcelláin 25, illetve 32–34 cm mélyre terjedő lazultságot tapasztaltunk, míg a lazítások hatása nem volt igazolható, mivel a talaj az optimálisnál nedvesebb volt a 30 cm mélységben. A kísérlet 77 napja alatt a hántatlan tarló (HN) talajának felső 10 cm rétegében 1,88-ról 0,67 MPa-ra csökkent a talajellenállás értéke, a lazultság pedig 30 cm mélyre terjedt. A kedvező nedvességforgalom a talajtakarás egyik közvetett, kedvező eredménye. A tömörödés az összes kezelésben enyhült, az SP esetében például 51, míg a HTGY változatnál 55%-kal. A kísérlet végére a lazult réteg az SP és HTGY kezelések esetében 20 cm-rel, K variáns parcelláin pedig 10 cm-rel mélyült. HT változat esetében nem változott. Az egyes kezelések közötti eltérések nem érték el a statisztikai megbízhatóság határát.
– A kísérleti terület talajának rög: morzsa:por aránya a művelés előtt 23:75:2 volt, amely a kísérlet végére 20:70:10-re változott a szántásos kezelésekben bekövetkezett porosodás miatt. A morzsavédelemben a mulcshagyó SP, K és HTGY kezeléseket minősítettük kedvezőnek, mivel az összes morzsa aránya mindhárom változatnál 70% felett alakult, sőt SP esetében meghaladta a 80%-ot is. A bolygatatlan tarlón mért morzsafrakció a kísérlet végére 9,2%-kal csökkent, amely

vélhetően a takarás és a talajnedvesség csökkenésének tudható be. Az elmunkálás ténye 15,9 illetve 27,6%-kal javította a morzsaarányt a váltvaforgató ekével történt szántások két elmunkált változatánál (VSZE és VSZ-SP), szemben az elmunkálatlan szántással (VSZ). A VSZ-SP variáns jobb eredménye a hatékonyabb, külön menetben végzett szántáselmunkálásra irányítja a figyelmet. A morzsa- és porfrakció tekintetében nem, de a rögfrakciót vizsgálva statisztikailag is igazolható különbségekre mutattunk rá számos kezeléspár tekintetében.

– A kísérlet igazolta az ismert összefüggést, amely az intenzívebben bolygatott talaj és az alacsonyabb földigiliszta-populáció között áll fenn. Az SP, a K és a HN kezelésekben szeptember végén 16–19 db egyedet számoltunk a felső 0–15 cm rétegben négyzetméterenként, amely a szántásokhoz képest közel kétszeres egyedszámot jelentett. A középmélyen lazított, elmunkált LE változat talajában mért populáció közel állt a földigiliszta-barát művelést megtestesítő SP és K variánshoz, amelynek hátterében a lazult, nyirkos talajszerkezet és a takart felszín állt.
– Összefoglalóan, a talajállapot-jellemzőket vizsgálva megállapítható, hogy a sekélyműveléses kezelések közül a HN, az SP, a K és a HTGY, a mélyműveléses változatok közül pedig a VSZ-SP, az L és az LE tekinthető megfontolandó nyári talajművelési eljárásnak. Minden vizsgált paraméter tekintetében kiemelkedett az SP, a K és a HTGY kezelés. A síktárcsa (SP) és a kultivátor (K) közötti választást a származadvány kezelés minősége befolyásolhatja. Hatékonyabb szárzúzás esetén és/vagy kevésbé gyomos talajokon a kultivátorok kerülhetnek előtérbe. Szélesebb talajnedvesség intervallumban használhatók, mint a tárcsák, ezért a nedves és a száraz talajok kisebb kárral művelhetők általuk. A síklapú tárcsa inkább száraz és nyirkos állapotú talajokra alkalmas művelő eszköz, a porosítás veszélye - mint ahogy arra a vizsgálataink is rámutattak - azonban ezen tárcsatípus esetében is fenn áll. A hagyományos nehéztárcsa lezáró hengerrel kombinált változata (HTGY) a porhanyítás és a felszíntakarás terén mutatott némi hiányosságaival együtt is ajánlható eszköz a nyári tarlómunkák során, azzal a megjegyzéssel, hogy a talaj nedvességtartalmára mindenkor tekintettel kell lennünk. Csapadékos évjáratban hatásosan eltüntetheti ugyan az aratáskori keréknyomokat, de a 10 cm alatt nedves talajba tömör, vízzáró réteget gyúr. A HN és az L eljárás a nem kívánt rögössége folytán érdemel figyelmet. A HN kezelés esetében úgy tűnt, hogy a növényi takaróanyag alatt nem képes oly mértékben felnyirkosodni a talaj, mint ahogy a tarlóművelés során kialakított sekély, porhanyó réteg alatt. Az L kezelés nagy rögfrakciója alátámasztotta azt a korábban már igazolt megállapítást, hogy a hántott tarlók beéredésnek indult talaján az alapművelések kisebb energiával és jobb minőségben végezhetők el, ezért a tarló közvetlen lazítása rögösödéshez vezet. Ugyanakkor az elmunkált lazítás, azaz az LE variáns morzsásság tekintetében már közelebb állt a kultivátoros műveléshez, és csupán a közepes

földigiliszta aktivitás miatt maradt el a sekélyműveléses kezelések mögött. A szántások közül csak a síktárcsával elmunkált (VSZ-SP) változat mutatott kedvező értékeket. A földigiliszta aktivitás a mély bolygatás miatt természetszerűleg itt is alacsonyabb volt, viszont kedvező volt a morzsásság és a talajnedvesség, amely a felszín elmunkálásával és a zöldnövény-takarással függ össze. Mindezek ellenére a nyári szántás kockázatos beavatkozás és egyáltalán nem tekinthető klímakárcsökkentő eljárásnak. A vegetációs időszak alatt letömörödött talajok mély bolygatása még azonnali elmunkálás esetén sem szolgálja a talaj megújulását a tarlófázisban. A talaj beéredésében fontos szerepet kapó talajtakarás és az ennek köszönhető felszínvédelem nem biztosított a kritikus nyári hónapok alatt.

A kísérletben értékelt egyes eljárásokat a talajállapot jellemzőkre gyakorolt hatásuk alapján a 25. táblázatban foglalom össze.

25. táblázat. A tarlóművelési kísérlet kezeléseinek rangsora a talajállapot jellemzők alapján (legjobb 1, leggyengébb 11)

Kezelés	Talajállapot jellemzők					Rangsor
	Borítás a művelés után	Talaj-nedvesség	Lazult réteg mélyülése	Agronómiai szerkezet	Földigiliszta-szám	
HN	1	6	3	7	3	3
SP	3	2	1	1	1	1
K	3	3	2	2	2	2
HT	4	8	3	9	9	8
HTGY	5	7	1	5	5	4
SZF	NÉ	11	4	8	11	10
VSZ	NÉ	10	4	10	10	10
VSZE	NÉ	9	4	6	9	9
VSZ-SP	NÉ	5	4	4	6	6
L	2	1	NÉ	11	4	5
LE	6	4	NÉ	3	7	7

Kezelések: HN: hántatlan, SP: síktárcsásporhanyító, K: kultivátor, HT: hagyományostárcsa, HTGY: hagyományostárcsahengerrel, SZF: ágyekeforgóelemmel, VSZ: váltvaforgató eke, VSZE: váltvaforgató eke elmunkálóval, VSZ-SP: váltvaforgató eke és síktárcsa, L: lazító, LE: lazító és elmunkáló

**NÉ: nem értelmezhető*

5.2. A tarlóba vetési kísérlet tanulságai

– A tarlóba vetési kísérlet kezeléseit két csoportba sorolva tárgyaltuk, úgymint tarlóhántásos (B, E) és direktvetéses (A, C, D) változatok. A 2008. év csapadéka alapján a kísérlet beállítását követően a direktvetéses parcellákra 60–70, míg a tarlóhántásos kezelésekre 45–55% borítottságot ítéltünk meg elfogadhatónak. A következő év kísérleti időszakában 186 mm-rel kevesebb csapadék hullott, emiatt a tarlóművelést követően 55–60, míg a direktvetésű kezelésekben 65–85% takarást vártunk el. Megállapítottuk, hogy július végétől–augusztus elejétől a felszíni szármaradvány védelmi funkcióját ki kell egészíteni a kezelés típusától függetlenül. A tarlóhántásos kezelésekben a nagyobb arányú bekeverés, valamint a jobb talajállapot folytán intenzívebb volt a szalmafeltáródás, ezért gyorsabban csökkent a felszínen lévő tarlómaradvány mennyisége, mint a direktvetéses változatoknál, amit viszont jól kompenzált az élénkebb gyom- és árvakelés, valamint a takarónövény-fejlődés. A szalmaborítás tekintetében mindkét évben statisztikailag is igazolható különbségekre mutattunk rá az egyes kezelések között.
– A talaj 0–50 cm rétegében mért nedvességértékek alapján nem találtunk statisztikailag igazolható eltéréseket az egyes kezelléspárok között, bár a nedvességgörbék lefutása eltérő volt a két vizsgálati évben. A tarlóhántásos változatok előnye néhány tömeg%-kal magasabb nedvességtartalomban nyilvánult meg.
– A talajellenállás vizsgálatok mindkét évben – a kezeléstől függetlenül – a lazult réteg mélyüléséről tanúskodtak, aminek a hátterében a felszínkímélő bolygatása és takarása áll. A tarlóhántásos és a direktvetéses eljárások egyaránt sekélyműveléses beavatkozások, a kísérlet beállításakor az egyes parcellák talaja ennek megfelelően 3-5 cm (direktvetéses kezelések), valamint 6-10 cm (tarlóhántásos kezelések) mély lazultságot mutatott. A lazult réteg mélysége mindkét évben, minden változatnál 20 cm-ig terjedt a kísérlet utolsó mérési időpontjában. A talajellenállás-különbségek egyetlen kezelléspár esetében és egyik évben sem érték el a statisztikai megbízhatóság határát.
– Az agronómiai szerkezet vizsgálata a két kísérleti év számos hasonlóságát igazolta. A morzsafrakció aránya mindkét évben nőtt a tarlóhántásos kezelésekben (B, E), és csökkenést mutatott a direktvetéses parcellákon (A, C, D). Ennek hátterében két tényező együttes hatása állhatott. A tarlóhántást végző síktárcsás porhanyító jobb hatékonysággal egyengeti és zárja a bolygatott felszínt, mint a féldirekt vetőgép tömörítő keréksora. Ugyanakkor a tarlóhántás alkalmával létrehozott sekély, porhanyó, szigetelő réteg alatt a talaj nyirkosodásának folyamata is vélhetően intenzívebben játszódik le, mint a direktvetéses parcellák esetében felszínen hagyott nagyobb

mennyiségű szalma alatt. Így a direktvetéses parcellák rögössége nem enyhült a kísérlet ideje alatt. Ráadásul a szárazabb 2009. évben a rögösödés még inkább szembeötlő folyamattá vált. A rosszabb agronómiai szerkezet gyengébb gyom-, árvakelés- és takarónövény-borításban nyilvánult meg.

– A takarónövény-vizsgálatok arra hívták fel a figyelmet, hogy az augusztus közepén vetett állomány (B kezelés) – a javuló talajállapotnak köszönhetően – az egy hónappal korábban felállított, direktvetésű parcellákat (A, C, D) felülmúló borítási szintet képes elérni. A kísérlet végére minden változat esetében a lazult 20 cm réteget meghaladó gyökerezési mélységet mértünk. Ez alátámasztja azt az álláspontot, amely szerint bizonyos köztes növényfajok erőteljes gyökérzetük révén lazító hatással bírnak, amely abban az esetben érvényesül, ha a talaj nem tartalmaz vastag tárcsa- vagy eketalpat. A védelmi céllal vetett köztes növény esetében a felszíntakarás mértéke fontosabb, mint a zöldnövény produktum, ezért a kíséreltünkben elért 19,89–25,52 t/ha hozam elfogadható szintű.

– A két egymást követő évben beállított tarlóba vetési kísérletről összességében elmondható, hogy minden kezelés sekély talajbolygatást eredményezett. Ennek betudhatóan a talajnedvesség, a talajellenállás tekintetében nem találtunk statisztikailag igazolható különbségeket az egyes kezelések között. A zöldnövény állománnyal (gyom- és árvakelés, takarónövény) kiegészült felszíntakarás legkisebb mértéke 82% volt (D kezelés 2009-ben), tehát minden variáns esetében teljesült a talaj védelmével kapcsolatos elvárás. A talajnedvesség és az agronómiai szerkezet kedvezőbben alakult a tarlóműveléses kezelések esetében, ami hatással volt a gyom-, az árvakelés és a takarónövény állományának kelésére és fejlődésére. Ezért a betakarítás napján elvégzett tarlóhántás, majd az egy héttel később (E), illetve augusztusban (B) végrehajtott vetés bizonyult perspektivikusabb eljárásnak. A direktvetés csapadékos évjáratokban lehet megfontolandó eljárás, amikor a talaj nagyobb mértékű bolygatása rögösödéshez vezetne. Aszályos időjárásban is jó eredményt adhat a direktvetés, mégpedig a szalmatakaró alatt bizonyos ideig pihentetett talajba történő vetés esetén (C és D variáns a kísérletben). A deflációnak kitett homoktalajokon, valamint az erózió sújtotta erdő-, és sekély termőrétegű, erodált talajokon szintén előtérbe kerülhet a direktvetés, ugyanis az aratás követően a tarló bolygatatlanságának fenntartásával mérsékelhető a talajveszteség.

A kísérletben értékelt egyes eljárásokat a talajállapot jellemzőkre gyakorolt hatásuk alapján a 26. táblázatban foglalom össze.

26. táblázat. A tarlóba vetési kísérlet kezeléseinek rangsora a talajállapot jellemzők alapján (legjobb 1, leggyengébb 5)

Kezelés	Talajállapot jellemzők										Rangsor
	Borítás változása		Talaj-nedvesség		Lazult réteg mélyülése		Agronómiai szerkezet		Takaró-növény szám	Takarónövény gyökérhosszúság	
	2008	2009	2008	2009	2008	2009	2008	2009	2009	2009	
A	3	3	3	4	1	1	3	5	2	2	3
B	2	2	1	2	2	2	1	1	3	3	2
C	4	4	4	3	1	1	4	3	4	4	4
D	5	5	5	5	1	1	5	4	5	5	5
E	1	1	2	1	2	2	2	2	1	1	1

Kezelések: A: aratás napján tarlóba vetés, B: aratás napján tarlóhántás, augusztusban vetés, C: aratás után két nappal tarlóba vetés, D: aratás után egy héttel tarlóba vetés, E: aratás napján tarlóhántás, egy hét múlva vetés

10.14751/SZIE.2016.001

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A mezőgazdasági termelés fenntarthatóságának és fejlődésének egyik alapeleme a termőtalaj – mint az egyik legfontosabb természeti erőforrás – ésszerű hasznosítása, fenntartása és védelme. A helytelen talajhasználat, az okszerűtlen talajművelési gyakorlat a környezet többi elemére is hatással van, így a környezetvédelem szempontjából is veszélyt jelentő, fontos kérdés.

Az 1990-es évek végére jellemző kényszerművelés következtében leromlott a hazai talajok fizikai és biológiai állapota, az egyre gyakrabban jelentkező időjárási szélsőségek pedig jelentős gazdasági károkat okoztak a mezőgazdaságban. Az új században a klímaközpontú talajművelés céljának és feladatának igazodnia kell a klímaváltozáshoz, mivel a talajminőség javításán keresztül hozzá kell járulnia a klíma eredetű károk csökkentéséhez.

A klímaváltozáshoz való alkalmazkodásban kitüntetett szerepe van a nyári talajművelési gyakorlatnak, ezen belül pedig a tarlógondozás folyamatának. A szén- és nedvességveszteséget csökkentő, a talaj biológiai beéredését elősegítő tarlóművelés kiegészült a szerkezetkímélés és a felszínvédelem elvárásával. A fejlettebb mezőgazdaságú országokban már az 1960-as évektől kezdődően használtak tarlómaradványokat a talajfelszín védelemére, míg hazánkban a növényi maradványoktól mentes, feketére művelés sok századon át elvárás maradt.

A betakarítást követően a felszínen hagyott növényi maradványok mennyisége a feltáródás feltételeinek függvényében csökken, így védelmi funkcióját a nyár közepétől a gyom- és árvakelés, valamint takarónövény egészítheti ki.

Kutatási tevékenységem célkitűzése ennek megfelelően az volt, hogy

– az egyes tarlóművelési módszereket értékeljem és összehasonlítsam a fontosabb talajállapot jelelemzők alapján,

– tanulmányozzam a takarónövény tarlóba vetésének módszerét, tekintettel a káros klímahatás enyhítésére, valamint a szerkezet kímélésére,

– valamint új tarlógondozási koncepciót fogalmazzak meg, a tarlóművelés talajvédelemben és klímakárcsökkentésben játszott szerepének tisztázása folytán.

Kutatási témámnak az is aktualitást ad, hogy az Európai Unió Közös Agrárpolitikájának részeként, 2015-ben bevezetésre került zöldítés egyik céltevékenysége az ökológiai jelentőségű területek kijelölése. Az ökológiai célú másodvetés kialakításának követelménye teljesíthető a két főnövény termesztése közötti időszakban vetett takaró- vagy zöldtrágya növénnyel.

A Hatvan közelében lévő Józsefmajori Kísérleti és Tangazdaság területén egymással párhuzamosan folyó kísérletekben a tarlóművelés és a takarónövény-vetés talajállapot-jellemzőkre gyakorolt hatását vizsgáltam két egymást követő évben, a 2008–2009 közötti időszakban.

A tarlóművelési kísérletben a különböző sekély- és mélyműveléses kezelések közül, minden vizsgált paraméter tekintetében kiemelkedett a síktárcsás porhanyítóval (SP), a kultivátorral (K), valamint a hagyományos tárcsa és kapcsolt henger kombinációjával (HTGY) kivitelezett tarlóművelés. A bolygatatlan, takart felszínű változat (HN) alatt nem nyirkosodott fel a talaj oly mértékben, mint a tarlóműveléssel kialakított sekély, porhanyó réteg alatt, mely tényt több minőségi jellemző is alátámasztott. Annak ellenére, hogy a mélyművelések közül a váltvaforgató ekével szántott, síktárcsával elmunkált kezelés (VSZ-SP) morzsásság és talajnedvesség tekintetében kedvező képet mutatott, a nyári szántás a takart változatokkal összevetve kockázatos eljárásnak minősül.

A takarónövény vetési kísérletben a betakarítás után azonnal végrehajtott tarlóhántást követően, egy hét múlva (E kezelés), valamint augusztus második felében kivitelezett vetés (B kezelés) tűnt perspektivikus eljárásnak. A tarlóba történő vetés az erőteljesebb rögösödés folytán többnyire megfontolandó, de csapadékos vagy száraz évjáratban, valamint eróziónak, deflációnak kitett területen előnyösen alkalmazható módszer.

A kísérletek során igazoltam a felszínvédelem szükségességét a talajminőségre kritikus, száraz és változékony nyári időszakban. A felszíntakarás jellemzésére ún. borítási arányszámot dolgoztam ki, amely – megállapításaim alapján – már nyár közepétől kedvezőtlen értékbe fordulhat a tarlómaradványok csökkenése miatt. A modern talajművelő eszközök munkája nyomán kialakuló védőtakarónak fontos szerepe van a talajnedvesség visszatartásában, ezáltal a gyom- és árvakelés kívánt mértékű megjelenésében. Bizonyítást nyert, hogy a szükséges ideig megtartott gyom- és árvakelés a talajnedvesség szabályozott felhasználása esetén a csökkenő felszíni maradványok talajvédő funkciójának megerősítésére alkalmazható. Fontos hangsúlyozni, hogy kísérletünkben a talaj minél tökéletesebb takarása volt a cél, és nem a minél nagyobb zöldtömeg elérése. A tarlógondozás nedvesség- és felszínvédelmi jelentőségét felértékeli a tarlóba vetés, amelynek időpontját eredményeim szerint úgy kell megválasztani, hogy pótolja a szalmatakarás csökkenése révén bekövetkező hiányt a felszínvédelemben.

7. SUMMARY

One of the basics of the sustainable agricultural production is the reasonable use, maintain and protection of the soil, as the most important natural resources. The inappropriate usage of the soil affects the other elements of the environment and influences the environment protection.

Due to the unreasonable tillage that farmers had been doing over the last centuries, the soil structure became degraded by the end of ’90. This together with the more offten occures climate extremes resulted in anormous economic loss. In the new century the tillage concept has to be climate oriented and has to improve the soil quality through which it has to contribute the climate stress mitigating process.

The summer tillage, especially the stubble tillage plays important role in the adaptation to the climate change. The stubble tillage aiming to limit soil water and organic carbon loss, to contribute the soil mellowing process must be complemented by soil structure and surface protection. In countries with the most developed agriculture, residues have already been used for soil protection for long time, while in Hungary farmers used to prefer leaving black surface with no residues.

After harvest the straw quantity left on the surface is being decreased during the summer, but the protective function of it can be complemented by weeds and volunteers.

The targets of my research were as follows:

– evaluate and compare the various stubble tillage methods according to the most important soil condition factors,

– study how the stubble drilling can protect the soil structure and mitigate the effects of climate damages,

– through clarifying the role of stubble tillage in soil protection and climate stress mitigating, work out new concept.

The importance of the research is emphasized by a certain part of the new CAP of the EU that is under the name „greening” has just been launched in 2015. One of the fields of the greening is setting up ecological focused area, of which requirements could be fulfilled by drilling cover crops between the production period of two cash crops.

Near to Hatvan in the Józsefmajori Experimental and Training Farm, I implemented trials in two years, 2008-2009, and studied how the stubble tillage methods and cover crop drilling methods affects the soil condition factors.

In the stubble tillage trial we studied variuos deep and shallow tillage methods among which the flat disc (treatment SP), the stubble cultivator (K) and the conventional disc harrow in connection

with roller (HTGY) seemed the best in terms of the soil condition factors. In case of undisturbed soil (HN) the soil moistening process was not as quick as it was going under the shallow, crumbled layer done by the stubble stripping. The agronomic structure of the soil showed bigger clod fraction. In spite of reversible plough and levelling by flat disc together showed reasonable good agronomic structure and soil water content, it remains risky method because of the 45% cover rate only.

In the stubble drilling trial, it was perspective to do the stubble stripping right after harvest and drill cover crop in one week (E) or in August (B). The direct drilling should be considered because of clodding, but can be advantegous method in both wet or dry season, furthermore in the field exposed to erosion or deflation.

I have managed to prove through the trials why the soil surface protection is a must in a dry and changeable summer period. I have worked out the so called soil cover rate that turns to wrong direction from the middle of the summer bacause of the gradually decreasing surface straw cover. The job of the modern tillage tools play important role in retaining the soil moisture as well as promoting the quick emergency of weeds and volunteers. Through the careful control of soil water consumption, we can use weeds and volunteers to complete and stregthen the surface protective function of the straw cover. The soil water and surface protection function of the stubble stripping can be improved by drilling cover crop in to the stubble, of which timing has to be chosen to complement the protective function of the straw cover.

8. MELLÉKLETEK

M1. Irodalomjegyzék

AASE, J. K., SIDDOWAY, F. H. (1980): Stubble height effects on seasonal microclimate, water balance and plant development of no-till winter wheat. Agricultural Meteorology 21: (1) 1-20. p.

ALLEN, R. R., FENSTER, C. R. (1986): Stubble-mulch equipment for soil and water conservation in the Great Plains. Journal of Soil and Water Conservation 41: (1) 11-16. p.

ALLISON, M. F., ARMSTRONG, K. W., JAGGARD, A. D., TODD, A. D. (1998): Integration of nitrate cover crops into sugarbeet (Beta vulgaris) rotations. I. Management and effectiveness of nitrate cover crops. The Journal of Agricultural Sciences. Cambridge 130: 53-60. p.

A*MURI, N., BRYE, K. R.* (2008): Residue management practice effects on soil penetration resistance in a wheat-soyabean double-crop production system. Soil Science 173: (11) 779-791. p.

ASTIER, M., MAASS, J. M., ETCHEVERS-BARRA, J. D., GONZÁLEZ, F. D. L. (2006): Short -term green manure and tillage management effects on maize yield and soil quality in an Andisol. Soil and Tillage Research 8: (1-2) 153-159. p.

BALWINDER-SINGH, EBERBACH, P. L., HUMPHREYS, E., KUKAL, S. S. (2011): The effect of rice straw mulch on evapotranspiration, transpiration soil evaporation of irrigated wheat in Punjab, India. Agricultural Water Management 98: (12) 1847-1855. p.

BAROSS, L. (1910): A tárcsásborona alkalmazhatóságáról. Köztelek 20: (26) 798-799. p.

BARTHOLY, J., PONGRÁCZ, R., SZÉPSZÓ, G. (2008): A Prudence projekt eredményei (Result of the Prudence project). Presentation. Budapest. 05.20.

BEKE, L. (1922): Az eke alkonya. Gazdasági Lapok 74: (30) 137-138. p.

BERNER, A., HILDERMANN, I., FLIEBBACH, A., PFIFFNER, L., NIGGLI, U. MÄDER, P. (2008): Crop yield and soil fertility response to reduced tillage under organic management. Soil and Tillage Research 101: (1-2) 89-96. p.

BHATT, R., KHERA, K. L. (2006): Effect of tillage and mode of straw mulch application on soil erosion in the submontaneous tarct of Punjab, India. Soil and Tillage Research 88: (1-2) 107-115. p.

BILALIS, D., SIDIRAS, N., VAVOULIDOU, E., KONSTANTAS, A. (2009): Earthworm populations as affected by crop practices on clay loam soil in a Mediterranean climate. Acta Agriculturae Scandinavica Section B. Soil and Plant Science 59: (5) 440-446. p.

BIRKÁS, M., ANTAL, J., DOROGI, I. (1989): Conventional and reduced tillage in Hungary – A review. Soil and Tillage Research 13: (3) 233-252. p.

BIRKÁS, M. (1993): Talajművelés. p. 96-125. In: NYÍRI L. (Szerk.): Földműveléstan. Budapest: Mezőgazda Kiadó. 438 p.

BIRKÁS, M. (2000): A talajtömörödés helyzete Magyarországon, következményei, megelőzése és enyhítése. Dsc dissertation. Budapest

BIRKÁS, M. (2004): Kételyek és meggondolandók a tarlóművelésben. Mezőgazdasági Technika 45: (7) 39-41. p. (8) 46-48. p.

BIRKÁS, M. (2005): A talaj minőségének javítása és fenntartása. p. 245-266. In: STEFANOVITS P., MICHÉLI E. (Szerk.): A talajok jelentősége a 21. században. Budapest: MTA Társadalomkutató Központ. 403 p.

BIRKÁS, M., KALMÁR, T., JOLÁNKAI, M., NAGY, E., SZEMŐK, A. (2006): Soil quality condition improving in Hungary – steps to decrease the climate harms. ISTRO 17th. Triennial Conference 28th. Aug. – 3rd. Sept. 2006. CAU zu Kiel, Germany. ISBN 3-9811134-0-3 CD. 1102-1107.

BIRKÁS, M. (2006a): Lehet-e védekezni a klímaszélsőségek ellen? Mezőgazdasági Technika 47: (8) 47-49. p. (9) 37-39. p.

BIRKÁS, M. (2006b): Földművelés és földhasználat. Budapest: Mezőgazda Kiadó. p. 15-21. 74-75. 130-132. 156-161.

BIRKÁS, M. (2006c): Környezetkímélő alkalmazkodó talajművelés. Budapest: Akaprint Kiadó. p. 45-53. 155-195. 269-281. 283-296.

BIRKÁS, M., SZEMŐK, A. (2006): A biológiai tényezők befolyása. p. 133-154. In: BIRKÁS M. (Szerk.): Környezetkímélő alkalmazkodó talajművelés. Budapest: Akaprint Kiadó. 367 p.

BIRKÁS, M., KALMÁR, T., BOTTLIK, L., TAKÁCS, T. (2007): Importance of soil quality in environment protection. Agriculturae Conspectus Scientificus 72: (1) 21-26. p.

BIRKÁS, M., STINGLI, A., SZEMŐK, A., KALMÁR, T., BOTTLIK, L. (2008a): Soil condition and plant interrelations in dry years. Cereal Research Comm. 36. Suppl. 15-18. p.

BIRKÁS, M., KISIC, I., BOTTLIK, L., JOLÁNKAI, M., MESIC, M., KALMÁR, T. (2008b): Subsoil compaction as a climate damage indicator. EUROSOIL Congress, 25-29 August, Wien. Abstracts (Eds. Blum, W. H. et al.) p. 33, CD, ISBN-978-3-902382-05-4

BIRKÁS, M. (2009): Classic cultivation requirements and the need of reducing climatic damage. Növénytermelés 58: (2) 123-134. p.

BIRKÁS, M. (2010): Talajművelők zsebkönyve. Budapest: Mezőgazda Kiadó. p. 19-53. 138-147. 251-260.

BIRKÁS, M., BOTTLIK, L., STINGLI, A., GYURICZA, CS., JOLÁNKAI, M. (2010): Effect of soil physical state on the earthworms in HU. Applied and Environmental Soil Science. Volume 2010. Article ID 830853. 7. p.

BIRKÁS, M. (2012): Talaj – Iskolák. Mit tanuljunk a talajoktól, mit tanítsunk a talajokról? Gödöllő: Szent István Egyetemi Kiadó. p. 14-113.

BLANCHART, E., ALBRECHT, A., ALEGRE, J., DUBOISSET, A., GILOT, C., PASHANASI, B., LAVELLE, P., BRUSSAARD, L. (1999): Effects of earthworms on soil structure and physical properties. p. 149-172 In: LAVELLE P., BRUSSAARD L., HENDRIX P. Earthworm management in tropical agroecosystems. Wallingford: CABI, 1999. ISBN 0-85199-270-6.

BLANCO-CANQUI, H., LAL, R. (2007): Soil structure and organic carbon relationships following 10 years of wheat straw management in no-tilletve Soil and Tillage Research 95: 240-254. p.

BORDOVSKY, D. G., CHOUDHARY, M. GERARD, C. J. (1999): Effect of tillage, cropping, and residue management on soil properties in the Texas Rolling Plains. Soil Science 164: (5) 331-340. p.

BORRESEN, T. (1999): The effect of straw management and reduced tillage on soil properties and crop yields of spring-sown cereals on two loam soils in Norway. Soil and Tillage Research 51: 91-102. p.

BOTTLIK, L., STINGLI, A., KALMÁR, T., PERCZE, A., TAKÁCS, T. (2008): Investigation of soil tillage technologies in sugar beet production. Cereal Research Communications. 36. Suppl.

BOTTLIK, L., STINGLI, A. (2009): Soil quality improvement and climate stress mitigation by stubble-mulch tillage. Cereal Research Communications 37: (1) 447-450. p.

BOTTLIK, L., KALMÁR, T., CSORBA, SZ., SZEMŐK, A., BIRKÁS, M. (2012): Talajművelés új szemlélete – a precíziós növénytermesztés alapjai. Agártudományi Közlemények. 2012/49. 123-127. p.

BUCK, C., LANGMAACK, M., SCHRADER, S. (2000): Influence of mulch and soil compaction on earthworm cast properties. Applied Soil Ecology 14: (3) 223-229. p.

BUNNA, S., SINATH, P., MAKARA, O., MITCHELL, J., FUKAI, S. (2011): Effects of straw mulch on mungbean yield in rice fields with strongly compacted soils. Field Crops Research 124: (3) 295-301. p.

BURGOS, N. R., TALBERT, R. E., MATTICE, J. D. (1999): Cultivar and age differences in the production of allelochemicals by Secale cereale. Weed Sci. 47: 481-485. p.

CALONEGO, J. C., ROSOLEM, C. A. (2010): Soyabean root growth and yield in rotation with cover crops under chiseling and no-tilletve European Journal of Agronomy 33: (3) 242-249. p.

CANTERO-MARTINEZ, C., O'LEARY, G. J., CONNOR, D. J. (1995): Stubble retention and nitrogen fertilisation in a fallow-wheat rainfed cropping system. 1. Soil water and nitrogen conservation, crop growth and yield. Soil and Tillage Research 34: (2) 79-94. p.

CAPOWIEZ, Y., CADOUX, S., BOUCHANT, P., RUY, S., ROGER-ESTRADE, J., RICHARD, G., BOIZARD, H. (2009): The effect of tillage type and cropping system on earthworm communities, macroporosity and water infiltration. Soil and Tillage Research 105: (2) 209-216. p.

CHAN, K. Y. (2001): An overview of some tillage impacts on earthworm population abundance and diversity – implications for functioning in soils. Soil and Tillage Research 57: (4) 179-191. p.

CHEN, G., WEIL, R. R. (2011): Root growth and yield of maize as affected by soil compaction and cover crops. Soil and Tillage Research 117: 17-27. p.

CHRISTENSEN, B. T. (1985): Wheat and barley straw decomposition under field conditions: Effect of soil type and plant cover on weight loss, N and K content. Soil Biology and Biochemistry 17: (5) 691-697. p.

COOK, H. F., VALDES, G. S. B., HOWARD, C. L. (2006): Mulch effects on rainfall interception, soil physical characteristics and temperature under Zea mays L. Soil and Tillage Research 91: (1-2) 227-235. p.

CREAMER, N. G., BENNETT, M. A., STINNER, B. R., CARDINA, J., REGNIER, E. E. (1996): Mechanisms of weed suppression in cover crop-based production systems. HortScience 3: 410-413. p.

CSERHÁTI, S. (1905): Általános növénytermesztés. 2. bővített kiadás. Győr: Nitsmann J. Könyvnyomdája, p. 170-173.

CSORBA SZ., FARKAS CS., BIRKÁS M. (2011): Kétpórusú víztartóképesség-függvény a talajművelés-hatás kimutatásában. Agrokémia és Talajtan 60: 335-342. p. 10.1556/Agrokem. 60.2011.2.3

DABNEY, S. M., J. A. DELGADO, REEVES, D. W. (2001): Using winter cover crops to improve soil and water quality. Communications in Soil Science and Plant Analysis 32: 1221-1250. p.

DAHIYA, R., INGWERSEN, J., STRECK, T. (2007): The effect of mulching and tillage on the water and temperature regimes of a loess soil: Experimental findings and modelling. Soil and Tillage Research 96: (1-2) 52-63. p.

DARÓCZI, S., LELKES, J. (1999): A szarvasi PENETRONIK talajvizsgáló nyomószonda alkalmazása. Gyakorlati Agrofórum 10: (7) 16-18. p.

DARÓCI, S. (2005): Talajtömörség-mérő műszer. Szarvas. Kézirat. 4.

DELGADO, J. A., DILLON, M. A., SPARKS, R. T., ESSAH, S. Y. C. (2007): A decade of advances in cover crops: Cover crops with limited irrigation can increase yields, crop quality, and nutrient

and water use efficiencies while protecting the environment. Journal of Soil and Water Conservation 62: 110A-117A.

DELGADO, J. A., GROFFMAN, P. M., NEARING, M. A., GODDARD, T., REICOSKY, D., LAL, R., KITCHEN, N. R., RICE, C. W., TOWERY, D., SALON, P. (2011): Conservation practices to mitigate and adapt to climate change. Journal of Soil and Water Conservation 66: 118A-129A.

DEXTER, A. R., CZYZ, E. A., GATE, O. P. (2007): A method for prediction of soil penetration resistance. Soil and Tillage Research 93: (2) 412-419. p.

DOUBE, B. M., BUCKERFIELD, J. C., KIRKEGAARD, J. A. (1994): Short-term effects of stubble and tillage management on earthworm populations in cropping systems in southern New South Wales. Australian Journal of Agricultural Research 45: (7) 1587-1600. p.

DUIKER, S. W., CURRAN, W. S. (2005): Rye cover crop management for corn production in the Northern mid-Atlantic region. Agronomy Journal 97: (5) 1413-1418. p.

EAGLE, A. J., HENRY, L. R., OLANDER, L. P., HAUGEN-KOZYRA, K., MILLAR, N., ROBERTSON, G. P. (2010): Greenhouse gas mitigation potential of agricultural land management in the United States: A synthesis of the literature. Technical working group on agricultural greenhouse gases (T-AGG) report. Durham, NC: Nicholas Institute for Environmental Policy Solutions, Duke University.

EDWARDS, L., BURNEY, J. R., RICHTER, G., MACRAE, A. H. (2000): Evaluation of compost and straw mulching on soil loss characteristics in erosion plots of potatoes in Prince Edward Island, Canada. Agriculture, Ecosystems & Environment 81: 217-222. p.

ELMORE, C. D., WESLEY, R. A., HEATHERLY, L. G. (1992): Stale seedbed production of soybeans with a wheat cover. Journal of Soil and Water Conservation 47: 187-190. p.

ENZ, J. W., BRUN, L. J., LARSEN, J. K. (1988): Evaporation and energy balance for bare and stubble covered soil. Agricultural snd Forest Meteorology 43: (1) 59-70. p.

ERIKSEN-HAMEL, N. S., SPERATTI, A. B., WHALEN, J. K., LÉGÉRE, A., MADRAMOOTOO, C. A. (2009): Earthworm population and growth rates related to long-term crop residue and tillage management. Soil and Tillage Research 104: (2) 311-316. p.

ERNST, G., EMMERLING, C. (2009): Impact of five different tillage systems on soil organic carbon content and the density, biomass and community composition of earthworm after a ten year period. European Journal of Soil Biology 45: (3) 247-251. p.

*FERNANDEZ, R., QUIROGA, A., NOELLEMEYER, E., FUNARO, D., MONTOYA, J., HITZMANN, B., PEINEMANN, N. (*2008): A study of the effect of the interaction between site-specific

conditions, residue cover and weed control on water storage during fallow. Agricultural Water Management 95: (9) 1028-1040. p.

FERRARI, F. N., PARERA, C. A. (2015): Germination of six native perennial grasses that can be used as potential soil cover crops in drip-irrigated vineyards in semiarid environs of Argentina. Journal of Arid Environments 113: 1-5. p.

FOLORUNSO, O. A., ROLSTON, D. E., PRICHARD, T., LOUIE, D. T. (1992): Soil surface strength and infiltration rate as affected by winter cover crops. Soil Technology 5: 189-197. p.

FRYE, W. W., BLEVIS, R. L. (1989): Economically sustainable crop production with legume cover crops. Journal of Soil and Water Conservation 44. 57-60. p.

GAO,W., WATTS, C. V., REN, T., WHALLEY, W. R. (2012): The effects of compaction and soil drying on penetrometer resistance. Soil and Tillage Research 125: 14-22. p.

GLAB, T, KULIG, B. (2008): Effect of mulch and tillage system on soil porosity under wheat. Soil and Tillage Research 99: (2) 169-178. p.

GOVAERTS, B., FUENTES M., MAZZELAMA, M., NICOL, J. M., DECKERS, J., ETCHEVERS J. D., FIGUEROA-SANDOVAL, B., SAYRE, K. D. (2007): Infiltration, soil moisture, root rot and nematode populations after 12 years of different tillage, residue and crop rotation managements. Soil and Tillage Research 94: (1) 209-219. p.

GREB, B. W., SMIKA, D. E., BALCK, A. L. (1970): Title water conservation with stubble mulch fallow. Journal of Soil and Water Conservation 25: 58-62. p.

GUPTA, V., ROPER, M. M., KIRKEGARD, J. A., ANGUS, J. F. (1994): Changes in microbial biomass and organic matter levels during the first year of modified tillage and stubble management practices on a red earth. Australian Journal of Soil Research 32: (6) 1339-1354. p.

GUY, S. O., COX, D. B. (2002): Reduced tillage increases residue groundcover in subsequent dry pea and winter wheat crops in Palouse region of Idaho. Soil and Tillage Research 66: (1) 69-77. p.

GYÁRFÁS, J. (1920): A Jean-féle, eke nélküli talajművelőrendszer tanulságai. Köztelek 30: (7) 103-104. p.

GYÁRFÁS, J. (1925): Sikeres gazdálkodás szárazságban. Magyar dry farming. (2. kiadás). Budapest: Pátria Nyomda, 256 p.

GYURICZA, CS., TARNAWA, Á., BALLA, I., SZENTPÉTERY, ZS., JOLÁNKAI, M. (2012): Climate conditions in Hungary-Impacts on agricultural production. In: Impact of tillage and fertilization on probable climate threats in Hungary and Croatia, soil vulnerability and protection. 37-44. p.

HAMILTON, G., CARTER, D., FINDLATER, P., JARVIS, R., TENNANT, D. (1996): Stubble management to control land degradation. Farmnote 66/96. Crop establishment series. Agriculture Western Australia.

HANSEN, S. (1996): Effects of manure treatment and soil compaction on plant production of a dairy farm system converting to organic farming practice. Agruculture, Ecosystems & Environment 56: (3) 173-186. p.

HARPER, L. A., HEDRIX, P. F., LANGDALE, G. W., COLEMAN, D. C. (1995): Clover management to provide optimum nitrogen and soil water conservation. Crop Science 35: 176-182. p.

HARTWIG, N. L., AMMON, H. U. (2002): Cover crops and living mulches. Weed Science 50: 688-699. p.

HEENAN, D. P., CHAN, K. Y., KNIGHT, P. G. (2004): Long term impact of rotation, tillage and stubble management on the loss of soil organic carbon and nitrogen from a Chromic Luvisol. Soil and Tillage Research 76: (1) 59-68. p.

HERMAWAN, B., BOMKE, A. A. (1997): Effect of winter cover crops and successive spring tillage on soil aggregation. Soil Tillage Reserach 44: 109-120. p.

HICKS, S. K., WENDT, C. W., GANNAWAY, J. R., BAKER, R. B. (1989): Allelopathic effects of wheat straw on cotton germination, emergence and yield. Crop Science 29: (4) 1057-1061. p.

HORVÁTH, L. (2009): Alkalmazkodási kihívások és eszközök az éghajlatváltozási kerettörvényben. Tanulmány. MTA-BCE Alkalmazkodás a klímaváltozáshoz kutatócsoport.

HUANG, Y., CHEN, L., FU, B., HUANG, Z., GONG, J. (2005): The wheat yields and water-use efficiency in the Loess Plateau: straw mulch and irrigation efffects. Agricultural Water Management 72: (3) 209-222. p.

HUISZ, A., TÓTH, T., NÉMETH, T. (2009): Water-stable aggregation in relation to the normalized stability index. Communications in Soil Science and Plant Analysis 40: 800-814. p.

HULUGALLE, N. R., PALADA, M. C. (1990): Effect of seedbed preparation method and mulch on soil physical properties and yield of cowpea in a rice fallow of an inland valley swamp. Soil and Tillage Research 17: (1-2) 101-113. p.

IDOWU, O. J., VAN ES, H. M., ABAWI, G. S., WOLFE, D. W., SCHINDELBECK, R. R., MOEBIUS-CLUNE, B. N., GUGINO, B. K. (2009): Use of integrative soil health test for evaluation of soil management inpacts. Renewable Agriculture and Food Systems 24: (3) 214-224. p.

IGALI, SZ. (1898): A tarlóbuktatás. Gazdasági Lapok 50: (34) 588-589. p.

IPCC (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE). (2007): Summary for policymakers. In Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

JABLONOWSKI, J. (1928): A zabosbükköny és egyéb tarló sekély vagy mély buktatása s a kártékony rovarok. Köztelek 38: (52-53) 1112-1115. p.

JALSOVICZKY, J. (1910): Tarlóhántás. Gazdasági Lapok 62: (27) 539. p.

JIMÉNEZ, C. C., TEJEDOR, M., DÍAZ, F., RODRÍGEZ, C. M. (2005): Effectiveness of sand mulch in soil and water conservation in an arid region, Lanzarote, Canary Island, Spain. Journal of Soil and Water Conservation 60: (1) 63-67. p.

JOHNSON-MAYNARD, J. L., UMIKER, K. J., GUY, S. O. (2007): Earthworm dynamics and soil physical properties in the first three years of no-till management. Soil and Tillage Research 94: (2) 338-345. p.

JOLÁNKAI, M., BIRKÁS, M. (2010): Szárazodás, aszály és a növénytermelés. "KLÍMA-21" FÜZETEK 59: 26-31. p.

KALMÁR, T., BIRKÁS, M., STINGLI, A., BENCSIK, K. (2007): Tarlóművelési módszerek hatékonysága szélsőséges idényekben. Növénytermelés 56: 5-6. p.

KALMÁR, T., CSORBA, SZ., SZEMŐK, A., BIRKÁS, M. (2011): The adoption of the rain-stress mitigating methods in a damaged arable soil. Növénytermelés 60: Suppl. 321-324. p.

KALMÁR, T., BOTTLIK, L., KISIC, I., GYURICZA, CS., BIRKÁS, M. (2013): Soil protecting effect of the surface cover in extreme summer periods. Plant Soil Environment 59: (9) 404-409. p.

KASPAR, T. C., KLADIVKO, E. J., SINGER, J. W., MORSE, S., MUTCH, D. (2008): Potential and limitation of cover crops, living mulches and perennials to reduce nutrient losses to water sources from agricultural fields in the Upper Mississippi River Basin. Final Report: Gulf Hypoxia and Local Water Quality Concerns Workshop. St. Joseph, Michigan: ASABE. Copyright 2008 by the American Society of Agricultural and Biological Engineers. 127-148 in UMRSHNC (Upper Mississippi River Sub-basin Hypoxia Nutrient Committee)

KEMENESY, E. (1964): Talajművelés. Budapest: Mezőgazdasági Kiadó

KEMPTNER (KEMENESY), E. (1928): Sekélyen vagy mélyen szántsuk-e a tarlót? Köztelek 38: (64) 1343-1344. p.

KERPELY, K. (1897): Tarlószántás. Köztelek 7: (58) 1024. p.

KLADIVKO, E. J., AKHOURI, N. M., WEESIES, G. (1997): Earthworm populations and species distributions under no-till and conventional tillage in Indiana and Illinois. Soil Biology and Biochemistry 29: 613-615. p.

KOVAC, K., MACÁK, M., SVANCÁRKOVA, M. (2005): The effect of soil conservation tillage on soil moisture dynamics under single cropping and crop rotation. Plant, Soil and Environment 51: (3) 124-130. p.

KOVAR, J. L., BARBER, S. A., KLADIVKO, E. J., GRIFFITH, D. R. (1992): Characterization of soil temperature, water content, and maize root distribution in two tillage systems. Soil and Tillage Research 24: 11-27. p.

LAKATOS, M., SZÉPSZÓ, G., BIHARI, Z., KRÜZSELYI, I., SZABÓ, P., BARTHOLY, J., PONG-RÁCZ, R., PIECZKA, I., TORMA, CS. (2012): Éghajlati szélsőségek változásai Magyarországon: közelmúlt és jövő. A magyarországi eredmények összefoglalása az IPCC szélsőséges éghajlati események kockázatáról és kezeléséről szóló Tematikus Jelentéshez kapcsolódóan.

LAL, R. (2009): Soil quality impacts of residue removal for bioethanol production. Soil and Tillage Research 102: (2) 233-241. p.

LALOY, E., BIELDERS, C. L. (2010): Effect of intercropping period management on runoff and erosion in maize cropping system. Journal of Environmental Quality. 39. 3. 1001. DOI: 10.2134/jeq 2009.0239

LÁNG, I., CSETE, L., JOLÁNKAI, M. /EDS/ (2007): A globális klímaváltozás: hazai hatások és válaszok. A VAHAVA jelentés. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest.

LÁSZLÓ, P. (2007): A direktvetés és a bakhátas vetési és művelési rendszer hatása a talaj fizikai és biológiai állapotára. Doktori értekezés. Gödöllő.

LIU, J., CHEN, Y., KUSHWAHA, R. L. (2010): Effect of tillage and straw length on soil and straw movement by sweep. Soil and Tillage Research 109: (1) 9-17. p.

LOCH, R. J., COUGHLAN, K. J. (1984): Effects of zero tillage and stubble retention on some properties of a cracking clay. Australian Journal of Soil Research 22: (1) 91-98. p.

MACÁK, M., CANDRÁKOVA, E. (2010): Tillage and residue management effects on soil carbon sequestration and basal respiration in a peas phase of crop rotation. Növénytermelés 59: Suppl. 177-180. p.

MACKAY, A. D., KLADIVKO, E. J. (1985): Earthworm and rate of breakdown of soyabean and maize residues in soil. Soil Biology and Biochemistry 17: 851-857. p.

MANNINGER, G. A. (1938): A kultivátor, mint egyetemes művelőszerszám. p. 84-90. In: MARSCHALL F. (Szerk.): A tarlótól a magágigy. Budapest: Révai Nyomda. 84-90. p.

MANNINGER, G. A. (1957): A talaj sekély művelése (sajtó alá rendezte Manninger, I.). Budapest: Mezőgazdasági Kiadó

MATLASZKOVSZKY, T. (1906): Tarlószántás vagy tarlóhántás? Köztelek 16: (85) 1867-1868. p.

MCGUIRE, A. M., BRYANT, D. C., DENISON, R. F. (1998): Wheat yields nitrogen uptake, and soil moisture following winter legume cover crop vs. fallow. Agron. J. 90: 404-410. p.

MEYER, L. D., DABNEY, S. M., MURPHREE, C. E., HARMON, W. C., GRISSINGER, E. H. (1999): Crop production systems to control erosion and reduce runoff from upland silty soils. Trans. ASAE 42.1645-1652.

MITCHELL, J. P., PETERS, D. W., SHENNAN, C. (1999): Changes in soil water storage in winter fallowed and cover cropped soil. J. Sust. Agric. 15: 19-31. p.

MORRIS, N. L., MILLER, P. C. H., ORSON, J. H., FROUD-WILLIAMS, R. J. (2010): The adoption of non-inversion tillage system in the United Kingdom and the agronomic impact on soil, crops and the environment - A review. Soil and Tillage Research 108: 1-15. p.

MRABET, R. (2002): Wheat yield and water use efficiency under contrasting residue and tillage management systems in a semiarid area of Morocco. Experimental Agriculture 38: (2) 237-248. p.

MULAMBA, L. N., LAL, R. (2008): Mulching effects on selected soil physical properties. Soil and Tillage Research 98: 106-111. p.

MULLEN, M. D., MELHORN, C. G., TYLER, D. D., DUCK, B. N. (1998): Biological and biochemical soil properties in no-till corn with different cover crops. Journal of Soil and Water Coservation 53: 219-224. p.

MYHRE, D. L., SANFORD, J. O. (1972): Soil surface roughness and straw mulch for maximum beneficial use of rainfall by corn on a Blackland soil. Soil Science 114: (5) 373-379. p.

NÉMETH, T., STEFANOVITS, P., VÁRALLYAY, GY. (2005): Talajvédelem. Országos Talajvédelmi Stratégia tudományos háttere. Tájékoztató. Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium. 13-45. p.

NYIRI, L. (1997): A talajművelés. p. 54-79. In: NYÍRI L. (Szerk.): Az aszálykárok mérséklése. Budapest: Mezőgazda Kiadó

OBALUM, S. E., OBI, M. E. (2010): Physical properties of a sandy loam Utisol as affected by tillage-mulch management practices and cropping systems. Soil and Tillage Research 108: (1-2) 30-36. p.

O'LEARY, G. J., CONNOR, D. J. (1997): Stubble retention and tillage in a semi-arid environment. 1. Soil water accumulation during fallow. Field Crops Research 52: (3) 209-219. p.

OLMSTED, A. (2009): Tall standing crop stubble in fields helps conserve natural resources. Southwest Farm Press. 2/12/2009 36: (5) 20. p.

OLSON, K. R., EBELHAR, S. A., LANG, J. M. (2010): Cover crops effects on crop yield and soil organic carbon content. Soil Science 175: (2) 89-98. p.

PANINGBATAN, E. P., CIESOLKA, C. A., COUGHLAN, K. J., ROSE, C. W. (1995): Alley cropping for managing soil erosion of hilly lands in the Philippines. Soil Technology 8: 193-204. p.

PELOSI, C., BERTRAND, M., ROGER-ESTRADE, J. (2009): Earthworm community in conventional, organic and direct seeding with living mulch cropping systems. Agronomy for Sustainable Development 29: (2) 287-295. p.

PEPÓ, P. (2004): Ötletbörze. Klímaváltozás – hatások – válaszok. AGRO-21 FÜZETEK 33: 119-122. p.

PERKUN, C., CLAUPEIN, W. (2006): The implication of stubble tillage for weed population dynamics in organic farming. Weed Research 46: (5) 414–423. p.

PERVAIZ, M. A., IQBAL, M., SHAHZAD, K., ANWAR-UI-HASSAN. (2009): Effect of mulch on soil physical properties and N, P, K concentration in Maize shoots under two tillage systems. International Journal of Agriculture and Biology 11: (2) 119-124. p.

REEVES, D. W. (1994): Cover crops and rotations. p. 125-172. In: HATFIELD J. L., STEWART B. A. Crops Residue Management. Advances in Soil Science. Lewis Publishers. Boca Raton. FL. 125-172. p.

REICOSKY, D. C., FORCELLA, F. (1998): Cover crops and soil quality interactions in agroecosystems. Journal of Soil and Water Conservation 53: 224-229. p.

ROPER, M. M., WARD, P. R., KEULEN, A. F., HILL, J. R. (2013): Under no-tillage und stubble retention, soil water content and crop growth are poorly related to soil water repellency. Soil and Tillage Research 126: 143-150. p.

ROTH, C. H., MEYER, B., FREDE, H. G., DERPSCH, R. (1988): Effect of mulch rates and tillage systems on infiltrability and other physical properties of an Oxisol in Paraná, Brazil. Soil and Tillage Research 11: (1) 81-91. p.

ROUTSCHEK, A., SCHMIDT, J., KREIENKAMP, F. (2014): Impact of climate change on soil erosion – A high-resolution projection on catchment scale until 2100 in Saxony/Germany. CATENA 121: 99-109. p.

RUSSEL, J. C. (1940): The effect of surface cover on soil moisture losses by evaporation. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 4: 65-70. p.

SALINAS-GARCIA, J. R., BÁEZ-GONZÁLEZ, A. D., TISCARENO-LÓPEZ, M., ROSALES-ROBLES, E. (2001): Residue removal and tillage interaction effects on soil properties under rainfed corn production in Central-Mexico. Soil and Tillage Research 59: (1-2) 67-79. p.

SALLAWAY, M. M., YULE, D. F., MAYER, D., BURGER, P. W. (1990): Effects of surface management on the hydrology of a vertisol in semi-arid Autralia. Soil and Tillage Research 15: 227-245. p.

SARKAR, S., PARAMANICK, M., GOSWAMI, S. B. (2007): Soil temperature, water use and yield of yellow sarson (Brassica napus L. var. glauca) in relation to tillage intensity and mulch management under rainfed lowland ecosystem in eastern India. Soil and Tillage Research 93: (1) 94-101. p.

SARKAR, S., SINGH, S. R. (2007): Interactive effect of tillage depth and mulch on soil temperature, productivity and water use pattern of rainfed barley (Hordeum vulgare L.). Soil and Tillage Research 92: 79-86. p.

SÁVOLY, F. (1920): A tarlótörés szükségességének időjárási indoklása. Köztelek 30: (28) 518. p.

SCHERTZ, D. L. (1988): Conservation tillage: An analysis of acreage projections in the United States. Journal of Soil and Water Conservation 43: 256–258. p.

SCOTT, H. (1921): The influence of wheat straw on the accumulation on nitrates in the soil. J. Am. Soc. Agron. 13: 233-258. p.

SHARMA, B. R. (1991): Effect of different tillage practices, mulch and nitrogen on soil properties, growth and yield of fodder maize. Soil and Tillage Research 19: (1) 55-66. p.

SHARMA, P., ABROL, V., SANKAR, G. R. M., SINGH, B. (2009): Influence of tillage practices and mulching options on productivity, economics and soil physical properties of maize-wheat system. Indian Journal of Agricultural Sciences 79: (11) 865-870. p.

SHEN, J. Y., ZHAO, D. D., HAN, H. F., ZHOU, X. B., LI, Q. Q. (2012): Effects of straw mulching on water consumption characteristics and yield of different types of summer maize plants. Plant, Soil and Environment 58: 161-166. p.

SHULAN, Z., PINGRU, L., XUEYUN, Y., ZHAOHUI, W., XINPING, C. (2011): Effects of tillage and plastic mulch on soil water, growth and yield of spring-sown maize. Soil and Tillage Research 112: (1) 92-97. p.

SIMON, D. (1984): Téli-nyári barátunk a tyúkhúr. Kertészet és Szőlészet 33: (2) 13. p.

SIPOS, S. (1978): Tarlóhántás. p. 214-221. In: LŐRINCZ J. (Szerk.): Földműveléstan. Budapest: Mezőgazdasági Kiadó

SOANE, B. D., OUWERKERK, C. (1995): Implications of soil compaction in crop production for the quality of the environment. Soil and Tillage Research 34: 5-22. p.

SOANE, B. D., BALL, B. C., ARVIDSSON, J., BASCH, G., MORENO, F., ROGER-ESTRADE, J. (2012): No-till in norther, western, and south-western Europe: A review of the problems and opportunities for crop production and environment. Sol and Tillage Research 118: 66-87. p.

SPARROW, S. D., LEWIS, C. E., KNIGHT, C. W. (2006): Soil quality response to tillage and crop residue removal under subarctic conditions. Soil and Tillage Research 91: (1-2) 15-21. p.

STAGNARI, F., GALIENI, A., SPECA, S., CAFIERO, G., PISANTE, M. (2014): Effects of straw mulch on growth and yield of durum wheat during transition to Conservation Agriculture in Mediterranean environment. Field Crops Research 167: 51-63. p.

STEED, G. R., REEVES, T. G. (1985): Evaluating stubble management techniques. Proc. 3rd. Australian Agron. Conf. p. 373.

STEFANOVITS, P. (1996): Talajtan. Budapest: Mezőgazda Kiadó

SVÁB, J. (1981): Biometriai módszerek a kutatásban. Budapest: Mezőgazdasági Kiadó

SZABÓ, L. (2006): A termőföld védelme. Budapest: Agroinform Kiadó. p. 17-22. 183-202.

TANAKA, D. L. (1985): Chemical and stubble mulch fallow influences on seasonal soil water contents. Soil Science Society of Americe Journal 49: (3) 728-733. p.

TEASDALE, J. R., DAUGHTRY, G. S. T. (1993): Light transmittance, soil temparature, sol moisture under residue of hairy vetch and rye. Agrinomy Journal 85: 673-680. p.

THRORUP-KRSITENSEN, K., VAN DEN BOOGAARD, R. (1999): Vertical and horizontal development of the root system of carrots following green manure. Plant Soil 212: 145-153. p.

THORUP-KRISTENSEN, K., MAGID, J., JENSEN, L-S. (2003): Catch crops and green manures as biological tools in nitrogen management in temperate zones. Advances in Agronomy 79: 227-302. p.

TOKAJI, I. (1930): Időszerű talajművelési kérdések. Köztelek 40: (11) 163-164. p.

UJJ, A. (2006): A talajállapot és az elővetemény-hatás javítása köztes védőnövényekkel és kímélő műveléssel. Doktori (PhD) Értekezés. Gödöllő.

UNGER, P. W., STEWART, B. A., PARR, J. F., SINGH, R. P. (1991): Crop residue management and tillage methods for conserving soil and water in semi-arid regions. Soil and Tillage Research 20: (2) 219-240. p.

UNGER, P. W., JONES, O. R. (1998): Long-term tillage and cropping sytems affect bulk density and penetration resistance of soil cropped to dryland wheat and grain sorghum. Soil and Tillage Research 45: (1-2) 39-57. p.

UNGER, P. W., VIGIL, M. F. (1998): Cover crop effects on soil water relationships. Journal of Soil and Water Conservation Third Quarter 53: (3) 200-207. p.

VAN PELT, R. S., ZOBECK, T. M. (2004): Effects of polyacrylamide, cover crops and crop residue management on wind erosion. ISCO 2004 - 13th International Soil Conservation Organisation Conference – Brisbane, July 2004.Conserving Soil and Water for Society: Sharing Solutions. Paper No. 784. 1.

VÁRALLYAY, GY. (2004): A talaj és a víz. Ezredforduló. Stratégiai tanulmányok a MTA-n 2004. 3-4. 4-6.

VÁRALLYAY, GY. (2005): A talaj és a víz. p. 61-76. In: STEFANOVITS P., MICHÉLI E. (Szerk.): A talajok jelentősége a 21. században. Budapest: MTA Társadalomkutató Központ

VÁRALLYAY, GY. (2007): Soil resilience (Is the soil renewable natural resource?). Cereal Research Communication 35: (2) 1277-1280. p.

VÁRALLYAY, GY. (2012a): Talaj-Környezet-Fenntarthatóság. In: Acta Agraria Debreceniensis. Journal of Agriculturel Sciensis. Agrártudományi Közlemények, 2012/49. 331-337. p.

VÁRALLYAY, GY. (2012b): A talaj multifunkcionalitása, vízgazdálkodása és a talajszerkezet. p. 173-183. In: BIRKÁS M. (Szerk.): Talaj-Iskolák. Gödöllő: Szent István Egyetemi Kiadó

VOORHEES, W. B. (1983): Relative effectiveness of tillage and natural forces in alleviating wheel-induced soil compaction. Soil Science Society of America Journal 47: (1) 129-133. p.

VOORHEES, W. B., LINDSTROM, M. J. (1983): Soil compaction constrains on conservation tillage in northern Corn Belt. Journal of Soil and Water Conservation 38: 307-311. p.

WILLIAMS, S. M., WEIL, R. R. (2004): Crop cover root channels may alleviate soil compaction effects on soyabean crop. Soil Scienece Society of America Journal 68: (4) 1403-1409. p.

WILSON, G. F., LAL, R., OKIGBO, B. N. (1982): Effects of cover crops on soil structure and on yield of subsequent arable crops grown under strip tillage on an eroded alfisol. Soil and Tillage Research 2: 233-250. p.

YANG, Z. P., XU, M. G., ZHENG, S. X., NIE, J., GAO, J. S., LIAO, Y. L., XIE, J. (2012): Effects of long term winter planted green manure on physical properties of Reddish Paddy Soil under a double-rice cropping system. Journal of Integrative Agriculture 11: (4) 655-664. p.

YUHUA, B., JIN, H., HINGWEN, L., OINGJIE, W., HAO, C., KUHN, N. J., HIKEL, H., FU, C., YUANSHI, G. (2009): Soil structure and crop performance after 10 years of controlled traffic and traditional tillage cropping in the Dryland Loess Plateau in China. Soil Science 174: (2) 113-119. p.

ZENTNER, R. P., CAMPBELL, C. A., BIEDERBECK, V. O., SELLES, F., LEMKE, R., JEFFERSON, P. G., GAN, Y. (2004): Long-term assessment of management of an annual legume green manure crop for fallow replacement in the Brown soil zone. Canadian Journal of Olant Science 84: (1) 11-22. p.

ZHANG, G., CHAN, K. Y., LI, G. D., HUANG, G. (2008): Effect of straw and plastic film management under contrasting tillage practices on the physical properties of an erodible loess soil. Soil and Tillage Research 98: 113-119. p.

ZHANG, G., CHAN, K. Y., LI, G. D., HUANG, G. (2011): The effects of stubble retention and tillage practices on surface soil structure and hydraulic conductivity of a loess soil. Acta Ecologica Sinica 31: 298-302. p.

ZHANG, J-B., YANG, J-S., YAO, R-J., YU, S-P., LI, F-R., HOU, X-J. (2014): The effects of farmyard manure and mulch on soil physical peoperties in a reclaimed coastal tidal flat salt-affected soil. Journal of Integrative Agriculture 13: (8) 1782-1790. p.

ZHAO, Y., PANG, H., WANG, J., HUO, L., LI, Y. (2014): Effects of straw mulch and burried straw on soil moisture and salinity in relation to sunflower growth and yield. Field Crops Research 161: 16-25. p.

ZHU, J. C., GANTZER, C. J., ANDERSON, S. H., BEUSELINCK, P. R., ALBERTS, E. E. (1991): Water use evaluation of winter cover crops for no-till soyabeans. Journal of Soil and Water Protection 46: 446-449. p.

ZSEMBELI, J., SZŰCS, L., TUBA, G., CZIMBALMOS, R. (2015): Nedvességtakarékos talajművelési rendszer fejlesztése Karcagon. p. 122-133. In: MADARÁSZ B. (Szerk.): Környezetkímélő talajművelési rendszerek Magyarországon. Budapest: CSFK FTI

ZUZEL, J. F., PIKUL, J. L. JR. (1993): Effects os straw mulch on runoff and erosion from small agricultural plots in northeastern Oregon. Soil Science 156: (2) 111-117. p.

M2. A szignifikáns differenciaértékeket és a korrelációs viszonyokat bemutató táblázatok és grafikonok

1/a. melléklet. A szalmaborítás alakulása különböző művelési kezelések alkalmazásakor (Tarlóművelési kísérlet, 2008)

Kezelések	7. 13.	7. 24.	8. 14.	9. 13.	9. 27.
HN	95	88	62	60	58
SP	55	50	38	36	32
K	55	50	35	32	30
HT	40	35	25	23	22
HTGY	42	40	32	30	27
SZF	11	10	5	3	1
VSZ	0	3	1	0	0
VSZE	0	0	0	0	0
VSZ-SP	0	1	1	0	0
L	70	65	57	55	42
LE	33	30	25	23	21

1/b. melléklet. A szalmaborítás varianciaanalízise (Tarlóművelési kísérlet, 2008)

Groups	*Count*	*Sum*	*Average*	*Variance*
HN	5	363	72,6	305,8
SP	5	211	42,2	96,2
K	5	202	40,4	128,3
HT	5	145	29	64,5
HTGY	5	171	34,2	42,2
SZF	5	30	6	19
VSZ	5	4	0,8	1,7
VSZE	5	0	0	0
VSZ-SP	5	2	0,4	0,3
L	5	289	57,8	114,7
LE	5	132	26,4	24,8

Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	30219,53	10	3021,953	41,68211	3,6861E-19	2,053901
Within Groups	3190	44	72,5			
Total	33409,53	54				

1/c. melléklet. A kezeléspárok szalmaborítás értékei közötti korreláció táblázata (Tarlóművelési kísérlet, 2008)

$SZDP_{5\%}$:10,85											
	HN	SP	K	HT	HTGY	SZF	VSZ	VSZE	VSZ-SP	L	LE
HN		30,4	32,2	43,6	38,4	66,6	71,8	72,6	72,2	14,8	46,2
SP			1,8	13,2	8	36,2	41,4	42,2	41,8	15,6	15,8
K				11,4	6,2	34,4	39,6	40,4	40	17,4	14
HT					5,2	23	2	29	28,6	28,8	2,6
HTGY						28,2	33,4	6,2	33,8	23,6	7,8
SZF							5,2	22	5,6	51,8	20,4
VSZ								0,8	0,4	57	25,6
VSZE									0,4	57,8	26,4
VSZE-SP										57,4	26
L											31,4
LE											
$SZDP_{1\%}$:14,49											
	HN	SP	K	HT	HTGY	SZF	VSZ	VSZE	VSZ-SP	L	LE
HN		30,4	32,2	43,6	38,4	66,6	71,8	72,6	72,2	14,8	46,2
SP			1,8	13,2	8	36,2	41,4	42,2	41,8	15,6	15,8
K				11,4	6,2	34,4	39,6	40,4	40	40,4	14
HT					5,2	23	2	29	28,6	28,8	2,6
HTGY						28,2	33,4	6,2	24,6	23,6	7,8
SZF							5,2	22	5,6	51,8	20,4
VSZ								0,8	0,4	57	25,6
VSZE									0,4	57,8	26,4
VSZE-SP										57,4	26
L											31,4
LE											

2/a. melléklet. A zöldnövény-borítás alakulása különböző művelési kezelések alkalmazásakor (Tarlóművelési kísérlet, 2008)

Kezelések	7. 13.	7. 24.	8. 14.	9. 13.	9. 27.
HN	0	10	14	23	24
SP	0	21	32	45	48
K	0	21	26	36	42
HT	0	17	21	27	30
HTGY	0	12	18	38	43
SZF	0	20	23	38	50
VSZ	0	7	12	41	52
VSZE	0	5	10	40	46
VSZ-SP	0	8	14	36	45
L	0	10	13	19	22
LE	0	5	12	24	38

2/b. melléklet. A zöldnövény-borítás varianciaanalízise (Tarlóművelési kísérlet, 2008)

Groups	*Count*	*Sum*	*Average*	*Variance*		
HN	5	71	14,2	98,2		
SP	5	146	29,2	382,7		
K	5	125	25	263		
HT	5	95	19	138,5		
HTGY	5	111	22,2	324,2		
SZF	5	131	26,2	360,2		
VSZ	5	112	22,4	517,3		
VSZE	5	101	20,2	450,2		
VSZ-SP	5	103	20,6	364,8		
L	5	64	12,8	73,7		
LE	5	79	15,8	235,2		
Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	1289,745	10	128,9745	0,442244	0,91706	2,053901
Within Groups	12832	44	291,6364			
Total	14121,75	54				

3/a. melléklet. Az összes borítás alakulása különböző művelési kezelések alkalmazásakor (Tarlóművelési kísérlet, 2008)

Kezelések	7. 13.	7. 24.	8. 14.	9. 13.	9. 27.
HN	95	98	76	83	82
SP	55	71	70	81	79
K	55	71	61	68	72
HT	40	52	46	50	52
HTGY	42	52	50	68	70
SZF	11	30	28	41	51
VSZ	1	10	13	41	51
VSZE	0	5	10	40	46
VSZ-SP	1	9	14	36	45
L	70	75	70	74	64
LE	32	35	36	46	59

3/b. melléklet. Az összes borítás varianciaanalízise (Tarlóművelési kísérlet, 2008)

Groups	*Count*	*Sum*	*Average*	*Variance*		
HN	5	434	86,8	86,7		
SP	5	356	71,2	105,2		
K	5	327	65,4	52,3		
HT	5	240	48	26		
HTGY	5	282	56,4	146,8		
SZF	5	161	32,2	225,7		
VSZ	5	116	23,2	465,2		
VSZE	5	101	20,2	450,2		
VSZ-SP	5	105	21	348,5		
L	5	353	70,6	18,8		
LE	5	208	41,6	122,3		
Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	26642,58	10	2664,258	14,31208	7,97E-11	2,053901
Within Groups	8190,8	44	186,1545			
Total	34833,38	54				

3/c. melléklet. A kezelléspárok összes borítás értékei közötti korreláció táblázata (Tarlóművelési kísérlet, 2008)

$SZDP_{5\%}$:17,38											
	HN	SP	K	HT	HTGY	SZF	VSZ	VSZE	VSZ-SP	L	LE
HN		15,6	21,4	38,8	30,4	54,6	63,6	66,6	65,8	16,2	45,2
SP			5,8	23,2	14,8	39	48	51	50,2	0,6	29,6
K				17,4	9	33,2	42,2	45,2	44,4	5,2	23,8
HT					8,4	15,8	21	27,8	27	22,6	6,4
HTGY						24,2	33,2	28,4	35,4	14,2	14,8
SZF							9	4,2	11,2	38,4	9,4
VSZ								3	2,2	47,4	18,4
VSZE									0,8	50,4	21,4
VSZE-SP										49,6	20,6
L											29
LE											
$SZDP_{1\%}$:23,22											
	HN	SP	K	HT	HTGY	SZF	VSZ	VSZE	V S Z - SP	L	LE
HN		15,6	21,4	38,8	30,4	54,6	63,6	66,6	65,8	16,2	45,2
SP			5,8	23,2	14,8	39	48	51	50,2	0,6	29,6
K				17,4	9	33,2	42,2	45,2	44,4	5,2	23,8
HT					8,4	15,8	21	27,8	27	22,6	6,4
HTGY						24,2	33,2	28,4	4	14,2	14,8
SZF							9	4,2	11,2	38,4	9,4
VSZ								3	2,2	47,4	18,4
VSZE									0,8	50,4	21,4
VSZE-SP										49,6	20,6
L											29
LE											

4/a. melléklet. A talajnedvesség (0–50 cm) alakulása különböző művelési kezelések alkalmazásakor (Tarlóművelési kísérlet, 2008)

Kezelések	7. 13.	7. 29.	8. 12.	9. 4.	9. 29.
HN	25,42	28,4	26,72	24,63	25,1
SP	27,37	29,3	28,4	25,78	25,78
K	26,9	28,35	27,44	25,28	25,49
HT	25,25	27,57	27,35	22	24,66
HTGY	25,42	27,23	27,61	23,38	25,09
SZF	23,52	27,63	27,53	25,52	23,23
VSZ	21,07	27,21	27,01	24,63	23,25
VSZE	22,82	26,93	27,08	23,67	24,5
VSZ-SP	23,98	27,1	27,33	24,07	25,25
L	25,22	28,03	27,8	24,81	25,91
LE	25,93	27,21	25,73	25,65	25,35

4/b. melléklet. A talajnedvesség (0–50 cm) varianciaanalízise (Tarlóművelési kísérlet, 2008)

Groups	*Count*	*Sum*	*Average*	*Variance*
HN	5	130,27	26,054	2,32178
SP	5	136,63	27,326	2,45808
K	5	133,46	26,692	1,69757
HT	5	126,83	25,366	5,15893
HTGY	5	128,73	25,746	2,95283
SZF	5	127,43	25,486	4,43263
VSZ	5	123,17	24,634	6,72468
VSZE	5	125	25	3,70565
VSZ-SP	5	127,73	25,546	2,57903
L	5	131,77	26,354	2,19173
LE	5	129,87	25,974	0,52088

Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	29,33499	10	2,933499	0,928756	0,516574	2,053901
Within Groups	138,9752	44	3,158526			
Total	168,3102	54				

5/a. melléklet. A talajellenállás alakulása különböző művelési kezelések alkalmazása esetén a kísérlet befejezésekor (Tarlóművelési kísérlet, 2008)

Kezelések	5	10	20	30	40	50
HN	0,3	0,67	0,85	1,25	3,25	4,52
SP	0,44	0,94	1,84	2,11	3,76	3,76
K	0,43	0,9	1,43	3,97	4,42	4,79
HT	0,45	0,81	1,99	3,63	4,64	4,64
HTGY	0,44	0,9	1,57	1,61	2,6	3,36
SZF	0,3	0,49	1,3	3,58	3,58	3,74
VSZ	0,36	0,67	0,67	1,34	3,76	3,36
VSZE	0,22	0,45	0,67	2,71	3,4	3,45
VSZ-SP	0,37	0,72	0,76	0,99	3,72	3,96
L	0,22	0,45	0,72	1,57	2,73	3,45
LE	0,33	0,72	1,16	2,44	3	4,44

5/b. melléklet. A talajellenállás varianciaanalízise a kísérlet befejezésekor (Tarlóművelési kísérlet, 2008)

Groups	*Count*	*Sum*	*Average*	*Variance*
HN	6	10,84	1,806667	2,846507
SP	6	12,85	2,141667	1,933937
K	6	15,94	2,656667	3,786787
HT	6	16,16	2,693333	3,506107
HTGY	6	10,48	1,746667	1,161027
SZF	6	12,99	2,165	2,70343
VSZ	6	10,16	1,693333	2,209187
VSZE	6	10,9	1,816667	2,340947
VSZ-SP	6	10,52	1,753333	2,657587
L	6	9,14	1,523333	1,733267
LE	6	12,09	2,015	2,45575

Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	8,860176	10	0,886018	0,356552	0,959853	2,007792
Within Groups	136,6727	55	2,484957			
Total	145,5328	65				

6/a. melléklet. A morzsafrakció alakulása különböző művelési kezelések alkalmazásakor (Tarlóművelési kísérlet, 2008)

Kezelések	7. 13.	7. 26.	8. 12.	8. 30.	9. 29.
HN	75,09	69,2	57,97	62,6	68,2
SP	77,55	74	64,4	60,1	80,6
K	79,4	45,6	65,1	53,6	77,5
HT	75,1	42,6	41,7	60,3	63,5
HTGY	65	34,9	54,5	64,2	76,3
SZF	66,5	51,9	58,4	51,8	65,5
VSZ	68,2	59,6	41,4	32,5	60,4
VSZE	64,8	76,4	55,6	64,2	70
VSZ-SP	64,5	63,3	66,6	65,6	77,1
L	50,7	46,6	49,8	46,3	59,5
LE	74,3	47,9	69,2	60,9	77,3

6/b. melléklet. A morzsafrakció varianciaanalízise (Tarlóművelési kísérlet, 2008)

Groups	*Count*	*Sum*	*Average*	*Variance*
HN	5	333,06	66,612	42,96907
SP	5	356,65	71,33	76,472
K	5	321,2	64,24	216,763
HT	5	283,2	56,64	205,388
HTGY	5	294,9	58,98	240,847
SZF	5	294,1	58,82	50,237
VSZ	5	262,1	52,42	220,622
VSZE	5	331	66,2	59,2
VSZ-SP	5	337,1	67,42	30,797
L	5	252,9	50,58	28,587
LE	5	329,6	65,92	140,102

Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	2225,714	10	222,5714	1,866094	0,076624	2,053901
Within Groups	5247,936	44	119,2713			
Total	7473,65	54				

7/a. melléklet. A porfrakció alakulása különböző művelési kezelések alkalmazásakor (Tarlóművelési kísérlet, 2008)

Kezelések	7. 13.	7. 26.	8. 12.	8. 30.	9. 29.
HN	2,15	11,54	7,19	5,4	3,1
SP	7,82	4,7	7,5	4,8	7,1
K	4,5	2,2	4,4	8,6	7,5
HT	4,5	5,5	4,6	7,5	6,8
HTGY	4,9	3	6,1	7,3	6,1
SZF	4,2	4,3	5,5	4,9	7,9
VSZ	3,1	4,2	4,6	3,1	7,8
VSZE	3,6	5	9,5	7,7	8,4
VSZ-SP	3,7	6,7	9,8	8,3	6,4
L	2,8	3,7	5,6	3,5	4,9
LE	7	3,4	6,9	7,5	8,1

7/b. melléklet. A porfrakció varianciaanalízise (Tarlóművelési kísérlet, 2008)

Groups	*Count*	*Sum*	*Average*	*Variance*		
HN	5	29,38	5,876	13,90583		
SP	5	31,92	6,384	2,29128		
K	5	27,2	5,44	6,673		
HT	5	28,9	5,78	1,777		
HTGY	5	27,4	5,48	2,642		
SZF	5	26,8	5,36	2,288		
VSZ	5	22,8	4,56	3,723		
VSZE	5	34,2	6,84	6,033		
VSZ-SP	5	34,9	6,98	5,217		
L	5	20,5	4,1	1,275		
LE	5	32,9	6,58	3,387		
Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	41,33398	10	4,133398	0,923906	0,520668	2,053901
Within Groups	196,8484	44	4,473828			
Total	238,1824	54				

8/a. melléklet. A rögfrakció alakulása különböző művelési kezelések alkalmazásakor (Tarlóművelési kísérlet, 2008)

Kezelések	7. 13.	7. 26.	8. 12.	8. 30.	9. 29.
HN	22,76	19,26	34,84	32	25,3
SP	14,63	21,3	28,1	35,1	10,4
K	16,1	52,2	29,5	27,8	13,4
HT	20,4	51,9	53,7	32,2	24,7
HTGY	30,1	62,1	39,4	28,5	15,2
SZF	29,3	43,8	36,1	43,3	25,3
VSZ	28,7	36,2	54	64,4	26,4
VSZE	31,6	18,6	34,9	28,1	22,2
VSZ-SP	31,8	30	23,6	26,1	15,5
L	46,5	49,7	44,6	50,2	26,3
LE	18,7	19,26	23,9	31,6	16,5

8/b. melléklet. A rögfrakció varianciaanalízise (Tarlóművelési kísérlet, 2008)

Groups	*Count*	*Sum*	*Average*	*Variance*
HN	5	134,16	26,832	41,77492
SP	5	109,53	21,906	99,53568
K	5	139	27,8	235,625
HT	5	182,9	36,58	237,477
HTGY	5	175,3	35,06	303,013
SZF	5	177,8	35,56	68,138
VSZ	5	209,7	41,94	274,908
VSZE	5	135,4	27,08	44,587
VSZ-SP	5	127	25,4	40,965
L	5	217,3	43,46	97,343
LE	5	109,96	21,992	36,10432

Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	2904,565	10	290,4565	2,15957	0,039246	2,053901
Within Groups	5917,884	44	134,4974			
Total	8822,449	54				

8/c. melléklet. A kezelőspárok rögfrakció értékei közötti korreláció táblázata (Tarlóművelési kísérlet, 2008)

$SZDP_{5\%}$:14,77											
	HN	SP	K	HT	HTGY	SZF	VSZ	VSZE	VSZ-SP	L	LE
HN		4,926	0,968	9,748	8,228	8,728	15,108	0,248	1,432	16,628	4,84
SP			5,894	14,674	13,154	13,654	20,034	5,174	3,494	21,554	0,086
K				8,78	7,26	7,76	14,14	0,72	2,4	15,66	5,808
HT					1,52	1,02	9,58	9,5	11,18	6,88	14,588
HTGY						0,5	6,88	7,06	9,66	8,4	13,068
SZF							6,38	7,56	10,16	7,9	13,568
VSZ								14,86	16,54	1,52	19,948
VSZE									1,68	16,38	5,088
VSZE-SP										18,06	3,408
L											21,468
LE											
$SZDP_{1\%}$:19,74											
	HN	SP	K	HT	HTGY	SZF	VSZ	VSZE	VSZ-SP	L	LE
HN		4,926	0,968	9,748	8,228	8,728	15,108	0,248	1,432	16,628	4,84
SP			5,894	14,674	13,154	13,654	20,034	5,174	3,494	21,554	0,086
K				8,78	7,26	7,76	14,14	0,72	2,4	27,8	5,808
HT					1,52	1,02	9,58	9,5	11,18	6,88	14,588
HTGY						0,5	6,88	7,06	0,4	8,4	13,068
SZF							6,38	7,56	10,16	7,9	13,568
VSZ								14,86	16,54	1,52	19,948
VSZE									1,68	16,38	5,088
VSZE-SP										18,06	3,408
L											21,468
LE											

9/a. melléklet. A földigilisztaszám alakulása különböző művelési kezelések alkalmazásakor (Tarlóművelési kísérlet, 2008)

Kezelések	7. 13.	7. 26.	8. 12.	8. 30.	9. 29.
HN	6	4	3	1	16
SP	6	9	6	3	19
K	7	9	7	4	16
HT	6	2	2	3	10
HTGY	7	5	3	4	14
SZF	7	2	3	2	8
VSZ	6	0	2	0	7
VSZE	6	2	3	1	9
VSZ-SP	6	3	4	1	11
L	6	4	5	3	15
LE	7	5	5	2	10

9/b. melléklet. A földigilisztaszám varianciaanalízise (Tarlóművelési kísérlet, 2008)

Groups	*Count*	*Sum*	*Average*	*Variance*		
HN	5	30	6	34,5		
SP	5	43	8,6	38,3		
K	5	43	8,6	20,3		
HT	5	23	4,6	11,8		
HTGY	5	33	6,6	19,3		
SZF	5	22	4,4	8,3		
VSZ	5	15	3	11		
VSZE	5	21	4,2	10,7		
VSZ-SP	5	25	5	14,5		
L	5	33	6,6	23,3		
LE	5	29	5,8	8,7		
Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	157,1273	10	15,71273	0,861186	0,574837	2,053901
Within Groups	802,8	44	18,24545			
Total	959,9273	54				

10/a. melléklet. A szalmaborítás alakulása különböző művelési kezelések alkalmazásakor (Tarlóba vetési kísérlet, 2008)

Kezelések	7. 12.	7. 30.	8. 12.	8. 30.	9. 23.
A	85	75	60	54	52
B	65	50	40	36	33
C	87	78	62	56	53
D	90	80	61	57	55
E	60	48	43	36	35

10/b. melléklet. A szalmaborítás varianciaanalízise (Tarlóba vetési kísérlet, 2008)

Groups	*Count*	*Sum*	*Average*	*Variance*		
A	5	326	65,2	203,7		
B	5	224	44,8	168,7		
C	5	336	67,2	215,7		
D	5	343	68,6	241,3		
E	5	222	44,4	104,3		
Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	3040,16	4	760,04	4,070044	0,014222	2,866081
Within Groups	3734,8	20	186,74			
Total	6774,96	24				

10/c. melléklet. A kezeléspárok szalmaborítás értékei közötti korreláció táblázata (Tarlóba vetési kísérlet, 2008)

$SZDP_{5\%}$:18,02					
	A	B	C	D	E
A		20,4	2	3,4	20,8
B			22,4	23,8	0,4
C				1,4	22,8
D					24,2
E					
$SZDP_{1\%}$:24,58					
	A	B	C	D	E
A		20,4	2	3,4	20,8
B			22,4	23,8	0,4
C				1,4	22,8
D					24,2
E					

11/a. melléklet. A zöldnövény-borítás alakulása különböző művelési kezelések alkalmazásakor (Tarlóba vetési kísérlet, 2008)

Kezelések	7. 12.	7. 30.	8. 12.	8. 30.	9.23.
A	0	15	32	41	43
B	0	21	44	54	65
C	0	14	28	34	48
D	0	5	27	31	34
E	0	32	42	57	60

11/b. melléklet. A zöldnövény-borítás varianciaanalízise (Tarlóba vetési kísérlet, 2008)

Groups	*Count*	*Sum*	*Average*	*Variance*
A	5	131	26,2	336,7
B	5	184	36,8	686,7
C	5	124	24,8	341,2
D	5	97	19,4	247,3
E	5	191	38,2	585,2

Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	1315,44	4	328,86	0,748396	0,57059	2,866081
Within Groups	8788,4	20	439,42			
Total	10103,84	24				

12/a. melléklet. Az összes borítás alakulása különböző művelési kezelések alkalmazásakor (Tarlóba vetési kísérlet, 2008)

Kezelések	7. 12.	7. 30.	8. 12.	8. 30.	9. 23.
A	85	90	92	95	95
B	65	71	84	90	98
C	87	92	90	90	91
D	90	85	88	88	89
E	60	80	85	93	95

12/b. melléklet. Az összes borítás varianciaanalízise (Tarlóba vetési kísérlet, 2008)

Groups	*Count*	*Sum*	*Average*	*Variance*
A	5	457	91,4	17,3
B	5	408	81,6	183,3
C	5	450	90	3,5
D	5	440	88	3,5
E	5	413	82,6	196,3

Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	387,44	4	96,86	1,199059	0,341933	2,866081
Within Groups	1615,6	20	80,78			
Total	2003,04	24				

13/a. melléklet. A szalmaborítás alakulása különböző művelési kezelések alkalmazásakor (Tarlóba vetési kísérlet, 2009)

Kezelések	7. 10.	7. 30.	8. 18.	9. 3.	10. 18.
A	75	65	60	51	46
B	60	50	45	40	35
C	80	65	55	50	45
D	85	70	65	55	50
E	55	50	45	40	40

13/b. melléklet. A szalmaborítás varianciaanalízise (Tarlóba vetési kísérlet, 2009)

Groups	*Count*	*Sum*	*Average*	*Variance*		
A	5	297	59,4	131,3		
B	5	230	46	92,5		
C	5	295	59	192,5		
D	5	325	65	187,5		
E	5	230	46	42,5		
Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	1486,64	4	371,66	2,87529	0,049498	2,866081
Within Groups	2585,2	20	129,26			
Total	4071,84	24				

13/c. melléklet. A kezelléspárok szalmaborítás értékei közötti korreláció táblázata (Tarlóba vetési kísérlet, 2009)

$SZDP_{5\%}$:14,99					
	A	B	C	D	E
A		13,4	0,4	5,6	13,4
B			13	19	0
C				6	13
D					19
E					
$SZDP_{1\%}$:20,45					
	A	B	C	D	E
A		13,4	0,4	5,6	13,4
B			13	19	0
C				6	13
D					19
E					

14/a. melléklet. A zöldnövény-borítás alakulása különböző művelési kezelések alkalmazásakor (Tarlóba vetési kísérlet, 2009)

Kezelések	7. 10.	7. 30.	8. 18.	9. 3.	10. 18.
A	0	21	30	34	42
B	0	15	25	40	55
C	0	10	27	36	40
D	0	10	15	32	32
E	0	20	35	52	52

14/b. melléklet. A zöldnövény-borítás varianciaanalízise (Tarlóba vetési kísérlet, 2009)

Groups	*Count*	*Sum*	*Average*	*Variance*		
A	5	127	25,4	258,8		
B	5	135	27	457,5		
C	5	113	22,6	292,8		
D	5	89	17,8	197,2		
E	5	159	31,8	494,2		
Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	539,84	4	134,96	0,396824	0,808518	2,866081
Within Groups	6802	20	340,1			
Total	7341,84	24				

15/a. melléklet. Az összes borítás alakulása különböző művelési kezelések alkalmazásakor (Tarlóba vetési kísérlet, 2009)

Kezelések	7. 10.	7. 30.	8. 18.	9. 3.	10. 18.
A	75	86	90	89	88
B	60	65	70	90	90
C	80	75	82	85	85
D	85	87	80	82	82
E	55	70	80	90	90

15/b. melléklet. Az összes borítás varianciaanalízise (Tarlóba vetési kísérlet, 2009)

Groups	*Count*	*Sum*	*Average*	*Variance*		
A	5	428	85,6	37,3		
B	5	375	75	200		
C	5	407	81,4	17,3		
D	5	416	83,2	7,7		
E	5	385	77	220		
Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	382,96	4	95,74	0,992536	0,434379	2,866081
Within Groups	1929,2	20	96,46			
Total	2312,16	24				

16/a. melléklet. A talajnedvesség (0–50 cm) alakulása különböző művelési kezelések alkalmazásakor (Tarlóba vetési kísérlet, 2008)

Kezelések	7. 10.	7. 29.	8. 12.	9. 4.	10. 9.
A	26,39	29,45	27,77	22,35	25,79
B	25,99	28,76	29,61	26,45	28,26
C	27,03	29,22	27,47	23,5	25,72
D	25,85	28,91	27,33	22,7	24,57
E	26,98	29,16	28,47	24,65	26,6

16/b. melléklet. A talajnedvesség (0–50 cm) varianciaanalízise (Tarlóba vetési kísérlet, 2008)

Groups	*Count*	*Sum*	*Average*	*Variance*		
A	5	131,75	26,35	6,9854		
B	5	139,07	27,814	2,37673		
C	5	132,94	26,588	4,54747		
D	5	129,36	25,872	5,77812		
E	5	135,86	27,172	3,09037		
Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	11,334424	4	2,833606	0,62200255	0,65211578	2,866081
Within Groups	91,11236	20	4,555618			
Total	102,446784	24				

17/a. melléklet. A talajnedvesség (0–50 cm) alakulása különböző művelési kezelések alkalmazásakor (Tarlóba vetési kísérlet, 2009)

Kezelések	7. 16.	7. 30.	8. 12.	8. 27.	9. 23.
A	25,68	26,34	25,93	24,71	23,96
B	25,61	26,43	27,13	26,09	24,98
C	26	26,82	27,19	25,31	24,05
D	25,92	26,31	26,47	24,32	23,02
E	25,95	26,98	27,31	25,07	25,02

17/b. melléklet. A talajnedvesség (0–50 cm) varianciaanalízise (Tarlóba vetési kísérlet, 2009)

Groups	*Count*	*Sum*	*Average*	*Variance*
A	5	126,62	25,324	0,94093
B	5	130,24	26,048	0,66272
C	5	129,37	25,874	1,57193
D	5	126,04	25,208	2,22247
E	5	130,33	26,066	1,12063

Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	3,34348	4	0,83587	0,6411344	0,63936004	2,866081
Within Groups	26,07472	20	1,303736			
Total	29,4182	24				

18/a. melléklet. A talajellenállás alakulása különböző művelési kezelések esetén, a kísérlet befejezésekor (Tarlóba vetési kísérlet, 2008)

Kezelések	5	10	20	30	40	50
A	0,98	1,28	2,08	5,44	6,12	6,46
B	0,85	1,13	2,33	3,49	4,44	5,49
C	1,08	1,6	2,87	5,67	6,05	6,12
D	1,19	1,39	2,51	5,3	5,96	6,22
E	1,11	1,71	2,27	3,71	5,36	6,17

18/b. melléklet. A talajellenállás varianciaanalízise (Tarlóba vetési kísérlet, 2008)

Groups	*Count*	*Sum*	*Average*	*Variance*
A	6	22,36	3,726667	6,475307
B	6	17,73	2,955	3,41399
C	6	23,39	3,898333	5,397417
D	6	22,57	3,761667	5,409497
E	6	20,33	3,388333	4,197377

Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	3,46458667	4	0,866147	0,17397	0,949687	2,75871
Within Groups	124,467933	25	4,978717			
Total	127,93252	29				

19/a. melléklet. A talajellenállás alakulása különböző művelési kezelések alkalmazásakor, a kísérlet befejezésekor (Tarlóba vetési kísérlet, 2009)

Kezelések	5	10	20	30	40	50
A	1,02	1,45	3	5,87	6,07	6,42
B	0,86	1,25	1,78	4,76	6,01	6,12
C	1,04	1,57	2,42	5,72	6,48	6,67
D	1,2	1,78	3,06	6,02	6,45	6,6
E	0,94	1,36	1,62	5,02	6,42	6,72

19/b. melléklet. A talajellenállás varianciaanalízise (Tarlóba vetési kísérlet, 2009)

Groups	*Count*	*Sum*	*Average*	*Variance*		
A	6	23,83	3,971667	6,003257		
B	6	20,78	3,463333	5,946907		
C	6	23,9	3,983333	6,679787		
D	6	25,11	4,185	6,05791		
E	6	22,08	3,68	7,13568		
Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	1,937967	4	0,484492	0,076122	0,988859	2,75871
Within Groups	159,1177	25	6,364708			
Total	161,0557	29				

20/a. melléklet. A morzsafrakció alakulása különböző művelési kezelések alkalmazásakor (Tarlóba vetési kísérlet, 2008)

Kezelések	7. 10.	7. 29.	8. 12.	9. 4.	10. 9.
A	69,21	67,79	59,26	60,81	70,2
B	76,03	73,35	71,29	75,2	79,02
C	70,95	66,62	60,72	52,4	68,08
D	65,4	52,13	50,15	54,3	64,3
E	70,2	73,34	68,2	72,3	78,75

20/b. melléklet. A morzsafrakció varianciaanalízise (Tarlóba vetési kísérlet, 2008)

Groups	*Count*	*Sum*	*Average*	*Variance*
A	5	327,27	65,454	25,50533
B	5	374,89	74,978	8,43637
C	5	318,77	63,754	54,20728
D	5	286,28	57,256	50,36293
E	5	362,79	72,558	15,89282

Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	1011,06008	4	252,76502	8,18514498	0,00044326	2,866081
Within Groups	617,61892	20	30,880946			
Total	1628,679	24				

20/c. melléklet. A kezelléspárok morzsafrakció értékei közötti korreláció táblázata (Tarlóba vetési kísérlet, 2008)

$SZD_{5\%}$: 7,33					
	A	B	C	D	E
A		9,524	1,7	8,198	7,104
B			11,224	17,722	2,42
C				6,498	8,804
D					15,302
E					
$SZD_{1\%}$: 9,99					
	A	B	C	D	E
A		9,524	1,7	8,198	7,104
B			11,224	17,722	2,42
C				6,498	8,804
D					15,302
E					

21/a. melléklet. A rögfrakció alakulása különböző művelési kezelések alkalmazásakor (Tarlóba vetési kísérlet, 2008)

Kezelések	7. 10.	7. 29.	8. 12.	9. 4.	10. 9.
A	10,33	30,52	38,12	30,84	26,75236
B	14,65	19,82	18,1	11,47	17,92
C	18,67	28,69	34,51	42,78	30,36
D	24,2	45,92	48,73	41,86	31,76
E	11,3	16,22	22,88	18,16	18,99

21/b. melléklet. A rögfrakció varianciaanalízise (Tarlóba vetési kísérlet, 2008)

Groups	*Count*	*Sum*	*Average*	*Variance*		
A	5	136,5623599	27,312472	107,063108		
B	5	81,96	16,392	11,06597		
C	5	155,01	31,002	77,21577		
D	5	192,47	38,494	105,22908		
E	5	87,55	17,51	17,9195		
Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	1735,67716	4	433,919291	6,812060354	0,001249805	2,866081
Within Groups	1273,97371	20	63,6986856			
Total	3009,65087	24				

21/c . melléklet. A kezelléspárok rögfrakció értékei közötti korreláció táblázata (Tarlóba vetési kísérlet, 2008)

$SZDP_{5\%}$:10,52					
	A	B	C	D	E
A		10,9205	3,68953	11,1815	9,80247
B			14,61	22,102	1,118
C				7,492	13,492
D					20,984
E					
$SZDP_{1\%}$:14,36					
	A	B	C	D	E
A		10,9205	3,68953	11,1815	9,80247
B			14,61	22,102	1,118
C				7,492	13,492
D					20,984
E					

22/a . melléklet. A porfrakció alakulása különböző művelési kezelések alkalmazásakor (Tarlóba vetési kísérlet, 2008)

Kezelések	7. 10.	7. 29.	8. 12.	9. 4.	10. 9.
A	20,46	1,69	2,62	8,35	3,05
B	9,31	6,83	10,61	13,33	3,06
C	10,38	4,69	4,77	4,82	1,57
D	10,4	1,95	1,12	3,84	3,94
E	18,5	10,45	9	9,54	2,26

22/b. melléklet. A porfrakció varianciaanalízise (Tarlóba vetési kísérlet, 2008)

Groups	*Count*	*Sum*	*Average*	*Variance*		
A	5	36,17	7,234	61,42583		
B	5	43,14	8,628	15,18442		
C	5	26,23	5,246	10,14703		
D	5	21,25	4,25	13,2934		
E	5	49,75	9,95	33,3898		
Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	110,138416	4	27,534604	1,031718561	0,415276093	2,866081
Within Groups	533,76192	20	26,688096			
Total	643,900336	24				

23/a. melléklet. A morzsafrakció alakulása különböző művelési kezelések alkalmazásakor (Tarlóba vetési kísérlet, 2009)

Kezelések	7. 16.	7. 30.	8. 12.	8. 27.	9. 23.
A	69,23	67,78	66,71	62,86	52,33
B	58,22	66,13	65,34	70,61	72,36
C	68,28	66,51	62,91	61,12	55,9
D	70,99	67,07	65,05	56,48	54,31
E	61,06	66,51	67,45	67,66	70,02

23/b. melléklet. A morzsafrakció varianciaanalízise (Tarlóba vetési kísérlet, 2009)

Groups	*Count*	*Sum*	*Average*	*Variance*		
A	5	318,91	63,782	46,55907		
B	5	332,66	66,532	30,31687		
C	5	314,72	62,944	23,53383		
D	5	313,9	62,78	50,598		
E	5	332,7	66,54	11,05605		
Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	70,922336	4	17,730584	0,547024746	0,703255256	2,866081
Within Groups	648,25528	20	32,412764			
Total	719,177616	24				

24/a. melléklet. A rögfrakció alakulása különböző művelési kezelések alkalmazásakor (Tarlóba vetési kísérlet, 2009)

Kezelések	7. 16.	7. 30.	8. 12.	8. 27.	9. 23.
A	24,98	28,42	25,05	30,35	40,02
B	36,95	27,2	27,79	21,91	18,43
C	27,43	27,8	32,45	31,99	36,61
D	20,7	27,58	30,43	35,49	39,06
E	30,22	29,66	25,1	23,88	22,98

24/b. melléklet. A rögfrakció varianciaanalízise (Tarlóba vetési kísérlet, 2009)

Groups	*Count*	*Sum*	*Average*	*Variance*
A	5	148,82	29,764	38,11093
B	5	132,28	26,456	49,38498
C	5	156,28	31,256	14,30298
D	5	153,26	30,652	50,65737
E	5	131,84	26,368	11,23792

Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	108,754464	4	27,188616	0,830469843	0,521509158	2,866081
Within Groups	654,77672	20	32,738836			
Total	763,531184	24				

25/a. melléklet. A porfrakció alakulása különböző művelési kezelések alkalmazásakor (Tarlóba vetési kísérlet, 2009)

Kezelések	7. 16.	7. 30.	8. 12.	8. 27.	9. 23.
A	5,79	3,8	8,24	6,77	7,65
B	4,83	6,66	6,86	7,47	9,19
C	4,28	5,68	4,63	6,87	7,48
D	8,3	5,34	4,52	8,01	6,62
E	8,71	3,81	7,45	8,46	7

25/b. melléklet. A porfrakció varianciaanalízise (Tarlóba vetési kísérlet, 2009)

Groups	*Count*	*Sum*	*Average*	*Variance*		
A	5	32,25	6,45	3,05115		
B	5	35,01	7,002	2,46527		
C	5	28,94	5,788	1,91507		
D	5	32,79	6,558	2,69592		
E	5	35,43	7,086	3,84933		
Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	5,393584	4	1,348396	0,482371426	0,748412072	2,866081
Within Groups	55,90696	20	2,795348			
Total	61,300544	24				

26/a. melléklet. A takarónövény szám alakulása különböző művelési kezelések alkalmazásakor (Tarlóba vetési kísérlet, 2009)

Kezelések	9. 3.	10. 18.
A	24	31
B	21	30
C	18	25
D	15	24
E	22	31

26/b. melléklet. A takarónövény szám varianciaanalízise (Tarlóba vetési kísérlet, 2009)

Groups	*Count*	*Sum*	*Average*	*Variance*		
A	2	55	27,5	24,5		
B	2	51	25,5	40,5		
C	2	43	21,5	24,5		
D	2	39	19,5	40,5		
E	2	53	26,5	40,5		
Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	94,4	4	23,6	0,692082	0,628456	5,192168
Within Groups	170,5	5	34,1			
Total	264,9	9				

27/a. melléklet. A takarónövény tömeg alakulása különböző művelési kezelések alkalmazásakor (Tarlóba vetési kísérlet, 2009)

Kezelések	9. 3.	10. 18.
A	2,258	2,427
B	2,084	2,263
C	1,783	2,012
D	1,744	1,989
E	2,418	2,552

27/b. melléklet. A takarónövény tömeg varianciaanalízise (Tarlóba vetési kísérlet, 2009)

Groups	*Count*	*Sum*	*Average*	*Variance*		
A	2	4,685	2,3425	0,014281		
B	2	4,347	2,1735	0,016021		
C	2	3,795	1,8975	0,026221		
D	2	3,733	1,8665	0,030013		
E	2	4,97	2,485	0,008978		
Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	0,587834	4	0,146959	7,693196	0,023011	5,192168
Within Groups	0,095512	5	0,019102			
Total	0,683346	9				

27/c. melléklet. A kezeléspárok takarónövény tömeg értékei közötti korreláció táblázata (Tarlóba vetési kísérlet, 2009)

$SZDP_{5\%}$:0,355					
	A	B	C	D	E
A		0,169	0,445	0,476	0,1425
B			0,276	0,307	0,3115
C				0,031	0,5875
D					0,6185
E					
$SZDP_{1\%}$:0,557					
	A	B	C	D	E
A		0,169	0,445	0,476	0,1425
B			0,276	0,307	0,3115
C				0,031	0,5875
D					0,6185
E					

28/a. melléklet. A takarónövény gyökérhosszúság alakulása különböző művelési kezelések alkalmazásakor (Tarlóba vetési kísérlet, 2009)

Kezelések	9. 3.	10. 18.
A	26,3	28,1
B	22,6	24,2
C	19,9	23,5
D	17,8	20,4
E	28,8	30,7

28/b. melléklet. A takarónövény gyökérhosszúság varianciaanalízise (Tarlóba vetési kísérlet, 2009)

Groups	*Count*	*Sum*	*Average*	*Variance*		
A	2	54,4	27,2	1,62		
B	2	46,8	23,4	1,28		
C	2	43,4	21,7	6,48		
D	2	38,2	19,1	3,38		
E	2	59,5	29,75	1,805		
Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	145,396	4	36,349	12,4782	0,008187	5,192168
Within Groups	14,565	5	2,913			
Total	159,961	9				

28/c. melléklet. A kezeléspárok takarónövény gyökérhosszúság értékei közötti korreláció táblázata (Tarlóba vetési kísérlet, 2009)

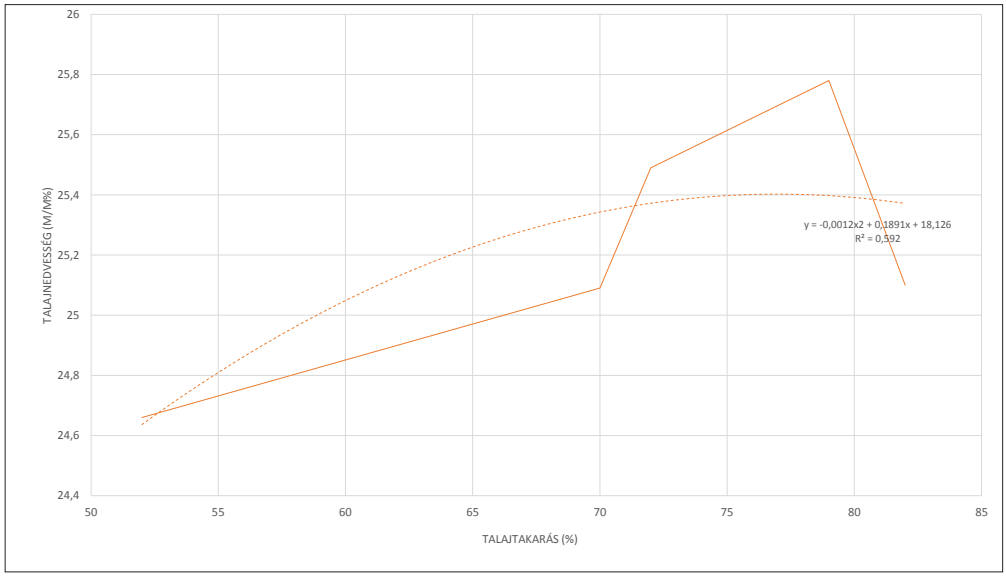
$SZDP_{5\%}$:4,38					
	A	B	C	D	E
A		3,8	5,5	8,1	2,55
B			1,7	4,3	6,35
C				2,6	8,05
D					10,65
E					
$SZDP_{1\%}$:6,88					
	A	B	C	D	E
A		3,8	5,5	8,1	2,55
B			1,7	4,3	6,35
C				2,6	8,05
D					10,65
E					

29/a. melléklet. A takarónövény gyökértömeg alakulása különböző művelési kezelések alkalmazásakor (Tarlóba vetési kísérlet, 2009)

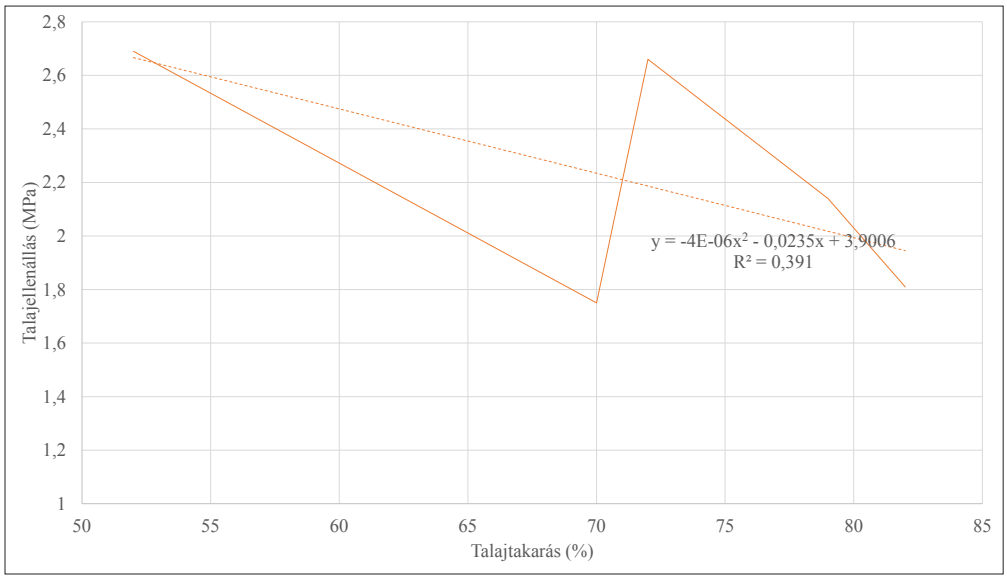
Kezelések	9. 3.	10. 18.
A	1,072	1,234
B	0,967	1,093
C	0,988	1,023
D	0,895	1,052
E	1,104	1,362

29/b. melléklet. A takarónövény gyökértömeg varianciaanalízise (Tarlóba vetési kísérlet, 2009)

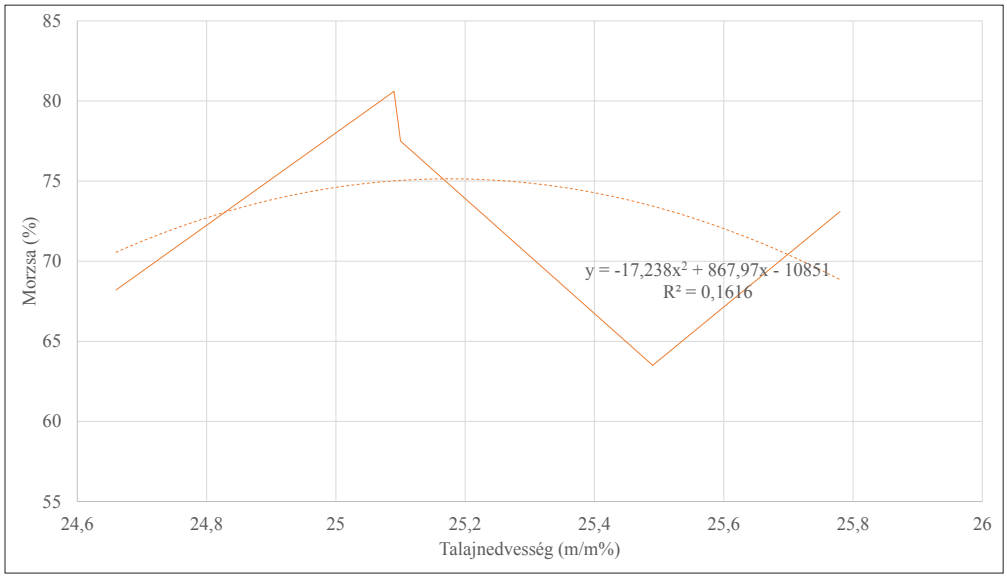
Groups	*Count*	*Sum*	*Average*	*Variance*		
A	2	2,306	1,153	0,013122		
B	2	2,06	1,03	0,007938		
C	2	2,011	1,0055	0,000612		
D	2	1,947	0,9735	0,012325		
E	2	2,466	1,233	0,033282		
Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	0,096251	4	0,024063	1,788281	0,268323	5,192168
Within Groups	0,067279	5	0,013456			
Total	0,16353	9				



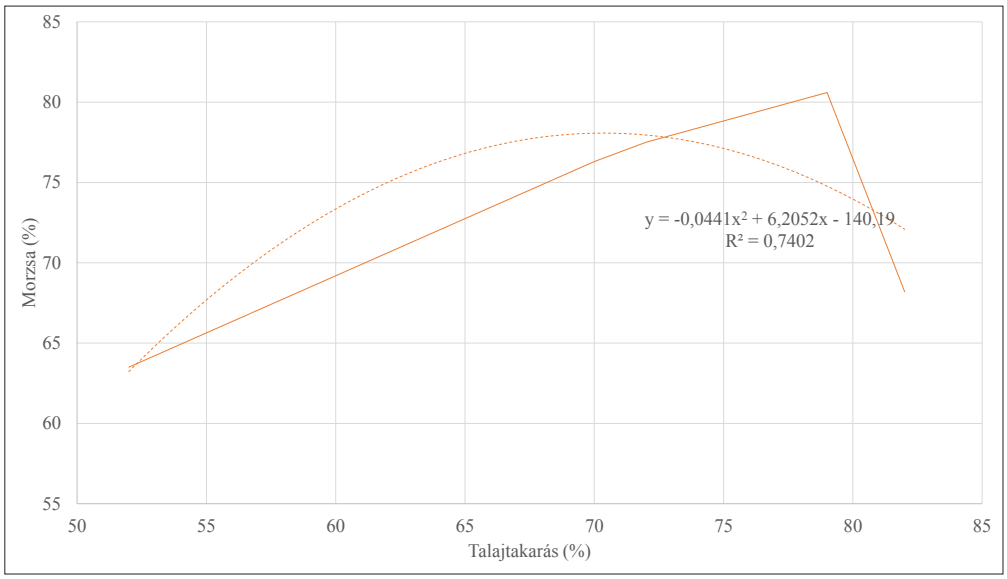
30. melléklet. A talajtakarás és a talajnedvesség összefüggése a tarlóművelési kísérletben (Hatvan, 2008. 09. 29.)



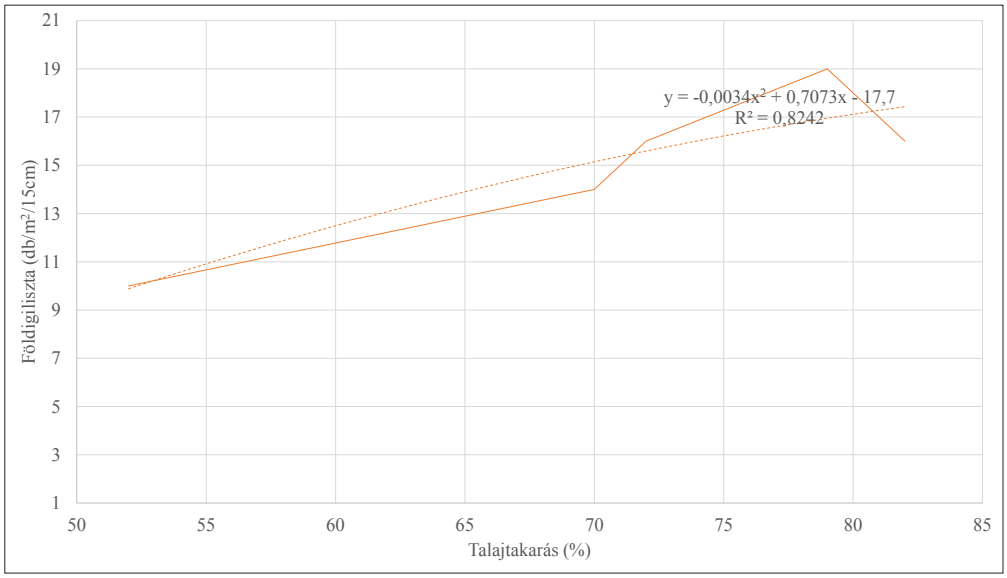
31. melléklet. A talajtakarás és a talajellenállás összefüggése a tarlóművelési kísérletben (Hatvan, 2008. 09. 29.)



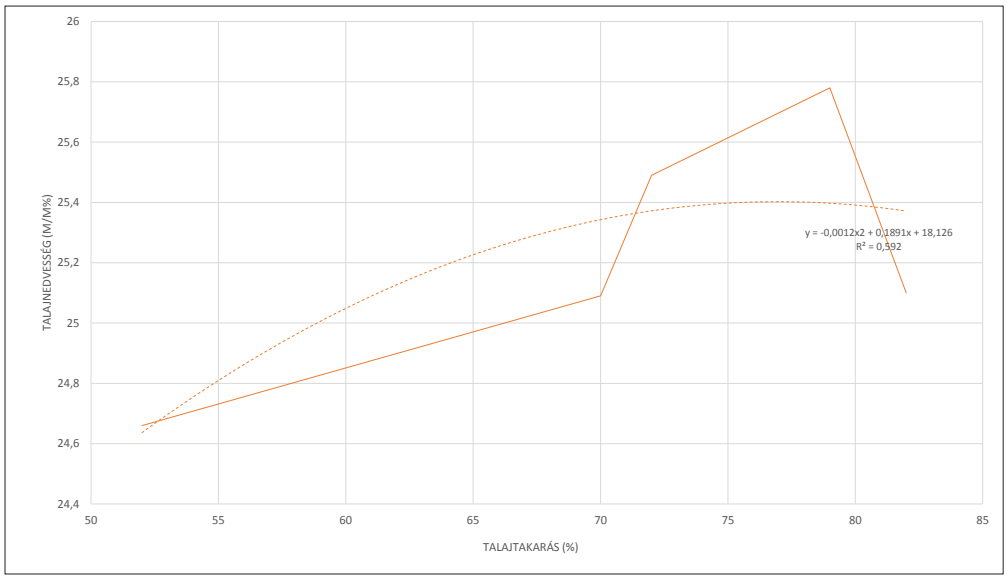
32. melléklet. A talajnedvesség és a morzsásság összefüggése a tarlóművelési kísérletben (Hatvan, 2008. 09. 29.)



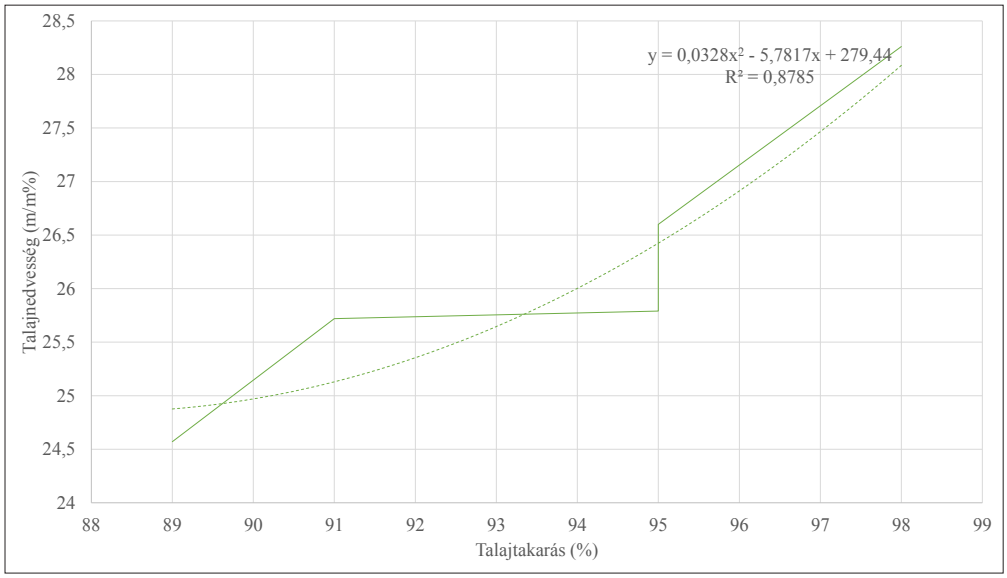
33. melléklet. A talajtakarás és a morzsásság összefüggése a tarlóművelési kísérletben (Hatvan, 2008. 09. 29.)



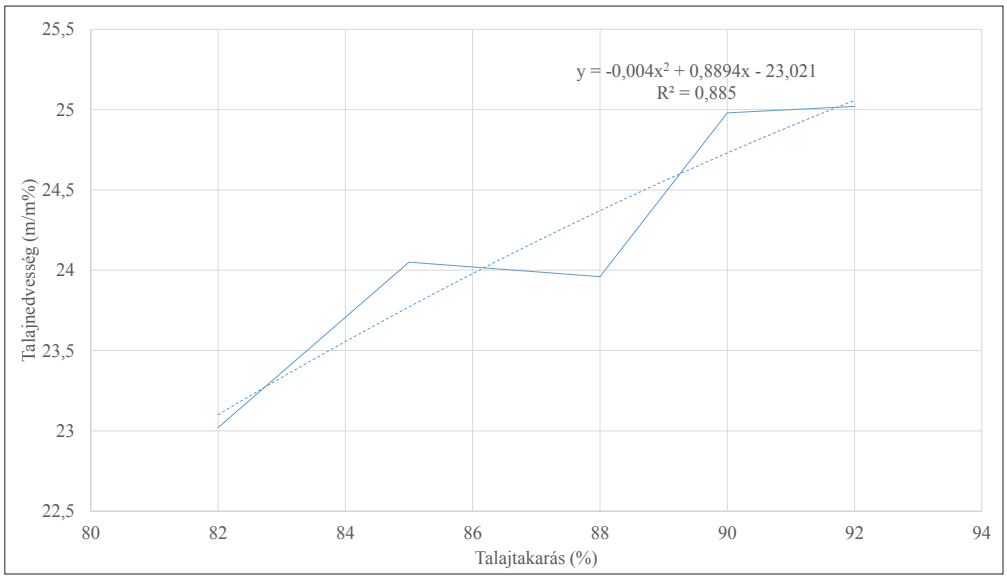
34. melléklet. A talajtakarás és a földigilisztaszám összefüggése a tarlóművelési kísérletben (Hatvan, 2008. 09. 29.)



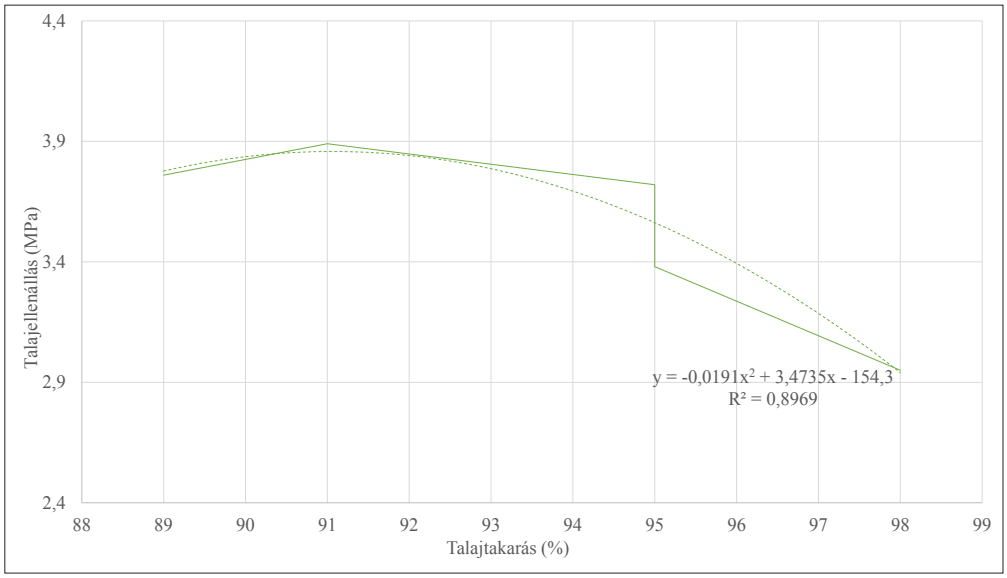
35. melléklet. ábra. A talajnedvesség és a földigilisztaszám összefüggése a tarlóművelési kísérletben (Hatvan, 2008. 09. 29.)



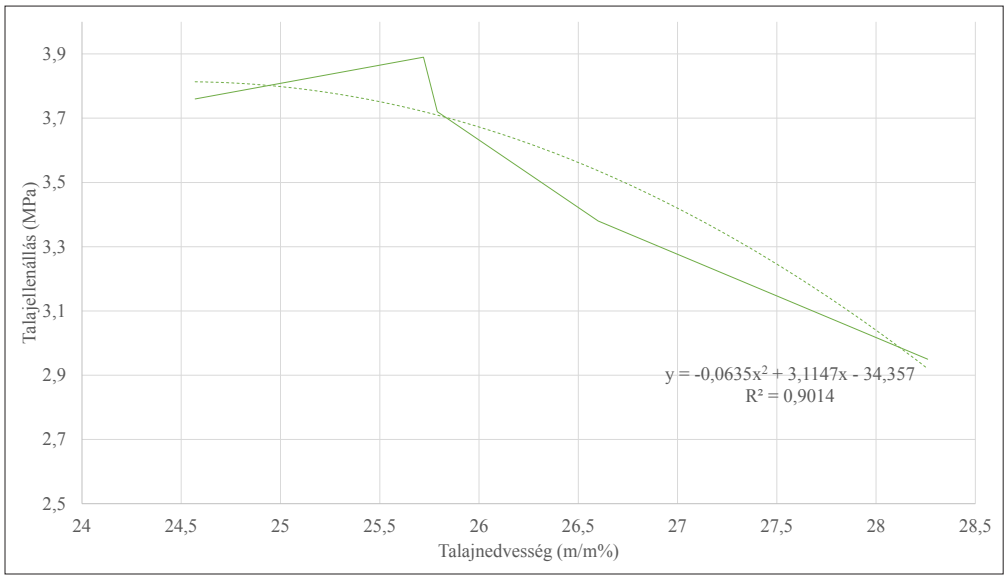
36. melléklet. A talajtakarás és a talajnedvesség összefüggése a tarlóba vetési kísérletben (Hatvan, 2008. 10. 09.)



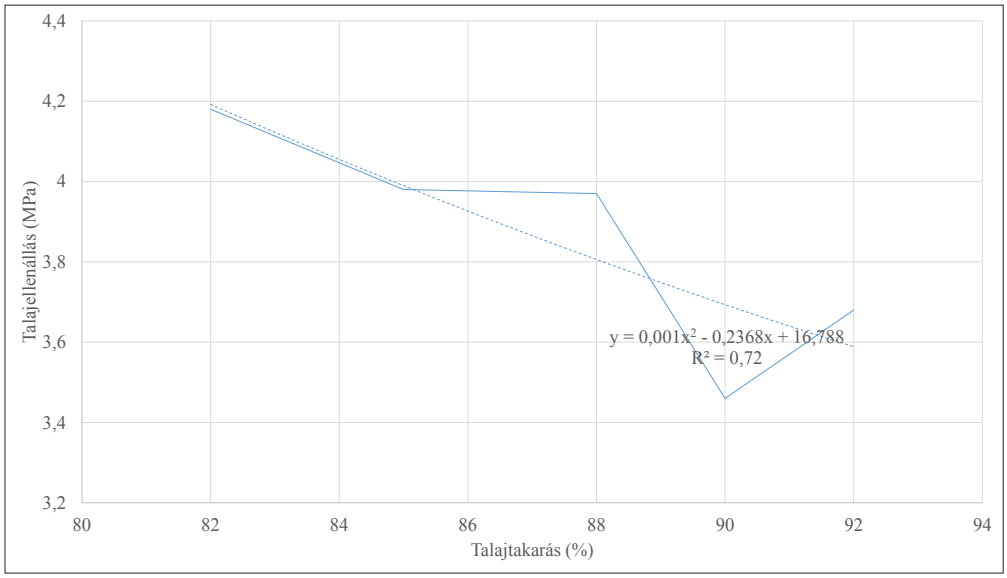
37. melléklet. ábra. A talajtakarás és a talajnedvesség összefüggése a tarlóba vetési kísérletben (Hatvan, 2009. 09. 23.)



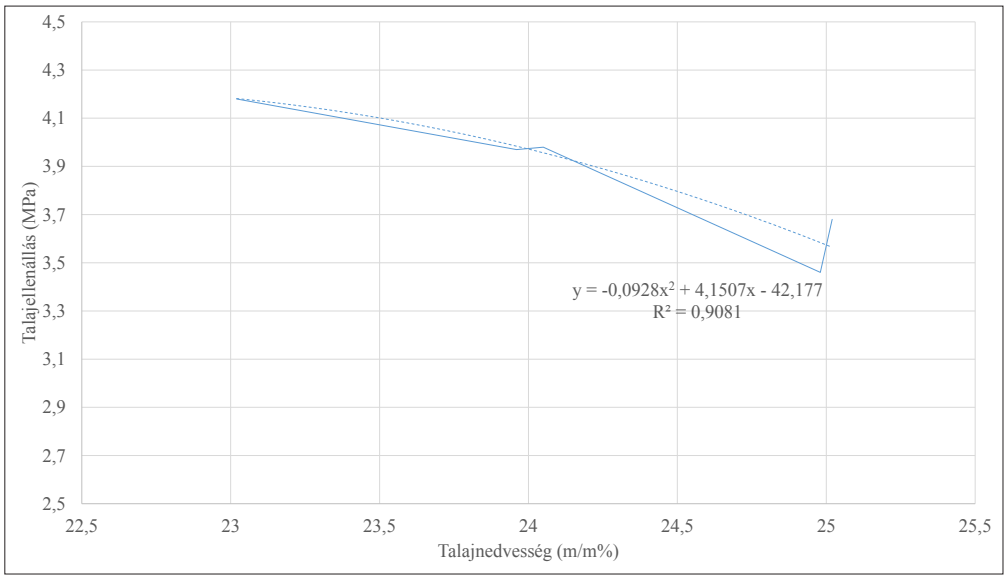
38. melléklet. A talajtakarás és a talajellenállás összefüggése a tarlóba vetési kísérletben (Hatvan, 2008. 10. 09.)



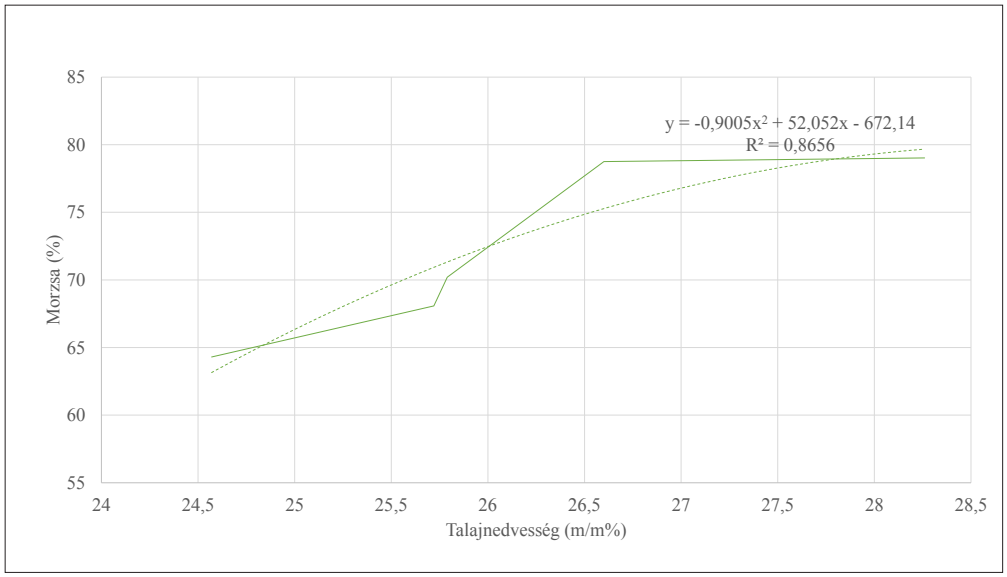
39. melléklet. A talajnedvesség és a talajellenállás összefüggése a tarlóba vetési kísérletben (Hatvan, 2008. 10. 09.)



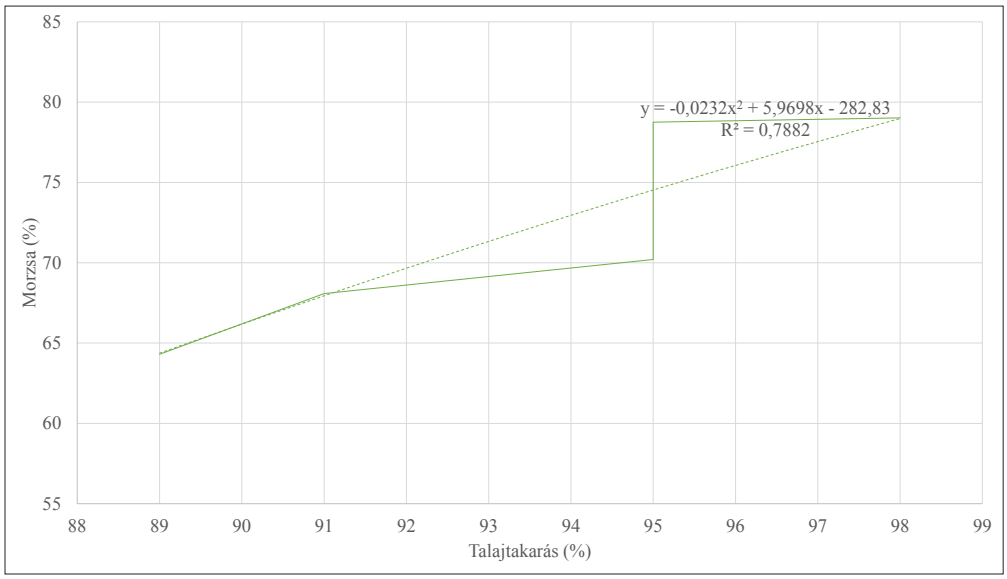
40. melléklet. A talajtakarás és a talajellenállás összefüggése a tarlóba vetési kísérletben (Hatvan, 2009. 09. 23.)



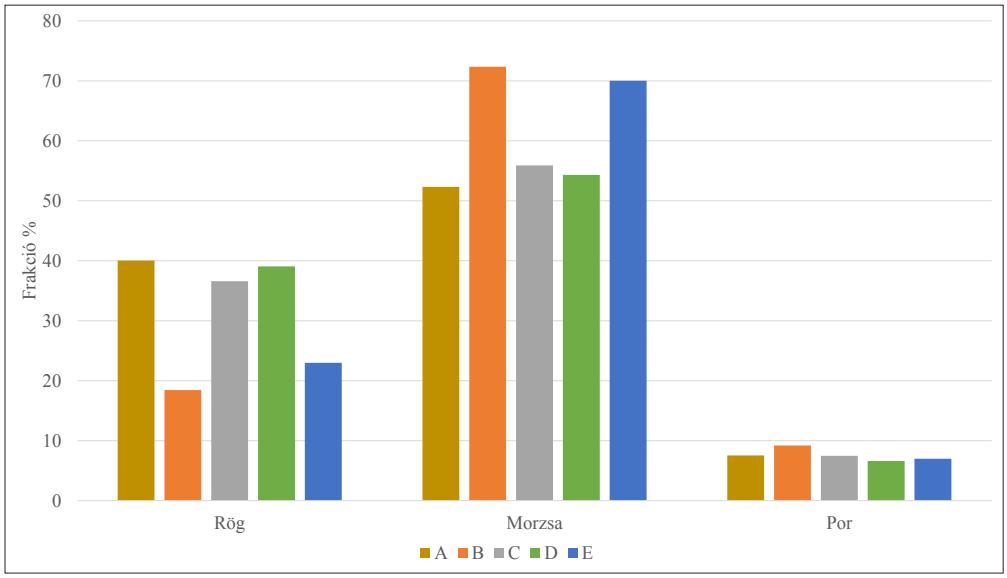
41. melléklet. A talajnedvesség és a talajellenállás összefüggése a tarlóba vetési kísérletben. (Hatvan, 2009. 09. 23.)



42. melléklet. A talajnedvesség és a morzsásság összefüggése a tarlóba vetési kísérletben (Hatvan, 2008. 10. 09.)

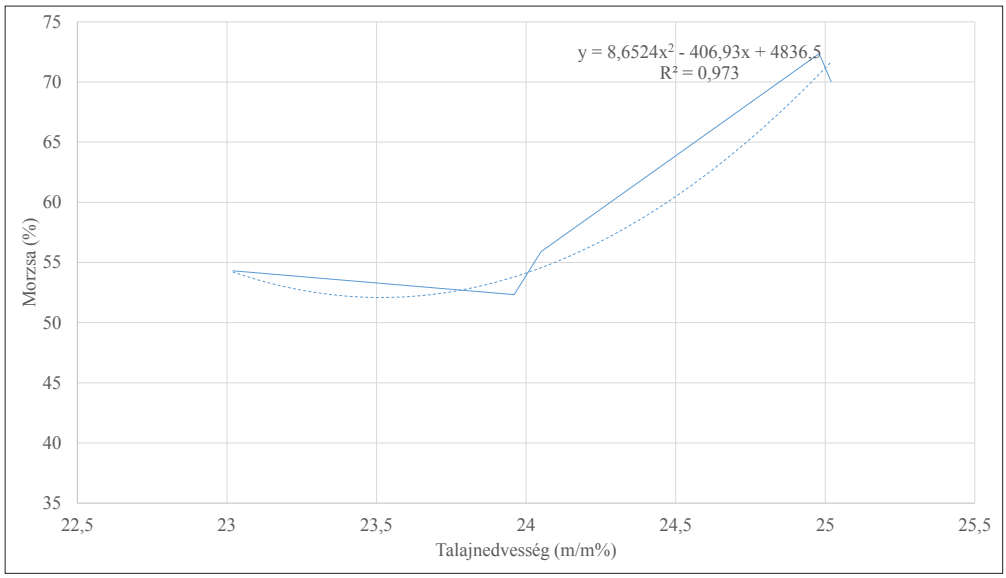


43. melléklet. A talajtakarás és a morzsásság összefüggése a tarlóba vetési kísérletben (Hatvan, 2008. 10. 09.)

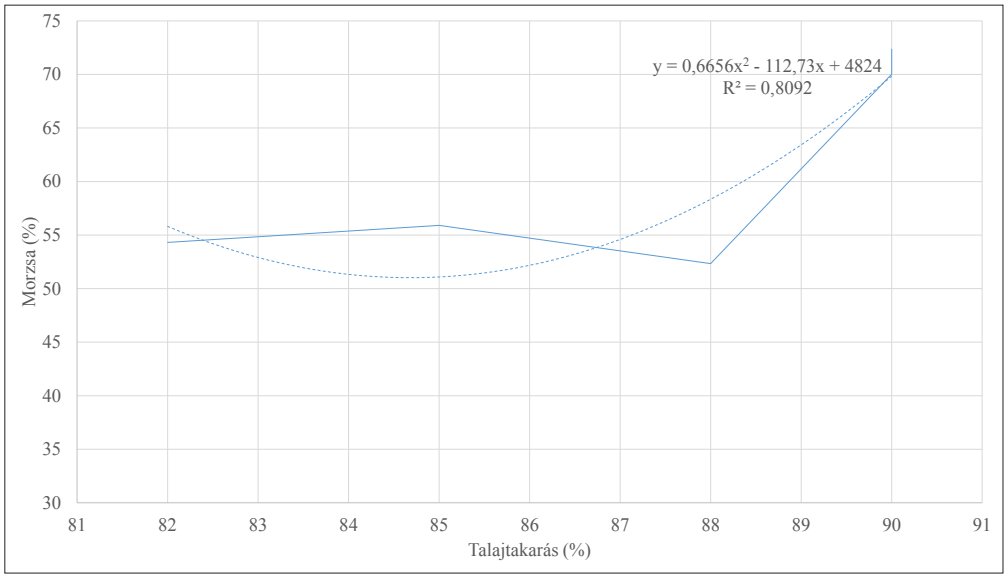


44. melléklet. Az agronómiai szerkezet a tarlóba vetési kísérletben (Hatvan, 2009. 09. 23.)

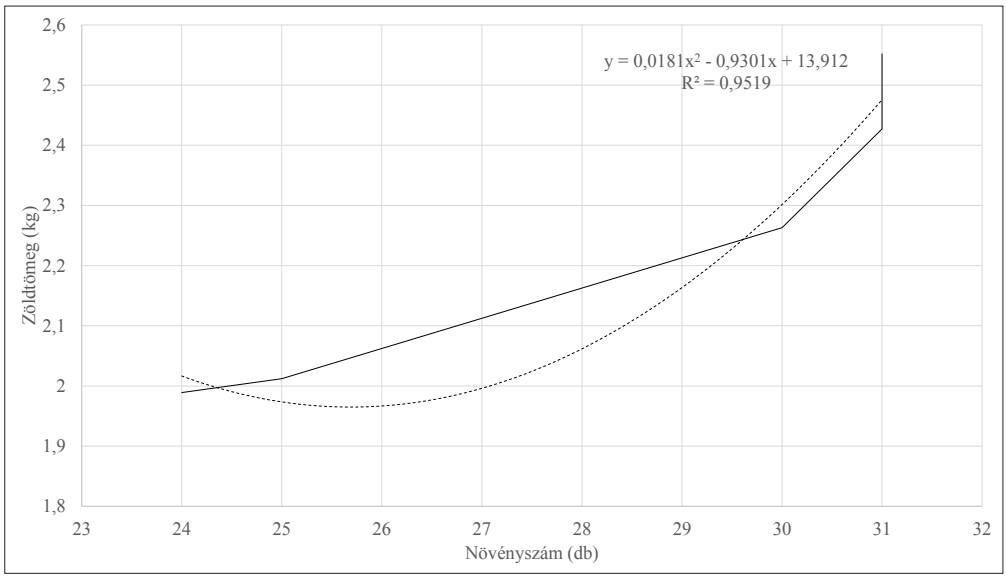
Kezelések: A: aratás napján tarlóba vetés, B: aratás napján tarlóhántás, augusztusban vetés, C: aratás után két nappal tarlóba vetés, D: aratás után egy héttel tarlóba vetés, E: aratás napján tarlóhántás, egy hét múlva vetés



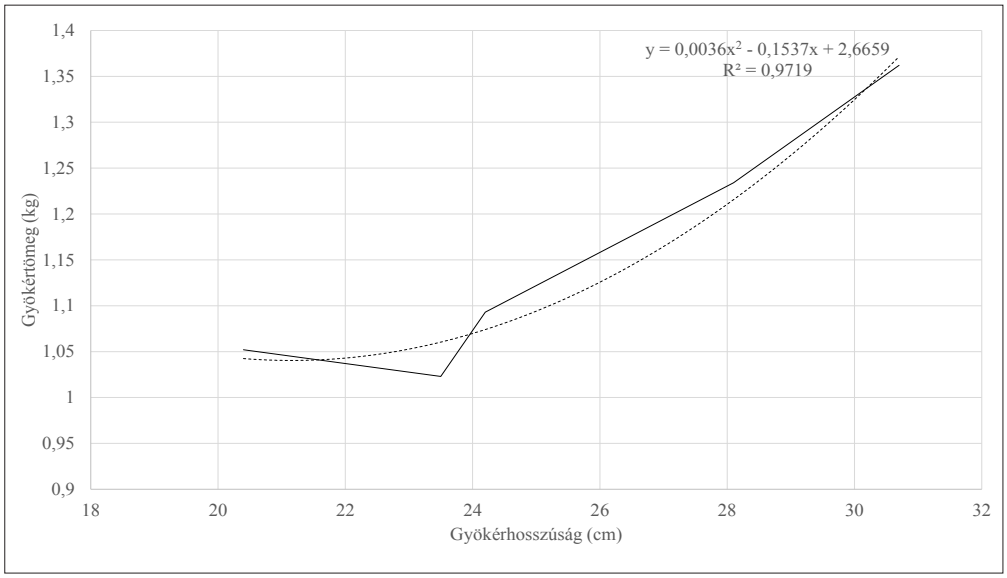
45. melléklet. A talajnedvesség és a morzsásság összefüggése a tarlóba vetési kísérletben (Hatvan, 2009. 09. 23.)



46.. melléklet. A talajtakarás és a morzsásság összefüggése a tarlóba vetési kísérletben (Hatvan, 2009. 09. 23.)



47. melléklet. A növényszám és a zöldtömeg összefüggése a tarlóba vetési kísérletben (Hatvan, 2009. 10. 18.)



48. melléklet. A gyökérhosszúság és a gyökértömeg összefüggése a tarlóba vetési kísérletben (Hatvan, 2009. 10. 18.)

M3. A kísérletek kezeléseit bemutató fényképfelvételek

1. kép. A tarlóművelési kísérlet K jelölésű (kultivátor) kezelése 2008-ban

2. kép. Felszínborítás a tarlóművelési kísérlet SP (síktárcsa) kezelésében 2008-ban

3. kép. Rögösebb, kevésbé takart felszín a HT (hagyományos tárcsa) kezelésben

4. kép. A klímavédelemnek megfelelően takart felszín a tarlóművelési kísérlet L (lazítás) kezelésében 2008-ban

5. kép. A tarlóba vetési kísérlet beállítása 2009-ben

6. kép. A síktárcsa.

A tarlóművelési kísérlet SP kezelése, valamint a tarlóhántásos B és E kezelések művelőeszköze a tarlóba vetési kísérletekben

7. kép. A tarlóba vetési kísérletek direktvetéses kezeléseiben (A, C és D) alkalmazott földirekt vetőgép

8. kép. A tarlóba vetési kísérlet kezelései 2008-ban

9. kép. Direktvetéses parcella a tarlóba vetési kísérletben

10. kép. A tarlóba vetési kísérletben alkalmazott musár és olajretek alkotta takarónövény

10.14751/SZIE.2016.001

11. kép. A tarlóba vetési kísérlet kezelései 2009-ben

12. kép. Eltérő agronómiai szerkezet a tarlóba vetési kísérlet E (felső kép) és C jelű kezeléseiben

10.14751/SZIE.2016.001

10.14751/SZIE.2016.001

9. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönetemet fejezem ki

Dr. Birkás Márta témavezetőmnek, aki munkám során mindvégig támogatott és szakmai tanácsaival látott el,

a **Szent István Egyetem Józsefmajori Kísérleti és Tangazdaság dolgozóinak**, akik segítségemre voltak a kísérletek beállításában,

a **SZIE Növénytermesztési Intézetnek,**

a **SZIE NTTI PhD hallgatóinak**, akik a mérésekben segítettek,

Opponenseimnek, akik tanácsaikkal hozzájárultak a dolgozat színvonalasabbá tételéhez,

valamint **Feleségemnek** és **családomnak**.

10.14751/SZIE.2016.001