

SZENT ISTVÁN EGYETEM

Doktori (PhD) értekezés

**A FELSZÍNTAKARÁS JELENTŐSÉGE A TALAJVÉDELEMBEN ÉS A
KLÍMAKÁROK ENYHÍTÉSÉBEN**

Bottlik László

Gödöllő

2016

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

TARTALOMJEGYZÉK

| | |
|---|-----|
| 1. BEVEZETÉS | 5. |
| 2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS | 7. |
| 2.1. Talajművelési rendszerek áttekintése | 7. |
| 2.1.1. Talajok szerinti művelési rendszerek | 7. |
| 2.1.2. Szerzőkről elnevezett művelési rendszerek | 8. |
| 2.2. Talajművelési irányzatok áttekintése | 11. |
| 2.2.1. A hagyományos művelés | 11. |
| 2.2.2. A csökkentett művelés | 14. |
| 2.2.3. A talajvédő, -kímélő művelés – conservation tillage | 16. |
| 2.3. A tiszta felszín, mint termesztési követelmény a hagyományos rendszerekben | 18. |
| 2.4. A felszintakarás célja a kezdetektől napjainkig | 20. |
| 2.5. A felszintakarás szerepe a klímazsűréshez való alkalmazkodásban | 23. |
| 2.5.1. A felszintakarás jelentősége a talaj nedvességvesztésének csökkentésében | 23. |
| 2.5.2. A felszintakarás jelentősége a talajhőmérséklet csökkentésében | 27. |
| 2.5.3. A felszintakarás jelentősége az eróziós és deflációs károk enyhítésében | 28. |
| 2.5.4. A felszintakarás jelentősége a talajszerkezet védelmében | 30. |
| 2.5.5. A felszintakarás jelentősége a talaj lazultságának fenntartásában | 33. |
| 2.5.6. A felszintakarás jelentősége a talaj szénvesztésének csökkentésében és szervesanyag-tartalmának növelésében | 38. |
| 2.6. Következtetések a feldolgozott szakirodalom alapján | 41. |
| 3. ANYAG ÉS MÓDSZER | 43. |
| 3.1. A kutatómunka körülményei | 43. |
| 3.1.1. A hatvan-józsefmajori termőhely, a kísérleti tér és a talajművelési tartamkísérlet jellemzése | 43. |
| 3.1.2. A peresznyei termőhely, a kísérleti tér és a talajművelési tartamkísérlet jellemzése | 47. |
| 3.1.3. A sarudi termőhely, a kísérleti tér és a talajművelési tartamkísérlet jellemzése | 49. |
| 3.2. A vizsgálat módszerei a talajművelési tartamkísérletekben | 50. |
| 3.2.1. A talajnedvesség vizsgálat | 50. |
| 3.2.2. A talajjellenállás vizsgálat | 50. |
| 3.2.3. A CO ₂ -emisszió vizsgálat | 50. |
| 3.2.4. Az agronómiai szerkezetvizsgálat | 51. |
| 3.2.5. A tarlómaradvány borítottság vizsgálatok | 51. |
| 3.2.6. A terméseredmény és egyéb ökonómiai mutatók vizsgálata | 52. |
| 3.2.7. A statisztikai elemzés | 52. |
| 4. EREDMÉNYEK | 53. |
| 4.1. A felszintakarás változása a kezeléseken, a vizsgálati időszakban | 53. |
| 4.1.1. A felszintakarás változása a józsefmajori talajművelési tartamkísérlet kezeléseiben, a vizsgálati időszakban | 53. |
| 4.1.2. A felszintakarás változása a peresznyei talajművelési tartamkísérlet kezeléseiben, a vizsgálati időszakban | 54. |
| 4.1.3. A felszintakarás változása a sarudi talajművelési tartamkísérlet kezeléseiben, a vizsgálati időszakban | 55. |

| | |
|--|------|
| 4.2. A talajnedvesség vizsgálatok eredményei | 56. |
| 4.2.1. A józsefmajori talajművelési tartamkísérletben végzett talajnedvesség vizsgálatok eredményei | 56. |
| 4.2.2. A peresznyei talajművelési tartamkísérletben végzett talajnedvesség vizsgálatok eredményei | 64. |
| 4.2.3. A sarudi talajművelési tartamkísérletben végzett talajnedvesség vizsgálatok eredményei | 66. |
| 4.3. A talajellenállás vizsgálatok eredményei | 69. |
| 4.3.1. A józsefmajori talajművelési tartamkísérletben végzett talajellenállás vizsgálatok eredményei | 69. |
| 4.3.2. A peresznyei talajművelési tartamkísérletben végzett talajellenállás vizsgálatok eredményei | 74. |
| 4.3.3. A sarudi talajművelési tartamkísérletben végzett talajellenállás vizsgálatok eredményei | 77. |
| 4.4. A talaj szén-dioxid kibocsátás vizsgálatának eredményei | 80. |
| 4.4.1. A józsefmajori talajművelési tartamkísérletben végzett szén-dioxid kibocsátás vizsgálatok eredményei | 80. |
| 4.4.2. A peresznyei talajművelési tartamkísérletben végzett szén-dioxid kibocsátás vizsgálatok eredményei | 84. |
| 4.4.3. A sarudi talajművelési tartamkísérletben végzett szén-dioxid kibocsátás vizsgálatok eredményei | 86. |
| 4.5. Az agronómiai szerkezet vizsgálatok eredményei | 88. |
| 4.5.1. A józsefmajori talajművelési tartamkísérletben végzett agronómiai szerkezet vizsgálatok eredményei | 88. |
| 4.5.2. A peresznyei talajművelési tartamkísérletben végzett agronómiai szerkezet vizsgálatok eredményei | 96. |
| 4.5.3. A sarudi talajművelési tartamkísérletben végzett agronómiai szerkezet vizsgálatok eredményei | 101. |
| 4.6. Az üzemanyag-felhasználási és a termés vizsgálatok eredményei | 105. |
| 4.6.1. A peresznyei talajművelési tartamkísérletben végzett üzemanyag-felhasználási és termés vizsgálatok eredményei | 105. |
| 4.6.2. A sarudi talajművelési tartamkísérletben végzett üzemanyag-felhasználási és termés vizsgálatok eredményei | 106. |
| 4.7. Új tudományos eredmények | 108. |
| 5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK | 110. |
| 5.1. Következtetések a mulcs-hagyó, felszintakarásos művelési rendszerek talajállapotra gyakorolt hatásának vizsgálata alapján | 110. |
| 5.2. Javaslatok a forgatás nélküli, mulcs-hagyó művelési rendszerek hazai alkalmazását illetően | 115. |
| 6. ÖSSZEFOGLALÁS | 117. |
| 7. SUMMARY | 119. |
| 8. MELLÉKLETEK | 121. |
| M1. Irodalomjegyzék | 121. |
| M2. A szignifikáns differenciaértékeket és a korrelációs viszonyokat bemutató táblázatok és grafikonok | 130. |
| M3. Fényképfelvételek | 183. |
| 9. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS | 188. |

1. BEVEZETÉS

A talajművelés céljának megfogalmazása a klasszikusoktól máig az adott időszak törekvéseit felvállalva módosult.

Az 1800-as évek elején a talajművelés funkciójaként a legtöbb szerző még csak a mechanikai állapotjavítást említette. A század végéről azonban már olyan írásokról is tudunk, amelyek a műveléssel létrehozott lazultság fontosságára (a gyökér akadály nélkül fejlődik, képes a tápanyag- és vízfelvételre) is rámutattak.

A művelés fejlődésében a tudományok (mezőgazdasági, műszaki, biológiai, talajfizikai) előrehaladása, a gazdasági környezet, a klímahatások, a gyakorlat igénye és a szokások mindenkor szerepet játszottak. A biológiai és a talaj tudományok előre haladásával egyre világosabbá váltak a talajművelés növénytermesztést alapozó, valamint védelmi funkciói.

A XX. század közepén olyan nézetek kerültek előtérbe – a növénytermesztés tudomány fejlődésével – melyek a termesztett növények igényeit tartják fontosnak a talajművelésben. Ez az ún. növényközpontú művelés – utólag egyre világosabban látható – sok esetben a talajok ártalmára volt (sokmenetes művelés, elrontott szántások, szerkezetromlás, taposási károk).

A talajpusztulás mellett a kedvezőtlen klímahatások is befolyásolták a művelési célok módosulását. Az 1900-as évek első felében is történtek megfigyelések arra, hogy aszályos nyarak után csak ott tudtak sikerrel szántani, ahol szalma maradt a felszínen. A védőréteg alatt ugyanis a talaj nyirkos, művelhető állapotba került. Az 1960-as évektől Európa szerte kezdték szorgalmazni azon művelő eszközök használatát, amelyek aláforgatás helyett bekeverik a szalma egy részét a talajba, más részét a felszínen hagyják.

Az 1990-es évek közepétől, átgondolva az évszázados mechanikai szemléletű, sokmenetes művelési rendszerek következményeit, felismerve a talajok leromlását, a változó évjáratok kedvezőtlen klimatikus hatásait és számításba véve az ökonómiai tényezőket, valamint a talaj- és környezetvédelmi elvárásokat, jelentősen kibővült a művelés céljának fogalma is.

Főbb feladatként említhető a szerkezet- és szervesanyag-kímélés, az állapotjavítás és fenntartás, ezáltal a nedvesség-, levegő- és hőforgalom kedvező irányú befolyásolása. Előtérbe került a felszín védelme és a biológiai tevékenység élénkítése. A felsorolt célok elérésében eredményes lehet minden olyan művelési beavatkozás, amellyel a növény- és tarlómaradványok kíméletes talajba keverése, valamint a felszín bizonyos mértékű borítottsága biztosítható.

A klímaváltozás, kényszerből és előrelátásból, további lendületet adott és ad a védelmi (talaj, víz) célú talajtakarásnak.

Napjainkban a felszintakarás, a mulcshagyó művelés talajminőséget (szerkezet, lazultság, hordképesség, szervesanyag tartalom, levegő-, nedvesség-, hőforgalom, biológiai élet) javító, fenntartó hatásai ismeretesek, de hazai körökben kevésbé bizonyítottak. Ennek oka egyrészt a nyugat-európaihoz mérten rövidebb (kb. 25 év) tapasztalat, másrészt a részleges alkalmazás – pl. napraforgóban korábban elfogadták, mint kalászos, repce, vagy kukorica után, de még tarlóművelésben sem általános – lehet. Kétségtelen az is, hogy a mulcshagyó művelés gyakorlati alkalmazása számos agronómiai, műszaki, növényvédelmi és egyéb kérdést vet fel, amelyek a kutatási téma időszerűségét támasztják alá.

Kutatásaim a tarlómaradványokkal történő felszintakarás talajállapotra, termésre és termés stabilitásra, valamint ökonómiai viszonyokra gyakorolt hatásainak feltárására irányulnak, célkitűzései a következőkben fogalmazhatók meg:

- 1) A mulcs-hagyó, felszintakarasos művelési rendszerek kedvező hatásának bizonyítása főbb talajállapot jellemzők – nedvességtartalom, penetrációs ellenállás, agronómiai szerkezet, CO₂-emisszió – alapján.
- 2) A mulcs-hagyó művelési rendszerek alkalmazhatóságának bizonyítása – talajállapot jellemzők, üzemanyag-felhasználás és termés alapján – három mikro-régióban, különböző talajokon.
- 3) A mulcs-hagyás és felszintakarás jótékony hatásának bizonyítása – tarlómaradvány borítottság, a művelésre fordított üzemanyag-felhasználás és a termés alapján – a klímaszélsőségekhez való alkalmazkodásban, hazai körülmények között.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. Talajművelési rendszerek áttekintése

A történelem során kialakult talajművelési rendszereket többféleképpen csoportosítja a szakirodalom. A kategorizálás egyik típusa a talajtípus szerinti, alapjául a genetikai talajosztályozást fogadják el. A szerzőkről elnevezett rendszerek ma is gyakran használatos fogalmak, úgymint a betakarítási- és vetésidő szerinti csoportosítás is.

2.1.1. Talajok szerinti művelési rendszerek

A sajátos művelési szempontokat korábban főtípus, napjainkban termőhelyi kategóriák szerint tárgyalják az irodalomban.

A mezősegi talajok művelése

A csernozjom talajokon a művelés célja a kedvező talajtulajdonságok megóvása és a káros folyamatokat előidéző körülmények csökkentése (Birkás 2006_a). Sipos (1978) kiemeli a talajnedvesség megőrzésének fontosságát, valamint – leginkább a Dunántúlon – a felszín védelmét. Hangsúlyozza, hogy az egyes műveleteket a talaj nedvességállapotához szükséges igazítani a károkozás megelőzése érdekében. Száraz évben inkább forgatás nélküli alapművelést tart jobbnak. Újragondolásra szorul viszont a mai klimatikus körülmények között az a gondolata, miszerint a tarlólánhántással meg kell várni, míg a „felső 5-10 cm-t az eső átáztatta”.

Az erdőtalajok művelése

Az általában középköttött és változatos domborzati viszonyokkal rendelkező erdőtalajokon a művelés elősegítheti a talaj védelmét és a termőhelyi körülményekhez való jobb alkalmazkodást. Védelem alatt elsősorban a felszín-, a szervesanyag- és a szerkezetvédelem értendő. Birkás (2006_a) egyúttal felhívja a figyelmet a mulcshagyó művelési módok létjogosultságára, valamint a művelés irányának a lejtőhöz igazítására.

A réti talajok művelése

Sipos (1978) szerint a művelési rendszer kialakításakor a fizikai sajátságok mellett a mélyebb talajrétegek sokszor kedvezőtlen kémiai tulajdonságaira is fokozott figyelmet kell fordítani. Javasolta száraz, tömörödött réti talajon a szerkezetkímélőbb ékkéses kultivátort tarlólánhántásra, és alapművelésre is. Ajánlásához hasonló Birkás (2006_a) véleménye, miszerint ezeken a talajokon a mulcshagyó művelési eljárásokat – köztük a kultivátort is – kell előtérbe helyezni, és a felszínt egy menetben le is kell zárni. Mindkét szerző kiemeli az alapművelés elmunkálásának fontosságát, valamint a tavaszi magágykészítő munkák talajnedvességhez igazítását. Sipos

felhívja a figyelmet a középmedly lazításos állapotjavításra, amelyet 3-4 évente visszatérő feladatnak tart.

A váztaajok művelése

Az ebbe a kategóriába tartozó laza homok, humuszos homok, ill. szerkezet nélküli köves, kavicsos talajok esetében a művelési cél a természetés biztonságának javítása és az eróziós, deflációs károk enyhítése. Westsik Vilmos (1951) tapasztalatai szerint a tarlót csak abban az esetben kell hántani, ha másodvetést terveznek. Minden más esetben a felszín védelmét kell szem előtt tartani, amely a hántatlan – később ki is gyomosodott – tarlón valósul meg eredményesebben. Napjainkban a gyomok totális gyomirtó szerrel történő perzselése javallott, ez esetben a felszín az elölt gyomok borítják. A szerzők álláspontja egyezik abban, hogy a homok- és szerkezet nélküli talajokat közvetlen vetés előtt célszerű művelni. Alapművelésre mulcshagyó kultivátor, ill. sekély vagy középmedly szántás ajánlott. A művelt felszín tömörítésére felhívják a figyelmet, mellyel a deflációs károk mérsékelhetők.

A szikes talajok művelése

Kemenesy 1972-ben utal a szikes talajok „perc-talaj” jellegére. Ha kedvezőnél kissé szárazabb vagy nedvesebb állapotban művelik a szikeseket, akkor nagy rögök keletkeznek, vagy kenődés, tömörödés alakul ki. Sipos (1978) szerint nedves időben való taposással akár évekre is tönkre tehető a talaj. Kemenesy a „perc-talaj” névre a pórások kis méretével, nedvesség hatására az agyagásványok rendkívül nagy duzzadó képességével ad magyarázatot. Száraz állapotban fokozódik a kohézió, nő az ellenállás, rögképződéssel jár a bolygatás. Birkás (2006_a) a tarlőhántás mielőbbi elvégzését, és a felszín azonnali lezárását hangsúlyozza. Utal arra, hogy bár a felszín rendszerint száraz és tömörödött, gyakran már néhány ujjnyi mélységben nedves a talaj. A lezárt felszín átporhanyulást, szerkezet javulást eredményez. Száraz időben alapművelésre jobbnak tartja a kultivátoros, vagy középmedly lazításos művelést a nehezen elmunkálható szántásnál. Nedves évben a szikesek szerkezete az ékkések, rugós kapás kultivátorokkal kímélhető leginkább, de a művelhetőségnél nedvesebb talaj taposását kerülni kell. Az alapművelés túlzott elmunkálását nem javasolja a nagy ülepedési hajlam miatt.

A magágykészítést és vetést sem célszerű túl korán, nedves állapotban végezni, és javallott a felszín védelem miatti profilos hengerezése.

2.1.2. Szerzőkről elnevezett művelési rendszerek

Campbell talajművelési rendszere

Campbell az észak-amerikai Nebraska száraz viszonyira dolgozta ki művelési rendszerét, ahol az évi csapadék mennyisége 250-300 mm. Ez a rendszer tekinthető az egyik első tudatos

aszálykár elleni törekvésnek. Alapelve mind az őszi, mind a tavaszi vetésű növények esetén a talajnedvesség megőrzése, a legmegfelelőbb fizikai állapot kialakításával és fenntartásával. Eszközei a tárcsa, az eke, és az általa kifejlesztett mélytömörítő henger voltak. Aratást követően többszöri tárcsázással porhanyított, majd nyári szántást végzett. Ezt azonnal mélytömörítő hengerével lezárta, a felső réteget fogasolta, vagy tárcsázta. Későbbi cserepedéskor, gyomosodáskor újlag tárcsázott, fogasolt. Tavaszi vetésűeknél a tavaszi munka is tárcsázással indult, majd fogas követte. Így őszi vetésűek alá 12-14 menettel, míg tavasziak alá nem ritkán 20 menettel készített talajt.

A termést csapadékvíz befogadásán és megtartásán keresztül igyekezett növelni. Úgy vélte, a nedvességveszteség csökkentése a talaj állandóan porhanyó, sőt porszerű állapotban tartásával lehetséges. Mai szemmel vizsgálva a nézete téves, mivel a nagyszámú intenzív porhanyító – inkább porosító – művelet a szerkezet leromlásához vezet. Nem fordít gondot a folyamatos szervesanyag bevitelre, a növényi maradványok hasznosítására sem, amellyel valamelyest ellensúlyozható lenne a szerkezetkárosítás. A sok menet ökonómiai szempontból gazdaságtalan, már a XX. sz. elején sem állta meg a helyét. A ma terjedőben lévő talajvédő művelési irányzatok sem ismerik el elődként *Campbell-dry farming* rendszerét.

A Jean-féle eke nélküli művelési rendszer

Jean szántás nélküli, fogatos vontatású rugós kultivátorra épülő rendszere is az aszályos klíma révén jött létre. A dél-franciaországi gazda olyan talajművelési megoldást keresett, amellyel a középkötött vályogtalajon, búza alá sikerrel készíthető jó minőségű vetőágy, a rendelkezésre álló 3-3,5 hónap alatt. Felismerte, hogy a szántással feltépett nagy rögök a szárazságban elmunkálhatatlanok. A kialakítandó magágy minőségét igyekezett függetleníteni az időjárás viszontagságaitól. Aratás után rugós szárú, véső alakú kapákkal szerelt kultivátort járatott 3-4 cm mélyen, majd azonnal hengerezett. Ezt a forgatás nélküli lazítást, porhanyítást a vetésig 6-8 alkalommal végezte, fokozatosan mélyítve a művelt réteget. A fokozatosság segítette a biológiai és fizikai beérést. A vetés idejére 20 cm mély, kellően laza, porhanyós szerkezetű talajréteget alakított ki. Jean forgatás nélküli művelési rendszere abban az időben igen nagy érdeklődést váltott ki, ám napjainkban a nagy menetszám miatt nem állja meg a helyét. A sok menet, az intenzív, aligha szerkezetkímélő porhanyító munka nem támogatja a napjainkban szükséges talajvédelmi célokat, és gazdaságtalan is. Ennek ellenére rávilágított, hogy szántás nélkül, fokozatos mélyítéssel is lehet jó „vetőágyat” létrehozni.

Baross László talajművelési rendszere

A Bánkúti uradalom vezetője is a talajnedvesség kímélését tartotta fontosnak, habár azon a tájon kedvezőbb csapadékviszonyok voltak jellemzők, mint Jean, vagy Campbell esetében. Baross abból indult ki, hogy a nyári művelési időszakban – a búza talaj előkészítése alatt –

átlagosan 150 mm csapadékkal lehet számolni, miközben a tényleges evaporáció 250 mm-re tehető. Korán lekerülő növények (borsó, bükköny, repce) után azonnal 15-20 cm mély szántást végzett, amelyet tárcsával vagy fogassal és hengerrel munkált el. Baross úgy tartotta, hogy a korán lekerülők nem használják fel a talaj összes vízkészletét, így ún. beárnyékolási érettségben, aratás után szántani kell. Az őszi vetésig kigyomosodás esetén, ápolásként újból tárcsázott, fogasolt, hengerezett. Későn lekerülők (cukorrépa, kukorica) után forgatás nélküli művelést végzett, 16-18 cm mélyen gőzgrubbert (gőzgép vontatású kultivátor) járatott, majd tárcsával, fogassal munkálta el a felszínt. Vetés után általában magtakaró fogast használt. Így mindössze 4 menettel terhelte a talajt, szemben a korán lekerülők utáni 10-12-vel. Rendszerének alapját a kedvező nedvességi állapotban kialakított mély szántott réteg, majd a felszín gondos zárása adja, így visszatartva a lehető legtöbb vizet. A Baross-féle rendszerhez hasonló ma is sok gazdaságban használnak, de nem mindig követve annak alapelveit. Figyelmen kívül hagyják a talaj nedvességtartalmát szántáskor, felrögösítik a száraz talajt. Gyakran nem zárják le a szántás felszínét, utat engedve a nedvességvesztésnek.

Gyárfás József talajművelési rendszere

A neves professzor az akkoriban használatos többszántásos művelési rendszerek legnagyobb hibájának a nedvességvesztést tartotta, megemlítette a sok menetszám nagy időigényét és költségét is. A mélyszántásnak (akkoriban 20-25 cm) nagy jelentőséget tulajdonított, alapvető termésmenővelő tényezőnek tartotta a talaj kedvezően nyirkos állapotában végezve el. Száraz viszonyok esetén forgatás nélküli porhanyítást, lazítást tartott jobbnak. Száraz körülmények között követendő talajművelési rendszer alapelveit az alábbiakban foglalta össze, és tette közzé a Magyar Dry-farming című könyvében, 1921-ben: „a, minden növény talaját azonnal fel kell törni; b, ősszel minden bevetetlen területet mélyen kell megszántani; c, az őszi mélyszántás tavaszi újraszántását kerülni kell.”

A szakma napjainkban is érvényesnek tartja ezen elveket, azonban Sípos (1978) felhívta a figyelmet arra, hogy az első két pontban írtakkal kapcsolatban figyelembe kell venni a talaj fizikai és kémiai (genetikai típus) tulajdonságait.

Id. Manninger G. Adolf sekélyművelési rendszere

A németbólyi és fürgei gazdaságok igazgatójaként, csernozjom és erdőtalajokon alakította ki forgatás nélküli, sekélyművelési rendszerét, amely főként őszi búza alá alkalmazva vált ismertté. A korán lekerülő növények után sekély tárcsás, vagy kultivátoros porhanyítást végzett, minden esetben azonnal hengerezett. A nyár folyamán a kigyomosodástól függően végezte ezeket a műveleteket. Ennek eredményeként 15-18 cm mély, porhanyós, gyommentes, szerkezetes talajt kapott. Rendszere hasonlóságot mutat a Campbell és Jean által kialakítottal, de kevesebb menetszám jellemzi, emellett fogas helyett hengert használt lezáró eszközként. Úgy

vélte, hogy a hengerezés a talajt nem szárítja ki, hanem az általa létrehozott tömődöttebb felső réteg megvédi a kiszáradástól. Őszi vetésűek alá ily módon, szántás nélkül 3-4, kivételesen 5 menettel terhelték a talajokat. Gondosan ügyelt a vetésforgó kialakítására, sekélyművelést csak mélyművelésű, korán lekerülő kultúra után alkalmazott. Kukorica, lucerna és répatarlón szántottak. Fontos, hogy 4 évente gözekével mélyszántást végeztek, vagy lazítottak. A periódusos mélyítés elsőként Manninger (1986) rendszerében jelenik meg. Jellemzi továbbá a talaj kímélése, a szükségesnél nem több menetszámmal való terhelés, valamint a nedvesség figyelembe vétele munkavégzéskor. Szemléletének számos eleme ma is helytálló, fellelhető napjaink gyakorlatában is.

Sipos Sándor periódusos mélyítő művelési rendszere

A talajművelési menetszámok csökkentése gazdasági szempontból is egyre szükségesebbé vált, és már Manninger rendszerének kialakításakor is fontos tényező volt. Sipos rendszere a 4-5 évente visszatérő mélyítő eljárásokra, valamint a köztes években alkalmazott sekélyebb, kevésbé költséges művelésre épült. A rendszer kialakításakor számos kísérleti eredményt vettek figyelembe (az 1920-as évektől sokan vizsgálták a mélyítő művelések hatását, pl. Szentannai, Prettenhoffer, Vezekényi), valamint megállapították a vetésforgóban alkalmazott növények talajállapot igényét, és az egyes művelési eljárások várható tartamhatását. A mélyítő művelés tartamhatása határozza meg a periódusidő hosszát, amely napjainkban, a leromlott kultúrállapot miatt rövidebb. Gyakoribb állapotjavító művelésre van szükség nehéz adottságok között, így a réti, öntés és szikes talajokon is. Nem szabad megfeledkezni arról sem, hogy a vetésváltás és a művelési rendszer szoros összhangban van (Sipos, 1978).

2.2. Talajművelési irányzatok áttekintése

2.2.1. A hagyományos művelés

Hagyományos talajműveléskor a teljes felszínt megmunkálják, a legmélyebb, alapozó művelésre ekét használnak. Többnyire a termesztett növény talajállapot igényét igyekeznek kialakítani, jellemzően a szükségesnél több menettel, nagyobb idő- és energiaráfordítással. A talaj állapotához való alkalmazkodás (lazultság, nedvesség) esetleges, a kevésbé hatásos művelési beavatkozások ismétlése tipikus (Birkás, 2006_b).

A mélyszántás lehetősége egyfajta természeti biztonságot nyújtott, amely döntő érv volt a sokszántásos rendszerek használatában (XIX. és XX. sz. eleje), és megmaradt napjainkig, a hagyományosnak nevezett talajművelésben is. A forgatás nélküli művelésre alkalmas eszközök megjelenése (tárca, kultivátor, lazító, talajmaró) nem változtatta meg jelentősen a földművelők

ekéhez kapcsolódó viszonyát. A forgatást nem végző (lazító, porhanyító hatás) eszközök kezdeti tökéletlensége, a használatuk várható kockázata is hozzájárult a hagyományos műveléshez való ragaszkodáshoz. A látványos mechanikai beavatkozások, a sok menetszám, a gyomoktól és növényi maradványoktól mentes, *tiszta felszín* egyfajta minőséget sugallt, amit kedveltek a termelők. Továbbá kevesebb tanulást igényelt a jól bevált technológia, a megszokott gépek és eszközök használata vonzóbb maradt sokáig. A hagyományos felfogás szerint a több művelet biztonságosabban alapozza a termést, mivel egy következő beavatkozással javítható az előzőekben elért gyengébb minőség. Kezdetben a növényvédő szerek hiánya, később gyenge hatása miatt (egészen az 1970-es évekig) súlyos érv volt a szántás, és a sok munkamenet mellett a gyomok, kórokozók és kártevők elleni viszonylagos jó hatás. Megjegyzendő, hogy napjainkban is sokan a növényvédelmi hatás miatt ragaszkodnak a forgatásra épülő műveléshez. Erősítette a rendszeres forgatás szerepét a tiszta felszín iránti igény, mivel nem álltak még rendelkezésre olyan magágykészítő- és vetőgépek, amelyek megbirkóztak volna a növényi maradványokkal. Így a több műveletet inkább ésszerűnek, vagy szükségszerűnek tartották, mintsem kényszernek.

A hagyományos művelés jellemző vonásai (Birkás nyomán, 2006_b):

- Nagy menetszám: a beavatkozásokat nem vonták össze, és a gyakori rossz minőség miatt ismételt műveletek szükségesek.
- Nagy időigény: a nagy menetszámból, és a gyenge minőség javításából adódik. Jelentős kockázat, mivel az időjárástól nagyban függ a sok időt igénybe vevő munka.
- Nagy energiaigény: az egyre kedvezőtlenebbé váló talajállapot folyamatosan növeli a ráfordítás mértékét. A költségcsökkentés az első és legerősebb érv volt a csökkentett és talajkímélő módszerek kialakítása mellett.
- A művelés mélysége a természetű növény vélt vagy valós igényéhez igazodik, kevéssé veszi figyelembe a talaj lazultsági és nedvességi állapotát.
- A mélyművelésnek – mélyszántásnak termésmenővelő szerepet tulajdonítanak, de a hatástartam esetleges, és ritkán vizsgált. Ily módon a természetű biztonságát nem javítja.
- Elvárás a tiszta felszínű magágy, a tarlómaradványokat a talaj művelhetőségét akadályozó tényezőnek tartják. Emiatt leforgatják, nincs talajtakarás, felszín- és nedvességvédelem nem jön létre a tenyészidőn kívül és az alatt sem.
- A rossz szervesanyag-gazdálkodás következtében csökken a talaj humusztartalma, szerkezete, művelhetősége, hordképessége romlik. Az elvégzett állapotjavító mélyművelések tartamhatása romlik és jellemző probléma a tömörödés.

A mezőgazdasági tudományok fejlődésével mind több kutató emelt szót a szántás (akár évente többszöri) minden körülmények közötti alkalmazása és ennek talajra gyakorolt káros

hatásai ellen (Baross, Kerpely, Cserhádi, Manninger). Ennek ellenére a hagyományos művelés mindaddig egyedülállónak volt tudható, amíg szántóföldi kísérletek be nem bizonyították, hogy a növények talajállapot igénye eke nélkül, kevesebb menettel is létrehozható (XX. sz. második fele). A hagyományos művelés uralkodó szerepét azonban először a hajtóanyag árak emelkedése rendítette meg a 1970-es években (Stingli, 2008). Ehhez párosult a jelentős műszaki fejlődés, a nagyobb teljesítményű erőgépek és munkagépkapcsolások megjelenése, amelyekkel csökkenthető volt az elmunkáló, magágykészítő műveletek száma. Szintén az 1970-es években kezdődtek a talaj- és környezetkárosítást felmérő vizsgálatok, amelyek hivatalosan is hangot adtak a mechanikai szemléletű, forgatásra és sok beavatkozásra épülő művelési rendszerek káros hatásainak (ECAAF, 1999).

A hagyományos művelés kritikus pontjai:

A művelési rendszer minőségének és kockázatának megítélésére leginkább a talajállapokra gyakorolt hatásainak vizsgálata alkalmas. Számos kutató bizonyította már, hogy az ismételt szántás alatt tömör záróréteg, ún. eketalp alakul ki (Hakansson et al., 1997; Dexter et al., 2004; Gyuricza, 1998; Birkás, 2004_a), és javítás nélkül folyamatosan vastagodik. Tévhit, hogy a fagy hatására átlazul e réteg, nyugat-európai és skandináv kísérletek bebizonyították az ellenkezőjét (Cannel et al., 1980, 1985). A tömör réteg nagy ellenállása miatt az újabb szántások mélysége rendszerint csökken, az energiaigény, a hajtóanyag-fogyasztás jelentősen nő (Birkás, 2006_b; Csiba, 2008.; Jóri, 2013). A szántások elmunkálására legtöbbször használt tárcsával a szántott réteg közepe tömörödik, amely csökkenti a lazult réteg mélységét, korlátozza a gyökerezési mélységet, így megkérdőjelezi használatának biztonságát. A sekélyebb gyökérszóna növeli az aszályérzékenységet, mivel a felvehető víz mennyisége is kevesebb. A tömörödés a csapadék befogadását, mélyebb rétegekbe vezetését is akadályozhatja, így a felszín eliszapolódik, erózió léphet fel (Biielders et al., 2000), végső esetben belvíz alakulhat ki. Tömörödést okozhat a forgatásos alapművelés és annak elmunkálása mellett a sokmenetes magágykészítés is. Bár a felszín szemre tetszetős, aprómorzás, de ilyenkor a morzsák között nagy a por frakció aránya, a vetési mélységben pedig nincs meg a kellő lazultság. E kisméretű aggregátumok könnyen eliszapolódnak egy kisebb eső hatására is, majd kiszáradva cserepedés következik be. A defláció veszélye is nagy. A sok menet, a nagy energiaráfordítás tehát nem eredményez kedvező talajállapotot, nem jár a termésbiztonság növekedésével.

A túlművelés és a gondatlan tarlómaradvány kezelés miatt nemcsak a humusztartalom és a szerkezetesség csökken, de gyengül a biológiai élet is (Whalley et al., 1993). Ennek következtében rosszabb a tápanyagok feltáródása és a hasznosulásuk is. Az ismételt – minőségjavítónak vélt – mechanikai beavatkozások következtében a biológiai beéredés megszakad, elmarad (Kemenesy, 1972). A sokat bolygatott talaj szervesanyag mérlege romlik,

humusztartalma az ECAF (1999) vizsgálatai szerint 10 év alatt 25%-kal, 20 év alatt 45%-kal, míg 60 év alatt 55%-kal is csökkenhet. Ezzel szemben Birkás és munkatársai (2008_b) arról számolnak be, hogy csernozjom talajon, kímélő művelési variánsokat tartalmazó tartamkísérletben 7 év alatt nagyságrendileg 20-25%-kal növelhető a humusztartalom. Ez a trend érvényes javított szántásos rendszerben, kultivátoros mulcsművelésben és direktvetésben egyaránt.

A bolygatás mértéke, a felszín talajszerkezete, és növényi maradványokkal való takarása (mulcs) tehát szoros összefüggésben van a szervesanyag mérleg alakulásával. Ennek egyik legjobb indikátora a talaj CO₂-emissziója (Tóth et al., 2005, 2006; Dexter, 2008; Jóri, 2013.). Birkás és munkatársai (2005) mérései alapján az erősen rögzös nyári szántás 420-650 ppm, míg a sekélyen hántott, mulccsal takart felszínű talaj 380-400 ppm CO₂-ot bocsát időegység alatt a légkörbe. Előfordultak kiugróan magas értékek is (elmunkálatlan szántás: 1400-1600 ppm) azonban a szakirodalommal összevetve ezen értékeket, mérési pontatlanság tételezhető fel.

A szén-dioxid emisszióból szénveszteség számolható (Duiker és Lal, 2000; Farkas, 2006), amely a humusz alapanyagát képező szervesanyag veszteségére enged következtetni.

A hagyományos művelési rendszerre jellemző, hogy a talaj és a környezet minőségét lerontó károkat – tömörödés, szerkezetromlás, szervesanyag fogyás, nagy szén-dioxid kibocsátás, művelhetőség romlás – nem kompenzálja az a néhány agrotechnikai előny, amely az egyszerűségben és az esetlegesen jobb növényvédelmi hatékonyságban merül ki.

2.2.2. A csökkentett művelés

A „minimum tillage” nevű takarékos talajművelési irányzat az Amerikai Egyesült Államokban alakult ki az 1950-es években. Két fő gyakorlati szükségszerűség hozta létre:

- a korábban külön munkafolyamatként végrehajtott műveletek összevonása a gépek kombinálásával, és
- a nem feltétlenül szükséges munkafolyamatok, eljárások vagy műveletek elhagyása (Birkás et al., 1989; Birkás, 1993).

A rendszer kialakítása során alapvető cél volt a költség-, idő- és élőmunka igény csökkentése. Elterjedését támogatta az ipar fejlődése, a kombinált gépcsoportok megjelenése, hosszabb távon kedvező ár-érték aránya. Szükségszerű volt csökkenteni a kézi munkaerő igényt, mivel akkoriban korlátozottan állt rendelkezésre.

A művelés és a költségek redukálása az eredeti elvek szerint azonban összhangban van a talaj fizikai, kémiai és biológiai állapotával. A *minimális* jelző tehát csak a munkamenetek számára és az anyagi ráfordításokra vonatkozik, ugyanakkor fontos az olyan talajállapot kialakítása, amely

elősegíti a gyors csírázást és fejlődést, valamint a nagy termékek elérését. 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.

A módszer természetesen Európába is begyűrűzött, és többnyire sikerült a költségredukálás mellett az okszerűséget is szem előtt tartani, a kedvező talajállapot létrehozni, fenntartani. Az amerikai kialakulással egy időben zajlottak az európai és a magyarországi csökkentett irányzatú kísérletezések is. Ezek többnyire a szántásos alapművelést váltották ki kultivátoros vagy tárcsás porhanyítással vagy lazítással (pl. Manninger sekélyművelési rendszere). Így jelentős költséget takarítottak meg és a művelés kevesebb időt vett igénybe, valamint a talajállapot – a jobb biológiai élet miatt – általában javult.

Hazánkban is kísérleteztek az Angliából kiindult „minimum tillage” irányzat használatával. E rendszerben a tarlóhántást elhagyják, a gyomosodást totális herbiciddel korlátozzák. Vetés előtt (őszinél és tavaszinál egyaránt) tárcsás vagy kultivátoros művelést végeznek, majd a műtrágyaszórás és vetést kombináltan végzik, erre alkalmas géppel.

E módszerrel jelentős költség- és időmegtakarítást lehet elérni, mégsem terjedt el széles körben. Ebben valószínűsíthetően a kevésbé hatékony növényvédő szerek és az e miatt fellépő növényvédelmi problémák nagy szerepet játszottak.

A korabeli magyar szakirodalom kihangsúlyozza, hogy a hazai szélsőségesebb klimatikus viszonyok között a takarékos művelés kevésbé oldható meg eredményesen, ezért nagyobb figyelmet kell fektetni a talaj biológiai életének, a *talajérlelés* fenntartására (Kemenesy, 1972; Sipos, 1978; Manninger, 1986). Ehhez a gépesítési megoldásokat is fejleszteni kell. Az okszerű munkagéphasználattal lehet elérni a talajérlettséget, amely műveléskor a kisebb ellenállás következtében eredményez kisebb energiaigényt. Számos kísérletet végeztek – több talajtípuson – a szántás helyett kultivátoros alapművelésre épülő művelési rendszerekkel. Kemenesy kísérletei szerint őszi szántásból kimaradt cukorrépa tarlón, tavaszi szántás helyett végzett kultivátoros művelés után 9-13%-kal több tavaszi árpa termett vályog talajon. Kötött talajon még nagyobb különbséget valószínűsít a kutató, a szántás nyomán bekövetkező szerkezetromlás és nedvességvesztés miatt.

Az eredeti elvekből sok földművelő gyakorlatában – az USA-ban és napjainkban Európa szerte is – a költségredukálás valósult meg maradéktalanul. A termésátlagok növelése sem valósult meg. Kemenesy 1972-ben úgy fogalmazott, hogy „a tisztán merkantilista és mechanikai

szemlélet érdekében sokszor *háttérbe szorul a talajbiológiai szemlélet, a munka minőségére való törekvés*, mert az ottani sajátos közgazdasági és külterjesebb gazdálkodási adottságok mellett így a gazdaságosságnak inkább eleget tehetnek.” Gyakran nem vették figyelembe a talaj aktuális lazultsági és nedvességi állapotát műveléskor, nem okszerűen választottak munkagépet az egyes eljárások elvégzésére.

Hazánkban az 1980-as évek végén következett be törés a munka- és talajminőség terén. A rendszerváltás és azt követő időkre (napjainkig) jellemző költségminimalizálás nyomán követhető a talajművelési gyakorlatunkban is, amelynek következménye hasonlatos az USA-ban felismertekkel. Az ún. *kényszer-csökkentett* művelés eredményeképp egyre nagyobb területen művelés eredetű károk alakultak ki, a tömörödött talajok aránya gyorsan nőtt, a szervesanyag-fogyás és a szerkezetromlás problémája fokozódott, az időjárási szélsőségek mind gyakrabban jelentettek súlyos gondokat a termelőknek (Birkás, 2006_c). A művelés eredetű állapothibák, a súlyosbodó időjárási szélsőségek elleni védtelenség és a romló termésátlagok ösztönözték a talajvédő, -kímélő szemléletű művelési rendszerek kialakítását és elterjesztését.

2.2.3. A talajvédő, -kímélő művelés – conservation tillage

Birkás (2002) szerint a talaj állapota a növénytermesztésre alkalmassága és a környezetre gyakorolt hatásai alapján ítélni lehet meg. A talajállapot kedvezőnek tekinthető, ha a fizikai és a biológiai jellemzőinek eredményeképp termesztésre alkalmas közegnek és kultúrkörnyezetnek ítélni lehet. A művelés, ha talajkímélő (állapotjavító vagy fenntartó) módon történik, nemcsak az eredményes termesztést alapozza, de hozzájárul a környezet védelméhez is. E szempontból kedvezőtlennek tekinthető a talajállapot, ha valamely jellemzője környezeti ártalomnak minősül (pl. elporosodott, tömörödött, gyomosodást előidéző). Várallyay (1997, 2012) 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, amelynek elemei az ésszerű földhasználat, a talajvédelem, az agrotechnika és a melioráció.

Jóri (2013) szerint az a talajművelési szemlélet tekinthető talajvédő és környezetkímélőnek, amelyek kielégítik a fenntartható fejlődés ez irányú követelményeit. Ide tartozik a gazdaságosság, a modern társadalom korszerű táplálkozási igényeinek való megfelelés, a környezet minőségének és a természeti erőforrások megőrzése.

Fontos hangsúlyozni, hogy a talajkímélő, -védő művelés a biológiai állapotra támaszkodik. Elutasítja a pusztán mechanikai szemléletű talajművelést és minden bolygatást akkorra időzít,

amikor a talajállapot jobbítható vagy fenntartható. Minden esetben igyekszik kerülni a biológiai állapot romlását, ami a termőképesség, a kultúrállapot és a termelési biztonság csökkenését eredményezné.

A talaj fizikai és kémiai állapotjellemzői mellett a biológiai tulajdonságok is előtérbe kerülnek. A kímélő művelésben fontos ismérv a talajok szervesanyag- és humusztartalma, szerves szénmérlege. Számos kutató bizonyította, hogy a szervesanyag-tartalom és a talajszerkezet között szoros összefüggés van (Beare et al., 1993). Beare és munkatársai hosszú távú (13 éves) tartamkísérletben bizonyították, hogy a kímélő művelés jelentősen növeli a talaj szervesanyag-tartalmát, amely jótékonyan hat a szerkezetességre.

A kutatások során bizonyítást nyert, hogy a talaj bolygatása, művelése csökkent a szervesanyag-tartalmat (Delgado et al., 2011). Six et al. (1998) arra az eredményre jutottak, hogy a hagyományosnak tekinthető művelés akár 51%-kal csökkentheti a szervesanyag-tartalmat. Leírták továbbá, hogy szoros összefüggés van a talajszemcsék kialakulása és a talaj szervesanyag-tartalom között. Arra is rávilágítanak, hogy a bolygatás mértékének növelésével arányosan romlik a morzsalékosság, nő az elporosodás veszélye. A talajszerkezet leromlása visszahat a szervesanyag átalakulására, a mineralizációs folyamatokra és a szerves szénmérlegre. Six és munkatársai szerint a legjobb talajszerkezet és a legmagasabb szervesanyag-tartalom egyaránt a művelés nélküli kezelésre volt jellemző. E megfigyelésük egybevág azokkal a véleményekkel (pl. Kemenesy, 1972; Dexter, 2008), amelyek szerint a talajok bolygatatlan ősállapotukban bírtak a legkedvezőbb minőségi jellemzőkkel. Ezért is hívják fel a figyelmet a szükséges talajkímélő bolygatásra.

Számos kutató, köztük Doube et al. (1994) és Birkás (2004_a) is felhívják a figyelmet a földigiliszták tevékenységére, mint talajállapot indikátorra. Birkás megfigyelései szerint szoros összefüggés van a bolygatás mértéke, a lazultsági állapot, a szervesanyag-tartalom és a művelt rétegben található földigiliszták száma között. A földigiliszta-tevékenység mértéke jól jellemzi a talaj biológiai állapotát. A gondosan művelt, lazult és szervesanyaggal táplált talajban aktív földigiliszta tevékenységet tapasztalt. Doube és munkatársai 1994-ben publikálták Ausztráliában, Új-dél Wales-ben tapasztalt vizsgálati eredményeiket a giliszta populációk mennyiségének alakulását illetően, tarlókezelési tartamkísérletek során. Azt tapasztalták, hogy a giliszta egyedszáma és élőtömege egyaránt a direktvetéses (minimális bolygatás) kezelésben volt a legnagyobb. Birkással szemben Doube et al. nem tapasztaltak negatív összefüggést a művelések száma és a giliszta mennyisége között. Ebből a szempontból nem figyeltek meg értékelhető különbséget az egyszeri, illetve a háromszori tarlóműveléssel kezelt parcellák között.

Birkás (2007_a) felhívta a figyelmet a tarlómaradvány-kezelés és a biológiai tevékenység közötti kapcsolatra. A mulcsborítást, a felszintakarást alapvető fontosságúnak tartotta a talajkímélő, -védő művelésben, valamint a biológiai élet fenntartásában.

2.3. A tiszta felszín, mint termesztési követelmény a hagyományos rendszerekben

A hagyományos – forgatásos alpművelésre épülő – talajművelési rendszerek alapvető jellemzője, hogy legkésőbb az alpművelés (szántás) elvégzésekor teljes mértékben megszűnik mindennemű felszintakarás, ún. tiszta, növényi maradványoktól mentes felszín jön létre. Régebbi időkre visszanyúlva – akár az 1850-es évekig – látható, hogy a tiszta felszín alapvető elvárás volt a művelés során. A talajművelés egyik feladata volt a növényi maradványoktól megtisztított felszín kialakítása. Ennek legfontosabb oka volt, hogy az akkori korra jellemző kezdetleges műszaki megoldások, egyszerűbb gépek működését akadályozták a visszamaradt növényi maradványok. Belegondolva abba, hogy sokszor a mai műszaki-technológiai színvonal mellett sem kis feladat a talajművelés, belátható, hogy a tiszta felszín az adott korban ésszerű elvárásnak tekinthető.

Az 1800-as évek végén Cserhádi és kortársai úgy tartották, hogy *a talaj termőrétegének termesztésre alkalmas állapotba hozása és megtartása* biztosítja a növényeknek a *jó álláshelyet*. E leírás az alkalmas fizikai állapotra, a kellő mélységű lazultságra vonatkozik az ún. sokszántásos művelés időszakában. Ekkorra vált tökéletessé az eke forgató munkája. Gyakorlatilag minden lényeges műveletet ekével végeztek. A tarlómaradványokat már a tarló leszántása eltüntette. Ezt követően 3-4 szántást végeztek a növény vetéséig. Ez az ideológia összefüggött a búzával is, mint alapvető élelmiszer alapanyaggal. Innen a mondás, „ahány szántás, annyi kenyér”. Természetesen a növényvédő szerek hiánya is erősítette ezen irányzat szerepét. Az 1900-as évek elejétől, közepétől egyre inkább felismerték a túlművelés hátrányait, úgymint a szerkezetromlás, a porosodás, a nedvességvesztés, a szervesanyag veszteség, a biológiai tevékenység romlása, a beéredés elmaradása (Kerpely, 1910; Gyárfás, 1922; Kolbai, 1944; Kemenes, 1972; Manninger, 1986; Blum, 1990). Utaltak a felszínen maradt tarlómaradványok előnyös tulajdonságaira is, de a XX. sz. második feléig nem történt jelentősebb változás a mulcs megítélésében. Először Manninger (1986) írt sekélyműveléses rendszeréhez kötődően a nyári tarlókántások jótékony mulcshagyó módjáról, amelyben kiemelte a nedvesség megőrzésének szerepét. Később a biológiai szemléletű talajművelés hazai atyja, Kemenes Ernő taglalta a tarlómaradvány-gazdálkodás és a talajtakarás szerepét, az 1960-as és az 1970-es évek fordulóján.

A növényi maradványok a 2000-es évekig alapvetően nem kívánatos, a művelést nehezítő tényezők voltak. A legjobb példa ennek kivédésére, megszüntetésére a tarlóégetés. Az általános tiltó rendelkezések bevezetéséig – eseti engedély lehetséges – gyakorlat volt a tarlómaradványok égetéses eltávolítása.

Gupta és munkatársai 1994-ben publikáltak kísérleti eredményeket a tarlóégetés és a túlművelés szervesanyag-fogyást előidéző hatásainak kimutatására. Leírják, hogy az ausztrál gyakorlatban a tarlóégetés és a túlművelés jelentősen csökkentette a talajok szervesanyag-tartalmát. Vizsgálataik szerint a tarlómaradványokkal történő felszíntakarás (mulcs) és a bolygatás csökkentése megállítja a szervesanyag-fogyást, bár a mennyiségének gyarapításához hosszabb idő szükséges. Két termőhelyen, Új-dél Wales-ben és Harden-ben állították be tarlókezelés kísérleteiket. Vizsgálták a szerves szén és nitrogén mennyiségének alakulását is. Kimutatták, hogy mind a szén, mind a nitrogén egyértelműen nagyobb mennyiségben volt megtalálható a mulcsolt, felszíntakarásos tarlókezelésben, mint a tarlóégetéses változatban.

A szervesanyag-fogyásnál is kézzel foghatóbb probléma volt már az 1900-as évek derekán is a nyári tarlóművelésekre jellemző nagymértékű nedvesség veszteség. 1970-ben Greb és munkatársai hívták fel a figyelmet a búzaszalmával történő mulcsborítás talajnedvesség-védő hatására. Vizsgálataik során jelentős nedvességtartalom növekedést mutattak ki a tarlón a búzaszalma mulcsborításnak következtében. Kiemelik továbbá, hogy e nedvesség gyarapodásnak több, mint 70%-a a talaj felső 60 cm rétegében található, tehát a növénytermesztésben közvetlenül érvényesülhet. A búza termésmennyiségén is mérhető pozitívumként jelentkezett a talajnedvesség növekedés. Érdekes az a megállapításuk, miszerint ha a vegetációban a hőmérséklet a megszokottnál alacsonyabb, a nagy mennyiségű mulcsborítás növeli a hideg-stresszt, emiatt termésdepresszió lép fel.

A tiszta felszín nem nyújt védelmet a tömörödés, a szél-, ill. vízeróziós hatásokkal szemben. Számos kutató hívja fel erre a kitétségre a figyelmet (Whalley et al., 1993; Várallyay, 1996; Hakansson et al., 1997; Gyuricza, 1998; Soane et al., 1998; Birkás, 2000, 2004_b; Michéli et al., 2003; Várallyay, 2004, 2007_{a,b,c}). 2014-ben Borelli és munkatársai tettek figyelemfelkeltő megállapítást. Szerintük a talajt degradáló hatások közül (tömörödés, szerkezetromlás, szervesanyag-fogyás, erózió) a szél-erózió (defláció) a legkevésbé kutatott téma. Véleményük szerint a defláció az egyik legnagyobb veszélyforrás az európai talajokat illetően. Jelenleg hiányzik a tudás ahhoz, hogy megmondjuk, hol, mikor és milyen mértékben fog bekövetkezni szél-erózió. Delgado et al. (2011) a heves esőzések okozta erózió okai között a Föld átlaghőmérsékletének emelkedését emelik ki. A levegő és a talaj hőmérséklet emelkedésével növekszik az evaporáció is. IPCC (2007) adatokra hivatkozva leírják, hogy 1 °C hőmérsékletemelkedés 7%-kal növeli a légkör nedvességtartalmát, majd a várható csapadék

mennyiségét. Karl és Knight (1998) adataira hivatkozva írják, hogy az USA-ban 1910 és 1996 között 10%-kal növekedett az éves csapadékmennyiség, jelentős tér- és időbeli eloszlási különbségek mellett.

A tiszta felszín mellett növényvédelmi okokkal érveltek és érvelnek gyakran ma is a termelők, és egyes kutatók is. Tény, hogy a tarlómaradványokon (kalászosok szalmája, napraforgó- és kukoricaszár, a cukorrépa lombozata, stb.) sok kórokozó életben maradhat, átélhet és fertőzheti a következő növényeket vagy terjedhet el szélesebb körben. Emellett kártevők köztigazdájaként, vagy táplálékául is szolgálhatnak a maradványok (Boosalis et al., 1986; Stingli, 2008).

A talajkímélő, okszerű művelési irányzat is alkalmatlannak tartja a fertőzött tarlómaradványokat takaróanyagként felhasználását. Ugyanakkor napjaink növényvédelmi technológiái, a rendelkezésre álló növényvédő szerek – szakszerű alkalmazás mellett – gondos tarlómaradvány-kezelést tesznek lehetővé, még az állományban. A tenyészidőszakban megvédett biomassa – amely termésbiztonsági szempontból is indokolt – alkalmas mulcshagyó talajművelési célokra (Birkás, 2006c).

Véleményem szerint a nedvességvesztés, a szervesanyag-fogyás, a talaj kitétség és az annak következtében kialakuló talaj degradáció felismerése emelte a felszíntakarás, a szármaradvány-gazdálkodás jelentőségét a napjainkban ismert szintre.

2.4. A felszíntakarás célja a kezdetektől napjainkig

A felszíntakarás modern kori, üzemszerű megjelenése az 1970-es évek második felére tehető. A hagyományos – forgatásos alapművelésre épülő – művelés egyeduralkodó szerepét megrendítette a hajtóanyag árak emelkedése (Stingli, 2008). Hazánkban ekkoriban szinte kizárólag a nagyüzemi gazdálkodás volt jellemző, a termelő szövetkezetek és állami gazdaságok révén. A műszaki fejlődés jelentős volt ebben az időszakban, a nagyüzemeket nagyteljesítményű erőgépekkel támogatta az ipar, valamint az energiatakarékossági törekvéseknek megfelelően megjelentek a nagy területteljesítményre képes nehéz- és könnyű tárcsák, ásóboronák, kombinátorok, a kezdetleges kompaktorok. Ezek egyike sem képes a művelt talajszelvény átfordítására, nyomukban növényi maradványok maradnak a felszínen, és a bolygatott rétegbe keverve is.

Az 1970-es években kezdődtek a talaj- és környezetkárosítást kutató vizsgálatok, amelyek hangsúlyozták a mechanikai szemléletű, forgatásra és sok beavatkozásra épülő művelési rendszerek káros hatásainak szükségszerű mérséklését (ECAAF, 1999).

Az egyre elterjedtebbé váló – energiahatékonysági szempontok indukálta – forgatás nélküli, ekkor még döntően tárcsázáson alapuló művelési rendszerek tekinthetők az első üzemszinten

végzett mulcshagyó műveléseknek. Ezek még korántsem teljesítették a felszintakarás mai követelményeit, hovatovább a kényszer szülte őket és nem a talaj- és környezetvédelmi irányelvek. Megindult viszont a mulcs, a növényi maradványok hatásainak napjainkban is folyamatos kutatása, és a felszintakarás védelmi funkcióinak kidolgozása, megismertetése.

A talaj- és környezetkárosítás vizsgálatok mellett a klímakutatások is szerepet játszottak és játszanak napjainkban is a felszintakarásos talajművelés céljainak kidolgozásában, létjogosultságának elismerésében.

A növénytermesztés eredményességét alapvetően befolyásolják a klimatikus adottságok. Amikor a klímahatás tartósan kedvezőtlen, kármegelőzésre és enyhítésre, alkalmazkodásra kell törekedni. Nem csak a szárazabb vagy a csapadékosabb időszakok gyakoribbak, de egyre több a szélsőség, akár egy éven vagy egy tenyészidőn belül is (Birkás, 2006_c, 2007_a). Jolánkai és munkatársai (1997, 2010) felhívják a figyelmet arra, hogy a jövőben a klimatikus változásokhoz való alkalmazkodás jelentősége fokozódik. Az alkalmazkodás alatt elsősorban a vízzel, talajnedvességgel való hatékonyabb bánásmódot értik, de utalnak a talajhasználat tökéletlenségeire is. Elsősorban a degradációt fokozó, klímavédelmi funkcióknak eleget nem tevő talajművelési megoldásoknak a növénytermesztés biztonságára gyakorolt kedvezőtlen hatásait emelik ki. Láng (2004) a talajművelési szokások káros következményei közé sorolja az eróziót, a degradációt, a szervesanyag-fogyást. A mezőgazdasági és egyben a humán környezetet károsító mezőgazdasági tevékenységek közt említi az e hibákat előidéző talajművelést, de szót ejt a trágyázási (szerves és mű) és a növényvédelmi tevékenységek károkozásáról is. Olyan talajművelési megoldások szükségességét hangsúlyozza, amelyek biztosítják a természeti erőforrásaink fenntarthatóságát (talaj- és vízbázis).

Box és Bruce (1995) az eróziós károk mérséklésének legeredményesebb lehetőségének tartják a növényi maradványok felszínvédő anyagként való felhasználását. A mulcstakaró és a felszíni rétegbe dolgozott mulcs jótékony hatását az esőcseppek szerkezetkárosító hatásának mérséklésében, illetve a talaj megkötésében látja. A bekevert növényi maradványok lazultabbá téve a talaj állapotát segítik a csapadék beszivárgását is. Hangsúlyozzák, hogy a mulcs folyamatos szervesanyag-forrást jelent és ez a talaj biológiai folyamatainak javításában, fenntartásában nagy jelentőséggel bír.

Zsembeli és munkatársai (2015) szerint a klímaváltozás, a szárazságra hajló klíma kedvezőtlen hatásai csökkentésének egyik lehetősége az új szemléletű, a talajt kímélő, forgatás nélküli talajhasználati eljárás minél szélesebb körű alkalmazása.

Delgado et al. (2011) egyenesen ijesztőnek találják a klímaváltozás és a népességnövekedés együttes problémáját. Az elsivatagosodás, az erdőirtások, a vízkészletek (mennyiségi és minőségi) leromlása, a talajállapot romlása is növelik e problémát. Szerintük a klímaváltozás és

az élelmiszerellátás kihívásaira a megoldások a fenntartható, talajkímélő művelésben keresendők. A klímakár csökkentés legfontosabb lehetőségeként a növényi maradványokkal történő felszintakarást tartják. Delgado és munkatársai taglalják a mulcsművelés kedvező hatását a talaj szénháztartására. A szervesanyag-tartalom emelkedésével javulnak a talaj egyéb állapotjellemzői is, mint a vízmegtartó képesség, a vízkapacitás, a szerkezet, a lazultság, a termékenység. Az üvegház-hatású gázkibocsátás csökkentésének jó lehetőségét látják a bolygatás csökkentésében és a talajtakarás alkalmazásában.

Birkás (2004_b) rámutat, hogy a növényi maradványok fontos szerepet játszanak a klímaszélsőségek elleni védekezésben. Birkás (2004_b) mellett Németh (2004) is hangsúlyozza, hogy a szántóföldi növények maradványai a talaj szervesanyag-utánpótlásában alapvető jelentőséggel bírnak. A talaj biológiai életének javításához és fenntartásához nélkülözhetetlen a folyamatos, megfelelő formában és minőségben történő szervesanyag-bevitel. Birkás szerint ezt a követelményt a talajvédő mulcsművelés valósítja meg, amelynek ismérve a felszintakarás talómaradványokkal történő megvalósulása. Véleménye szerint a talajminőség felszintakarasos (mulcshagyó) műveléssel történő javítása és fenntartása az egyik leghatékonyabb módszer a klímakárok enyhítésében (Birkás, 2004_b, 2007_{a,b}, 2008_{a,b}, 2010_a, 2014.).

A fentiek alapján a felszintakarás (mulcsborítás) talaj- és klímavédelmi jelentőségeit a következőkben foglalom össze:

- a talajnedvesség-vesztés csökkentése,
- a hőstressz, a talajhőmérséklet mérséklése hőségnapokon,
- az eróziós és deflációs károk mérséklése,
- a talajszerkezet védelme,
- a lazultsági állapot fenntartása,
- a folyamatos szervesanyag-forrás biztosítása, a talaj szerves szénvesztésének csökkentése, a mineralizációs folyamatok támogatása,
- a talaj biológiai életének támogatása
- a gyomosodás csökkentése.

2.5. A felszíntakarás szerepe a klímaszélsőségekhez való alkalmazkodásban

2.5.1. A felszíntakarás jelentősége a talaj nedvességvesztésének csökkentésében

Számos vizsgálati eredmény bizonyítja, hogy a felszín növénymaradványokkal, tarlómaradványokkal történő takarása – mulcs – segíti a talaj nedvesség-vesztésének csökkentését. Ily módon csökken a termesztés klímaérzékenysége.

Erre engednek következtetni Huang és munkatársainak 2005-ben publikált kísérleti eredményei, amelyhez a Kínai-löszfennsíkon állítottak be tavaszibúza termesztési kísérleteket. A kísérletben vizsgálták a mulcsborítás (szalma) hatását a termésmennyiségekre. Öntözéses kezeléseket is állítottak be, vizsgálva a mulcsborítás és az öntözés esetleges kombinációs hatásait. Megállapították, mind a száraz évben (1997), mind az esősnek számító évben (1998) szignifikáns termésnövekedés volt kimutatható a mulcsos kezelésekben. 1997-ben a biomassza tömeget 37%-kal, a termést 52%-kal növelte a felszíntakarás. 1998-ban ezek az értékek 20 és 26%-ot értek el. Adataikból az is kiderül, hogy szárazabb időszakokban a jótékony hatás erőteljesebb. Emellett Huang et al. (2005) leírják, hogy a felszíntakarás egyértelműen csökkenti az evapotranszpirációt és a nedvességvesztést. Felhívják a figyelmet arra, hogy a termések növelésére az öntözés mellett a felszíntakarásos művelés alkalmazása lehet hasznos.

Nemcsak a mulcs talajnedvességre gyakorolt hatását bizonyította munkatársaival Stagnari (2014), de kimutatták, hogy a mulcs mennyiségének növelésével érzékelhetően javul számos talajállapot jellemző is. Dél-Olaszországban állítottak be szántóföldi kísérletet, durumbúzával. Két helyszínen folytatták vizsgálataikat 2010-2012 között. Három eltérő mulcsmennyiséggel végzett felszíntakarás (5 t/ha; 2,5 t/ha; 1,5 t/ha) és a takarás nélküli kontroll alkotta a kezeléseket. A durumbúza csírázásától folyamatosan vizsgálták a talaj nedvességtartalmát az 5 cm-es mélységben. Megállapították, hogy a mulcstakarás egyértelműen növelte a talaj nedvességtartalmát. A legnagyobb különbséget a kezeletlen kontrollhoz képest a legnagyobb mulcsmennyiséggel takart kezelésben találták. 2011-ben 36%, míg 2012-ben 41% talajnedvesség többletet tulajdonítottak a felszíntakarás jótékony hatásának. Stagnari et al. (2014) egyéb, növényfiziológiai pozitív hozadékokról is beszámolnak a mulcsozással kapcsolatban. A levelek víztartalma a vizsgálati időszakban 10,1%-kal volt magasabb a legnagyobb mennyiségű mulcskezelésben a kezeletlen kontrolléhoz képest. A levelek klorofill tartalmában is találtak egyértelmű különbségeket. A kezeletlen kontrollban mérhetőhöz képest a 2,5 t/ha mulcsborításban 15-17%-kal, míg az 5 t/ha-os mennyiségű mulcskezelésben 22-25%-kal mértek többet.

Zhao et al. (2014) Kínában, a Hetao öntözéses körzetben végeztek felszintakarásos kísérleteket, amelyben a mulcs talajnedvességre és napraforgó termésmennyiségre gyakorolt hatását kutatták. Három kezelést alakítottak ki, mélyművelés tarlómaradvány-takarás nélkül, mély mulcsművelés és egy kombinált kezelés. Ebben 12 t/ha kukorica tarlómaradvány tömeget 40 cm mélységig aláforgattak, valamint a felső talajréteget szalmamulcsozással kezelték. Zhao és munkatársai (2014) mindvégig a kombinált kezelésben tapasztalták a legnagyobb talajnedvességet, mind az alsó (20-40 cm), mind a felső (0-20 cm) talajrétegben. Összefüggést tapasztaltak a talaj szervesanyag-tartalma – bedolgozott biomasza – és a nedvességmegőrzés között. Továbbá a legnagyobb mennyiségű mulcskezeléses variáns eredményezte a legnagyobb napraforgó termést, a legnagyobb levélfelület index és a legmagasabb növényállomány mellett. Szembetűnő, hogy bár teljesen eltérő földrészeken történtek Stagnari et al. (2014) és Zhao et al. (2014) megállapításai, de a felszintakarás mennyiségének növelésével kapcsolatosan mindketten pozitív hozadékokról számolnak be.

A Mekong régióban, erősen kötött talajon végeztek mulcsműveléses kísérleteket Bunna és munkatársai (2011). Rizs-mungóbab vetésváltásban vizsgálták a tarlómaradványok (mulcs) hatását a talajállapokra és a termésmennyiségre. A mulcs mennyisége 1,5-2 t/ha (rizsszalma) volt és két egymást követő évet vettek alapul. A kezeletlen kontrollt hagyományos (tisza felszín) művelés jelentette. Az első évben a mulcsművelésben 83% kelést tapasztaltak, a hagyományos művelésben 72%-ot. A mulcsműveléses kezelésben 332 kg/ha, míg a kontrollban 228 kg/ha termést mértek. Tapasztalták továbbá, hogy a felszintakarás kedvezően hat a talajnedvességre és emellett mintegy 25%-kal csökkent a gyomok biomasza tömege a kontrolléhoz képest. A második évben 35% termés többletet tapasztaltak a mulcsos kezelésben és észlelték a takarás gyomkorlátozó hatását is.

Caprio és munkatársai a tisztára művelt (aláforgatott maradványok) és a takart felszínű kalászos tarló evaporációs különbözőségeit vizsgálták 1978-ban. Eredményeiket 1985-ben publikálták. Három kezelésben (tisza felszín, normál és kétszeres tarlómagasság), mini liziméterekkel vizsgálták az evaporációt. Augusztus 28. és szeptember 27. között napi rendszerességgel mérték a kipárolgást az esős napok kivételével. Augusztus 28. és szeptember 1., valamint szeptember 22. és 27. között kilenc értékelhető mérést tudtak végezni (időjárási tényezők). Ezek a következőket mutatták. Az átlagos napi evaporáció a tisza felszín esetében 6,2 mm, a normál tarlómagasság esetében 3,6 mm, míg a kétszeres tarlómagasságnál 3,7 mm értékeket kaptak. Szembetűnő, hogy a művelés nélküli (álló szármagadványok) felszín – a vizsgálati periódusban – naponta, átlagosan 60%-kal kevesebb nedvességet párologtatott el, mint a feketére művelt. A kutatók ezt a kisebb párologtató talajfelület mellett (bolygatás hiánya) az álló tarlómaradványok árnyékoló (fény és szél) hatásának tudják be. Figyelemfelkeltőnek

találom, hogy már a műveletlen tarlóállapot is lényegesen kevesebb (mintegy fele) talajnedvesség veszteséget mutat a feketére művelttel szemben.

Ezzel összhangban O'Leary et al. (1997) észak-nyugat ausztrál tarlókísérleteikben azt tapasztalták, hogy a kötött, nagy agyagtartalmú talajon a bolygatatlan tarló (álló szármaradványok) jelentős növekedést eredményezett a felvehető vízmennyiségben a feketére művelttel szemben. Míg laza, homokos vályog fizikai féleségű talaj esetében ez a kedvező hatás kevésbé tapasztalható.

Caprio és munkatársainak (1985) eredményeihez hasonlókat tapasztaltak Enz et al. (1988) is. A műveletlen tarló állapotot hasonlították össze a feketére művelttel. Vizsgálataik során kiemelt figyelmet fordítottak az egyéb időjárási, környezeti elemeknek (talajfelszín hőmérséklete és hőkisugárzása, szélesebesség). Enz és munkatársai is minden esetben a takarás nélküli kezelés evaporációját találták nagyobbnak, bár kisebb különbséget mértek (8% alatt). Úgy találták, hogy az evaporációt leginkább a szélereősség befolyásolja. Véleményük szerint a szármaradványos tarló leginkább a szélesebesség és a talajhőmérséklet csökkentésén keresztül járul hozzá a kisebb evaporációhoz.

Kenyából tette közzé a felszintakarás talajnedvesség megőrző hatásával foglalkozó vizsgálati eredményeit Gicheru 1994-ben. Két éven át (1988 és 1989) vizsgálta a hagyományos, a bakhátas és a mulcsművelés talajnedvességre gyakorolt hatását. Mindkét évben a mulcsműveléses kezeléseknél mérte a legnagyobb nedvességet. Ezzel szemben a bakhátas művelésben (a profil belsejében értendő) tapasztalta a legnagyobb nedvesség veszteséget. A kísérleti eredményei alapján Gicheru úgy véli, a mulcsművelés – felszintakarás – a legjobb talajművelési megoldás a talajnedvesség megőrzésére és a termékek növelésére.

Ugyancsak a felszintakarás nedvesség megőrző hatását tapasztalták összetett kísérletükben Fernandez és munkatársai (2008). Argentína középső, aszály érzékeny területén állítottak be tarlóművelési kísérletet, amelyben a felszintakarás és a gyomkezelés hatását vizsgálták a talajállapotról. Eredményeik egyértelműen igazolták a felszintakarás vízmegőrző hatását. Tapasztalták továbbá, hogy e kedvező hatás a mulcsborítás növelésével fokozódik.

Bhatt és Khera (2006) Indiában, erózióknak kitéve talajon vizsgálták a különböző talajművelési módok és a felszintakarás hatását. Eredményeik egyértelműen bizonyítják, hogy a kevesebb felszínbolygatás és a mulcshagyó művelés jelentősen csökkenti a nedvesség veszteséget és az eróziós károkat is. Adott vizsgálati időszakon belül a talaj 0-30 cm rétegének nedvességtartalma 3-7%-kal volt több a felszintakarásos kezelésben (szalma mulcs) a takaratlanhoz képest. Emellett 33%-kal kevesebb eróziós talajelhordást tapasztaltak a mulcskezelésben, valamint adott időpontokban 1,4-2,4 °C-kal alacsonyabb talajhőmérsékletet mértek. Következtetésként azt vonták le, hogy a talajnedvesség megőrzésére, valamint az erózió és a talajhőmérséklet

csökkentésére a bolygatás minimalizálása és a felszíntakarás együttes alkalmazása a leghatékonyabb megoldás.

A bolygatás csökkentésének és a felszíntakarás vele járó növelésének talajnedvesség-megőrző hatását tapasztalták Kalmár és munkatársai (2013, 2015) is, Hatvan – Józsefmajorban végzett nyári tarlóművelési kísérletükben (2008). A 0-50 cm talajréteg átlagos nedvességét mérték. Hőségnapon (2008. július 13.) 14-15%-kal nagyobb átlagos nedvességtartalmat mértek a sekélyművelésű, mulcstakarásos kezelésekben (síktárcsás, kultivátoros), mint a tiszta felszínű, mélyebben művelt változatokban (szántás, elmunkált szántás). Kalmár et al. leírják, hogy a kísérleti időszak végig aszályosnak volt tekinthető. Utolsó mérési időpontjukban (2008. szeptember 29.) a legnagyobb átlagos talajnedvességi értékeket a síktárcsával, kultivátorral és középmező lazítóval művelt parcellákon mérték. Úgy vélik, egyértelműen a kisebb bolygatás és a nagyobb felszíntakarás (mulcs) eredményezték a kedvezőbb talajnedvességi értékeket.

A talajművelés és a felszíntakarás talajnedvesség-háztartásra gyakorolt hatásának vizsgálatára Zsembeli és munkatársai (DE ATK Karcag) 1992-1993-ban súlyliziméteres vizsgálatokat indítottak. Hat darab egységes, számítógépes rendszerbe kötött liziméterben szimulálták a hagyományosnak tekinthető és a mulcsműveléses művelési megoldásokat. Megjegyzendő, hogy a kísérlet kialakítása és a vizsgálati értékek pontossága akkor hazai szinten egyedülálló volt. A kísérlet elsődleges célja az volt, hogy összefüggést keressenek a különböző művelésű és felszínű talajoszlopokba bekerült (csapadék, öntözés) és az azokból párolgás útján eltávozott víz mennyisége között. Zsembeli et al. (2015) szerint a bolygatatlan kezelés képes a legkevesebb víz befogadására, a tömör állapota miatt. Ezzel szemben folyamatos, intenzív párologtatást biztosít. Ennek oka szerintük abban keresendő, hogy a bolygatás hiánya miatt tömör állapot jellemzi az alsóbb talajréteget, így abba nem jut le a nedvesség, viszont a felszín közeli réteg intenzíven párologtat. Annál is inkább, mivel a bolygatatlan kapilláris rendszer ezt lehetővé teszi. A hagyományos, mélyen művelt és tiszta felszínű kezelésben jó vízbefogadó képességet mértek, de a kipárologási veszteség is nagymértékű volt, amely a takaratlan felszínnel és a szigetelő réteg hiányával van összefüggésben. A redukált talajművelést szimuláló, sekélyen és forgatás nélkül bolygatott, mulcsolt talajfelszínről a többi kezeléshez viszonyítva kevesebb nedvesség párolgott el, ami az e művelési variáns közvetlen párologást mérséklő hatásának tulajdonítható. Zsembeli és munkatársai viszont felhívják a figyelmet arra, hogy intenzív, nagy mennyiségű csapadék (vagy öntözés) esetén a mulcsborítás magába szív nedvességet, amely később a hőmérséklet hatására azonnal kipárolog, nem jut le a talajba.

Zsembeli et al. (2015) liziméteres, talajművelést szimuláló kísérletükben tehát hasonló eredményeket tapasztaltak, mint Bhatt és Khera (2006), vagy Kalmár (2015) a szántóföldi vizsgálataik során: a mulcsművelés és a felszíntakarás nedvességmegőrző hatással bír.

Az áttekintett kísérleti eredmények arra engednek következtetni, hogy a felszíntakarás jótékony hatással van a talajnedvesség visszatartására. Szántóföldi növénytermesztés során a tarlómaradványok e célból történő felhasználása indokolt. A talajnedvesség veszteségének csökkentése alapvető fontosságú a klímakárok mérséklése céljából. E tekintetben a kímélő bolygatással létrehozott mulcstakarás nedvességvédő szerepe – a fenti irodalmi áttekintés alapján – igazolt.

2.5.2. A felszíntakarás jelentősége a talajhőmérséklet csökkentésében

A talaj hőmérsékletének csökkentése – a felszín közeli rétegben – mérsékelheti az evaporációt, így hozzájárul a kisebb nedvességvesztéshez. A felszíntakarás (mulcsborítás) talajhőmérsékletet befolyásoló hatásáról eltérő véleményeket találni.

Bhatt és Khera (2006) a művelési módok és a felszíntakarás talajállapokra gyakorolt hatásait vizsgáló kísérletükben tapasztalták a mulcsborítás talajhőmérséklet befolyásoló hatását. A takaratlan kezeléshez képest 6 t/ha mulcs (szalma) tömeg 1,4-2,4 °C-kal kisebb minimum talajhőmérsékletet eredményezett a felszíni rétegben. Ehhez hasonlóan a maximális hőmérsékleti adatokban is kisebb értékeket mértek a mulcstakarásos kezelésekben. Bhatt és Khera szerint a talaj maximális hőmérsékletének csökkentése a hőségidőszakokban jelentősen hozzájárul a nedvesség megőrzéséhez.

Sarkar és Sing (2007) szerint a talaj hőmérsékleti viszonyaira nagy hatással van a porozitás és a szervesanyag-tartalom. Mivel a porozitást leginkább a talajművelés képes rövidtávon befolyásolni, így az egyéb tulajdonságokra (köztük a hőmérsékletre is) is ez van legnagyobb hatással. Véleményük szerint a művelés módja, a bolygatás intenzitása mellett a növényi maradványok kezelése hat leginkább a talajállapokra, befolyásolja a talaj hőmérsékletét is. Sarkar és Sing minimum talajhőmérsékletre vonatkozó megállapításai ellentétesek Bhatt és Khera (2006) eredményeivel. Azt tapasztalták ugyanis, hogy a mulcs (kezeléseikben rizsszalma) növelte a minimális (reggel 7 órai mérés) hőmérsékletet. Bhatt-ékhoz hasonlóan viszont Sarkar-ék is alacsonyabb maximális (14 órai mérés) hőmérsékletről számolnak be és úgy vélik, az jó hatással van az evaporáció mérséklésére is.

Hasonlókat tapasztaltak Enz et al. (1988) is tarlókísérletükben. Tisztára művelt (forgatás) felszínű és mulcshagyó kezeléseket hasonlítottak össze. Talajhőmérsékletet is vizsgáltak a kísérletükben, amelynek elsődleges célja az evaporáció alakulásának kimutatása volt. Talajhőmérsékleti adataikból arra következtettek, hogy a tiszta felszínű művelés szinte minden esetben magasabb hőmérsékletet eredményez a felső rétegben. A legnagyobb különbség 14,5 °C

volt, ennyivel alacsonyabb hőmérséklet mutatkozott a mulcstakarásos kezelésben. Ezzel párhuzamosan alacsonyabb evaporációs értékek jelentkeztek a felszíntakarásos variánsokban.

Kamara (1986) a mulcshagyó művelések talajállapot jellemzőkre gyakorolt hatásainak vizsgálatára végzett kísérletet trópusi körülmények között, vörös agyagtalajon (ultisol). Kísérlete leginkább az erózió mérséklésének lehetőségeit kereste, de vizsgált talajhőmérsékletet is, 5 cm mélységben mérve. Tiszta felszín (forgatás) esetében 40-44 °C, míg mulcstakarás esetében 35 °C volt a mért érték a jellemző időben. Kamara is nagyobb nedvességet tapasztalt az alacsonyabb hőmérséklet eredményeként.

Hulugalle és Palada (1990) rizstartlón végeztek talajművelési, magágykészítési kísérleteket, amelyben a művelés mellett a kialakult felszíntakarás hatását is vizsgálták a talaj állapotára vonatkozóan. Eredményeikből kiemelik, hogy a mulcsművelés rövidtávon nem segít ugyan a műveléssel kialakított tömörödés javításában, de csökkenti a talajhőmérsékletet a 0-20 cm-es mélységben és ezzel párhuzamosan csökkenti a talajnedvesség veszteséget. Úgy vélik, a felszíntakarás eredményeként hűvösebb és nedvesebb állapot alakul ki a talaj felső rétegében. Véleményük szerint ez a száraz időszakokban hozzájárulhat a biztosabb keléshez és kezdeti fejlődéshez.

A fenti kísérleti eredményekből látszik, hogy a növényi maradványokkal történő felszíntakarás – főként hőségnapokon – mérsékli a talaj felszíni rétegének hőmérsékletét. A mulcs árnyékoló hatása érvényre jut, a felszínre érkező napsugárzás melegítő hatása csökken. Bár a talajhőmérsékletbeli különbség nem mondható jelentősnek a tiszta felszíni műveléséhez képest, ez a csekély különbség is nedvesség megtakarítást eredményezhet a kisebb evaporáció révén. Véleményem szerint a mulcshagyó művelés a felszíni réteg talajhőmérsékletének csökkentésén keresztül is hozzájárulhat a klímakárok mérsékléséhez.

2.5.3. A felszíntakarás jelentősége az eróziós és deflációs károk enyhítésében

A szántóföldi növénytermesztés fenntarthatóságának tekintetében elengedhetetlen az eróziós és deflációs károk mérséklése. Láng (2004) a talajművelési szokások káros következményei közé sorolja az eróziót, a deflációt, a talajok általános degradációját.

Számos kutató (Whalley et al., 1993; Várallyay, 1996; Hakansson et al., 1997; Gyuricza, 1998; Soane et al., 1998; Birkás, 2000, 2004_b; Michéli et al., 2003; Várallyay, 2004, 2007_{a,b,c}) felhívja a figyelmet a tiszta felszín (klíma)kockázatára, mivel nem nyújt védelmet a tömörödés, a szél- és vízeróziós hatásokkal szemben.

Routschek és munkatársai (2014) szimulációs kísérletet állítottak be Németországban, a klímaszélsőségek és az eróziós károk összefüggéseinek kutatására. A rendkívül összetett

szimulációs modell eredményeiből több fontos következtetést is levontak. Először is fontosnak tartják megjegyezni, hogy bár a csapadékot hozó időjárási jelenségek száma csökken a jövőben, de ezen belül a szélsőségesnek mondható heves zivatarok száma növekszik majd. Előrejelzéseik szerint a heves zivatarok előfordulása az eddig tapasztalt nyári időszakból őszi felé tolódik. Az éves csapadékmennyiség csökkenésével és a napsugárzás mennyiségének erős növekedésével a talajok szárazodása várható. Szimulációs kísérletük egyre gyakoribb száraz periódusokat jósol a késő őszi időszakokra. Mindezen időjárási hatások következményeként egyre erősödő eróziós károk várhatók. Kiemelik, hogy az időjárási szélsőségekhez alkalmazkodni képtelen talajhasználat és talajművelési megoldások fokozzák majd a károkat. Véleményük szerint a talajhasználat és a művelés nagyobb hatással bírnak az erózióra, mint a változó csapadékviszonyok.

Bhatt és Khera (2006) Indiában, Punjab vonzáskörzetében, erózióknak kitett, hegyvidéki területen végeztek eróziókutatási kísérleteket. Leírják, hogy e körzet a monszunesők által töltődik fel nedvességgel, a talajok így válnak termékennyé. Ugyanakkor a heves zivatarok nagy eróziós károkkal járnak együtt. A régió mezőgazdasági termelékenységének biztonsága érdekében csökkenteni kell a talajelhordást. E célból végeztek művelési és talajtakarási kísérleteket. Vizsgálataik során megállapították, hogy a bolygatás csökkentése (kísérletükben a minimális művelés áll szemben a hagyományossal) jelentősen csökkenti az eróziós kitétséget. 5-40%-kal nagyobb talajelhordást tapasztaltak a hagyományosan művelt kezelésekben, a minimális műveléshez képest. Továbbá kiemelik a mulcsművelés talajvédő hatását. A mulcshagyó módon (kísérletükben 6 t/ha szalma) kezelt területen 33%-kal kevesebb eróziós talajelhordást mértek a takarás nélküli, tiszta felszínű variánshoz képest. A kísérleteik tanulságaként azt vonták le, hogy a bolygatás ésszerű mértékig történő csökkentése és a felszintakarás együttes alkalmazása nyújt leginkább védelmet az eróziós károk ellen.

Hasonló következtetésre jutott Kamara (1986) is az eróziókutatásos kísérletében, trópusi agyagtalajon. A legnagyobb talajelhordást a tiszta felszínű kezelésben tapasztalta, közvetlen a művelés elvégzése utáni időszakban. A legkisebb kárt a mulcshagyó kezelésben mérte. A felszintakarást kialakító művelési eljárások alkalmazása mellett az átgondolt talajhasználatot is fontosnak tartja. A talajvédelem szempontjából is hasznos, ha a termőterületek nem állnak sokáig bevetetlenül.

Az erózió elleni védekezés szempontjából fontos kérdés a felszintakarás mennyisége. A felszínvédelmi szempontból hatékony takarás mértékének megállapítására irányultak Zuzel és Pikul (1993) vizsgálatai. Észak-kelet Oregonban, 16%-os lejtőn (ún. Thatuna talajtípus) állítottak be csapadék szimulációs kísérletet. 0, 25, 50, 75, 100 százalék (szalma) mulcshagyó alkotta a kezeléseket. Szoros összefüggést észleltek a borítottsági szintek és az erózió mértéke között. A

védelemre alkalmas mulcsborítás küszöbértékét 25%-ban határozták meg a tapasztaltak alapján. Hasonló megállapításra jutottak Unger et al. (1991) is, valamint a növényi maradványokkal történő felszínvédelem és a talajkímélő művelés összefonódását hangsúlyozzák. Együttesen alkalmazva képesek az erózió csökkentésére, a talajnedvesség megőrzésére és a termésbiztonság elősegítésére.

A szél által okozott deflációs kártételre számos kutató hívja fel a figyelmet (Várallyay, 1996; Hamilton et al., 1996; Birkás, 2006_{a,b}; Zsembeli, 2006; Borelli et al., 2014). Az időjárási szélsőségek gyakoribbá válása mellett hangsúlyozzák a hagyományos, mechanikai szemléletű művelés alkalmazását, mint kiváltó okot. A túlművelés lerontja, elporosítja a talajszerkezetet, így növelve a deflációs érzékenységet. A tiszta felszínűvé művelés súlyosbítja a deflációs károkat (Hamilton et al., 1996). A felszíni mulcstakarás és a felső rétegbe egyenletesen bedolgozott növényi maradványok védelmi funkciót töltenek be. Defláció védelmi szempontból a kutatók legalább 30-50 %-os felszintakarást tartanak hasznosnak (Hamilton et al., 1996; Birkás, 2006_{a,b}; Zsembeli, 2006).

Az áttekintett vonatkozó szakirodalom alapján úgy vélem, a felszintakarás – mulcshagyó talajművelés – alkalmas lehet az eróziós és a deflációs károk enyhítésére. A termőtalajok degradációjának e formái jelentősen megnehezítik a szántóföldi növénytermesztést, súlyosabb esetben a termelés fenntarthatóságát is veszélyeztethetik. A károk enyhítésére alkalmas felszintakarást létrehozó talajművelési megoldások használata célszerű.

2.5.4. A felszintakarás jelentősége a talajszerkezet védelmében

A talaj szilárd fázisát alkotó részecskék térbeli elrendeződését nevezik talajszerkezetnek. A nagyobb talajszemcsék (>0,002 mm) alkotják a szerkezeti egységek vázát, a kisebb méretű részecskék a vázrészeket ragasztják össze. A szerkezet kialakulása során a kolloidrészecskék elsődleges halmazokká, koagulumokká állnak össze. A vázrészek és a koagulumok összetapadásából másodlagos halmazok, mikroaggregátumok jönnek létre, ezek összeállásával harmadlagos halmazok, aggregátumok képződnek. Az aggregátumok fizikai, kémiai, biológiai folyamatok eredményeként alakulnak ki (Rátonyi, 2006).

Művelési és termesztési szempontból a talaj agronómiai szerkezetének jellemzése hasznos. Ennek során a különböző méretű szerkezeti egységek (<0,25 mm porfrakció; 0,25-10 mm morzsafrakció; >10 mm rögfrakció) százalékos mennyiségét határozzuk meg. Jó szerkezetű talajban az 1 mm-nél nagyobb morzsák vannak többségben. Ideális esetben a morzsafrakció aránya eléri a 80%-ot (Stefanovits, 1992), bár ez Magyarországon aligha fordul elő. A talaj leromlott szerkezetére utal a por- és/vagy a rögfrakció nagy részaránya.

A talajszerkezet minőségének fontos paramétere az aggregátumok stabilitása, ellenálló képessége az időjárási és mechanikai hatásokkal szemben. Fontos ismerv a morzsák vízállósága, amely kedvező esetben hozzájárul a művelés nyomán kialakult lazult állapot fenntartásához. Rossz vízállóság esetében a csapadék eliszapolja a morzsákat, a porozitás csökken, tömörödik a talaj. A gyenge stabilitású morzsák a művelés mechanikai hatásai következtében apróbb egységekre esnek szét, a talaj porosodik. Birkás (2006_a) szerint a talajszerkezet károsodása a túl nedves vagy a túl száraz talaj bolygatása (művelése) nyomán következik be.

A szerkezetromlás következtében nő talaj eliszapolódásra és cserepedésre való hajlama, fokozódik az erózió és a defláció kártétele is (Várallyay, 1996). Nyíri (1997), Ruzsányi (2000), Birkás (2006_a), Zsembeli et al. (2015) szerint a talajszerkezet romlása előrevetíti a klímaelemekkel szembeni érzékenység növekedését.

A növénytermesztést nehezítő klímakárok mérséklésének elsődleges lehetőségét Birkás és munkatársai (2007_b) a talajállapot javításában látják. Ennek része a talajszerkezet károsításának megállítása és a szerkezet javulást elősegítő talajkímélő művelési megoldások használata. Birkás 2002-ben Hatvan térségében indított talajművelési tartamkísérletében figyelte az egyes művelési megoldások agronómiai szerkezetre gyakorolt hatását. Ez alapján jelentős különbségeket talált a hagyományosnak tekinthető (szántásra, tárcsázásra épülő) és a talajkímélő, mulcshagyó művelés között. Megállapította, hogy a talaj – egyszeri vagy visszatérő – tömörítése káros hatással van a kialakuló szerkezetre. Hasonló kedvezőtlen befolyással bír a nyári tarló időszakban a talajok kiszáritása (nem megfelelő műveléssel, takarás hiányával). Birkás kiemeli továbbá, hogy a nem megfelelő bolygatással járó túlzott levegőzöttség – szervesanyag veszteség – rontja a kialakuló szerkezetet. Hosszú távú vizsgálatai alapján a szerkezet javításának, fenntartásának fontos elemeként jelöli meg a kímélő bolygatást és a felszintakarást (mulcshagyás). Hangsúlyozza, hogy a mulcs védi a felső réteget – annak szerkezetét is – az időjárás károk hatásaitól (kiszáradás, csapó esők leiszapolása). A mulcsműveléssel járó folyamatos szervesanyag bevitel jótékonyan hat a szerkezetjavulást elősegítő humuszképző folyamatokra is. Birkás a vizsgálati tapasztalataiból kiindulva az agronómiai szerkezetet védeni képes felszintakarás küszöbértékét legalább 25-30%-ban adja meg. A 45-50%-os mulcsborítás már hatékonyan képes védeni a felszíni talaj szerkezetét a káros időjárási behatásokkal szemben. Védelmi szempontból fontosnak tartja, hogy ez a mulcsborítás minél tovább maradjon meg a tenyészidőben is. A szerkezet védelme mellett a mulcstakarás jótékony hatását tapasztalta a talajnedvesség megőrzésében és a beéredés elősegítésében. Ebből arra lehet következtetni, hogy a felszintakarás a talajfizikai folyamatok mellett a biológiai tevékenységeket is előmozdítja.

Kalmár és munkatársai (2013) a mulcstakarás és a különböző tarlóművelési módszerek vizsgálatára állítottak be kísérletet extrém nyári (aszályos) időszakokban. A hagyományos

tarlóművelési eljárást hasonlították össze a talajtakarással kombinált és anélkül kivitelezett sekély- és mélyművelési módszerekkel. A kezelések 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 rögzös felszínnel (hagyományos eljárás), valamint mélyművelés takarás nélkül rögzös felszínnel, végül pedig mélyművelés takarással.

A takarás arányának növelése (kísérletében 5-ről 75%-ra) erős hatással bírt a morzsaképződésre. Kalmár et al. úgy tapasztalták, hogy a morzsásodásra a talajtakarás és a talajnedvesség kombinált hatást fejt ki. Az értékelést a betakarítást követő 65. napon végezték, amely a tarlófázis hosszát jellemzi 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 ($\geq 69\%$) képződött, amennyiben a takarás elérte az 55%-ot. A kisebb mértékű takarás ($\leq 25\%$) kedvezőtlen hatással bírt a morzsafrakció arányára. Összevetve Birkás et al. (2007_b) és Kalmár et al. (2013) tapasztalataikat, egybehangzóan úgy vélik, hogy a felszintakarás (mulcs) jótékony hatást fejt ki a talaj szerkezetességének előmozdításában, fenntartásában. 45-55% mulcsborítást jelölnek meg a káros időjárási hatások elleni védelmi funkció küszöbértékeként.

A felszintakarás talajszerkezet-védő funkciójáról ír Bencsik (2007) is. Hatvan térségében vizsgálta a talajhasználati és -művelési módok agronómiai szerkezetre gyakorolt hatását. Vizsgálatai eredményeiből arra következtetett, hogy a bolygatás (művelés) ésszerű csökkentése és a mulcstakarás segít a kialakult morzsáság megőrzésében. Különösen fontosnak tartja a szerkezetvédelmet a nyári hőségnapokon, mivel a művelés hatására ilyenkor fokozott porosodás következhet be. A csapadék leiszapoló hatása ellen is hasznosnak tartja a mulcshagyást. Bencsik (2007, 2009) a vegetációs időn kívüli talajvédelemre a köztes védőnövények vetését is javasolja. Alkalmazásukkal a betakarítást követően kialakított mulcs mennyiségének fogyását lehet ellensúlyozni, a talajvédő funkciót kiterjeszteni a későbbi időszakokra.

A vonatkozó szakirodalom alapján úgy vélem, a talajkímélő műveléssel kialakított felszintakarás (mulcs) talajszerkezet védő hatású. E célból legalább 25-30%, inkább 45-55% takartság a megfelelő. Talajvédelmi szempontból lényeges, hogy a mulcstakarás kritikus időszakban minél hosszabb ideig megmaradjon. További szervesanyag (tarlómaradványok) a felső rétegbe egyenletesen bekeverve támogatja a talajvédelmet.

2.5.5. A felszintakarás jelentősége a talaj lazultságának fenntartásában

Napjainkra a talajok állapotát veszélyeztető folyamatok közül a talaj fizikai degradációja (tömörödés, szerkezetromlás) világméretű problémává vált, kockázatot jelent a növénytermesztésben.

A talajtömörödés a környezet minőségét közvetlenül és közvetve rontó kihatásai miatt környezeti ártalomnak minősül. A talajtömörödés, a probléma kihatásaihoz mérten világszerte széleskörűen kutatott téma, amelynek okát talán legtalálóbban Soane és Van Ouwerkerk fogalmazták meg 1998-ban: „*Soil compaction: a global threat to sustainable land use*” vagyis a talajtömörödés globális veszély a fenntartható talajhasználatra.

A tömörödés által érintett termőtalajok területét illetően eltér a kutatók véleménye. Nyíri (1993) alapján, Magyarországon 3,1 millió hektár szántóterületen található olyan vízmozgást, légcserét és gyökérfejlődést gátló tömör rétegek vagy genetikai szintek, amelyek a talajok fejlődése vagy a talajhasználat során jöttek létre. Birkás a tömör talajok területét – a talajok érzékenységét, a művelési hiba eredetű belvizes területek kiterjedését és mérési adatokat figyelembe véve – 2000-ben a szántóterület felére becsülte. Várallyay (1996) meglátása szerint pontosabb adathoz juthatunk a talajok érzékenységének figyelembe vételével. Vizsgálatai alapján hazánk taljai 34,8%-a érzékeny a degradációra. 13,9%-a nem, 23%-a gyengén, 28,3%-a mérsékelten érzékeny a tömörödéssel. Meglátása szerint, ha a talajhasználat ésszerűtlen és a művelést nehezítő időjárási körülmények gyakoriak, ráadásul a talajállapot javítást elhanyagolják, a tömörödés a talajok 35%-án (közel 2 millió ha) bekövetkezhet. Kedvezőtlen körülmények esetén a mérsékelten érzékeny talajok is veszélyeztetettek, emiatt a károk a talajaink 63 %-ára kiterjedhetnek. Oldeman és társai (1991) Európában 33 millió hektár tömörödött talajt jeleztek, amelyből 75% enyhe, 24% közepes, 1% súlyos szintű volt.

A talaj tömörödését – lazultságának csökkenését – természeti tényezők (időjárási hatások, a csapadék iszapoló, ülepítő hatása) és főként az emberi tényezők (termelés következtében) okozzák. Utóbbi esetben művelési hiba eredetű tömörödéssel beszélhetünk. Vagyis az többnyire a nem megfelelően – nem az optimális talajnedvességi állapothoz – megválasztott művelő eszközök alkalmazásának következménye. A hagyományos művelési szemléletre jellemző túlművelés és a vele járó taposási károk is növelik a tömörödést.

A lazultság (vagy tömörödés) a talaj térfogattömegével, pórusviszonyaival és a penetrációs ellenállás nagyságával fejezhető ki. A lazultság csökkenésével nő a talaj térfogattömege és penetrációs ellenállása. Csökken a porozitása, a levegőzöttsége és a vízvezető képessége. A talaj károsan tömör, ha a szabadföldi vízkapacitásnak (VK_{SZ}) megfelelő nedvességtartalomnál a

penetrációs ellenállás meghaladja a 3 MPa értéket, térfogattömege nagyobb, mint $1,5 \text{ g/cm}^3$ és a porozitása kisebb, mint 40%.

Kalászos tarlón végzett talajművelési kísérletükben Kalmár és munkatársai (2011) a tárcsatalp (művelési hiba eredetű) tömörödés átlazulását vizsgálták. 2009 (száraz) és 2010 (csapadékos) években figyelték a mulcsborítás hatását a művelések nyomán kialakult tárcsatalp tömörödéssre. Arra kerestek választ kísérletükben, hogy a felszintakarás – a talaj fizikai és biológiai életének támogatásán keresztül – képes e elősegíteni a talaj lazulását. A kezeléseket hagyományos tárcsás, síklapú tárcsás, kultivátoros tarlöhántás (6-12 cm mélység) és hántatlan kontroll képezték. A tarlöhántástól számított 40. nap elteltével (biológiai beéredés) mindkét évben a síklapú tárcsás kezelés mutatta a legmélyebb lazultságot. Ezzel szemben a hagyományos tárcsával hántott tarló mindvégig csak a művelés mélységéig mutatott lazultságot, a művelési mélységben kialakult tárcsatalp nem volt képes átlazulni. A síklapú tárcsa nagyobb mulcsborítást alakított ki, a hántást követően 50-60% takarás jött létre. Ez az arány a hántást követő 75. npra 30%-ra csökkent. A hagyományos tárcsás kezelés ezzel szemben 25-30% takarással bírt a hántáskor, majd a 75 nappal később alig 15% borítottságot mutatott. A hántás nélküli kontroll kezelés a kísérlet beállításakor 80-90% felszintakarással rendelkezett, amely a vizsgálati időszak végére 50%-ra csökkent.

A penetrométeres talajjellenállás vizsgálatok adataiból Kalmár et al. arra következtettek, hogy a talaj felső rétegében kialakult művelési hiba eredetű tömörödések természetes átlazulását elősegíti a tarlöhántáskor kialakított legalább 50-60% felszintakarás. Ennél kisebb mulcsborítás kevésbé képes támogatni a talajállapot javulás e formáját, figyelembe véve, hogy a kialakított mulcs mennyisége az idő haladtával egyre csökken.

Érdekes megfigyelésük volt továbbá Kalmár et al.-nak a hántatlan kezelést illetően. Hiába volt nagyarányú (80 % fölötti) mulcsborítás a vizsgálati időszak kezdetén, nem mélyült számottevően a lazult réteg. Ez feltételezhetően azzal magyarázható, hogy a hántatlan tarlón több idő szükséges a talaj biológiai tevékenységeinek felélénküléséhez és a lazult réteg természetes úton történő mélyüléséhez.

Birkás és munkatársai (2008_b) a hazai és külföldi szántóföldi talajállapot monitoring vizsgálataik során tapasztalták a felszintakarás jótékony hatását a talajtömörödés enyhülésében. A mulcshagyó művelés közvetett hatásaként értékelik a jellemző lazultabb állapotot. Tapasztalataik alapján a mulcsborítás a talajvédelmi funkcióin keresztül támogatja a lazultság kialakulását. Ezek közül kiemelik, hogy a megfelelő arányú felszintakarás védi a talajt a túlzott felmelegedéstől, így csökkenti a nedvesség-veszteséget. Védi a talaj szerkezetét a csapadék romboló hatásától. Ezen felül a felső talajrétegbe (a mulcsművelés velejárójaként) bedolgozott növényi maradványok élénkítik a talaj biológiai tevékenységeit. Úgy vélik, a káros időjárási

hatásoktól megvédett, beéredésében segített talajban kisebb mértékű lazulási folyamat is végbemegy. Birkás et al. megállapításai szerint a talajvédelmi és talajállapot javítási funkciók betöltésére alkalmas mulcshorítás aránya nyári tarlóhántás után (nyár közepén) legalább 50-60%. Lényeges, hogy a következő növény betakarításáig is hasznos lenne 20-30% takartság (pl. kapás növények sorközeiben) megtartása.

Különböző talajművelési megoldások, valamint a mulcsozás talajállapot jellemzőkre gyakorolt hatásait vizsgálta Glab és Kulig (2008), akik 2004-2006 között végeztek szántóföldi kísérleteket csernozjom talajon. Hagyományos szántásos és forgatás nélküli művelési megoldások alkották a kezeléseket. A talaj lazultságának kimutatását térfogattömegének mérésével végezték. Emellett a talaj porozitását is vizsgálták. Megállapították, hogy adott körülmények között a forgatásos művelés – a szántási mélységig – eredményezte a leginkább lazult talajállapotot. Azt tapasztalták, hogy a forgatás nélküli kezelésben a felső talajrétegbe (0-10 cm) bekevert mulcs csökkentette a térfogattömeget és növelte a makropórusok mennyiségét (50-500 mikrométeres tartomány). A műveléshatár alatt viszont tömörödöttebb állapotot mértek a forgatás nélküli kezelésekből.

Roth és munkatársai (1988) hét évet felölelő, brazíliai talajművelési kísérletükben arra kerestek választ, hogy a különböző művelési megoldások, valamint a mulcs mennyisége milyen hatással bírnak a talaj lazultságára, porozitására és vízbefogadó képességére. Forgatásos és forgatás nélküli művelések, valamint művelés nélküli kontroll alkották a kezeléseket. A mulcsot szója növényi maradvány képezte. Térfogattömeg mérésével következtettek a lazultságra. A víz beszivárgásának méréséhez hordozható csapadék szimulátort alkalmaztak. A legnagyobb térfogattömeg adatokat (felső 20 cm rétegben mérve) a műveletlen kontroll területeken mérték. Ezt követte a hagyományos, forgatásos kezelés. A legkisebb térfogattömeg a forgatás nélküli mulcskezeléses változatban volt jellemző. Kísérletükben tapasztalták, hogy a tömörödés (térfogattömeg növekedése) csökkenti a makro-, növeli a mikropórusok arányát, amely kedvezőtlenül befolyásolja a talaj vízbefogadó képességét. Ezt a jelenséget a csapadék szimulációs méréseik alátámasztják. Arra a következtetésre jutottak, hogy a csapadék beszivárgására a felszín borítottsága (mulcs) nagyobb hatással van, mint a talajművelés jellege. A 100% felszínakarás (kísérletében szójamulcs) minden talajművelési variánsban lehetővé tette a 60 mm szimulált csapadékmennyiség beszivárgását. Ezzel szemben a tiszta felszín 20% beszivárgást eredményezett. Áttekintve vizsgálati tapasztalataikat, látható, hogy a mulcshorítás és a felszíni rétegbe kevert szervesanyag (forgatás nélküli műveléssel) lazultabb talajállapotot eredményez. A növényi maradványok ezen felül megtartják a csapadékot, védenek az elfolyástól, segítik a beszivárgást.

Zhang és munkatársai (2014) a kínai Jiangsu tartomány lecsapolt, szikes, partvidéki termőtalajainak javítási lehetőségeit kutatták. A szervesztrágyázás és a mulcsozás alkalmasságát vizsgálták a szikes talajok javítására. A kezeléseket szervesztrágya, mulcs, valamint ezek kombinációja jelentették, három ismétléses, véletlen elrendezésben. A talaj mechanikai és vízháztartási tulajdonságaiból következtek a kezelések hatására. Kimutatták, hogy a felső talajrétegben (0-10 cm) a szervesztrágyázás és a mulcsozás is egyértelműen hatással van a talaj hidrológiai (nagyobb kapilláris vízkapacitás és hidraulikus konduktivitás-Ks) és mechanikai (kisebb térfogattömeg és penetrációs ellenállás) tulajdonságaira is. Az alsóbb rétegek esetében úgy tapasztalták, hogy jobbra a vízháztartási tulajdonságokra fejt ki egyértelmű hatást a trágyázás és a mulcs, a lazultságra kevésbé. Mélységtől függetlenül a legkedvezőbb talajállapot jellemzőket a szervesztrágya és mulcs együttes alkalmazása esetében tapasztalták és ez alapján mindkét módszert alkalmasnak találták a sós partvidéki talajok melioratív javítására.

Zhao és munkatársai (2014) hasonló megállapításra jutottak a talajok sótartalmának csökkentését illetően, mint Zhang et al. (2014). A kínai Hetao öntözéses körzetben három éven keresztül vizsgálták a mulcsművelés és a szervesanyag bevitel hatását a talaj sótartalmára. Méréseik szerint 2011-ben 5,4-23%-kal, 2012-ben 0,7-19,8%-kal, míg 2013-ban 4,5-31,6%-kal csökkentette a felső talajréteg (0-20 cm) sótartalmát a felszíni mulcs és a bekevert szervesanyag (szalma). Eredményeik alapján Zhang et al.-hoz hasonlóan Zhao et al. is hatékonynak értékelték a mulcsművelés és a felszintakarás alkalmazását a talajok sótartalmának csökkentésére.

Kifejezetten a talaj penetrációs ellenállására (cone index) kifejtett hatást vizsgálták Amuri és Brye (2008) a művelési és szármadarvány-kezelési kísérletükben, amelyben ellentmondásos következtetésekre jutottak. A Mississippi-delta vidéken őszi búza-szója vetésváltásban végeztek hagyományos és no-till művelést, kombinálva a növényi maradványok égetésével, illetve a felszínen hagyásával. A talajellenállás mérésére kézi penetrométert alkalmaztak, 5-40 cm mélységig, 5 cm léptékben mérve. A tartamkísérletet 2001-ben állították be, először 2003-ban, majd 2006-ban végeztek talajellenállás méréseket. Mindkét vizsgálati időben azt tapasztalták, hogy a felső 20 cm réteg talajellenállására nem volt hatással sem a művelés, sem a szármadarvány-kezelés jellege. A 20 cm alatti mélységet illetően mindkét évben a tarlóégetéses változatokban mértek alacsonyabb ellenállás értékeket. Kimutatták, hogy 4 év no-till alkalmazás szójában 35%-kal növelte a penetrációs ellenállás mértékét az 5 cm mélységben. Ezen túl 4 év mulcshagyás után a 40 cm mélység talajellenállása csökkent a no-till kezelésben, míg a hagyományos variánsban növekedett.

Barczi és munkatársai (2015) németországi talajállapot monitorozásra épülő szántóföldi vizsgálatokat végeztek a szántás nélküli mulcsművelés talajállapotra gyakorolt hosszú távú hatásainak kimutatására. A vizsgálataik apropóját az adta, hogy az 1970-es években nagy

fordulat következett be a német talajművelési szokásokban. Felismerték a szántás és a vele járó további műveletek talajállapotot károsító hatását. Barczy et al. német forrásokra hivatkozva a talaj ökológiai funkcióinak nagymértékű leromlását említik a talaj tömörödésének és szerkezetromlásának indukálójaként. Az 1970-es évek óta domináns megoldás lett a forgatás nélküli mulcshagyó művelés a német mezőgazdálkodásban. Barczy et al. a Gissen-i medencében végeztek monitoring vizsgálatokat, amelynek során ásópróbával (Görbing-féle) és talajszelvény feltárással követték a mulcsművelés hatásait. Azt tapasztalták, hogy a mulcsműveléssel járó folyamatos szervesanyag-bevitel serkenti a talaj biológiai tevékenységét. Ennek következtében biológiai úton jön létre kedvezőbb lazultság, szerkezetesség és porozitás. Kiemelik a földigiliszták szerepét a talaj lazításában, megfigyeléseik szerint képesek átlazítani akár jelentős eketalp tömörödést is. E megállapításuk egybevág Birkáséval (2004a, 2010_b). A giliszták táplálékául a bekevert növényi maradványok szolgálnak. A szántás egy mélységbe forgatja le a maradványokat, míg a mulcsművelés egyenesen bekeveri azt, lehetővé téve a teljes bolygatási mélységben a giliszták táplálkozását. Leírják, hogy minél kevesebb talajbolygatást végeznek adott gazdaságban, annál több gilisztát találnak és vele együtt jobb szerkezetet és lazultságot.

Birkás hazai és Barczy et al. német meglátásaival hasonló tapasztalatokról számolnak be Eriksen-Hamel és munkatársai (2009) is, akik a kanadai Québec környékén vizsgálták talajművelési és szármadvány-kezelési tartamkísérletekben a földigiliszta populációk alakulását. Véleményük szerint minél inkább összhangban van a művelés jellege a talaj szervesanyag tartalmának növekedésével, annál több giliszta található benne. A mulcshagyó művelés talajtömörödést csökkentő hatását állapították meg Buck és munkatársai (2000) is. A földigiliszták tevékenységének és mennyiségének talajállapot indikátorként való alkalmazhatóságára építették fel kísérletüket. Tapasztalataik szerint a mulcshagyással járó szervesanyag bevitel következtében élénkebb földigiliszta tevékenység és lazultabb talajállapot jellemző.

A Barczy-féle monitoring során felkeresett német gazdálkodók úgy vélik, a forgatás elhagyása hasznos a talaj állapotát illetően. A művelés mélysége kérdéses. Többnyire úgy tartják, mélyművelésre (30 cm vagy mélyebb) akkor van szükség, ha káros tömörödés alakult ki az adott mélységben. Ez esetben lazítást javasolnak, más körülmények között elegendőnek találják a közepes mélységű kultivátoros alpművelést. Sokkal fontosabbnak tartják a szármadványok kezelését. Minden további lépés alapja, hogy betakarításkor apróra (<4 cm) kell zúzni és egyenesen szét kell teríteni a felszínen a tarlómaradványokat.

A német gazdák által felvázolt művelési elvek eredményeként Barczy et al. nemcsak az alsóbb talajrétegek állapotát találták lazultabbnak és élettelibbnek, de a felső rétegben is szerkezetesebb,

porózusabb állapotot találtak. A felszintakarás (mulcs) talajvédő – erózió, defláció, szerkezet – hatását is észlelték. A monitoring során – a mulcsműveléses területeken – nem tapasztaltak eróziós jelenségeket, eliszapolódást, cserepedést, kérgességet, talajelhordást.

Barczy et al. közlik a német gazdálkodók azon tapasztalatait, miszerint a mulcshagyás növeli a növényvédelmi kockázatokat. E nehézségek viszont átgondolt és előrelátó növényvédelem mellett kezelhetők.

Monitoring tevékenysége alapján Barczy és munkatársai a forgatás nélküli mulcsművelés legfőbb hasznát a talaj ökológiai funkcióinak támogatásában látják. A talajállapot javulása ennek következménye. Barczy et al. (2015) németországi monitoring tevékenységeik eredményeit annál is inkább hasznosnak tartom, mivel e témakörben alapvető rálátást biztosítanak a Közép-Európai térségre.

Az áttekintett szakirodalom alapján úgy vélem, hogy a talajkímélő formában megvalósuló mulcshagyó művelés kedvező hatással bír a talaj tömörödöttségének csökkentésére, ezzel együtt a lazultság fenntartására. A kedvező hatás elsősorban a biológiai folyamatok elősegítésén és a talaj felső rétegének védelmén keresztül valósul meg.

2.5.6. A felszintakarás jelentősége a talaj szénveszteségének csökkentésében és szervesanyag-tartalmának növelésében

A humusz a biológiai folyamatok anyag- és energiatartaléka, salakanyaga és mellékterméke. A humuszanyagok döntően befolyásolják a talajok szerkezetét, lazultságát, hő- és nedvességforgalmát, tápanyag-gazdálkodását, termékenységét (Rátonyi, 2006). A talajba juttatott szervesanyagok (növényi maradványok) átalakulása a lebontó (mineralizáció) és építő (humifikáció) mikrobiális és biokémiai folyamatok eredménye. A növényi maradványok könnyen feltáródó részei – összetett cukrok – 4-6 hét alatt lebomlanak. A nehezebben feltáródó – lignin – anyagok bomlása kedvező talajállapot mellett 8-10 hét alatt mehet végbe. A szervesanyag feltáródását, humusszá alakulását számos talajállapot tulajdonság befolyásolja. A talaj hőmérséklete és nedvességtartalma befolyásolja leginkább a szervesanyag bomlásának intenzitását (Smith et al., 2003; Zsembeli et al., 2005). Egyéb tényezők is befolyásolják a CO₂-emissziót, amelyek a talaj pH értéke, a tápanyagok mennyisége, illetve a vegetáció aktivitása, azaz a gyökérlégzés és a heterotrofikus élőlények légzése (Reth et al., 2005; Tóth et al., 2006; Birkás et al., 2011).

A talajok szerves szénkészletének felbecsüléskor a kutatók arra következtetésre jutottak, hogy a művelésbe vonás nagy valószínűséggel a készletek felének elvesztésével járt (Rátonyi, 2006). A szén szén-dioxid formában a légterbe került. A talajművelés jellegét és a kialakult

talajállapotot a CO₂-kibocsátás alapján is lehet minősíteni. Szabó (1986) szerint a sokmenetes, intenzív művelés az oxidatív és az aerob mikrobiális légzési folyamatok serkentésével a talaj humifikált és ásványosodott szerves anyagait pusztítva járul hozzá a szervesanyag-fogyáshoz. A nem bolygatott talajban a humuszgyarapító és -lebontó folyamatok egyensúlyban vannak. A szerkezet- és szervesanyag kémlelő művelés a humuszlebontó folyamatok szabályozásán és a széndioxid emisszió mérséklésén keresztül hozzájárul a szervesanyag-fogyás megállításához és a talajminőség javulásához (Rátonyi, 2006; Birkás et al., 2011).

A talaj szerves anyagainak fogyása és CO₂ formájában a légkörbe jutása nemcsak a talajállapot leromlásában jelent kárt. A széndioxid emisszió keresztül a talajművelés is hozzájárul a globális felmelegedéshez (ECAAF, 1999; IPCC, 2007; Delgado et al., 2011).

A talaj szénkészletének fogyása, a szervesanyag lebomlásának dinamikája és a vele járó CO₂-emisszió mérése, mérhetősége sokak által kutatott téma. A vélemények szerteágazóak, abban viszont egyezőség mutatkozik, hogy a talajok szerves szénkészletének óvása rendkívül fontos. A talajállapot fenntartásához, javításához növelni kell a szervesanyag tartalmat.

Salinas-Garcia és munkatársai (2001) Közép-Mexikóban (vertisol, andisol talajok) végeztek vizsgálatokat a talajművelés és a növényi maradvány-kezelés szervesanyag tartalomra gyakorolt hatásának kimutatására. A hat évet felölelő tartamkísérletben kukorica monokultúra jelentette a növényi sorrendet, öntözött körülmények között. A talajművelési kezeléseket hagyományos, no-till és minimális művelés jelentette. Ezt kombinálták 33%, 66% és 100% mulcsborítással. Azt tapasztalták, hogy talajművelés intenzitása kifejezetten nagy hatással van a talaj szervesanyag tartalmának változására. A no-till és minimum művelésű variánsokban – minden takartsági szinten – kb. kétszeres szerves szén-, valamint mikrobiális szén- és nitrogén mennyiséget mértek a talaj felső 50 mm zónájában, a hagyományosan művelt, takarás nélküli kontrollhoz képest. Emellett a szerves nitrogén és foszfor mennyiségének növekedését is tapasztalták a kémlelő jellegű és mulcsos kezeléseknél. E jelenségeket a felszíni rétegben felhalmozódó és folyamatosan lebomló, átalakuló növényi maradványoknak egyértelmű hasznaként tartják számon. Úgy vélik, kedvezőtlen klimatikus viszonyok között a szármagmaradványok eltávolítása jelentősen csökkentheti a növénytermesztés fenntarthatóságát. Kísérletük fenntarthatóságát – hat év kukorica monokultúra – is hatékonyan segítette a talajkémlelő művelés és a felszintakarás. A takarás mennyiségét illetően úgy találták, hogy trópusi hőmérsékleti viszonyokhoz 60%-os borítottság, míg mérsékelt égövi körülmények közé 30%-os borítottság lehet hatékony. A növényi maradványok lebomlásának gyorsaságát kell alapul venni a mulcsborítás kialakításához.

Svájcban, ökológiai gazdálkodási körülmények között állítottak be művelési tartamkísérletet Berner és munkatársai (2008), amelyben a csökkentett – forgatást mellőző – művelés talajállapot jellemzőkre gyakorolt hatását vizsgálták. Elsődleges céljuk a forgatás nélküli művelés ökológiai

gazdálkodásban való alkalmazhatóságának kutatása volt. A kísérleti körülményeket a 45% agyagtartalmú cambisol talaj és az 1000 mm körüli csapadék mennyiség jellemzi. Három év (2002-2005) kímélő jellegű – forgatás nélküli – művelés 7,4%-kal növelte a szerves széntartalmat a talaj felső 10 cm rétegében. Ezzel szemben a hagyományos, szántásos művelésben a kiindulási szinten maradt az érték. Ezen felül a vizsgálati időszak végén, a csökkentett művelésben 28%-kal több teljes mikrobiális szervesanyag tartalom volt mérhető, mint a hagyományosan művelt kezelésben. A talaj 10-20 cm-es rétegében Berner et al. nem tapasztalták a felsőbb rétegre jellemző szervesanyag- és széntartalom eltéréseket. Ez talán a három éves kísérleti időtartam rövidejével magyarázható.

Hosszabb, 21 év időtartamú, ausztrál talajhasználati tartamkísérlet eredményeiről számoltak be Heenan és munkatársai (2004). A nagyszabású, összetett kísérletet Új-dél Walesben, Wagga Wagga környékén állították be, chromic luvisol talajon. Különböző vetésváltásokat, nitrogén ellátási szinteket, valamint talajművelési módokat hasonlítottak össze. Elsősorban a talaj szerves szén- és nitrogén készletének alakulását követték nyomon. Számításaik szerint búza-búza vetésváltásban, tarlóégetés és háromszori kultivátoros művelés kombinációjában, 21 év alatt a talaj felső 10 cm rétegének szerves széntartalma 8,2 t/ha-ral csökkent. Here (*Trifolium subterraneum*)-búza váltásban, a tarlóégetés mellőzésével és direktvetéssel 3,8 t/ha szerves széngyarapodást értek el, hasonlóan a felső 10 cm talajrétegben, 21 év alatt. A szervesanyag megtartása mellett a kisebb bolygatás járul hozzá a szerves széntartalom gyarapodását. Erre Heenan et al. azt hozzák bizonyítékul, hogy minden vetésváltási variációban a háromszori kultivátoros művelés nagyobb szénvesztést eredményezett, mint a minimális bolygatást jelentő direktvetés.

Blanco és Lal (2007) 10 év időtartamú szalma mulcsozós kísérletet végeztek Ohio-ban, Crosby silt talajtípuson. Kísérletükkel arra kerestek a választ, hogy növelhető-e a talaj szerves széntartalma a folyamatos mulcsozással (szalma mulcs), illetve milyen egyéb talajállapot jellemzőkre van hatással az eljárás. A kísérlet során bekövetkező talajminőség változások elsősorban a felső 5 cm rétegben jelentkeztek. Ez vélhetően a no-till művelésnek a következménye, mivel a mulcs nem jutott le a mélyebb rétegekbe. Gupta et al. (1994) úgy vélik, ha talajműveléssel a mélyebb zónába is jut szervesanyag, akkor ott is bekövetkezik az állapotjavulás.

Blanco és Lal (2007) számításai szerint a 10 éves kísérlet végére mintegy 33%-kal növekedett a szerves széntartalom az állandó mulcsborítás hatására. E mellett a felszintakarás átlagosan 30%-kal több nedvességet őrzött meg a felső talajrétegben, a mulcs nélküli kezeletlen kontrollhoz képest. A felső 5 cm talajrétegben 40-50%-kal kisebb térfogattömeg adatokat jegyeztek a mulcs variánsban, emellett javult a talaj szerkezetessége is. Utalnak arra is, hogy

számításaik szerint a kijuttatott szervesanyag (szalmamulcs) egyharmad része alakult át széné a talajban, míg a kétharmada CO₂ formájában a légkörbe került.

A talaj szénkészletének alakulását, a szénvesztéseget – a fentebb említett talajnedvesség és hőmérséklet mellett – alapvetően befolyásolja a talajművelés jellege (Jóri, 2004; Rátonyi, 2006; Birkás et al., 2011; Rádics et al., 2014). Az intenzív mélyművelés, a felszín elmunkálásának, visszatömörítésének elmaradása túlzott levegőzöttséget eredményez. Ilyen esetben a kutatók szerint (Ball et al., 1999; Zsembeli et al., 2005; Birkás et al., 2010_a, 2011, 2014; Rádics et al., 2014) felerősödnek a szervesanyag-oxidációs folyamatok, megnövekszik a CO₂-emisszió. Ez idővel csökken, majd szinte állandó értékre áll be. Az ilyen jellegű CO₂-kibocsátási és szénvesztési dinamika elsősorban a szántásos és közép mély lazításos művelésekre jellemző (Ball et al., 1999; Jóri, 2004; Rádics et al., 2014). A talajkímélő, mulcshagyó művelések ezzel szemben alacsonyabb kezdeti emissziót mutatnak. Ez a kisebb levegőzöttséggel, a felszín visszazárásával, szigeteltségével magyarázható. A későbbiek során – a növényi maradványok folyamatos átalakulása, lebomlása következtében – némileg magasabb CO₂-kibocsátás mutatkozik. Ez a szervesanyag teljes művelt rétegben való egyenletes eloszlásának és az élénkebb talajéletnek köszönhető (Lal, 1997; Salinas-Garcia et al., 2001; Zsembeli et al., 2005; Rádics et al., 2014). A kedvezőbb talajállapot segíti a mineralizációs és humifikációs folyamatokat. A felszintakarásos, mulcshagyó művelések a legtöbb esetben nem mutatnak kiugróan magas CO₂-emissziós értékeket, hanem egy alacsony szintű, de folyamatos szénvesztéséről tanúskodnak.

A szénvesztés csökkentése fontos kritérium a növénytermesztés fenntarthatóságának biztosításában. A talajok szervesanyag tartalma, ezen belül a széntartalom nagy hatással bír a talaj fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságaira (Six et al., 1998; Baldock, 2002; Skjemstad, 2002). A növénytermesztésre ható klimatikus eredetű kockázatok mérséklése szempontjából javasolható a talaj szervesanyag-fogyását csökkentő művelési megoldások alkalmazása. E célból a tudatos tarlómaradvány-kezelés és a felszintakarással járó mulcsművelés hasznos.

2.6. Következtetések a feldolgozott szakirodalom alapján

- A hagyományos művelésre jellemző látványos mechanikai beavatkozások, a sok menetszám, a gyomoktól és növényi maradványoktól mentes, *tiszta felszín* egyfajta minőséget sugallt, amelyet kedveltek a termelők. A hagyományos felfogás szerint a több művelet biztonságosabban alapozza a termést, mivel egy következő beavatkozással javítható az előzőekben elért gyengébb minőség.

- Kezdetben a növényvédő szerek hiánya, később gyenge hatása miatt (egészen az 1970-es évekig) erős érv volt a szántás és a sok munkamenet mellett a gyomok, a kórokozók és a kártevők elleni viszonylagos jó hatás.

- A forgatásos művelés mindaddig általános volt, amíg szántóföldi kísérletek be nem bizonyították, hogy a növények talajállapot igénye eke nélkül, kevesebb menettel is létrehozható (XX. sz. második fele).

- Felismerték a forgatásos talajművelési rendszerekre jellemző nagy menetszám talajállapotot lerontó (tömörödés, szerkezet leromlás, biológiai tevéketlenség, kitettség eróziós és deflációs folyamatoknak, kiszáradás, túlzott levegőzöttség) hatásait.

- Bizonyítást nyert a gondatlan tarlókezelés és a sokmenetes talajművelés szervesanyag és humusztartalom csökkentő hatása. A talaj szervesanyag mérlegének romlása (szénvesztés) miatt bekövetkező humusztartalom csökkenés 10 év alatt akár 25%, míg 50-60 év alatt akár 50-55% is lehet (Six et al., 1998; ECAF, 1999).

- Igazolást nyert a talajkímélő mulcsművelés jótékony hatása a talaj szénkészletére és humusz tartalmára. Birkás (2008_b) szerint csernozjom talajon – talajkímélő műveléssel – 10 év alatt statisztikailag igazolhatóan növelhető a humusztartalom.

- A művelés eredetű állapothibák, a súlyosbodó időjárási szélsőségek elleni védtelenség és a romló termésátlagok ösztönözték a talajvédő, -kímélő szemléletű művelési rendszerek kialakítását és elterjesztését.

- Birkás (2007_a) felhívja a figyelmet a tarlómaradvány-kezelés és a biológiai tevékenység közötti kapcsolatra. A mulcsborítást, a felszíntakarást alapvető fontosságúnak tartja a talaj biológiai életének fenntartásában.

- A kutatók egyre gyakrabban hangsúlyozzák, hogy a klimatikus szélsőségek gyakoribbá válásával fokozódik a termelést nehezítő klímakárok mértéke.

- Felismerést nyert, hogy a felszíntakarást is biztosító mulcsművelés képes mérsékelni a szélsőséges időjárási jelenségek talajállapot degradáló hatásait (kiszáradás, szerkezet leromlás, leiszapolódás, tömörödés). A növényi maradványokkal történő felszíntakarás tehát talajvédő hatású.

- A felszíntakarásos mulcsművelés alkalmazása csökkenti mind a művelés-, mind a klimatikus eredetű talajállapot leromlást és képes elősegíteni a talajminőség javulását.

- A mulcsművelés – a talajminőség jobbításán keresztül – a szántóföldi növénytermesztés fenntarthatóságát elősegíti.

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1. A kutatómunka körülményei

A kísérleti munkát három különböző hazai termőhelyen beállított talajművelési tartamkísérletben végeztem, 2007 és 2009 között.

A Szent István Egyetem GAK Kht. Józsefmajori Kísérleti- és Tangazdaságában (Hatvan), a 2002-ben, Birkás által indított talajművelési tartamkísérletben elsősorban talajállapot jellemzőket vizsgáltam.

A másik két termőhelyen – Peresznye és Sarud – beállított üzemi jellegű talajművelési kísérletekben a talajállapot jellemzőkön kívül a termésre és az ökonómiai viszonyokra vonatkozó adatgyűjtést is végeztem.

3.1.1. A hatvan-józsefmajori termőhely, a kísérleti tér és a talajművelési tartamkísérlet jellemzése

Földrajzi fekvés és domborzati viszonyok

A Szent István Egyetem GAK Kht. Józsefmajori Kísérleti és Tangazdasága az észak-alföldi hordalékkúp-síkság és Cserhát-vidék határán helyezkedik el (3. Melléklet 1. kép). A domborzati viszonyok változatosak, az erózió tetten érhető jelenség. A tengerszint feletti magasság 128 és 350 m közötti, enyhén DK-nek lejtő dombság. Geomorfológiailag a Cserhát heglábfelületének tekinthető a terület.

Éghajlati tényezők

Az évi középhőmérséklet 9,5-10 °C, a vegetációs időszakban 16,3-16,8 °C; 10 °C fölötti középhőmérséklet átlagban 183 napon át mérhető, április 13. és november 13. között. Az évi abszolút hőmérsékleti maximumok 32,5 és 33 °C közöttiek. A 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. A 2007., a 2008. és a 2009. évi csapadék adatokat, havi lebontásban az *1. táblázat* tartalmazza.

1. táblázat. A vizsgálati időtartamra vonatkozó csapadékadatok (mm), havi és éves lebontásban (józsefmajori telephelyi mérés)

| Hónap/Év | Sokévi átlag | 2007 | 2008 | 2009 |
|-------------------|--------------|------------|--------------|--------------|
| Január | 40 | 31,6 | 26 | 46,4 |
| Február | 34 | 52,2 | 5,4 | 43,8 |
| Március | 36 | 37,6 | 63 | 51,8 |
| Április | 42 | 4,2 | 49,8 | 3,8 |
| Május | 66 | 64,4 | 66 | 37,2 |
| Június | 70 | 65 | 59,6 | 114,7 |
| Július | 52 | 29,8 | 210,2 | 21,6 |
| Augusztus | 50 | 63,8 | 32 | 68 |
| Szeptember | 43 | 63,2 | 77,8 | 26,4 |
| Október | 50 | 57,2 | 42,8 | 58,6 |
| November | 55 | 15 | 30,4 | 99,8 |
| December | 42 | 0 | 23,8 | 68,4 |
| Összesen | 580 | 484 | 686,8 | 640,5 |

Talajviszonyok

A kísérleti terület talajtípusa mészlepedékes csernozjom (Calcic Chernozem), vályog fizikai féleséggel. Kémhatása kissé savanyú. A 0-40 cm réteg szervesanyag-tartalma átlagosan 2,83%. A talajjellemzőket a 2., 3. táblázatok foglalják össze.

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

| | |
|---------------------------------|--|
| A sz szint (0–30 cm) | Szárason 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 található. Állatjáratok nincsenek. Fokozatos, egyenletes átmenet jellemzi. Fizikai félesége agyagos vályog, pH-értéke 5,3. |
|---------------------------------|--|

| | |
|----------------------------|---|
| A 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 szint (75–100 cm) | Világos barnásszürke, nedvesen szürkésbarna, gyengén szerkezetes, aprómorzsás, mészlepedékes réteg. Mészereket és mészgöbcecseket tartalmaz. Elszórtan gilisztajáratok és krotovinák találhatók benne. Vályog fizikai féleségű, karbonát tartalma ++, pH-ja 6,2. |
| BCszint(100–130cm) | Szárazon barna, nedvesen sötétbarna réteg, melynek gyengén szerkezetes struktúrája aprómorzsás. Mészlepedéket, mészereket és mészgöbcecseket egyaránt tartalmaz. Vályog fizikai féleségű, karbonát tartalma +++, pH-ja 7,9. |

3. 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 tartalom (%) | 3,965 | 3,353 | 3,119 | 2,650 |
| NH₄-N mg | 5,19 | 4,73 | 4,41 | 3,58 |
| NO₃-N mg/100g | 3,46 | 2,37 | 2,65 | 1,88 |
| NH₄ +NO₃ mg/100g | 8,65 | 7,10 | 7,06 | 5,46 |
| Összes N tartalom (%) | 0,198 | 0,168 | 0,156 | 0,134 |
| Szerves C tartalom (%) | 2,230 | 1,930 | 1,829 | 1,575 |
| C:N arány | 11,36 | 11,56 | 11,69 | 11,90 |
| AL₂-P₂ O₅ mg/kg | 128 | 95 | 85 | 58 |
| AL-K₂O mg/kg | 231 | 166 | 162 | 170 |

A talajművelési kísérlet leírása

A józsefmajori talajművelési kísérlet 2002 őszén került elindításra, Dr. Birkás Márta vezetésével. A kísérleti terület határpontjainak GPS koordinátáit és földfelszín feletti magasságának adatait a 4. táblázat tartalmazza.

4. táblázat. A józsefmajori talajművelési kísérleti tér GPS koordinátái (Stingli mérése nyomán)

| Határpontok | Északi szélesség | Keleti hosszúság | Tengerszint feletti magasság (m) |
|-------------|------------------|------------------|----------------------------------|
| TM1 | N 47°41.357' | EO 19°36.226' | 136 m |
| TM2 | N 47°41.269' | EO 19°36.187' | 136 m |
| TM3 | N 47°41.219' | EO 19°36.426' | 135 m |
| TM4 | N 47°41.309' | EO 19°36.462' | 140 m |

A józsefmajori talajművelési tartamkísérlet kezeléseit négy ismétlésben, sávos véletlen elrendezésben kerültek beállításra. Az egyes talajművelési kezelések parcellaméretei 13x158 méter.

Az alábbi kezeléseket alkalmaztuk:

1. alapművelés szántással (SZ), (26-30 cm),
2. művelés nélküli direktvetés (DV),
3. sekélyművelés kultivátorral (SM), (14-16 cm),
4. mulcshagyó művelés kultivátorral (KM), (22-25 cm),
5. sekélyművelés hagyományos tárcsával (T), (16-18 cm),
6. lazítás síktárcsás felszín elmunkálással (L+T), (40 cm).

A kezelések alapvetően az alapművelés jellegében térnek el egymástól. Az SZ kezelésben az alapművelést rászertelt elmunkáló hengerrel rendelkező váltvaforogató ekével végzik, 28-30 cm mélységben. Az alapművelést követően a felszintakarás megszűnik a kezelésben. Az L+T variáns esetében 40 cm mélységű közép mély lazítás jelenti az alapművelést, amelyet szükség esetén síktárcsás felszín lezárás követ. Az SK kezelésben 14-16 cm (3. Melléklet 4. kép), míg az MK kezelésben 22-25 cm munkamélységű szántóföldi kultivátorozás jelenti az alapművelést. A T kezelésben 16-18 cm mélységű, hagyományos tárcsával végzett tárcsázás az alapművelés. A DV variánsban alapművelés nem történik. A bolygatás minimalizálását szemlélteti ez a kezelés, a művelés esetlegesen tarlóhántásra korlátozódik, amelyet síklapú tárcsával végeznek.

A tartamkísérlet növényi sorrendje a következő volt:

2001/2002: őszi búza (a kísérletet megelőzően),

2002: nyáron fehér mustár, mint talajkondíció javító köztes növény,
 2002/2003: őszi búza,
 2003/2004: rozs,
 2004: zöldborsó,
 2004/2005: őszi búza,
 2005: nyáron fehér mustár, mint talajkondíció javító köztes növény,
 2005/2006: őszi búza,
 2006: nyáron facélia, mint talajkondíció javító köztes növény,
 2007: kukorica,
 2008: napraforgó,
 2008/2009: őszi búza.

A józsefmajori talajművelési tartamkísérletben elvégzett mérések típusait és időpontjait az 5. táblázat foglalja össze.

5. táblázat. Mérési időpontok a józsefmajori talajművelési tartamkísérletben (2008-2009)

| Mérések és időpontjaik | | 2008.05.05. | 2008.05.10. | 2008.06.03. | 2008.07.24. | 2008.07.29. | 2008.10.03. | 2008.10.09. | 2008.11.13. | 2009.04.01. | 2009.05.08. | 2009.06.29. | 2009.06.30. | 2009.07.16. | 2009.08.27. |
|------------------------|----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1 | Tarlómaradvány borítás | x | | | | x | | x | | x | | | x | | x |
| 2 | Talajnedvesség | x | | | | x | | x | | x | | | x | | x |
| 3 | Talajellenállás | x | | | | x | | x | | x | | | x | | x |
| 4 | Agronómiai szerkezet | | x | | x | | | x | | | x | x | | | x |
| 5 | CO ₂ kibocsátás | x | | x | | | x | | x | x | | | | x | x |

3.1.2. A peresznyi termőhely, a kísérleti tér és a talajművelési tartamkísérlet jellemzése

Peresznye község Vas megye nyugati részén, Kőszegtől 10 km-re észak-északkeletre, a Kőszegi járásban, a kőszeg-lövői út mellett, erdővel borított dombok közötti völgyben fekszik. A település GPS koordinátái a következők: É. sz. 47° 25' 25", K. h. 16° 39' 03". Csapadékviszonyait alapvetően meghatározza az Alpok-alja közelsége. Talajviszonyait tekintve a meghatározó talajtípus a barna erdőtalaj, agyagos-vályog fizikai féleséggel és nagy Arany-féle kötöttségi értékkel. A kísérlet beállításakor (2007) talaj humusztartalma a teljes tábla átlagában: 10 cm-en 3,01%; 20 cm-en 2,58%; 30 cm-en 1,76%; 40 cm-en 1,36% volt (SZIE TALT mérése).

A termőhely talajai – magas agyagtartalmuknál fogva – nehezen művelhetőek. A művelések kedvező minőségben történő elvégezhetőségének szempontjából a rendelkezésre álló időtartam rendszerint szűk. Kiemelt figyelmet követel a művelés szempontjából kedvező talajnedvesség meghatározása és a talajnedvességhez leginkább igazodó művelő eszköz megválasztása.

A kísérleti tér talaja kötött, agyagos-vályog fizikai féleségű, barna erdőtalaj. A terület lejtése enyhe észak-keleti irányú. A kísérleti területet képező tábla területe 10,8 ha, a talajminőség a táblán belül homogén.

A peresznyei talajművelési tartamkísérlet (3. Melléklet 2. kép) a 2007-2009 közötti időtartamot átfogóan, táblafelezéses módszerrel került kialakításra. A kezeléseket hagyományos jellegű, forgatásra épülő és forgatás nélküli, mulcshagyó művelési variánsok alkották. A kísérlet beállítása előtt az adott növényhez igazították az alpművelés módját, jellemzően csak a tavaszi vetésű, kapás növények alá végeztek szántást. Tehát a gazdaságban a forgatás nélküli, mulcshagyó művelés eddig is ismert és alkalmazott megoldás volt. A talajkímélő, mulcsművelés műszaki feltételei adottak a gazdaságban.

A kísérlet időtartama alatti növényi sorrend a következő volt:

2007/2008: őszi káposztarepce,

2009: kukorica.

Minden egyéb agrotechnikai és növényvédelmi eljárás kivitelezése azonos módon történt a kísérlet teljes területén.

A peresznyei kísérletben a mulcsművelés talajállapot jellemzőkre gyakorolt hatásának vizsgálata mellett ökonómiai és műszaki, alkalmazhatósági kérdésekre is kerestem a válaszokat.

A peresznyei talajművelési kísérletben elvégzett mérések típusait és időpontjait az 6. táblázat foglalja össze.

6. táblázat. Mérési időpontok a peresznyei talajművelési kísérletben (2007-2009)

| Mérések és időpontjaik | | 2007.10.13. | 2008.04.25. | 2008.06.01. | 2008.08.03. | 2008.09.14. | 2009.04.25. | 2009.06.29. | 2009.09.02. |
|------------------------|----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1 | Tarlómaradvány borítás | x | x | x | x | x | x | x | x |
| 2 | Talajnedvesség | x | x | x | x | x | x | x | x |
| 3 | Talajellenállás | x | x | x | x | x | x | x | x |
| 4 | Agronómiai szerkezet | x | x | x | x | x | x | x | x |
| 5 | CO ₂ kibocsátás | x | x | x | x | x | x | x | x |

3.1.3. A sarudi termőhely, a kísérleti tér és a talajművelési tartamkísérlet jellemzése

Sarud község Heves megye déli részén, a Füzesabonyi járásban, a Tisza-tó partján fekszik. A település GPS koordinátái a következők: É. sz. 47° 35' 42", K. h. 20° 35' 24". Csapadékviszonyait az alföldi elhelyezkedése határozza meg, de a Tisza-tó víztömegének befolyásoló hatása érezhető. Talajviszonyaiban érvényre jut az ártéri fekvés. A termőhely talajtípusa szikesedésre hajlamos réti csernozjom, agyagos-vályog fizikai féleséggel és magas Arany-féle kötöttséggel. A kísérlet beállításakor (2007) talaj humusztartalma a teljes tábla átlagában: 10 cm-en 4,61%; 20 cm-en 4,17%; 30 cm-en 3,78%; 40 cm-en 3,58% volt (SZIE TALT mérése).

A nagy agyagtartalom és a szikesedés erősen megnehezíti a művelhetőséget. A művelés kedvező minőségben történő elvégzésére rendszerint szűk időtartam és talajnedvességi állapot áll rendelkezésre. A kedvező minőségű talajműveléshez nagy odafigyelés, szakmai körültekintés szükséges. A nehéz talajviszonyok erősen leszűkítik a minőségi művelésre alkalmas munkagépek körét.

A kísérleti teret képező tábla sík fekvésű, kötött, szikesedést mutató réti talajjal (3. Melléklet 3. kép). A tábla a Tisza-tó és a Laskó-patak találkozásánál, ártéri területen fekszik. Egyik hosszanti oldalával határos az árvízvédelmi töltés szivárgó csatornájával. Területe 20 ha, a talajminőség táblán belül homogénnek tekinthető. A talajművelési tartamkísérletet 2007-ben indítottam, 2009-ben zártam le, táblafelezéses kialakítást alkalmaztam. A talajművelési kezeléseket az egyik variánsban a hagyományos, mechanikai szemléletű művelésre jellemző módon végezték, míg a másik variánsban mulcshagyó műveléseket alkalmaztak. E gazdaságban a talajkímélőnek tekinthető eszközök korlátozottan állnak rendelkezésre, tehát a forgatás nélküli művelést középmedly lazítóra és hagyományos tárcsára alapozzák. Magágykészítésre a nehéz talajviszonyok miatt rendszerint kompaktort használnak.

A tartamkísérlet ideje alatt a növényi sorrend a következőképpen alakult:

2007: őszi káposztarepce,

2008: zab (szenázs céljából),

2009: silókukorica.

Minden egyéb agrotechnikai és növényvédelmi eljárás végrehajtása azonos módon történt a kísérlet teljes területén.

A sarudi termőhelyen a korlátozott műszaki feltételek miatt különös érdeklődéssel vizsgáltam a talajállapot jellemzők alakulását és kerestem választ ökonómiai szempontból is a felszintakarásos mulcsművelés alkalmazhatóságára.

A sarudi talajművelési kísérletben elvégzett mérések típusait és időpontjait az 7. táblázat foglalja össze.

7. táblázat. Mérési időpontok a sarudi talajművelési kísérletben (2007-2009)

| Mérések és időpontjaik | | 2007.09.22. | 2008.04.15. | 2008.06.20. | 2008.07.20. | 2008.09.12. | 2008.11.05. | 2009.04.11. | 2009.06.21. | 2009.08.06. |
|------------------------|----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1 | Tarlómaradvány borítás | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| 2 | Talajnedvesség | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| 3 | Talajellenállás | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| 4 | Agronómiai szerkezet | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| 5 | CO ₂ kibocsátás | x | x | x | x | x | x | x | x | x |

3.2. A vizsgálat módszerei a talajművelési tartamkísérletekben

3.2.1. A talajnedvesség vizsgálat

A talajnedvesség mérését (tömeg%-ban) PT-I nedvességmérő műszerrel (Kapacitív Kkt., Budapest) végeztem, a talaj 50 cm mélységéig, 10 cm léptékben, öt ismétlésben.

3.2.2. A talajellenállás vizsgálat

A talaj lazultságának minősítésére talajellenállás mérést végeztem a Mobitech Bt. által gyártott Szarvasi rugós erőmérővel (Daróczy és Lelkes, 1999; Daróczy, 2005). A készülék 50 cm mélységig alkalmas a talaj tömörödöttségének helyszíni megállapítására. A méréseket 50 cm mélységig, 10 cm léptékben végeztem, öt ismétlésben.

3.2.3. A CO₂-emisszió vizsgálat

A szén-dioxid emisszió vizsgálatához hordozható, zárt (0,00385m³ térfogatú) mérőedényes módszert használtam. A zárt mérőedényekben a talaj CO₂-kibocsátása következtében megváltozik a levegő CO₂-koncentrációja. A CO₂-koncentráció változását Testo 535 típusú infravörös CO₂-gázanalizátor segítségével mértem, fél órás időközönként, öt ismétlésben. A készülék ppm-ben adja meg a mért koncentrációt. Az eredményekből a különböző talajművelési variánsok CO₂-kibocsátásra gyakorolt hatását igyekeztem kimutatni.

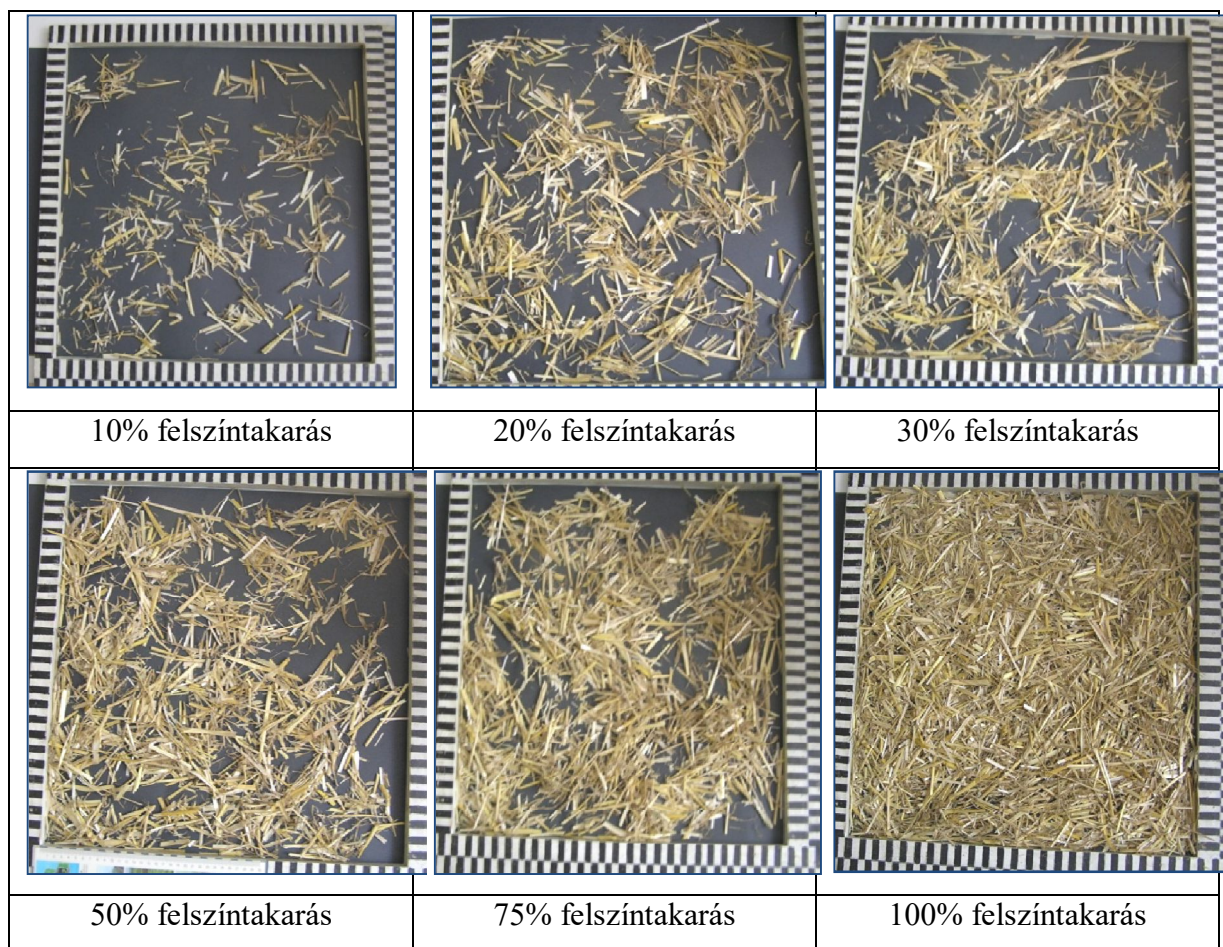
3.2.4. Az agronómiai szerkezetvizsgálat

Az agronómiai szerkezet megítélésekor az aggregátumok mérete alapján osztályozzuk a szerkezeti elemeket, és a különböző mérettartományok frakciók arányát határozzuk meg (Stefanovits, 1992). A vizsgálathoz a talajminta vétel a talaj felső 15 cm rétegéből történt, kezelésenként 3 ismétlésben. A mintákat légszáraz állapotig – természetes körülmények között – hagytam kiszáradni, majd száraz szitálásos módszerrel különítettem el az egyes mérettartományba tartozó frakciókat.

Négy mérettartományt különítettem el: rög > 10 mm, morzsa 2,5-10 mm, apró morzsa 0,25-2,5 mm, por <0,25 mm frakciókat. A minta össztömegének és az egyes frakciók tömegének ismeretében százalékos formában fejeztem ki az agronómiai szerkezetet.

3.2.5. A tarlómaradvány borítottság vizsgálatok

8. táblázat. Standard fotósorozat a felszínakarás vizuális meghatározásához (Birkás nyomán).



A tarlómaradvány-borítottság megállapításához 0,25 m² mérőkeretet és standard fotósorozatot (Birkás nyomán) használtam. A felszíntakarást (mulcs) százalékos formában fejeztem ki. A Birkás által létrehozott standard fotósorozat képeit a 8. táblázat tartalmazza.

3.2.6. A termés és egyéb ökonómiai mutatók vizsgálata

A peresznyei és a sarudi kísérleti helyszínen kiemelt célom volt a felszíntakarásos, mulcshagyó művelés gyakorlati alkalmazhatóságának vizsgálata. E célból – a talajállapot jellemzők mellett – a talajművelésre fordított üzemanyag mennyiségét és a terméseket is nyomon követtem, összehasonlítottam.

3.2.7. A statisztikai elemzés módja

Statisztikai módszerek közül a kezeléshatás elemzésére az egytényezős varianciaanalízist alkalmaztam (Sváb, 1981), míg a szignifikáns különbségek kimutatására F-statisztikát (Fisher LSD-teszt) használtam 95, illetve 99%-os megbízhatósági szinten ($P < 0,05$; illetve $P < 0,01$). A minőségi változók közötti összefüggést regresszió analízissel vizsgáltam.

4. EREDMÉNYEK

4.1. A felszintakarás változása a kezelésekben, a vizsgálati időszakban

4.1.1. A felszintakarás változása a józsefmajori talajművelési tartamkísérlet kezeléseiben, a vizsgálati időszakban

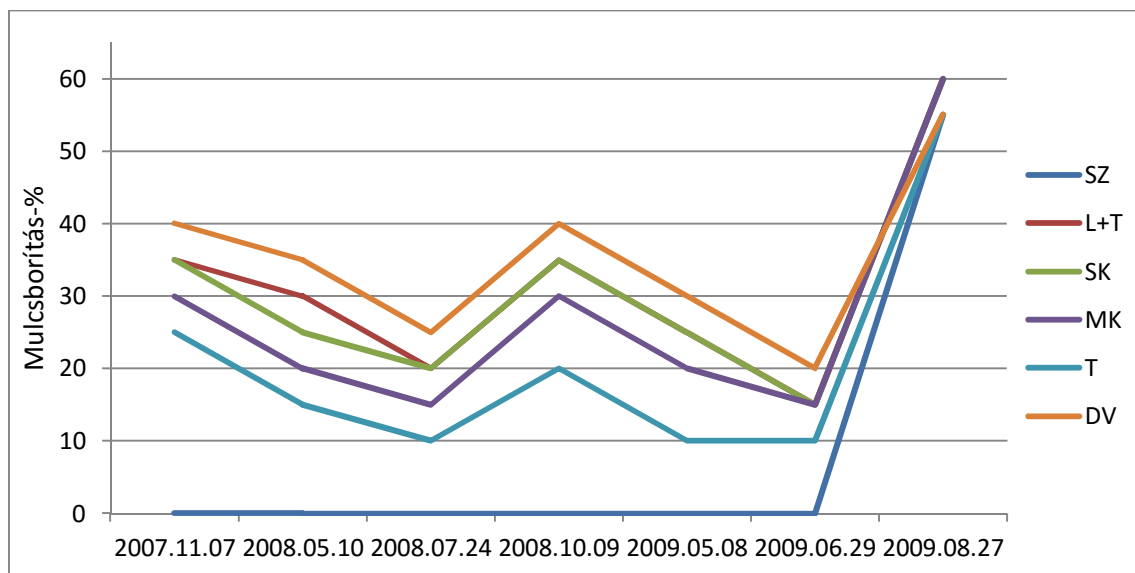
A szántás művelési variáns kivételével minden kezelésben folyamatos, változó mértékű mulcsborítás jellemző. A felszintakarás mértékét leginkább a bolygatás jellege, intenzitása határozza meg. A 9. táblázat mutatja az egyes kezelésekre jellemző felszintakarási értékeket a vizsgálati időszakokra vonatkozóan.

9. táblázat. A mulcsborítás változása az egyes kezeléseken, a jellemző időszakokban, a teljes vizsgálati időszakokra vonatkozóan (Józsefmajor)

| Időszak | Időpont | Felszintakarás-% | | | | | |
|--|------------|------------------|-----|----|----|----|----|
| | | SZ | L+T | SK | MK | T | DV |
| Kukorica után, alapművelést követően | 2007.11.07 | 0 | 35 | 35 | 30 | 25 | 40 |
| Napraforgó, tavasz | 2008.05.10 | 0 | 30 | 25 | 20 | 15 | 35 |
| Napraforgó, nyár közepe | 2008.07.24 | 0 | 20 | 20 | 15 | 10 | 25 |
| Napraforgó után, alapművelést követően | 2008.10.09 | 0 | 35 | 35 | 30 | 20 | 40 |
| Őszi búza, tavasz | 2009.05.08 | 0 | 25 | 25 | 20 | 10 | 30 |
| Őszi búza, nyár | 2009.06.29 | 0 | 15 | 15 | 15 | 10 | 20 |
| Búzatarló, hántás után | 2009.08.27 | 55 | 60 | 60 | 60 | 55 | 55 |

Az egyes időszakok felszintakarási értékei közötti különbségek statisztikai vizsgálatát az 1/a., 1/b. és 1/c. mellékletek szemléltetik.

Az 1. ábra a felszintakarás mértékének változását mutatja a kezeléseken a teljes vizsgálati időszakban. Az 1. ábra szerint a bolygatás mélysége, intenzitása szoros összefüggést mutat a felszintakarás változásával. Látható, hogy az SZ (3. Melléklet 5. kép) kezelésben nincs mulcsborítás – kivéve a 2009 nyári tarlófázist – míg a második legkisebb borítottság értékeket a T kezelés mutatja, amely a tárcsa intenzív keverő munkájának tudható be. A mélyművelés, különösen, ha keverő a munka (MK), jelentősen csökkenti a borítottságot (3. Melléklet 5. kép). Ezzel szemben a keverő munkával nem járó mélyművelés (L+T) kevésbé csökkenti a takarást. A legnagyobb felszintakarási értékek értelemszerűen a DV kezelésben találhatóak.



1. ábra. A felszintakarás változása a kezelésekben a teljes vizsgálati időtartam alatt (Józsefmajor)

4.1.2. A felszintakarás változása a peresznyi talajművelési tartamkísérlet kezeléseiben, a vizsgálati időszakban

10. táblázat. A mulcsborítás változása a peresznyi talajművelési kísérlet kezeléseiben a teljes vizsgálati időszakra vonatkozóan

| Időszak | Időpont | Felszintakarás-% | |
|-------------------------------------|------------|------------------|---------------------|
| | | Mulcs kezelés | Hagyományos kezelés |
| ősz bűza után, alpművelést követően | 2007.10.13 | 15 | 0 |
| repce tavasz | 2008.04.25 | 10 | 0 |
| repce betakarítás előtt | 2008.06.01 | 5 | 0 |
| tarlóhántást követően | 2008.08.03 | 30 | 30 |
| tarlóápolást követően | 2008.09.14 | 20 | 20 |
| kukorica kelésekor | 2009.04.25 | 10 | 0 |
| kukorica | 2009.06.25 | 10 | 0 |
| kukorica érésekor | 2009.09.02 | 5 | 0 |

A peresznyi talajművelési tartamkísérlet két kezelést tartalmaz. A hagyományos variánsban forgatásos alpművelést végeztek, amivel takarás nélküli – tiszta – felszint hoztak létre. A mulcs kezelésben forgatás nélküli módon végezték el az alpművelést, és ily módon a 10. táblázat szerinti felszintakarásokat érték el. A kezelések elsősorban az alpművelés jellegében térnek el

egymástól, de az elmunkálási és magágykészítési munkákban is fellelhetők különbségek, az agrotechnikai feladatoknak megfelelően.

A kísérleti időszak alatt könnyen lebomló növényi maradványok (búza és repce szalma) jelentették a takaróanyagot. Az alacsony szintű takarás csekély talajvédelmi hatása tovább csökken a mulcs folyamatos lebomlásával. 2009-ben széles sortávú növényt (kukorica) vetettek a kísérleti téren, még inkább kitéve a talajt a káros időjárási hatásoknak. A kísérlet eredményei talajvédelmi- és klímakár enyhítési szempontból minősítik a kialakított mulcsborítást.

4.1.3. A felszíntakarás változása a sarudi talajművelési tartamkísérlet kezeléseiben, a vizsgálati időszakban

11. táblázat. A mulcsborítás változása a sarudi talajművelési kísérlet kezeléseiben a teljes vizsgálati időszakra vonatkozóan

| Időszak | Időpont | Felszíntakarás-% | |
|---|------------|------------------|---------------------|
| | | Mulcs kezelés | Hagyományos kezelés |
| őszi káposztarepce után, alpművelést követően | 2007.09.22 | 15 | 0 |
| zab tavasz | 2008.04.15 | 5 | 0 |
| zab betakarítás előtt (szenázs) | 2008.06.20 | 5 | 0 |
| tarlóhántást követően | 2008.07.02 | 35 | 20 |
| tarlóápolást követően | 2008.08.23 | 25 | 10 |
| alpművelést követően | 2008.10.24 | 15 | 0 |
| kukorica kelésekor | 2009.04.11 | 10 | 0 |
| kukorica | 2009.06.21 | 10 | 0 |
| kukorica betakarítás előtt (szilázs) | 2009.08.06 | 5 | 0 |

A sarudi kísérleti téren beállított talajművelési tartamkísérlet – hasonlóan a peresznyeéhez – két kezelést tartalmazott. A mulcshagyó művelésű és a hagyományos változat alapvetően az alpművelés jellegében tért el egymástól. A mulcskezelésben forgatás helyett középmedly lazítás jelentette az őszi alpművelést. A 11. táblázat a művelések nyomán kialakult felszíntakarási értékeket szemlélteti.

A kísérletben kialakult mulcsborítási arányok talaj- és klímavédelmi hatását a vizsgálati eredmények minősítik. 2008-ban (repce szalma) és 2009-ben is (zabszalma) könnyen lebomló

növényi maradványok alkották a mulcsot, amely jelentősen befolyásolta a talajvédelmi funkciók érvényre jutását. A 2009-ben vetett silókukorica vetemény – a széles sortáv okán – erős kitettséget jelent a kedvezőtlen időjárási hatásoknak.

Mindhárom kísérleti helyszínen a jellemző mulcsborítási értékek (10-35% az alpművelést követően) megfelelnek a hazai és a közép-európai gyakorlatban tapasztalhatóknak. Jelentősen elmaradnak viszont az USA-ban, Dél-Amerikában vagy az Ausztráliában alkalmazott mulcshagyó művelési rendszerekben elvárt felszintakarási mennyiségektől (50% fölött az alpművelést követően).

4.2. A talajnedvesség vizsgálatok eredményei

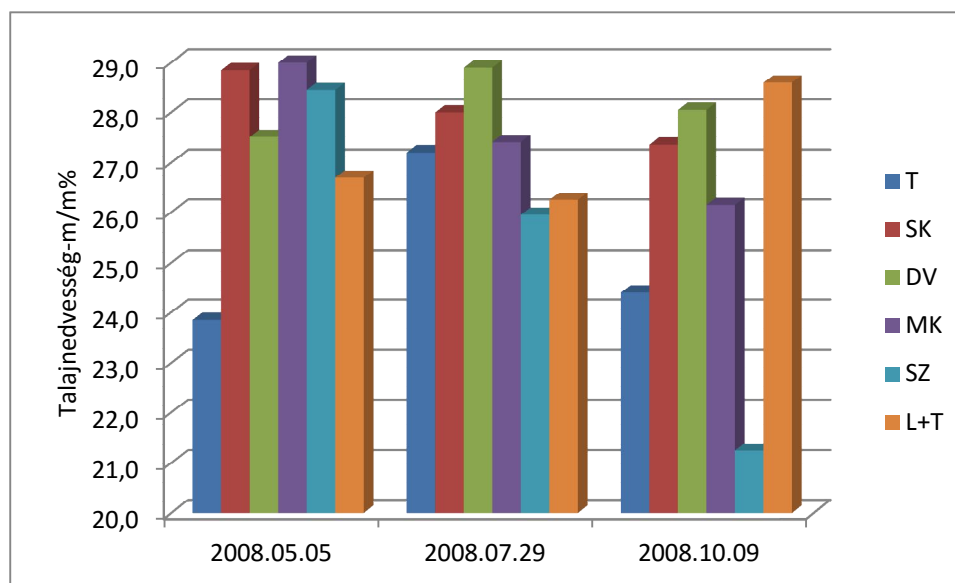
4.2.1. A józsefmajori talajművelési tartamkísérletben végzett talajnedvesség vizsgálatok eredményei

A talajnedvesség vizsgálatot 10 cm léptékben, 50 cm mélységig végeztem. Az adatok áttekintése során azt tapasztaltam, hogy a talaj felső rétegében jelentős különbségek mutatkoznak a kezelésekben. Az alsó rétegekben a különbségek csökkennek, elmosódnak. Az adatok részletes statisztikai vizsgálata után két talajmélység nyomon követését találtam célszerűnek. A felszínközeli, 0-10 cm talajrétegre hat leginkább az időjárás, itt rövid idő alatt is nagy változások következnek be a talaj nedvességállapotában. A felszíni mulcsborítás is erre a talajrétegre van leginkább hatással, a klímavédelmi funkciók (nedvesség megőrzés) itt érhetők tetten leginkább. A 20-30 cm mélységben már kisebb nedvesség különbségek jellemzők, de azáltal, hogy a rendszeresen művelt réteg határa 30 cm körül van, kialakulhatnak tendenciák az egyes művelési variánsokban. E réteg nedvességháztartását leginkább a művelés mélysége, a bolygatás jellege (lazító, keverő, forgató eljárás), a szervesanyag-gazdálkodás, a művelési hibák befolyásolják. A következőkben e két talajréteg nedvességi adatait mutatom be.

A 2. ábra alapján elmondható, hogy 2008-ban, az első mérési időpontban a T kezelésben jelentősen kisebb talajnedvesség volt mérhető. Ez – figyelembe véve, hogy a területen növekvő fiatal napraforgó állomány gyökérzetének nagy része ebben a mélységben található – kockázatot jelent a fejlődésre nézve. Szembetűnő továbbá, hogy a kultivátoros kezelések (MK, SK) mellett a szántott (SZ) talaj nedvességtartalma is kedvezőnek értékelhető. Ez bizonyítja, hogy az ekére szerelt elmunkáló henger képes csökkenteni a szántott talaj nedvesség-veszteségét (Birkás, 2002, 2006_a, 2010_a).

A második vizsgálati időpontban az SZ kezelésben mutatkozott a legkedvezőtlenebb nedvességi állapot, míg a mulcshagyó variánsok talajában volt legnagyobb a nedvességtartalom.

Szembetűnő a DV kezelés legjobb értéke, amelyhez 9. táblázat szerint a legnagyobb felszintakarás is párosul. 2008 tavaszi és a nyári időszak adatait tekintve az a feltevés, hogy a felszintakarás segíti a talajnedvesség megőrzését, megalapozottnak látszik.



2. ábra. A 0-10 cm talajréteg nedvesség adatai a 2008. vizsgálati időpontokban

A harmadik vizsgálati időpont adatai az őszi alpművelések elvégzése utáni talajnedvesség viszonyokat tükrözik. A művelések nyomán a leginkább az SZ és a T variánsok esetében száradt ki a talaj. A szántásra jellemző mély forgatás átlegevőztette a talajt és az ekére szerelt elmunkáló henger ellenére nagy vízvesztő felület alakult ki a kezelésben. Így a szántás alkalmazása az MK-hoz képest mintegy 5 m/m%, az L+T kezeléshez képest több, mint 7 m/m% nedvességvesztéssel járt. A hagyományos tárcsás alpművelés (T) is nedvességvesztő volt, ezt bizonyítja, az MK-hoz képest mintegy 2 m/m%-kal, az SK-hoz képest pedig mintegy 3 m/m%-kal kisebb a nedvességtartalom. A legkedvezőbb nedvességi állapotban a minimális bolygatást jelentő DV és az ugyan mélyművelést jelentő, de a forgatással nem járó L+T kezelés volt. Az őszi alpművelések utáni talajnedvesség vizsgálat azt bizonyítja, hogy a mulcshagyó művelések alkalmazása csökkenti a nedvességvesztést. A 12. táblázat tartalmazza a 2008. év három vizsgálati időpontjában mért, 0-10 cm talajrétegre vonatkozó átlagolt nedvességtartalom értékeit az egyes kezelésekben. A 13. táblázat a varianciaanalízis vizsgálat eredményét mutatja. Annak ellenére, hogy a 2. ábra igazolja a kezelésekben tapasztalt talajnedvesség eltéréseket, a varianciaanalízis SZD_{5%} megbízhatósági szinten nem mutat szignifikáns különbségeket.

12. táblázat. A 0-10 cm-es talajréteg átlagos nedvesség értékei (m/m%) a kezelésekben (2008)

| Kezelések | 2008.05.05 | 2008.07.29 | 2008.10.09 |
|-----------|------------|------------|------------|
| T | 23,9 | 27,2 | 24,4 |
| SK | 28,9 | 28,0 | 27,4 |
| DV | 27,5 | 28,9 | 28,1 |
| MK | 29,0 | 27,4 | 26,2 |
| SZ | 28,5 | 26,0 | 21,3 |
| L+T | 26,7 | 26,3 | 28,6 |

13. táblázat. A 12. táblázat nedvesség értékeire vonatkozó varianciaanalízis összesítése

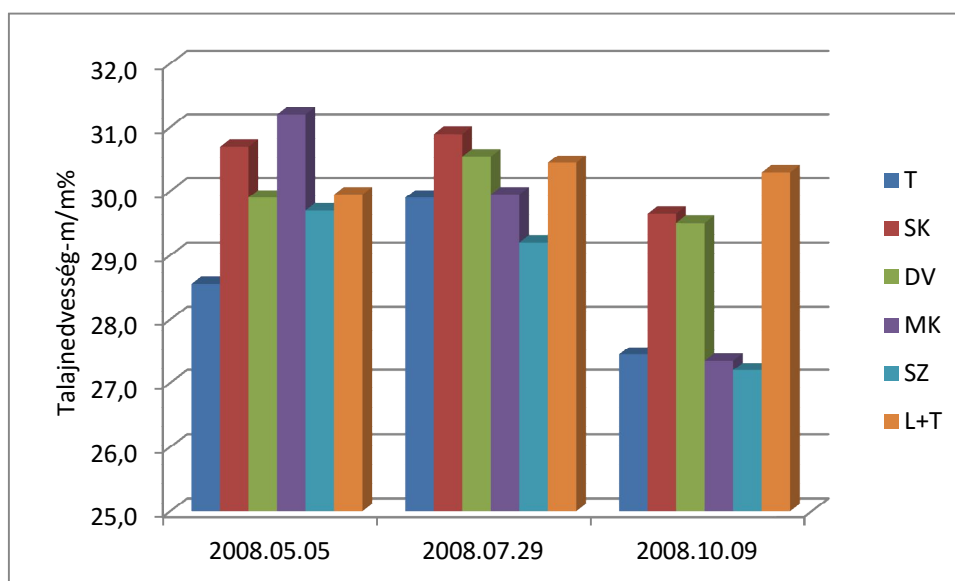
| Csoportok | Darabszám | Összeg | Átlag | Variancia |
|-----------|-----------|--------|----------|-----------|
| T | 3 | 75,45 | 25,15 | 3,2275 |
| SK | 3 | 84,2 | 28,06667 | 0,565833 |
| DV | 3 | 84,45 | 28,15 | 0,4975 |
| MK | 3 | 82,55 | 27,51667 | 2,040833 |
| SZ | 3 | 75,65 | 25,21667 | 13,36333 |
| L+T | 3 | 81,55 | 27,18333 | 1,555833 |

| VARIANCIAANALÍZIS | | | | | | |
|-------------------|----------|----|----------|----------|----------|----------|
| Tényezők | SS | df | MS | F | p-érték | F krit. |
| Csoportok között | 27,83403 | 5 | 5,566806 | 1,571742 | 0,241015 | 3,105875 |
| Csoporton belül | 42,50167 | 12 | 3,541806 | | | |
| Összesen | 70,33569 | 17 | | | | |

A 3. ábra a 20-30 cm talajréteg nedvességtartalom értékeit mutatja az egyes kezelésekben, a 2008. évben. Bár a különbségek kisebbek, még ebben a mélységben is kialakulhatnak akár 2-3 m/m% eltérések. Szembetűnő, hogy a kultivátoros (MK, SK), az L+T, valamint a DV kezelések valamennyi vizsgálati időszakban kedvezőbb értékeket mutatnak, mint a T és az SZ variánsok. Fontos megjegyezni, hogy az őszi alpművelések nyomán fellépő talajnedvesség-vesztés az L+T kezelésben volt a legkisebb, ez követik az SK és a DV értékei. Ennek alapján az őszi időszak – alpművelést követő – nedvességvesztését leginkább a kisebb bolygatással járó talajművelési megoldások mérséklék.

A 14. táblázat a 2008. év három vizsgálati időpontjában mért, 20-30 cm talajrétegre vonatkozó átlagolt nedvességtartalom értékeket mutatja az egyes kezelésekben, míg 15. táblázat a varianciaanalízis eredményét. A varianciaanalízis SZD_{5%} megbízhatósági szinten nem mutat

szignifikáns különbségeket az egyes kezelések nedvességtartalom értékei között. Ennek érthető magyarázata a kezelések céljában van, ugyanis mindegyiket talaj- és nedvesség kímélő céllal terveztük meg.



3. ábra. A 20-30 cm talajréteg nedvesség adatai a 2008. vizsgálati időpontokban

14. táblázat. A 20-30 cm talajréteg átlagos nedvesség értékei (m/m%) a kezelésekben (2008)

| Kezelések | 2008.05.05 | 2008.07.29 | 2008.10.09 |
|-----------|------------|------------|------------|
| T | 28,6 | 29,9 | 27,5 |
| SK | 30,7 | 30,9 | 29,7 |
| DV | 29,9 | 30,6 | 29,5 |
| MK | 31,2 | 30,0 | 27,4 |
| SZ | 29,7 | 29,2 | 27,2 |
| L+T | 30,0 | 30,5 | 30,3 |

15. táblázat. A 14. táblázat nedvességtartalom értékeire vonatkozó varianciaanalízis összesítése

| Csoportok | Darabszám | Összeg | Átlag | Variancia |
|-----------|-----------|--------|----------|-----------|
| T | 3 | 85,9 | 28,63333 | 1,505833 |
| SK | 3 | 91,25 | 30,41667 | 0,450833 |
| DV | 3 | 89,95 | 29,98333 | 0,280833 |
| MK | 3 | 88,5 | 29,5 | 3,8575 |
| SZ | 3 | 86,1 | 28,7 | 1,75 |
| L+T | 3 | 90,7 | 30,23333 | 0,065833 |

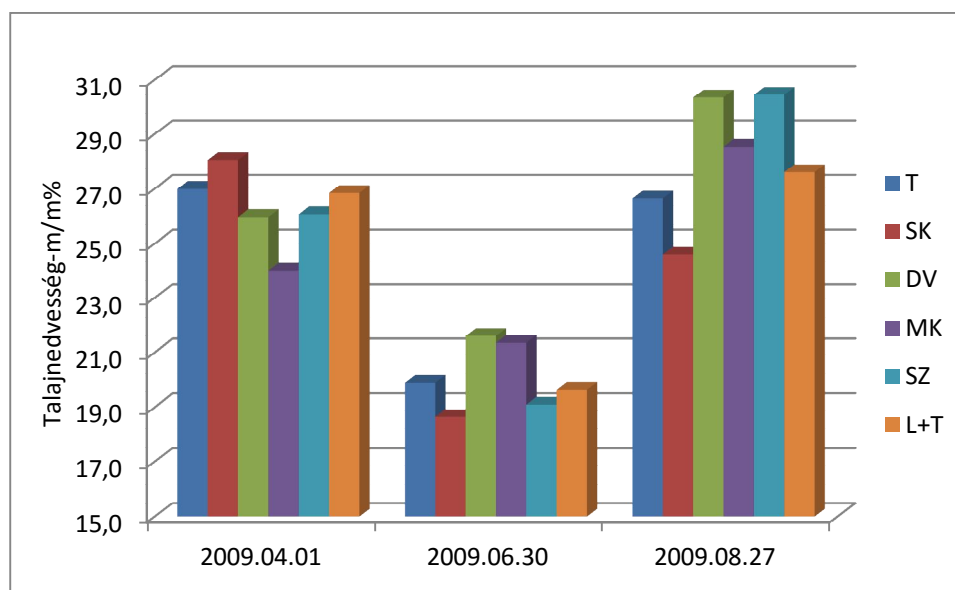
| VARIANCIANALÍZIS | | | | | | |
|------------------|----------|----|----------|----------|----------|----------|
| Tényezők | SS | df | MS | F | p-érték | F krit. |
| Csoportok között | 8,899444 | 5 | 1,779889 | 1,349963 | 0,309057 | 3,105875 |
| Csoporton belül | 15,82167 | 12 | 1,318472 | | | |
| Összesen | 24,72111 | 17 | | | | |

A 4. ábra a 2009-ben mért, 0-10 cm talajrétegre vonatkozó talajnedvességi adatokat szemlélteti. A tavaszi időszakban a 2008-ban megfigyelthez képest kisebb különbségek tapasztalhatók az egyes kezelések között. A 2008-ban kapott értékkel ellentétben, 2009 tavaszán a T kezelés nem mutat nagymértékű nedvesség veszteséget. A legnagyobb talajnedvesség tartalom az SK kezelésben volt.

A nyári vizsgálati időpontban – az őszi búza betakarítása előtt – a DV és az MK kezelés mutatta a legkedvezőbb talajnedvességi értékeket. Figyelemre méltó összefüggés, hogy adott időpontban a DV kezelésben volt a legnagyobb a mulcsborítás aránya (20%). E vizsgálati időpontban meglepő viszont az SK kezelés legalacsonyabb nedvességi adata.

A nyár végi – tarlófázist követő – vizsgálati időpontban a DV és SZ kezelések mutatták a legnagyobb nedvességi adatokat, míg az SK és a T variáns a legalacsonyabbakat.

A 16. táblázat a 2009. év három vizsgálati időpontjában mért, 0-10 cm talajrétegre vonatkozó átlagolt nedvességtartalom értékeket összesíti az egyes kezelésekben. A 17. táblázat pedig a varianciaanalízis eredményét mutatja.



4. ábra. A 0-10 cm talajréteg nedvesség adatai a 2009. vizsgálati időpontokban

16. táblázat. A 0-10 cm talajréteg átlagos nedvesség értékei (m/m%) a kezelésekben (2009)

| Kezelések | 2009.04.01 | 2009.06.30 | 2009.08.27 |
|-----------|------------|------------|------------|
| T | 27,0 | 19,9 | 26,7 |
| SK | 28,1 | 18,7 | 24,6 |
| DV | 26,0 | 21,6 | 30,4 |
| MK | 24,0 | 21,4 | 28,6 |
| SZ | 26,1 | 19,1 | 30,5 |
| L+T | 26,9 | 19,7 | 27,6 |

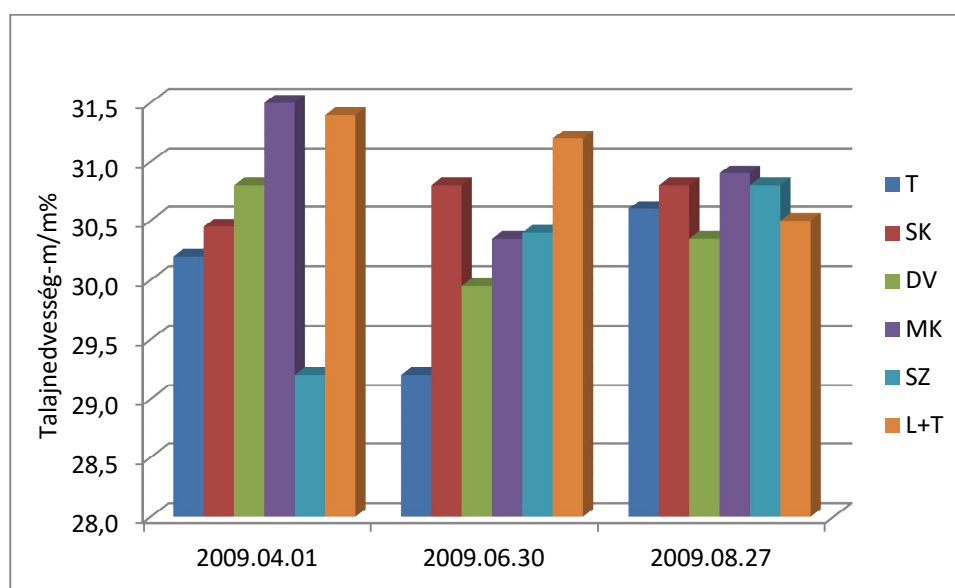
17. táblázat. A 16. táblázat nedvességtartalom értékeire vonatkozó varianciaanalízis eredménye

| ÖSSZESÍTÉS | | | | | |
|------------|-----------|--------|----------|-----------|--|
| Csoportok | Darabszám | Összeg | Átlag | Variancia | |
| T | 3 | 73,55 | 24,51667 | 16,01583 | |
| SK | 3 | 71,3 | 23,76667 | 22,61083 | |
| DV | 3 | 77,9 | 25,96667 | 19,14083 | |
| MK | 3 | 73,9 | 24,63333 | 13,26083 | |
| SZ | 3 | 75,6 | 25,2 | 32,7475 | |
| L+T | 3 | 74,1 | 24,7 | 19,2675 | |

| VARIANCIAANALÍZIS | | | | | | |
|-------------------|----------|----|----------|----------|----------|----------|
| Tényezők | SS | df | MS | F | p-érték | F krit. |
| Csoportok között | 8,120694 | 5 | 1,624139 | 0,079198 | 0,994278 | 3,105875 |
| Csoporton belül | 246,0867 | 12 | 20,50722 | | | |
| Összesen | 254,2074 | 17 | | | | |

A varianciaanalízis SZD_{5%} megbízhatósági szinten nem mutat szignifikáns különbséget az egyes kezelések között, amely a hasonlóan kedvező talajállapotnak tudható be.

Az 5. ábra a 20-30 cm talajréteg nedvességtartalom értékeit összesíti az egyes kezelésekben, a 2009. évben. A tavaszi vizsgálati időpontban az MK és az L+T kezelésekben mértem a legnagyobb talajnedvességet, ezt követte a DV variáns. Ekkor jelentősen kisebb nedvesség volt mérhető az SZ kezelésben. A nyári mérési időpontban a T kezelés mutatta a legkedvezőtlenebb talajnedvességi állapotot a 20-30 cm talajrétegben. A többi művelési változat értékei 1 m/m%-on belül vannak, de a legnagyobb nedvességi értékkel az L+T kezelés bírt. A nyár végén, a beéredett talajú tarlón végzett mérés alig mutatott eltérést a talajnedvesség értékek között.



5. ábra. A 20-30 cm talajréteg nedvesség adatai a 2009. vizsgálati időpontokban

A 18. táblázat a 2009. év három vizsgálati időpontjában mért, 20-30 cm talajrétegre vonatkozó átlagolt nedvességtartalom értékeit tartalmazza az egyes kezelésekben, míg a 19. táblázat a varianciaanalízis eredményét. Látható, hogy a statisztikai elemzés a szokásos megbízhatósági szinten nem mutat szignifikáns különbséget az egyes kezelések között.

18. táblázat. A 20-30 cm talajréteg átlagos nedvesség értékei (m/m%) a kezelésekben (2009)

| Kezelések | 2009.04.01 | 2009.06.30 | 2009.08.27 |
|-----------|------------|------------|------------|
| T | 30,2 | 29,2 | 30,6 |
| SK | 30,5 | 30,8 | 30,8 |
| DV | 30,8 | 30,0 | 30,4 |
| MK | 31,5 | 30,4 | 30,9 |
| SZ | 29,2 | 30,4 | 30,8 |
| L+T | 31,4 | 31,2 | 30,5 |

19. táblázat. A 18. táblázat nedvességtartalom értékeire vonatkozó varianciaanalízis eredménye

| ÖSSZESÍTÉS | | | | | | |
|------------------|-----------|--------|----------|-----------|----------|----------|
| Csoportok | Darabszám | Összeg | Átlag | Variancia | | |
| T | 3 | 90 | 30 | 0,52 | | |
| SK | 3 | 92,05 | 30,68333 | 0,040833 | | |
| DV | 3 | 91,1 | 30,36667 | 0,180833 | | |
| MK | 3 | 92,75 | 30,91667 | 0,330833 | | |
| SZ | 3 | 90,4 | 30,13333 | 0,693333 | | |
| L+T | 3 | 93,1 | 31,03333 | 0,223333 | | |
| VARIANCIANALÍZIS | | | | | | |
| Tényezők | SS | df | MS | F | p-érték | F krit. |
| Csoportok között | 2,672778 | 5 | 0,534556 | 1,612401 | 0,230359 | 3,105875 |
| Csoporton belül | 3,978333 | 12 | 0,331528 | | | |
| Összesen | 6,651111 | 17 | | | | |

Megállapítható, hogy a 2009. vizsgálati évben az adatok nagy szórást mutatnak, emiatt nehéz tendenciákat kimutatni a talajnedvesség tekintetében. Ennek oka a 2009. év sajátos időjárásával, a tartós szárazsággal magyarázható.

Áttanulmányozva a két vizsgálati év adatait, elmondható, hogy a legtöbbször a T kezelés mutatott jelentős nedvesség veszteséget a többi kezeléshez viszonyítva. Ez a tény a kényszercsökkenett művelési rendszerekhez tartozó tárcsás művelés kockázatát igazolja. A talaj – főként a felsőbb rétegben – gyakorta kiszárad, és a tárcsázással kialakított legfeljebb 10% körüli mulcsborítás nem elegendő a nedvesség visszatartására. A tárcsás mellett a szántásos művelés mutatott még több esetben jelentős nedvességvesztést. Leginkább a tavaszi és a nyár végi időszakokban tapasztaltam nagyobb eltéréseket a többi kezeléshez képest. A forgatással

átlevegőztetett, tiszta felszínű talaj nagymértékű nedvességvesztése tehát e kísérletben is több esetben igazolt.

Az eredmények a mulcshagyó variánsok talajnedvesség veszteség csökkentésében tapasztalható előnyét igazolják. Az SK, MK, L+T, DV kezeléseknél a kémleletes bolygatás és mulcsolt felszín együttesen eredményezett kisebb nedvesség veszteséget. Hasonlókról számoltak be Greb et al. már 1970-ben, Huang et al. 2005-ben, Kalmár et al. 2013-ban, Stagnari et al. 2014-ben, valamint Kalmár 2015-ben. Szembetűnő, hogy az L+T kezelés bár mélyítő jellegű művelés, azáltal, hogy nem forgató eljárás, több esetben is kiemelkedően nedvességtakarékosnak bizonyult. A nedvesség befogadását ez a kezelés segíti elő a legnagyobb mértékben. Főként a nyár végi alpműveléskor mutatkozott nedvességtakarékosabbnak a többi kezelésnél. A DV kezelésben a minimális talajbolygatás, és a felszínakarás együttesen eredményezhetett kedvező talajnedvességi értékeket. Stagnari et al. (2014) és Zhao et al. (2014) mérései szerint a felszínakarás mértékének növelésével a talaj nedvességvesztése is csökkent.

Annak megállapítására, hogy a felszínakarás milyen mértékben befolyásolja a talaj nedvességállapotát, regresszió vizsgálatot végeztem. Minden talajművelési variánsban elkészítettem a regressziós táblázatot, majd diagramon ábrázoltam a mulcsborítás értékei és a vonatkozó talajnedvességi adatok közötti összefüggéseket. E vizsgálati módszerrel megállapítható, van-e hatása a felszínakarásnak a talajnedvességre, és ha van, nyomon követhető, hogy a mulcsborítás mértéke milyen mértékben befolyásolja az adott kezelésben a nedvesség veszteséget.

A 20-25. táblázat és a 2/a-f. melléklet áttanulmányozásával kiderül, hogy a józsefmajori talajművelési tartamkísérlet 2008-2009. évi vizsgálati időszakában a felszínakarás egyik kezelésben sem befolyásolta jelentősen a talaj nedvességállapotát. Nem mutatkozott egyértelmű összefüggés a mulcsborítás mértéke és a nedvességi adatok változása között. A felszínakarásnál hatásosabban befolyásolta a talaj nedvességállapotát a bolygatás jellege, mélysége, továbbá az időjárási körülmények és a művelések óta eltelt idő.

20-21. táblázat. A regressziós táblázatok a T és az SK kezelésekre

| T | Mulcs% | Talajnedvesség-m/m% | | SK | Mulcs% | Talajnedvesség-m/m% | |
|------------|--------|---------------------|----------|------------|--------|---------------------|----------|
| | | 0-10 cm | 20-30 cm | | | 0-10 cm | 20-30 cm |
| 2008.05.10 | 15 | 23,90 | 28,60 | 2008.05.10 | 25 | 28,90 | 30,70 |
| 2008.07.24 | 10 | 27,20 | 29,90 | 2008.07.24 | 20 | 28,00 | 30,90 |
| 2008.10.09 | 20 | 24,40 | 27,50 | 2008.10.09 | 35 | 27,40 | 29,70 |
| 2009.05.08 | 10 | 27,00 | 30,20 | 2009.05.08 | 25 | 28,10 | 30,50 |
| 2009.06.29 | 10 | 19,90 | 29,20 | 2009.06.29 | 15 | 18,70 | 30,80 |
| 2009.08.27 | 55 | 26,70 | 30,60 | 2009.08.27 | 60 | 24,60 | 30,80 |

Polinomiális R² értékek: 0-10 cm: 0,11; 20-30 cm: 0,92 Polinomiális R² értékek: 0-10 cm: 0,61; 20-30 cm: 0,64

22-23. táblázat. A regressziós táblázatok a DV és az MK kezelésekhez

| DV | Mulcs% | Talajnedvesség-m/m% | | MK | Mulcs% | Talajnedvesség-m/m% | |
|------------|--------|---------------------|----------|------------|--------|---------------------|----------|
| | | 0-10 cm | 20-30 cm | | | 0-10 cm | 20-30 cm |
| 2008.05.10 | 35 | 27,50 | 29,90 | 2008.05.10 | 20 | 29 | 31,20 |
| 2008.07.24 | 25 | 28,90 | 30,60 | 2008.07.24 | 15 | 27,40 | 30,00 |
| 2008.10.09 | 40 | 28,10 | 29,50 | 2008.10.09 | 30 | 26,20 | 27,40 |
| 2009.05.08 | 30 | 26,00 | 30,80 | 2009.05.08 | 20 | 24,00 | 31,50 |
| 2009.06.29 | 20 | 21,60 | 30,00 | 2009.06.29 | 15 | 21,40 | 30,40 |
| 2009.08.27 | 55 | 30,40 | 30,40 | 2009.08.27 | 60 | 28,60 | 30,90 |

Polinomiális R² értékek: 0-10 cm: 0,61; 20-30 cm: 0,09

Polinomiális R² értékek: 0-10 cm: 0,23; 20-30 cm: 0,39

24-25. táblázat. A regressziós táblázatok az SZ és az L+T kezelésekhez

| SZ | Mulcs% | Talajnedvesség-m/m% | | L+T | Mulcs% | Talajnedvesség-m/m% | |
|------------|--------|---------------------|----------|------------|--------|---------------------|----------|
| | | 0-10 cm | 20-30 cm | | | 0-10 cm | 20-30 cm |
| 2008.05.10 | 0 | 28,50 | 29,70 | 2008.05.10 | 30 | 26,70 | 30,00 |
| 2008.07.24 | 0 | 26,00 | 29,20 | 2008.07.24 | 20 | 26,30 | 30,50 |
| 2008.10.09 | 0 | 21,30 | 27,20 | 2008.10.09 | 35 | 28,60 | 30,30 |
| 2009.05.08 | 0 | 26,10 | 29,20 | 2009.05.08 | 25 | 26,90 | 31,40 |
| 2009.06.29 | 0 | 19,10 | 30,40 | 2009.06.29 | 15 | 19,70 | 31,20 |
| 2009.08.27 | 55 | 30,50 | 30,80 | 2009.08.27 | 60 | 27,60 | 30,50 |

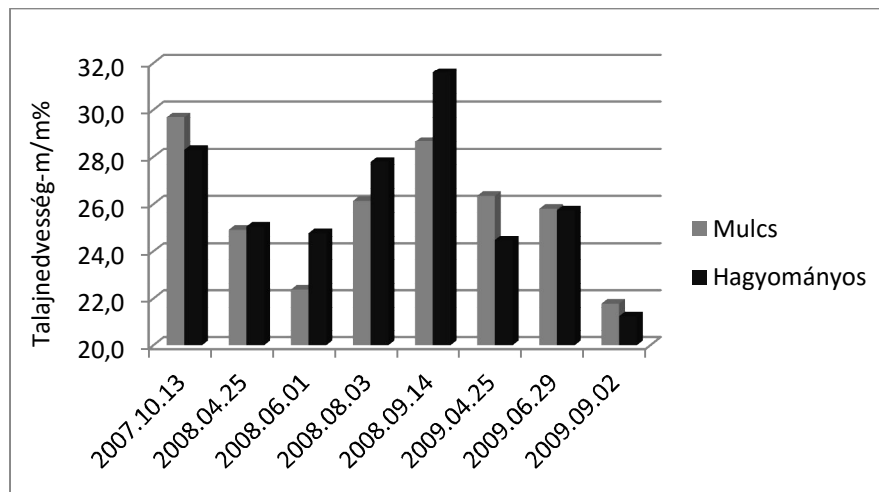
Polinomiális R² értékek: 0-10 cm: 0,36; 20-30 cm: 0,29

Polinomiális R² értékek: 0-10 cm: 0,80; 20-30 cm: 0,36

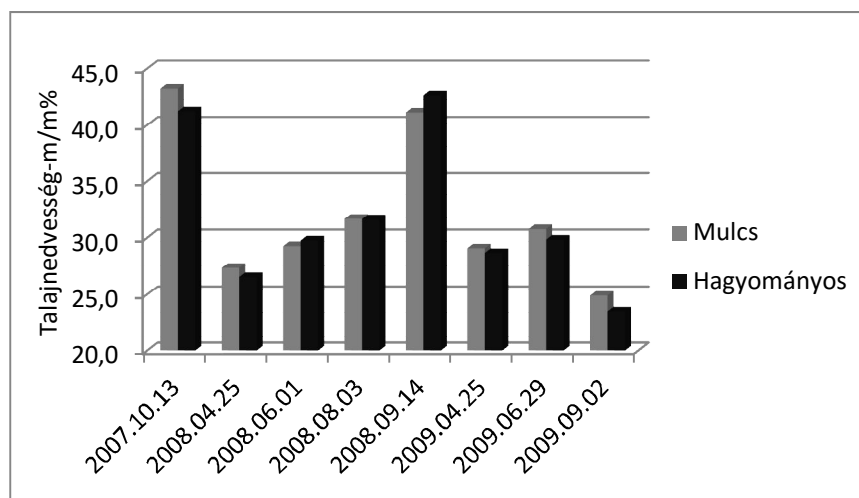
4.2.2. A peresznyi talajművelési tartamkísérletben végzett talajnedvesség vizsgálatok eredményei

Az adatok elemzése során – hasonlóan a józsefmajori kísérlethez – két talajréteg, a 0-10 cm és a 20-30 cm részletes értékelését tartottam célszerűnek. A két vizsgálati mélység külön-külön történő bemutatása segít eldönteni, hogy a művelés jellege, a felszíntakarás és az időjárási hatások miként befolyásolják a talajnedvesség viszonyokat.

A 6. ábra a peresznyi talajművelési tartamkísérlet két kezelésében a 0-10 cm rétegben mért nedvesség adatokat szemlélteti. Látható, hogy a 2007 őszen elvégzett alpműveléseket követően a szántott talajban kissé jobban kiszáradt a felső talajréteg. A tavaszi vizsgálati időpontban szinte megegyező átlagértékek mutatkoztak e vizsgálati mélységben. Később, a nyári időszakban megfordult ez a trend és a szántásos kezelésben mutatkoztak nagyobb talajnedvesség értékek. A 2009. vizsgálati időszakban végig a mulcs variáns bizonyult nedvességkímélőbbnek a 0-10 cm talajréteg mérési adatait figyelembe véve. Elmondható, hogy csekély különbségek jellemzők a kezelések között, amelyet a 3/a, b. mellékletekben található statisztikai értékelés eredménye is szemléltet. A varianciaanalízis SZD_{5%} megbízhatósági szinten nem mutatott ki szignifikáns különbséget a kezelések között, e mélységben.



6. ábra. A 0-10 cm talajréteg nedvességi adatainak változása a peresznyei kísérletben



7. ábra. A 20-30 cm talajréteg nedvességi adatainak változása a peresznyei kísérletben

A 7. ábra a 20-30 cm talajréteg nedvességi adatainak változását szemlélteti a két kezelésben. Elmondható, hogy nagyon kis különbségek mutatkoztak a kezelések között. Ezt igazolja a 4/ b. mellékletben található varianciaanalízis vizsgálat is, amely $SZD_{5\%}$ szignifikancia szinten nem mutatott különbséget a két kezelés talajnedvesség adatai között.

A kis nedvességkülönbségek minden bizonnyal visszavezethetők a nagy agyagtartalmú barna erdőtalajra és a kísérlet mindkét kezelésében gondosan végzett kíméletes talajművelésre. A mérési adatokat vizsgálva elmondható, hogy a talajnedvesség szempontjából egyik művelési változat sem jelentett kockázatot a termesztésre.

A felszintakarás talajnedvességet befolyásoló hatásának kimutatására regresszió vizsgálatot végeztem. A 26., 27. táblázatok és az 5/a, b. mellékletekben található regressziós görbék szerint a felszintakarás mértékének és a talajnedvesség adatok változása között nincs szoros összefüggés egyik kezelésben sem. Tehát a kezelések között tapasztalt egyes nedvességkülönbségeket nem elsősorban a felszintakarás mértékének különbözősége okozta.

26. táblázat. Regressziós táblázat a mulcs kezeléshez (Peresznye)

| Mulcs kezelés | Mulcs% | Talajnedvesség-m/m% | |
|--------------------------------------|--------|---------------------|----------|
| | | 0-10 cm | 20-30 cm |
| 2007.10.13 | 15 | 29,7 | 43,2 |
| 2008.04.25 | 10 | 24,9 | 27,3 |
| 2008.06.01 | 5 | 22,4 | 29,2 |
| 2008.08.03 | 30 | 26,1 | 31,6 |
| 2008.09.14 | 20 | 25,3 | 41,1 |
| 2009.04.25 | 10 | 26,3 | 29,0 |
| 2009.06.25 | 10 | 25,8 | 30,7 |
| 2009.09.02 | 5 | 21,8 | 24,9 |
| Polinomiális R ² értékek: | | 0,66 | 0,65 |

27. táblázat. Regressziós táblázat a hagyományos kezeléshez (Peresznye).

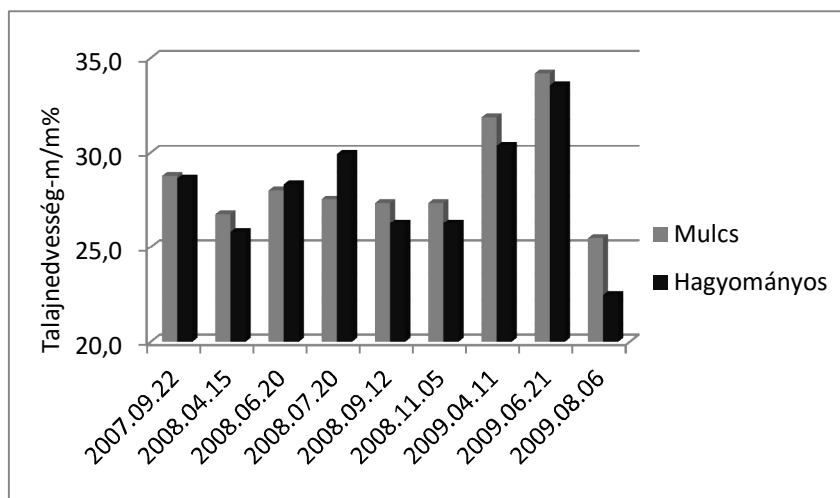
| Hagyományos kezelés | Mulcs% | Talajnedvesség-m/m% | |
|--------------------------------------|--------|---------------------|----------|
| | | 0-10 cm | 20-30 cm |
| 2007.10.13 | 0 | 28,3 | 41,2 |
| 2008.04.25 | 0 | 25,1 | 26,5 |
| 2008.06.01 | 0 | 24,8 | 29,8 |
| 2008.08.03 | 30 | 27,8 | 31,6 |
| 2008.09.14 | 20 | 31,6 | 42,6 |
| 2009.04.25 | 0 | 24,5 | 28,6 |
| 2009.06.25 | 0 | 25,8 | 29,8 |
| 2009.09.02 | 0 | 21,2 | 23,5 |
| Polinomiális R ² értékek: | | 0,61 | 0,43 |

4.2.3. A sarudi talajművelési tartamkísérletben végzett talajnedvesség vizsgálatok eredményei

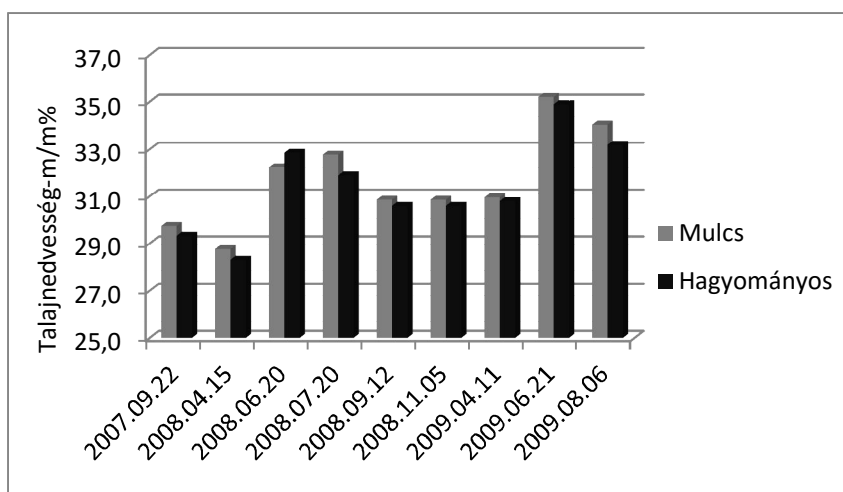
A sarudi talajművelési kísérlet nedvesség adatai hasonló formában kerülnek bemutatásra, mint a másik két helyszín esetében. Külön elemzem az időjárási hatásoknak erősebben kitett 0-10 cm, és a kevésbé érzékeny 20-30 cm talajréteg vizsgálati adatait.

A 8. ábra a sarudi talajművelési kísérlet kezeléseiben a 0-10 cm talajréteg nedvességi adatainak változását szemlélteti a teljes vizsgálati időszakban. A kilenc mérési időpontból hét alkalommal a mulcskezelésben mutatkozott nagyobb talajnedvesség. E talajréteg nedvességi értékei 2007 őszétől 2008 végéig 25-30 m/m% között alakultak. A 2009 tavaszán és nyár elején jellemző 30 m/m% feletti nedvesség tartalom 2009 nyár végére – a rendkívül aszályos időszak beálltával – drasztikusan lecsökkent 25 m/m% alá. Fontos megjegyezni, hogy a mulcskezelésben ekkor is meghaladta a 25 m/m%-ot a talajnedvesség a felszín közeli rétegben. Ez alapján elmondható, hogy a mulcshagyó művelés csökkentette a 0-10 cm talajréteg kiszáradását. A 6/a.,

b. mellékletek tartalmazzák a 0-10 cm talajréteg nedvességi adatainak statisztikai elemzését. A varianciaanalízis $P < 0,05$ szignifikancia szinten nem mutatott különbséget a kezelések között.



8. ábra. A 0-10 cm talajréteg nedvességi adatainak változása a sarudi kísérletben



9. ábra. A 20-30 cm talajréteg nedvességi adatainak változása a sarudi kísérletben

A 9. ábra a sarudi talajművelési kísérlet kezeléseiben a 20-30 cm talajrétegben mért nedvességi adatokat mutatja. Ebben a mélységben csak kisebb mértékű nedvességkülönbségeket tapasztaltam. Véleményem szerint ez leginkább a rendkívül nagy agyagtartalmú, kötött réti talajtípus hatása lehet. A 7/a., b. mellékletek szerint a varianciaanalízis vizsgálat nem mutatott szignifikáns különbséget a szokásos megbízhatóság mellett a kezelések között. Ennek ellenére a kilenc vizsgálati alkalomból nyolcszor a mulcs kezelés nedvesség adatai voltak nagyobbak.

A felszintakarás mértékének és a talajnedvesség változásának kapcsolatát regresszió vizsgálattal értékeltem.

28. táblázat. Regressziós táblázat a mulcskezeléshez (Sarud)

| Mulcskezelés | Mulcs% | Talajnedvesség, m/m% | |
|--------------------------------------|--------|----------------------|----------|
| | | 0-10 cm | 20-30 cm |
| 2007.09.22 | 15 | 28,8 | 29,7 |
| 2008.04.15 | 5 | 26,8 | 28,8 |
| 2008.06.20 | 5 | 28,0 | 32,0 |
| 2008.07.02 | 35 | 27,5 | 32,8 |
| 2008.08.23 | 25 | 27,3 | 30,9 |
| 2008.10.24 | 15 | 27,3 | 30,9 |
| 2009.04.11 | 10 | 31,9 | 31,0 |
| 2009.06.21 | 10 | 34,2 | 35,2 |
| 2009.08.06 | 5 | 25,5 | 34,0 |
| Polinomiális R ² értékek: | | 0,13 | 0,17 |

29. táblázat. Regressziós táblázat a hagyományos kezeléshez (Sarud)

| Hagyományos kezelés | Mulcs% | Talajnedvesség, m/m% | |
|--------------------------------------|--------|----------------------|----------|
| | | 0-10 cm | 20-30 cm |
| 2007.09.22 | 0 | 28,6 | 29,3 |
| 2008.04.15 | 0 | 25,8 | 28,3 |
| 2008.06.20 | 0 | 28,3 | 32,9 |
| 2008.07.02 | 20 | 29,9 | 31,9 |
| 2008.08.23 | 10 | 26,3 | 30,6 |
| 2008.10.24 | 0 | 26,3 | 30,6 |
| 2009.04.11 | 0 | 30,4 | 30,8 |
| 2009.06.21 | 0 | 33,6 | 34,9 |
| 2009.08.06 | 0 | 22,5 | 33,2 |
| Polinomiális R ² értékek: | | 0,08 | 0,03 |

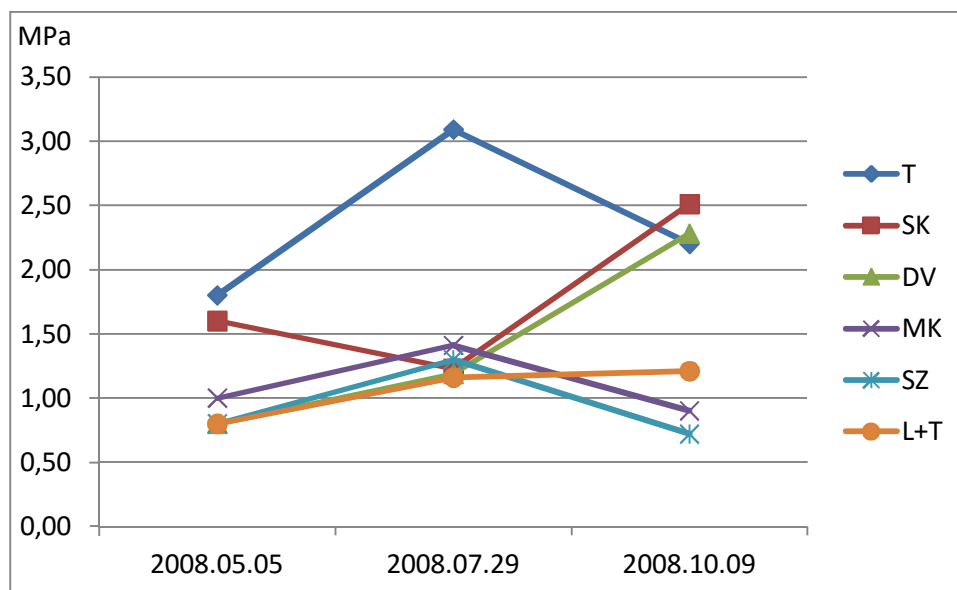
A 28., 29. táblázatok és a 8/a., b. mellékletek szerint a regresszió vizsgálat egyik kezelésben sem mutatott ki szoros összefüggést a felszintakarás mértéke és a talajnedvességi adatok között. Vagyis a kezelésekben kialakult talajnedvességi adatokra csekély befolyással bírt a jellemző 5-35% mulcsborítás. A takarás csekély nedvesség megőrző hatása adódhat abból is, hogy a növényi maradványok zúzása és szétterítése (eloszlása) nem volt tökéletes (3. Melléklet 8. kép). A mulcsborítás egyenlőtlen minőségű kialakítása jelentősen rontja a talajvédelmi funkciókat. A homogén felszínborítottság fontosságára utal Birkás (2006_c, 2007_a) és Kalmár et al. (2013) és Kalmár (2015) is.

Megfigyelhető a sarudi talajművelési kísérletben is – hasonlóan a peresznyeéhez –, hogy a mulcsborítás mértéke gyorsan csökken. A mulcskezelésben a tarlóhántás nyomán kialakult 30-35% takarás az alapműveléssel 15%-ra csökkent. A borítottság a következő tavaszi és nyári időszakban már csak 5-10%-ot mutatott, amely talaj- és klímavédelmi szempontból nem elegendő.

4.3. A talajellenállás vizsgálatok eredményei

4.3.1. A józsefmajori talajművelési tartamkísérletben végzett talajellenállás vizsgálatok eredményei

A talajellenállás penetrométeres vizsgálatát 50 cm mélységig, 10 cm léptékben vizsgáltam. Az adatok áttekintése, és részletes statisztikai vizsgálata után úgy láttam jobbnak, hogy két jellemző talajréteg lazultságát elemezzem. A 10-20 cm talajréteg lazultságára erőteljes hatással vannak az időjárási és az emberi tényezők is. A felszintakarás befolyásának vizsgálatára is célszerűnek találtam e talajréteget megvizsgálni. A 30-40 cm rétegben a műveléshibák által kialakult tömörödések jelennek meg, emellett kimutatható, hogy ebben a mélységben az egyes művelési változatok képesek-e lazult állapotot kialakítani vagy fenntartani. A természetbiztonságát ugyanis a mélyebben (30-40 cm) lazult állapot alapozza (Birkás, 2000, 2008_b).

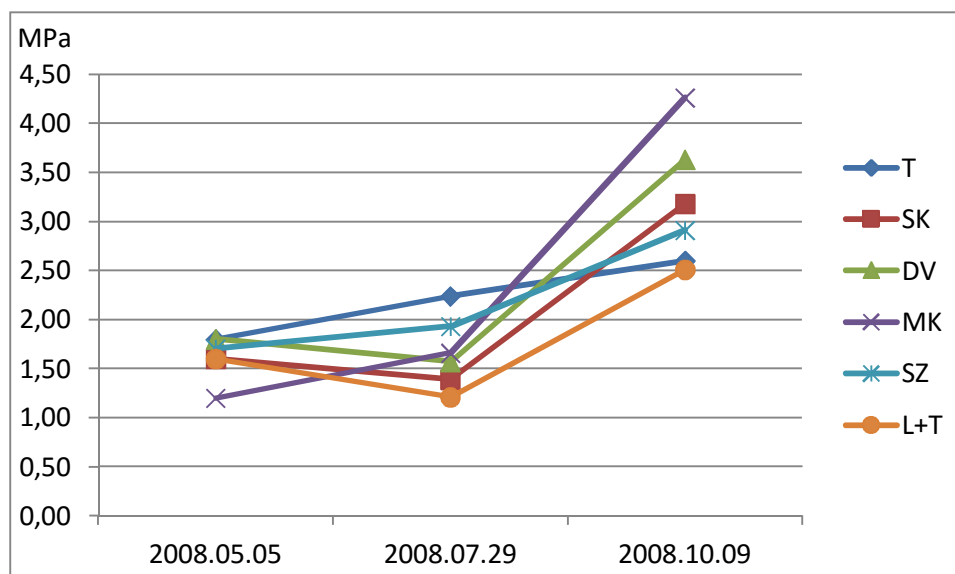


10. ábra. A 10-20 cm talajréteg talajellenállás értékei a 2008. vizsgálati időpontokban

A 10. ábrán látható, hogy a tavaszi mérési időpontban a 10-20 cm rétegben a T és az SK kezelés mutatta a legnagyobb talajellenállás értékeket. Ugyanakkor ezek az értékek sem jelentenek károsan tömör állapotot (vagyis < 3 MPa). Ellenben a nyári időpontban a T kezelés kiugróan magas értéket mutatott, amely az ülepedés mellett a szárazabb talajállapotnak tudható be.

Az őszi alapművelések elvégzése utáni mérés eredményei megmutatják, hogy a sekély művelési változatok (T, SK, DV) nyomán tömörebb talajállapot alakult ki a 10-20 cm rétegben. A mélyműveléses kezelések (MK, SZ, L+T) lényegesen lazultabb talajállapotot eredményeztek.

2008-ban a 10-20 cm talajréteg lazultsági állapotában a 9/a,b,c. mellékletek szerint SZD_{5%} megbízhatósági szinten a T-MK, a T-SZ és a T-L+T kezeléspárok között volt szignifikáns különbség. SZD_{1%} megbízhatósági szinten csak a T-SZ kezeléspár között mutatkozott különbség.



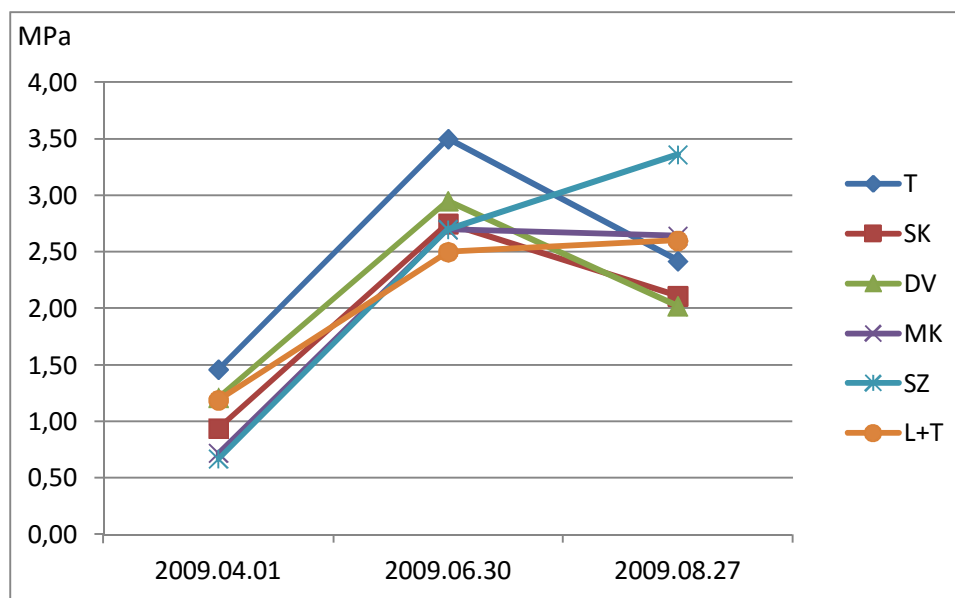
11. ábra. A 30-40 cm talajréteg talajellenállás értékei a 2008. vizsgálati időpontokban

A 11. ábrán látható, hogy 2008 tavaszi mérési időpontban a talaj 30-40 cm-es mélységében valamennyi kezelés lazult állapotot eredményezett. A leginkább lazult állapotban az MK kezelés talaja volt. Ez a talaj tavaszi nagyobb nedvességtartalmával is magyarázható. A nyári vizsgálati időszakban már jelentősebb különbség mutatkozott a penetrációs ellenállások tekintetében, bár a káros tömörödés mértékét egyik variáns esetén sem tapasztaltam. Szembetűnő a T kezelés legnagyobb penetrációs ellenállás értéke, ezt követi az SZ kezelés vonatkozó adata. Arra következtettek, hogy a nyári időszakra a talaj e két művelési variáns esetében megüledett, vagyis kevésbé tartotta meg a lazultságot az adott mélységben. Az őszi alpművelések elvégzése után a 30-40 cm talajrétegben az MK, az SK és a DV kezelés penetrációs ellenállás adatai elérik a károsan tömör szintet. Ezekben a művelési variánsokban a műveléshatár alatt tömör réteg mutatkozott. A nagyobb talajellenállás értékek azonban a szárazabb állapottal magyarázhatóak. A leginkább lazult állapotot e mélységben az L+T kezelés biztosította.

A 10/a,b. mellékletek tartalmazzák a 2008. vizsgálati évben, a 30-40 cm talajréteg penetrációs ellenállás értékeinek statisztikai vizsgálatának eredményeit. A varianciaanalízis nem eredményezett a szokásos megbízhatóság mellett szignifikáns különbségeket a kezelések között. Ennek ellenére kimutatható, hogy 2008-ban talajlazultság tekintetében főként a 10-20 cm vizsgálati mélységben jelentkeztek különbségek. E mélységben a T kezelés talajának állapota utal a várható a legnagyobb kockázatra. Figyelemre méltó, hogy a teljes 2008-as időszakban

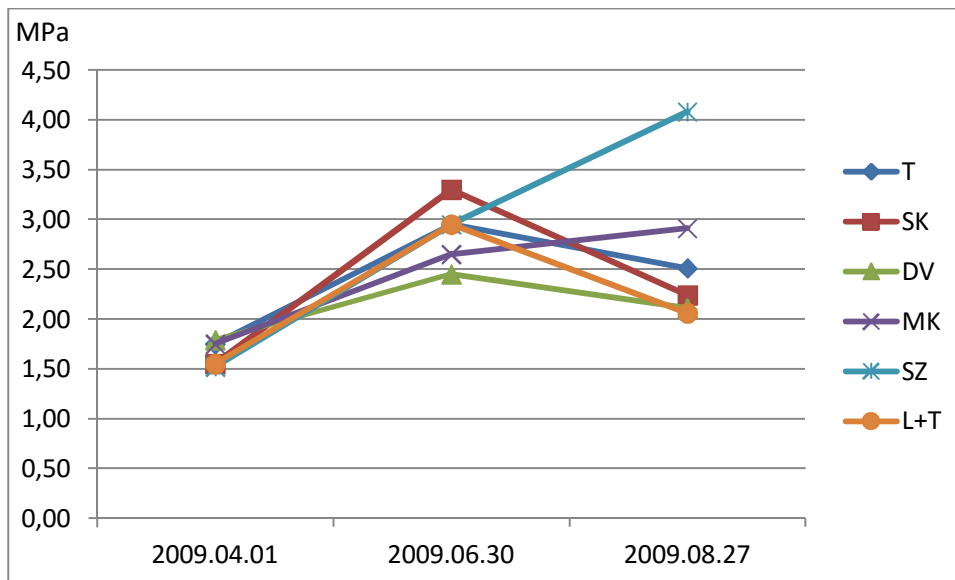
mindkét vizsgálati mélységben az L+T kezelés rendelkezett a legkisebb talajellenállás értékekkel.

A 12. ábra a 2009. évben a 10-20 cm talajrétegre vonatkozó penetrációs vizsgálati értékeket szemlélteti. Látható, hogy a tavaszi vizsgálati időpontban a kérdéses rétegben valamennyi művelési variáns talaja lazultnak bizonyult. A legmagasabb értéket a T kezelésben tapasztaltam (1,5 MPa). A nyári időszakra – őszi búza teljes érésénél, érhetően alacsonyabb nedvességnél – a T kezelés értéke már elérte a károsan tömör szintet (3,0 MPa fölött), emellett az SK, DV, MK, SZ kezelések is megközelítik azt. A legjobb lazult állapotot e rétegben az L+T variáns mutatta. A 2009 nyár végi – beéredett hántott tarló – időpontban az SZ kezelésben károsan tömör állapotot tapasztaltam az adott mélységben. A legkisebb penetrációs ellenállás értékeket az SK és a DV variánsokban mértem. Az 11/a,b. mellékletek szerint a statisztikai vizsgálat a szokásos megbízhatóság mellett nem mutatott szignifikáns különbséget a kezelések között.



12. ábra. A 10-20 cm talajréteg talajellenállás értékei a 2009. vizsgálati időpontokban

A 13. ábra szerint a 2009 tavaszi vizsgálati időszakban valamennyi művelési variáns lazult talajállapotot biztosított a 30-40 cm rétegben. Ugyanakkor a nyári időpontban az SK kezelés penetrációs értéke elérte a káros szintet, és az SZ, T, L+T kezelések is megközelítik azt. Ezzel szemben az MK és a DV variánsok talaja még ebben a száraz, nyári időpontban is megfelelően lazultnak mutatkozott. A nyár végi, beéredett tarlón végzett mérés ebben a mélységben is az SZ kezelés káros mértékű tömörödését mutatja, de az MK variáns is megközelíti a káros szintet. Ugyanakkor nem lehet eltekinteni az alacsonyabb nedvesség értékektől, amelyek befolyásolják a penetrációs ellenállás nagyságát.



13. ábra. A 30-40 cm talajréteg talajellenállás értékei a 2009. vizsgálati időpontokban

A 12/a, b. mellékletekben található statisztikai vizsgálat eredményei szerint a 30-40 cm talajréteg penetrációs ellenállási értékei között a varianciaanalízis a szokásos megbízhatósági szint mellett nem mutatott szignifikáns különbséget. Ugyanakkor áttanulmányozva a 12. és 13. ábrát látható, hogy 2009-ben, mindkét vizsgálati mélységben leginkább az L+T, a DV, és az MK kezelések tartottak fenn lazult talajállapotot.

A két vizsgálati év penetrációs ellenállás adatait áttanulmányozva elmondható, hogy a T kezelés gyakorta mutatott tömör talajállapotot. A kényszercsökkentett művelési megoldásnak megfelelő T kezelés e szempontból nem nyújt kellő biztonságot. A művelés során kialakuló tárcsatalp tömörödés általában kimutatható a 10-20 cm rétegben. Ez a műveléshiba eredetű tömörödés alapvetően korlátozza a növények gyökerezési mélységét, és a talaj nedvességforgalmát is. Hasonló véleményre jutottak Kalmár et al. 2011-ben, nyári tarlóműveléses kísérletükben.

A 30-40 cm talajréteg penetrációs adataiból kitűnik, hogy az SZ kezelésben legtöbbször kialakult az eketalp tömörödés amely – hasonlóan a tárcsatalp tömörödéshez – kockázatot jelent a növénytermesztésre. Ezen felül az MK kezelésben is kimutatható néhány esetben tömörödött állapot a műveléshatár alatt, amely a művelési mélység megválasztásának fontosságára irányítja a figyelmet. A DV kezelés 30-40 cm talajrétegében általában kellően lazult talajállapot volt jellemző. Ez bizonyítja, hogy a minimális bolygatás, és a mulcshagyás támogatja a talaj természetes átlazulását. E megállapításra jutottak Amuri és Bbye 2008-ban, valamint Kalmár et al. 2011-ben. Kísérletünkben a mulcshagyó kultivátoros (SK, MK) és közép mély lazításos (L+T) kezelések – azáltal, hogy nem alakultak ki káros, műveléshiba jellegű tömörödések – hatékonyabban, kisebb kockázattal alakították ki és tartották fent a lazult talajállapotot. A

kultivátoros és lazításos művelések talajlazultságra gyakorolt kedvező hatását bizonyítják Barczy és munkatársai (2015) németországi talajmonitoring adatai is. Barczy et al. munkájuk során arra a következtetésre jutottak, hogy a lazult talajállapot eléréséhez a rendszeres, kímélő bolygatást jelentő mulcshagyó művelés és a műveléshibák tudatos, körültekintő elkerülése a legfontosabb. Szerintük a felszintakarás és a rendszeres szervesanyag-bevitel (tarlómaradványok) jótékonyan hatnak a talaj lazultsági állapotára. A józsefmajori talajművelési kísérletben mért talajellenállás eredmények hasonlókról tanúskodnak.

A felszintakarás talajlazultságot befolyásoló hatásának eldöntésére regresszió vizsgálatot végeztem. Minden művelési variánsra elkészítettem a regressziós táblázatot, majd diagramon ábrázoltam a mulcshagyó értékei és a vonatkozó talaj lazultsági adatok közötti összefüggéseket. E vizsgálati módszerrel megállapítható, hogy van-e hatása a felszintakarásnak a talajlazultságra, továbbá a mulcshagyó mennyire segíti a lazult állapot kialakulását vagy fenntartását.

A 30-35. táblázat és a 13/a-f. melléklet áttanulmányozásából kiderül, hogy a józsefmajori talajművelési tartamkísérlet 2008-2009. vizsgálati időszakában egyik kezelésben sem befolyásolta az adott mértékű felszintakarás a talaj lazultság állapotát. Nem mutatkozott egyértelmű összefüggés a mulcshagyó mértéke és a lazultság adatok változása között. Vélhetően a felszintakarásnál jobban befolyásolta a talaj lazultságát a bolygatás jellege, mélysége, továbbá az időjárási körülmények, és a művelések óta eltelt idő.

30-31. táblázat. A regressziós táblázatok a T és az SK kezelésekhöz

| T | Mulcs% | 10-20 cm | 30-40 cm | SK | Mulcs% | 10-20 cm | 30-40 cm |
|------------|--------|----------|----------|------------|--------|----------|----------|
| 2008.05.10 | 15 | 1,80 | 1,80 | 2008.05.10 | 25 | 1,60 | 1,60 |
| 2008.07.24 | 10 | 3,09 | 2,24 | 2008.07.24 | 20 | 1,23 | 1,39 |
| 2008.10.09 | 20 | 2,20 | 2,60 | 2008.10.09 | 35 | 2,51 | 3,18 |
| 2009.05.08 | 10 | 1,46 | 1,75 | 2009.05.08 | 25 | 0,94 | 1,55 |
| 2009.06.29 | 10 | 3,50 | 2,95 | 2009.06.29 | 15 | 2,75 | 3,30 |
| 2009.08.27 | 55 | 2,42 | 2,51 | 2009.08.27 | 60 | 2,11 | 2,24 |

Polinomiális R^2 értékek: 0-10 cm: 0,13; 30-40 cm: 0,05 Polinomiális R^2 értékek: 0-10 cm: 0,10; 30-40 cm: 0,02

32-33. táblázat. A regressziós táblázatok a DV és az MK kezelésekhöz

| DV | Mulcs% | 10-20 cm | 30-40 cm | MK | Mulcs% | 10-20 cm | 30-40 cm |
|------------|--------|----------|----------|------------|--------|----------|----------|
| 2008.05.10 | 35 | 0,80 | 1,80 | 2008.05.10 | 20 | 1,00 | 1,20 |
| 2008.07.24 | 25 | 1,19 | 1,57 | 2008.07.24 | 15 | 1,41 | 1,66 |
| 2008.10.09 | 40 | 2,28 | 3,63 | 2008.10.09 | 30 | 0,90 | 4,26 |
| 2009.05.08 | 30 | 1,21 | 1,79 | 2009.05.08 | 20 | 0,72 | 1,75 |
| 2009.06.29 | 20 | 2,95 | 2,45 | 2009.06.29 | 15 | 2,70 | 2,65 |
| 2009.08.27 | 55 | 2,02 | 2,11 | 2009.08.27 | 60 | 2,64 | 2,91 |

Polinomiális R^2 értékek: 0-10 cm: 0,35; 30-40 cm: 0,08 Polinomiális R^2 értékek: 0-10 cm: 0,65; 30-40 cm: 0,43

34-35. táblázat. A regressziós táblázatok az SZ és az L+T kezelésekhez

| SZ | Mulcs% | 10-20 cm | 30-40 cm | L+T | Mulcs% | 10-20 cm | 30-40 cm |
|------------|--------|----------|----------|------------|--------|----------|----------|
| 2008.05.10 | 0 | 0,80 | 1,70 | 2008.05.10 | 30 | 0,80 | 1,60 |
| 2008.07.24 | 0 | 1,30 | 1,21 | 2008.07.24 | 20 | 1,16 | 1,21 |
| 2008.10.09 | 0 | 0,72 | 2,51 | 2008.10.09 | 35 | 1,21 | 2,51 |
| 2009.05.08 | 0 | 0,67 | 1,52 | 2009.05.08 | 25 | 1,19 | 1,55 |
| 2009.06.29 | 0 | 2,70 | 2,95 | 2009.06.29 | 15 | 2,50 | 2,95 |
| 2009.08.27 | 55 | 3,36 | 4,08 | 2009.08.27 | 60 | 2,60 | 2,06 |

Polinomiális R² értékek: 0-10 cm: 0,56; 30-40 cm: 0,64 Polinomiális R² értékek: 0-10 cm: 0,84; 30-40 cm: 0,09

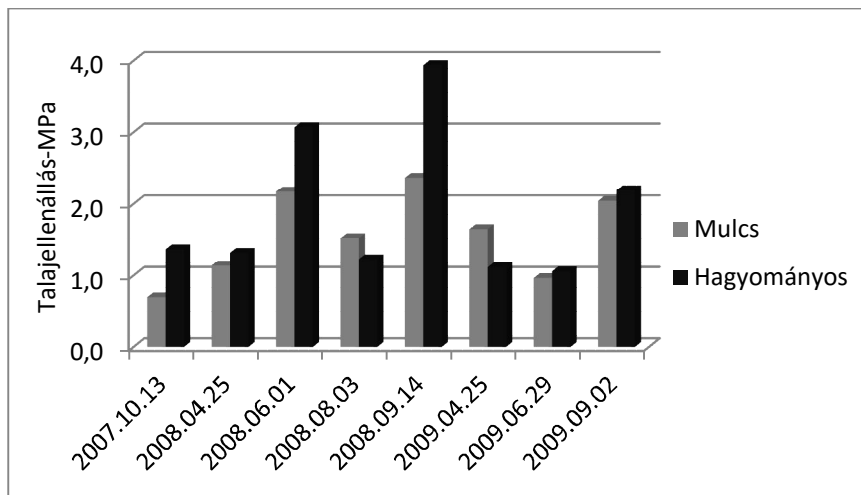
Megmutatkozik, hogy a kezelésekben jellemző 10-35% felszintakarásnak többnyire csak közvetett hatása van a talaj lazultság állapotára. Emellett gondot jelenthet, esetünkben is, a takarás mértékének gyors csökkenése. Hasonló véleményen vannak Birkás és munkatársai (2008_b) is. Úgy tapasztalták, hogy a felszintakarás a talajvédelmi funkciókon keresztül támogatja a talaj lazultságát.

4.3.2. A peresznyei talajművelési tartamkísérletben végzett talajellenállás vizsgálatok eredményei

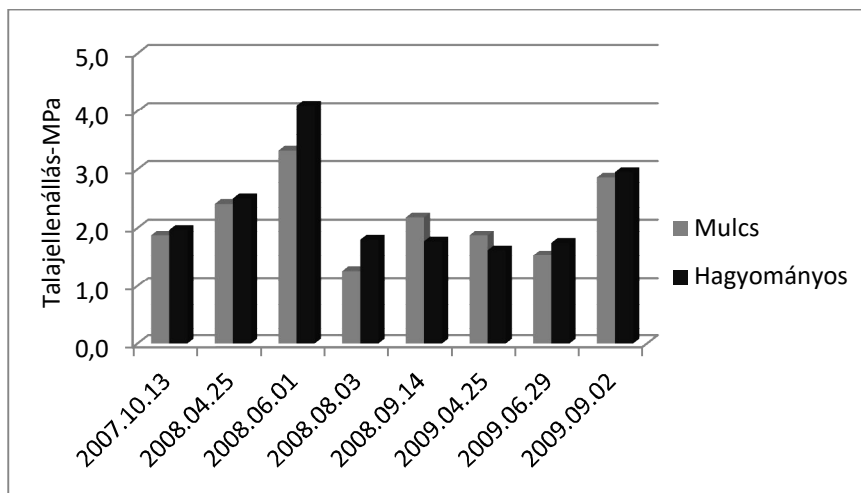
Hasonlóan a józsefmajori talajművelési tartamkísérlet bemutatásához, ez esetben is két jellemző talajréteg penetrációs ellenállás adatait elemzem. A 10-20 cm és a 30-40 cm réteg adatai alkalmasak lehetnek az időjárás- és műveléshatások, valamint a felszintakarás befolyásának kimutatására.

A 14. ábra a 10-20 cm talajrétegben mért talajellenállás átlagértékeket szemlélteti. Látható, hogy a nyolc mérési időpontból hat alkalommal a hagyományos, szántásra épülő művelési változat mutatott nagyobb penetrációs értékeket. A hagyományos változatban két mérési időpontban is – 2008. június és szeptember – elérte a tömörödés mértéke a károsnak mondható 3,0 MPa szintet. Ugyanezekben az időpontokban a mulcs művelésű variáns értékei alig haladták meg a 2,0 MPa szintet. A többi esetben kisebb különbségeket mutat a 14. ábra. Ezek alapján a tömörödés szempontjából a mulcs kezelés értékelhető kevésbé kockázatosnak. A hagyományos művelésű változat 10-20 cm talajrétegének nagyobb tömörségi értékei valószínűsíthetően a több menetes elmunkálási és magágykészítési munkák káros hatásainak, emellett a takaratlan talaj nagyobb mértékű vízvesztésének következményei.

A 14/a, b. mellékletek szerint a varianciaanalízis vizsgálat SZD_{5%} megbízhatósági szinten nem mutatott szignifikáns különbséget a kezelések között a 10-20 cm réteg talajellenállása tekintetében.



14. ábra. A 10-20 cm talajréteg penetrációs ellenállás adatainak változása a peresznyei kísérletben



15. ábra. A 30-40 cm talajréteg penetrációs ellenállás adatainak változása a peresznyei kísérletben

A 15. ábra a 30-40 cm talajréteg penetrációs átlagadatait mutatja a két kezelésben. A legnagyobb különbség a 2008. júniusi mérési időpontban volt tapasztalható, ekkor a hagyományos, szántásra épülő művelési változat közel 1 MPa-lal nagyobb tömörödöttséget mutatott a mulcs variánshoz képest. A többi mérési időpontban kisebb különbségek adódtak. A károsnak mondható 3,0 MPa tömörödést egy esetben (2008.06.01.) eléri, egy esetben szorosan megközelíti (2009.09.02.) mindkét kezelés. A többi mérési időpontban a 30-40 cm talajréteg kedvező lazultságot mutatott.

A 15/a, b. mellékletek szerint a varianciaanalízis $SZD_{5\%}$ megbízhatósági szinten nem mutatott szignifikáns különbséget a két kezelés között a 30-40 cm talajréteg penetrációs ellenállása tekintetében. A varianciaanalízis vizsgálat eredménye ellenére látható, hogy a hagyományos művelési változat a nyolc mérési időpontból hat alkalommal mutatott nagyobb

penetrációs ellenállást. Ez alapján a tömörödés tekintetében a mulcsműveléses kezelés kisebb kockázatot jelenthet.

A felszintakarás esetleges talajlazultságot befolyásoló hatását regresszió vizsgálattal igyekeztem kimutatni. A 36., 37. táblázatok és a 16/a, b. mellékletekben található regressziós görbék szerint a felszintakarás mértéke és a talajellenállás adatok változása között nincs szoros összefüggés egyik kezelésben sem. Vagyis a kezelések között tapasztalt egyes talajellenállás különbségeket nem elsősorban a felszintakarás mértékének különbözősége okozta.

36. táblázat. Regressziós táblázat a mulcs kezeléshez (Peresznye)

| Mulcs-kezelés | Mulcs% | Talajlazultság (MPa) | |
|--------------------------------------|--------|----------------------|----------|
| | | 10-20 cm | 30-40 cm |
| 2007.10.13 | 15 | 0,7 | 1,9 |
| 2008.04.25 | 10 | 1,1 | 2,4 |
| 2008.06.01 | 5 | 2,2 | 3,3 |
| 2008.08.03 | 30 | 1,5 | 1,3 |
| 2008.09.14 | 20 | 2,4 | 2,2 |
| 2009.04.25 | 10 | 1,6 | 1,9 |
| 2009.06.25 | 10 | 1,0 | 1,5 |
| 2009.09.02 | 5 | 2,0 | 2,9 |
| Polinomiális R ² értékek: | | 0,14 | 0,57 |

37. táblázat. Regressziós táblázat a hagyományos kezeléshez (Peresznye)

| Hagyományos kezelés | Mulcs% | Talajlazultság (MPa) | |
|--------------------------------------|--------|----------------------|----------|
| | | 10-20 cm | 30-40 cm |
| 2007.10.13 | 0 | 1,4 | 2,0 |
| 2008.04.25 | 0 | 1,3 | 2,5 |
| 2008.06.01 | 0 | 3,1 | 4,1 |
| 2008.08.03 | 30 | 1,2 | 1,8 |
| 2008.09.14 | 20 | 3,9 | 1,8 |
| 2009.04.25 | 0 | 1,1 | 1,6 |
| 2009.06.25 | 0 | 1,1 | 1,7 |
| 2009.09.02 | 0 | 2,2 | 3,0 |
| Polinomiális R ² értékek: | | 0,60 | 0,14 |

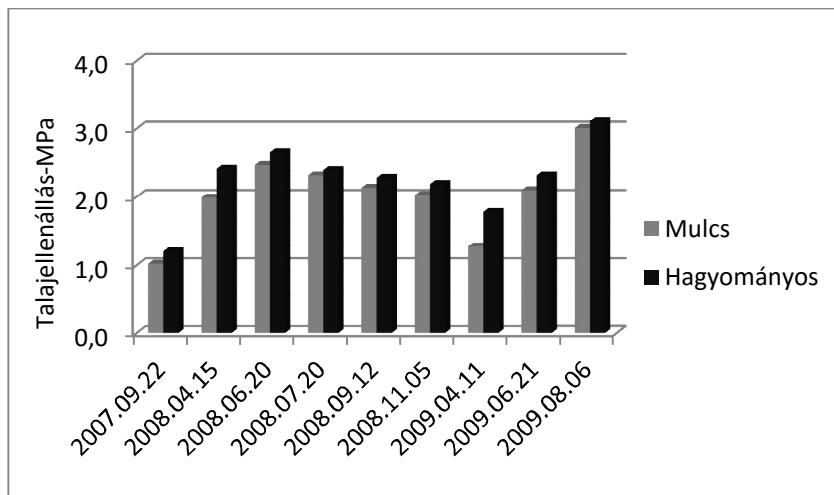
Megállapításomhoz hasonlóan tapasztalt Amuri és Brye (2008) is az USA Mississippi-vidékén végzett kísérletükben. Hagyományos és no-till változatokat hasonlítottak össze, kombinálva mulcshagyással és égetéssel is. A kísérletük beállításától (2001) számított 2 és 4 év után is azt tapasztalták, hogy a talaj felső 20 cm rétegének lazultságára csekély hatással volt mind a művelés, mind a felszintakarás is.

Birkás és munkatársai (2008_b) a mulcshagyó művelésekben tapasztalható kedvezőbb talajlazultsági viszonyokat a bekevert szervesanyag talajélet felpezsdítő közvetett hatásaként értékelik. Hasonló véleményre jutottak németországi talajállapot monitoring munkájuk eredményeként Barczy et al. (2015) is. A több éve mulcshagyó módon művelt területeken nem tapasztaltak káros, műveléshiba eredetű tömörödést. A talajéletet sokkal intenzívebbnek ítélték meg, amelynek – véleményük szerint – a folyamatos szervesanyag-utánpótlás az oka. Az élénk talajélet legjobb indikátoraként a földigiliszták jelenlétét említik Barczy et al. (2015) mellett Buck et al. (2000), Birkás (2004_a) és Eriksen-Hamel et al. (2009) is. A peresznyei talajművelési kísérletben kiegészítő talajállapot vizsgálatként rendszeresen végzett ásópróbák során a mulcsművelésű variánsban rendszerint nagyobb földigiliszta jelenlétet tapasztaltam (6. kép), amely az élénkebb talajéletre enged következtetni. Ennek ellenére úgy vélem, a kísérleti időszak rövidege miatt nehezen mutatható ki a talajállapot javulás mind a lazultság, mind a nedvesség tekintetében.

4.3.3. A sarudi talajművelési tartamkísérletben végzett talajjellenállás vizsgálatok eredményei

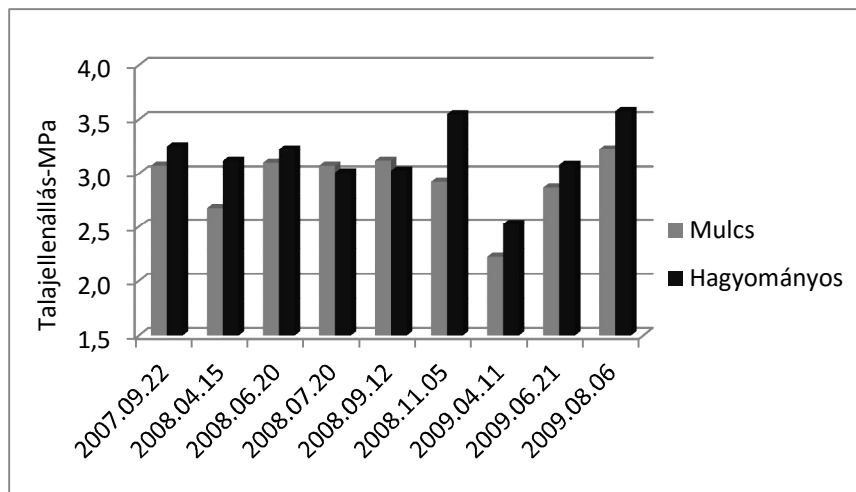
Hasonlóan a másik két kísérleti helyszínhez, a sarudi talajművelési kísérlet penetrációs ellenállás adatait a 10-20 cm és a 30-40 cm mélységű talajrétegre külön-külön mutatom be.

A 16. ábra a sarudi talajművelési kísérlet 10-20 cm talajrétegének penetrációs ellenállás adatait mutatja a két kezelésben. Látható, hogy kismértékű (0,1-0,4 MPa) különbségek adódtak a tömörödöttség tekintetében az adott vizsgálati időpontokban. A 2009 nyár végi méréskor – aszályos időjárás – a tömörödöttség mindkét variánsban elérte a 3,0 MPa káros szintet. A 17/a., b. mellékletekben található statisztikai elemzés szerint a varianciaanalízis SZD_{5%} megbízhatósági szinten nem mutatott szignifikáns különbséget a kezelések között a talajlazultság tekintetében. Ennek ellenére látható, hogy mind a kilenc mérési időpontban a hagyományos művelésű (forgatásos) kezelésben mutatkoztak nagyobb tömörödöttség adatok.



16. ábra. A 10-20 cm talajréteg penetrációs ellenállás adatainak változása a sarudi kísérletben

A 17. ábra a sarudi talajművelési kísérlet kezeléseinek 30-40 cm rétegében mért penetrációs ellenállás adatokat szemlélteti. Először azt emelném ki, hogy a tömörödés szinte valamennyi méréskor és többnyire mindkét művelési változatban elérte a 3,0 MPa káros szintet. Lényeges még, hogy a kilenc mérési időpontból hét alkalommal a hagyományos (forgatásos) variánsban mutatkozott nagyobb tömörödöttség. A 18/a., b. mellékletekben található varianciaanalízis vizsgálat $P < 0,05$ megbízhatósági szinten nem mutatott szignifikáns különbséget a két kezelés penetrációs ellenállás adatai között.



17. ábra. A 30-40 cm talajréteg penetrációs ellenállás adatainak változása a sarudi kísérletben

Lényeges különbség mutatkozik a 2008.11.05-én mért talajellenállás értékek között a két kezelésben. Ekkor – az alapművelést követően – a hagyományos kezelésben 0,6 MPa-lal volt

nagyobb a penetrációs ellenállás (3,5 MPa) a mulcs verzióban mértnél (2,9 MPa). A 17. ábra adatait elemezve levonható következtetésként, hogy a 30-40 cm talajréteg lazultságát egyik művelési változat sem alapozta meg biztonsággal, mivel a teljes vizsgálati időszak alatt 3 MPa tömörödöttség szint mutatkozott mindkét kezelésben. Ennek okait keresve, kiemelem, hogy a hagyományos változatban a szántási mélység alatt a teljes időszakban tömörödött állapotban volt a talaj. Vagyis a kötött réti talajon a szántás csak a bolygatás mélységéig volt képes lazult állapotot eredményezni, amely azonban nem bizonyult tartósnak. A mulcskezelésben a közép mély lazításos alapművelés mélyebben lazult állapotot hozott létre, de a lazultság a száraz időjárású időszakokban nem volt kielégítő.

A felszintakarás esetleges talajlazultságot befolyásoló hatását regresszió vizsgálattal kísértem meg kimutatni.

38. táblázat. Regressziós táblázat a mulcs kezeléshez (Sarud)

| Mulcskezelés | Mulcs% | Talajlazultság, MPa | |
|--------------------------------------|--------|---------------------|----------|
| | | 10-20 cm | 30-40 cm |
| 2007.09.22 | 15 | 1,0 | 3,1 |
| 2008.04.15 | 5 | 2,0 | 2,7 |
| 2008.06.20 | 5 | 2,5 | 3,1 |
| 2008.07.02 | 35 | 2,3 | 3,1 |
| 2008.08.23 | 25 | 2,1 | 3,1 |
| 2008.10.24 | 15 | 2,0 | 2,9 |
| 2009.04.11 | 10 | 1,3 | 2,2 |
| 2009.06.21 | 10 | 2,1 | 2,9 |
| 2009.08.06 | 5 | 3,0 | 3,2 |
| Polinomiális R ² értékek: | | 0,40 | 0,10 |

39. táblázat. Regressziós táblázat a hagyományos kezeléshez (Sarud)

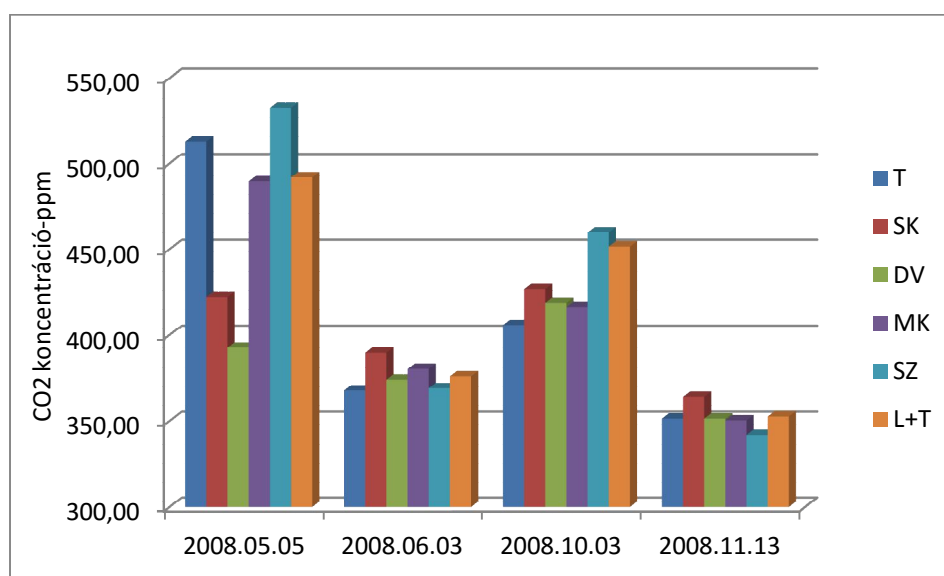
| Hagyományos kezelés | Mulcs% | Talajlazultság, MPa | |
|--------------------------------------|--------|---------------------|----------|
| | | 10-20 cm | 30-40 cm |
| 2007.09.22 | 0 | 1,2 | 3,3 |
| 2008.04.15 | 0 | 2,4 | 3,1 |
| 2008.06.20 | 0 | 2,7 | 3,2 |
| 2008.07.02 | 20 | 2,4 | 3,0 |
| 2008.08.23 | 10 | 2,3 | 3,0 |
| 2008.10.24 | 0 | 2,2 | 3,5 |
| 2009.04.11 | 0 | 1,8 | 2,5 |
| 2009.06.21 | 0 | 2,3 | 3,1 |
| 2009.08.06 | 0 | 3,1 | 3,6 |
| Polinomiális R ² értékek: | | 0,01 | 0,07 |

A 38., 39. táblázatok és a 19/a., b. mellékletek szerint a regressziós vizsgálat nem mutatott szoros összefüggést a kezelésekben kialakult felszínakarás mértéke és a penetrációs ellenállási adatok között. Ez alapján a talaj lazultságát a mulcsborítás mértéke kevésbé befolyásolta, mint az egyéb tényezők. Úgy vélem, hogy a talaj tömörödöttségét lényegesen nagyobb mértékben befolyásolta a bolygatás jellege, a kötött réti talaj és az időjárási hatások is. A korábban értékeltekhez hasonlóan megerősíthető, hogy a mulcs kezelésben kialakult 5-35% felszínborítottság nem elegendő a talaj lazultságának hosszú távú fenntartásához. Hasonlókat figyeltek meg kísérleteikben Kalmár és munkatársai (2011) is. Véleményük szerint nyári tarlófázisban 50-60% mulcsborítási arány képes kellő mértékben elősegíteni a talaj természetes (biológiai tevékenységeken keresztül) átlazulását. Ennél kisebb mulcsborítás kevésbé képes támogatni a talajállapot javulás e formáját, figyelembe véve, hogy a kialakított mulcs mennyisége az idő haladásával egyre csökken.

4.4. A talaj szén-dioxid kibocsátás vizsgálatának eredményei

4.4.1. A józsefmajori talajművelési tartamkísérletben végzett szén-dioxid kibocsátás vizsgálatok eredményei

A vizsgálat célja az volt, hogy megállapítsam, hogy az egyes művelési variánsok milyen módon befolyásolják a talaj szén-dioxid kibocsátásának intenzitását, továbbá megfigyelhető-e eltérés az egyes művelési megoldások hosszabb időszakra jellemző CO₂-kibocsátási dinamikáját illetően.



18. ábra. A CO₂-emissziós értékek a kezelésekben (2008)

A 18. ábrán látható, hogy a 2008. év tavaszi mérési időpontjában elsősorban a mélyműveléses kezelésekben (MK, SZ, L+T) mutatkozott nagymértékű CO₂-kibocsátás. Emellett figyelmet érdemelhet a T kezelés hasonlóan kimagasló értéke is, míg az SK és a DV variánsok CO₂-kibocsátási értéke jelentősen elmarad a többitől. A magas szintű CO₂-kibocsátás oka vélhetően az elővetemény (kukorica) talajba dolgozott maradványainak lebomlási, átalakulási folyamataiban keresendő.

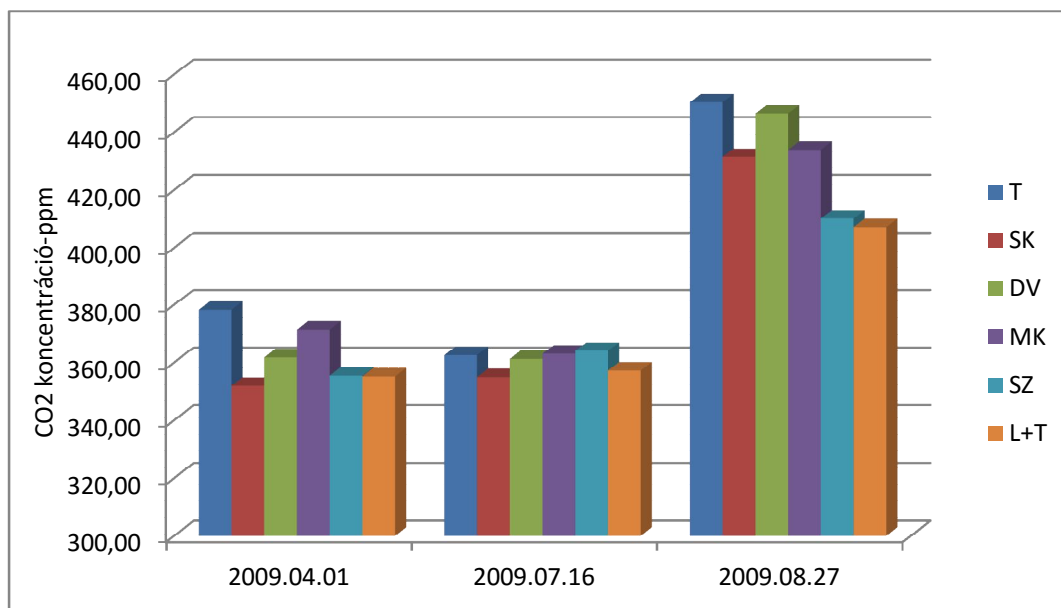
A négy héttel későbbi mérési időpontban jelentősen kisebb kibocsátási értékeket regisztráltam. A kezelések átlagos CO₂-emissziós értékei alig haladták meg a légköri szén-dioxid koncentrációt (367 ppm a vizsgálat időpontjában). A napraforgó lekerülése, és a tarlólántás elvégzése után újra mutatkoztak különbségek a kezelések CO₂-kibocsátási értékei között. Az SZ és az L+T művelési variánsok kibocsátási értékei voltak a legnagyobbak. Az MK és a sekélyebb művelési megoldások értékei alacsonyabb szintűek. A 2008. november közepi mérési időpontban – őszi búza ún. soroló állapotában – a CO₂-kibocsátás mértéke újból alacsony szintűnek mondható valamennyi művelési variánsban, a mért átlagos értékek alig haladják meg a vonatkozó légköri koncentrációt (334 ppm). Egyedül az SK kezelésben tapasztaltam némileg magasabb koncentrációt. Érdeemes megemlíteni, hogy a sekélyebb művelési mélységű variánsok közül négy mérési időpontból háromban az SK kezelés mutatta a legnagyobb kibocsátási értéket. Ez a tapasztalat a maradványok feltáródásának elhúzódására utalhat. A mélyművelésű verziók közül kétszer is kimagasló értéket mutatott az SZ és az L+T kezelés. Ezzel szemben a DV kezelés – a hol a tarlómaradványok a felszínen maradtak – egyik időpontban sem mutatott jelentősen magas kibocsátási értéket.

A 2008. évi CO₂-emisszió vizsgálat statisztikai értékelését a 20/a, b. mellékletek tartalmazzák. A varianciaanalízis SZD_{5%} megbízhatósági szinten nem mutatott szignifikáns különbséget az egyes kezelések között a CO₂-kibocsátás tekintetében.

A 19. ábra alapján, 2009 tavaszán – őszi búza bokrosodás kezdetén – nem mutatkozott magas szintű CO₂-kibocsátás a kezelésekben. A mért légköri koncentrációt (347 ppm) alig meghaladó adatokat regisztráltam, bár a T, a DV és az MK variánsok csekély mértékben kiemelkedtek a többi közül. Hasonlóan alacsony szintű CO₂-kibocsátást tapasztaltam a nyári időpontban, a tarlólántást követő napon. A kezelésekben mért koncentráció adatok alig haladták meg a légköri 349 ppm koncentrációt.

A 2009 nyár végi – beéredett hántott tarlón – mérési időpontban már lényegesen nagyobb CO₂-emissziós értékeket mértem. A legmagasabb szintű kibocsátás a T, a DV és a kultivátoros kezelésekben volt. Az SZ és az L+T kezelésekben mért értékek alacsonyabbak, de a talaj szén-dioxid légzése még e kezelésekben is intenzívnek tekinthető. Elmondható tehát, hogy a hántott tarló beéredése, a talajélet felpezsdülése megnövelte a CO₂-kibocsátás szintjét. A mikrobiális

tevékenység megélénkülése, a szervesanyag lebontó, átalakító folyamatok felgyorsulása tükröződik a magasabb CO₂-emissziós értékekben.



19. ábra. A CO₂-emissziós értékek a kezelésekben (2009)

A 21/a, b. mellékletek tartalmazzák a 2009. év CO₂-kibocsátási adatainak statisztikai vizsgálatát. A varianciaanalízis SZD_{5%} megbízhatósági szinten nem mutatott szignifikáns különbséget az egyes kezelések között.

A két vizsgálati év CO₂-emissziós adatait áttekintve nehéz egyértelmű következtetést levonni a bolygatás jellege, mélysége, és a szén-dioxid kibocsátás mértékének tekintetében. Egyértelműen látszik, hogy a talaj nedvességállapota, a talaj- és a külső hőmérséklet, valamint a bedolgozott szervesanyagok átalakulási folyamatai nagymértékben befolyásolják a CO₂-kibocsátást. Erre a megállapításra jutottak Smith et al. (2003) és Zsembeli et al. (2005) is. Véleményüket alátámasztja, hogy a 2009. vizsgálati évben, a nyári tarlóhántást követően – száraz, aszályos körülmények között – a mérések alig mutattak a légkörinél nagyobb koncentrációjú szén-dioxid kibocsátást. A beéredést követően – a biológiai tevékenységek élénkülésével – a mért adatok már jelentős CO₂-kibocsátást tükröztek.

Azáltal, hogy a kísérletünkben valamennyi művelést kellő körültekintéssel, lehetőleg optimális nedvességi állapotban végeztünk, azokat a felismeréseket, miszerint a mélyítő jellegű, túlzott levegőzöttséggel járó bolygatások esetében nagyobb szén-dioxid kibocsátás tapasztalható (Ball et al., 1999; Jóri, 2004; Zsembeli et al., 2005; Birkás, 2010_a, 2014; Rádics et al., 2014.), csak kismértékben tapasztaltam.

A CO₂-kibocsátás dinamikáját illetően megmutatkozott, hogy a biológiai tevékenységek élénkülésével – mineralizációs, humifikációs folyamatok – növekszik a szén-dioxid emisszió is. Ezzel összhangban van Lal (1997), Salinas-Garcia et al., (2001), Zsembeli et al., (2005) és Rádics et al., (2014) véleménye is.

40-41. táblázat. A regressziós táblázatok a T és az SK kezelésekhez

| T | Mulcs-% | CO₂-ppm | SK | Mulcs-% | CO₂-ppm |
|------------|----------------|---------------------------|------------|----------------|---------------------------|
| 2008.05.05 | 15,00 | 512,67 | 2008.05.05 | 25,00 | 422,33 |
| 2008.06.03 | 10,00 | 368,00 | 2008.06.03 | 20,00 | 389,67 |
| 2008.10.03 | 30,00 | 406,00 | 2008.10.03 | 35,00 | 427,33 |
| 2008.11.13 | 15,00 | 351,00 | 2008.11.13 | 30,00 | 364,25 |
| 2009.04.01 | 10,00 | 378,25 | 2009.04.01 | 25,00 | 352,00 |
| 2009.07.16 | 10,00 | 362,50 | 2009.07.16 | 15,00 | 355,00 |
| 2009.08.27 | 55,00 | 450,50 | 2009.08.27 | 60,00 | 431,50 |

Polinomiális R² érték: 0,19

Polinomiális R² érték: 0,43

42-43. táblázat. A regressziós táblázatok a DV és az MK kezelésekhez

| DV | Mulcs-% | CO₂-ppm | MK | Mulcs-% | CO₂-ppm |
|------------|----------------|---------------------------|------------|----------------|---------------------------|
| 2008.05.05 | 35,00 | 392,67 | 2008.05.05 | 20,00 | 490,00 |
| 2008.06.03 | 25,00 | 374,33 | 2008.06.03 | 15,00 | 380,67 |
| 2008.10.03 | 40,00 | 419,00 | 2008.10.03 | 35,00 | 416,67 |
| 2008.11.13 | 40,00 | 351,50 | 2008.11.13 | 25,00 | 350,50 |
| 2009.04.01 | 30,00 | 361,75 | 2009.04.01 | 20,00 | 371,50 |
| 2009.07.16 | 20,00 | 361,25 | 2009.07.16 | 15,00 | 363,00 |
| 2009.08.27 | 55,00 | 446,50 | 2009.08.27 | 60,00 | 434,00 |

Polinomiális R² érték: 0,63

Polinomiális R² érték: 0,12

44-45. táblázat. A regressziós táblázatok az SZ és az L+T kezelésekhez

| SZ | Mulcs-% | CO₂-ppm | L+T | Mulcs-% | CO₂-ppm |
|------------|----------------|---------------------------|------------|----------------|---------------------------|
| 2008.05.05 | 0,00 | 532,67 | 2008.05.05 | 30,00 | 492,33 |
| 2008.06.03 | 0,00 | 369,33 | 2008.06.03 | 25,00 | 376,33 |
| 2008.10.03 | 35,00 | 460,00 | 2008.10.03 | 35,00 | 451,67 |
| 2008.11.13 | 0,00 | 342,00 | 2008.11.13 | 35,00 | 352,75 |
| 2009.04.01 | 0,00 | 355,50 | 2009.04.01 | 25,00 | 355,25 |
| 2009.07.16 | 0,00 | 364,00 | 2009.07.16 | 20,00 | 357,25 |
| 2009.08.27 | 55,00 | 410,00 | 2009.08.27 | 60,00 | 407,00 |

Polinomiális R² érték: 0,13

Polinomiális R² érték: 0,22

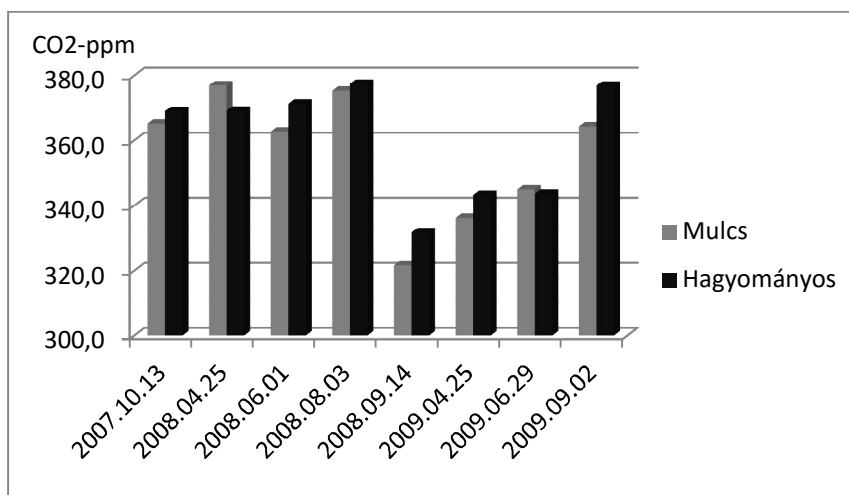
A felszintakarás és a szén-dioxid kibocsátás kapcsolatának elemzésére regresszió vizsgálatot végeztem. Minden művelési variánsra elkészítettem a regressziós táblázatot, majd diagramon ábrázoltam a mulcsborítás értékei és a vonatkozó CO₂-koncentráció adatok közötti

összefüggéseket. E vizsgálati módszerrel igyekeztem megvizsgálni, hogy van-e hatása a felszintakarásnak a talaj szén-dioxid kibocsátására, továbbá milyen irányban befolyásolja a mulcsborítás mértéke a talaj szén-dioxid légzését.

A 40-45. táblázatok és a 22/a-f. mellékletek tanulmányozása után látható, hogy a józsefmajori talajművelési tartamkísérlet 2008-2009. évi vizsgálati időszakában egyik kezelésben sem befolyásolta nagymértékben a felszintakarás a talaj szén-dioxid kibocsátását. A jellemző 10-35% felszintakarásnál jobban befolyásolta a talaj szén-dioxid légzését a bolygatás jellege, mélysége, a művelés óta eltelt időtartam, a talaj nedvességállapota és vélhetően a külső hőmérséklet. A talaj CO₂-légzését nagy valószínűséggel erősen befolyásolja a talajba dolgozott növényi maradványok mennyisége és minősége. A felszíni mulcsborítás mértékénél nagyobb hatása lehet a szén-dioxid emisszióra a mélyebb rétegekbe bekevert szervesanyag mineralizációs lehetőségeinek.

4.4.2. A peresznyei talajművelési tartamkísérletben végzett szén-dioxid kibocsátás vizsgálatok eredményei

A 20. ábra mutatja be a peresznyei talajművelési kísérletben mért CO₂-kibocsátási átlagértékek változását a teljes vizsgálati időtartamra.



20. ábra. A CO₂-kibocsátási értékek a peresznyei talajművelési kísérlet kezeléseiben

Több fontos megállapítás is levonható a 20. ábra tanulmányozását követően. Szembetűnő, hogy nagyon kismértékű különbségek tapasztalhatók a kezelések CO₂-kibocsátási értékei között. Mindössze néhány ppm koncentráció eltérések mutatkoztak adott mérési időpontokban. A 23/a, b. mellékletek szerint a varianciaanalízis SZD_{5%} megbízhatósági szinten nem mutatott szignifikáns különbséget a kezelések között a CO₂-emisszió tekintetében. Ennek ellenére a 23/a. mellékletből látható, hogy nyolc mérési alkalomból hatszor mutatkozott magasabb CO₂-

emissziós adat a hagyományos művelési variánsban. A minimális koncentráció különbségek miatt egyik kezelés sem értékelhető kockázatosabbnak a CO₂-kibocsátás tekintetében. A mindkét variánsban megfelelő körültekintéssel végzett, kizárólag a szükséges mértékre korlátozódó talajbolygatás – túlművelés kerülése – alacsony CO₂-légzést eredményezett a teljes vizsgálati időszakban. Észrevételemmel hasonló megállapításokról számolnak be Lal (1997), Salinas-Garcia et al. (2001), Zsembeli et al. (2005), Birkás (2010_a, 2011, 2014), Rádics et al. (2014).

Mint ismeretes, a talaj nedvességtartalma, hőmérséklete és a külső hőmérséklet nagymértékben befolyásolja a talaj CO₂-kibocsátását (Smith et al. 2003; Zsembeli et al. 2005). Ez magyarázatot adhat a 2009. év tavaszi és nyári időszakában mért alacsonyabb emissziós adatokra, mivel ez időszakban a 2008. évhez képest szárazabb körülmények uralkodtak.

A felszintakarás és a CO₂-emisszió összefüggésének kimutatására regresszió vizsgálatot alkalmaztam. A 46., 47. táblázat és a 24/a., b. mellékletek szerint a felszintakarás és a CO₂-kibocsátás mértéke között nem mutatkozott szoros összefüggés. Vagyis a peresznyei kísérletben jellemző 5-30% mulcsborítás nem befolyásolta jelentősen a talaj CO₂-légzését.

46. táblázat. Regressziós táblázat a mulcs kezeléshez (Peresznye)

| Mulcs-kezelés | Mulcs% | CO ₂ -ppm |
|---------------|--------|----------------------|
| 2007.10.13 | 15 | 365,3 |
| 2008.04.25 | 10 | 376,9 |
| 2008.06.01 | 5 | 362,9 |
| 2008.08.03 | 30 | 375,30 |
| 2008.09.14 | 20 | 321,70 |
| 2009.04.25 | 10 | 336,20 |
| 2009.06.25 | 10 | 345,00 |
| 2009.09.02 | 5 | 364,50 |

Polinomiális R² érték: 0,28

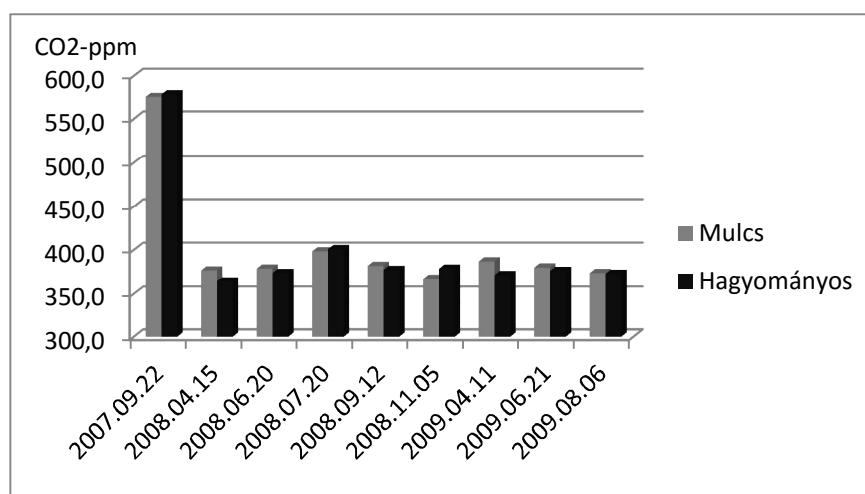
47. táblázat. Regressziós táblázat a hagyományos kezeléshez (Peresznye)

| Hagyományos kezelés | Mulcs% | CO ₂ -ppm |
|---------------------|--------|----------------------|
| 2007.10.13 | 0 | 369,2 |
| 2008.04.25 | 0 | 369,3 |
| 2008.06.01 | 0 | 371,5 |
| 2008.08.03 | 30 | 377,4 |
| 2008.09.14 | 20 | 331,7 |
| 2009.04.25 | 0 | 343,3 |
| 2009.06.25 | 0 | 343,7 |
| 2009.09.02 | 0 | 376,9 |

Polinomiális R² érték: 0,51

4.4.3. A sarudi talajművelési tartamkísérletben végzett szén-dioxid kibocsátás vizsgálatok eredményei

A 21. ábra szemlélteti a sarudi talajművelési kísérlet kezeléseiben mért CO₂-kibocsátási adatokat. A két művelési változat azonos mérési időpontban tapasztalt emissziós értékei között alig mutatkozik különbség. A 25/a., b. mellékletekben található statisztikai elemzés szerint a varianciaanalízis nem mutatott szignifikáns különbséget a kezelések között P<0,05 megbízhatóság mellett.



21. ábra: CO₂-kibocsátási értékek a sarudi talajművelési kísérlet kezeléseiben

Az első mérési időpontban kimagasló CO₂-kibocsátási értékek mutatkoztak mindkét kezelésben. Ez a könnyen lebomló repce tarlómaradványok feltáródásával magyarázható. A tarlóművelési munkák nyomán bekövetkezett biológiai beéredéssel a repce növényi maradványok lebomlása is intenzíven történt. Ha ehhez hozzávesszük, hogy az őszi alampművelés mély bolygatással járt és jelentősen átlegegőztette a talajt, megérthetjük a 2007.09.22-én mért kimagasló CO₂-kibocsátási értékeket. Számos kutató beszámolt az intenzív bolygatás során átlegegőztetett talaj nagymértékű szén-dioxid kibocsátásáról (Jóri, 2004; Zsembeli et al., 2005; Rátonyi, 2006; Birkás et al., 2011; Rádics et al., 2014).

A 2008. évi tarlófázisban is megfigyelhető ez a jelenség, bár a CO₂-emissziós értékek kisebbek. 2008.07.20-án – három héttel a tarlótakaróvetést követően – a biológiai tevékenységek élénkülésével elkezdődött a növényi (zab) maradványok feltáródása. Ennek indikátora a magasabb CO₂-koncentráció.

48. táblázat. Regressziós táblázat a mulcskezeléshez (Sarud)

| Mulcskezelés | Mulcs% | CO ₂ ppm |
|--------------|--------|---------------------|
| 2007.09.22 | 15 | 575,5 |
| 2008.04.15 | 5 | 376,5 |
| 2008.06.20 | 5 | 378,4 |
| 2008.07.02 | 35 | 398,5 |
| 2008.08.23 | 25 | 381,4 |
| 2008.10.24 | 15 | 367,3 |
| 2009.04.11 | 10 | 386,2 |
| 2009.06.21 | 10 | 379,5 |
| 2009.08.06 | 5 | 373,6 |

Polinomiális R² érték: 0,15

49. táblázat. Regressziós táblázat a hagyományos kezeléshez (Sarud)

| Hagyományos kezelés | Mulcs% | CO ₂ , ppm |
|---------------------|--------|-----------------------|
| 2007.09.22 | 0 | 578,4 |
| 2008.04.15 | 0 | 364,3 |
| 2008.06.20 | 0 | 373,6 |
| 2008.07.02 | 20 | 401,0 |
| 2008.08.23 | 10 | 377,0 |
| 2008.10.24 | 0 | 378,3 |
| 2009.04.11 | 0 | 371,4 |
| 2009.06.21 | 0 | 375,8 |
| 2009.08.06 | 0 | 372,7 |

Polinomiális R² érték: 0,02

A felszintakarás mértékének a talaj CO₂-kibocsátására gyakorolt hatásának kimutatására irányuló regresszió vizsgálat – a 48., 49. táblázatok és a 26/a., b. mellékletek szerint – nem mutatkozott szoros összefüggés a felszintakarás mértéke és a talaj CO₂-emissziós adatai között. A sarudi talajművelési kísérletben kialakult 5-35% mulcsborítás nem befolyásolta jelentősen a talaj CO₂-légzését és így a szerves szénveszteségét sem.

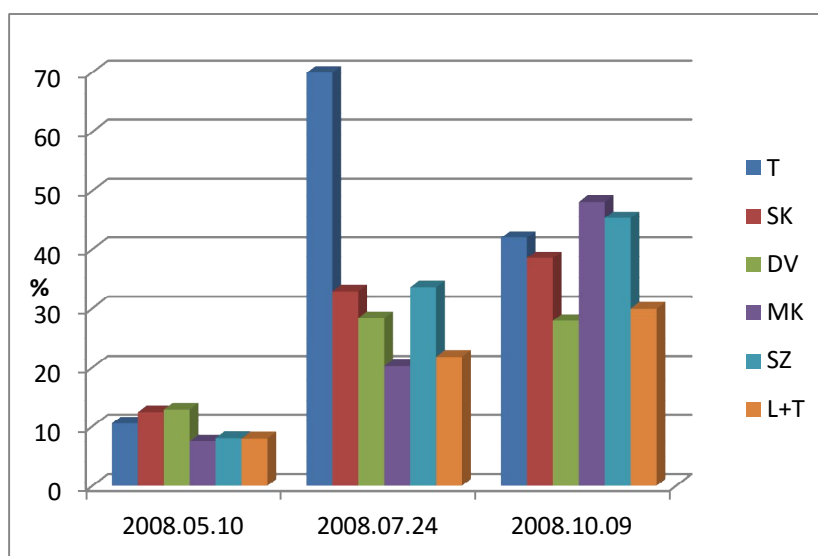
Mivel a talaj CO₂-emissziója elsősorban a szénveszteséget tükrözi (Rátonyi, 2006; Birkás et al. 2011), megállapítható, hogy a kísérletben jellemző 5-30% felszintakarás kevésnek bizonyul a szerves szénveszteség befolyásolására. Salinas-Garcia et al. (2001) Közép-Mexikóban végeztek vizsgálatokat a talajművelés és a növényi maradvány-kezelés szervesanyag tartalomra gyakorolt hatásának kimutatására. Hagyományosnak tekinthető, minimum és no-till műveléseket, valamint különböző felszínborítottsági szintek kombinációját vizsgálták. Azt tapasztalták, hogy talajművelés intenzitása kifejezetten nagy hatással van a talaj szervesanyag tartalmának változására. A mulcshagyó művelések nyomán a bolygatott rétegbe kevert növényi maradványokat hasznosnak találták a szervesanyag tartalom növelésére. Kiemelték, hogy a

növényi maradványok lebomlásának gyorsaságát kell alapul venni a mulcshoz kialakításához. A peresznyei és a sarudi kísérletekben könnyen lebomló növényi maradványok alkották a mulcsot, ezért talajvédelmi szempontból hasznos lett volna a nagyobb felszintakarási arány kialakítása.

4.5. Az agronómiai szerkezet vizsgálatok eredményei

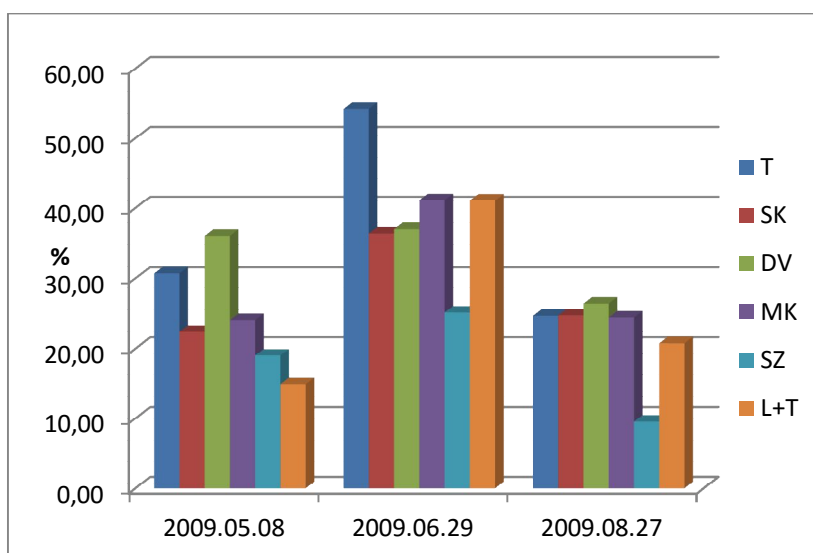
4.5.1. A józsefmajori talajművelési tartamkísérletben végzett agronómiai szerkezet vizsgálatok eredményei

A józsefmajori kísérleti téren végzett talajművelési tartamkísérletben az agronómiai szerkezet vizsgálatok során célt a $r_{>10,00}$ mm, a morzsa=2,50-10,00 mm, az aprómorzsa=0,25-2,50 mm és a por <0,25 mm kategóriába tartozó aggregátumok megoszlásának vizsgálata, továbbá az egyes frakciók arányának vizsgálati időszak alatti változásának kimutatása volt. Ezzel az egyes talajművelési változatok talajszerkezetre gyakorolt hatása tisztázható.



22. ábra. A rögfrakció változása a kezelésekben (2008)

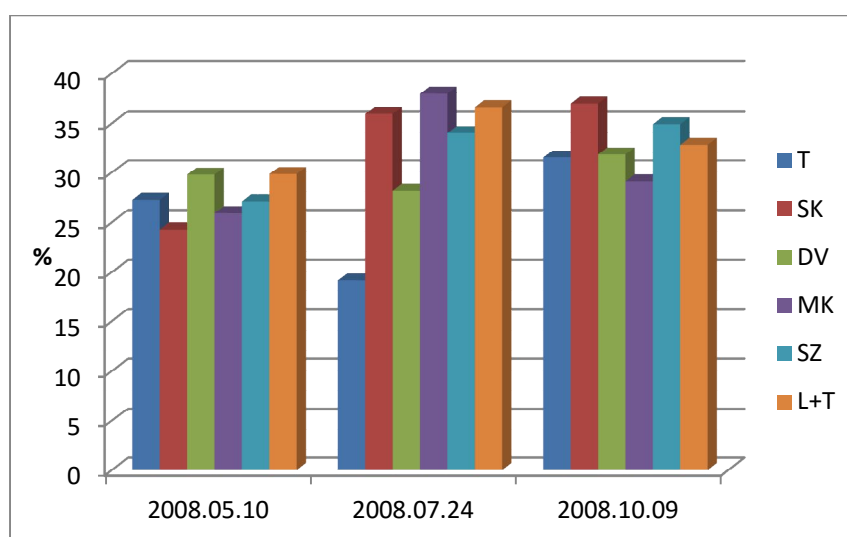
Tanulmányozva a 22. és a 23. ábrákat látható, hogy a rögfrakció mennyisége a 2008 tavaszi mérési időpontban minden kezelésben alacsony értékű. A nyári időpontra a rögfrakció mennyisége megnövekedett, három (T, SK, SZ) művelési variánsban is 30% részarány fölé emelkedett. A napraforgó betakarítása után elvégzett tarlóhántás után is megmaradt a magas rögfrakció arány, a T, az MK és az SZ kezelésben meghaladta a 40%-ot, de az SK-ban is megközelítette. Kisebb – 30% alatti – rögfrakció arány volt mérhető a DV és az L+T kezelésben.



23. ábra. A rögfrakció változása a kezelésekben (2009)

Hasonló tendencia figyelhető meg 2009-ben is, a rögfrakció aránya a tavaszi alacsony értékről a nyári időpontra (búza betakarítása előtt) jelentős emelkedést mutat. Kiemelkedik a T kezelés nagy rögfrakció aránya. A tarlóhántás és a biológiai beéredést követően a rögfrakció aránya valamennyi kezelésben a kedvezőnek mondható, 20%-os szintre csökkent.

A statisztikai vizsgálat során a varianciaanalízis sem 2008-ban, sem 2009-ben nem mutatott szignifikáns különbséget a kezelések között a rögfrakcióra vonatkozóan, SZD_{5%} megbízhatósági szint mellett. A 27/a, b. és a 28/a, b. mellékletek tartalmazzák a vonatkozó statisztikai elemzés részleteit.

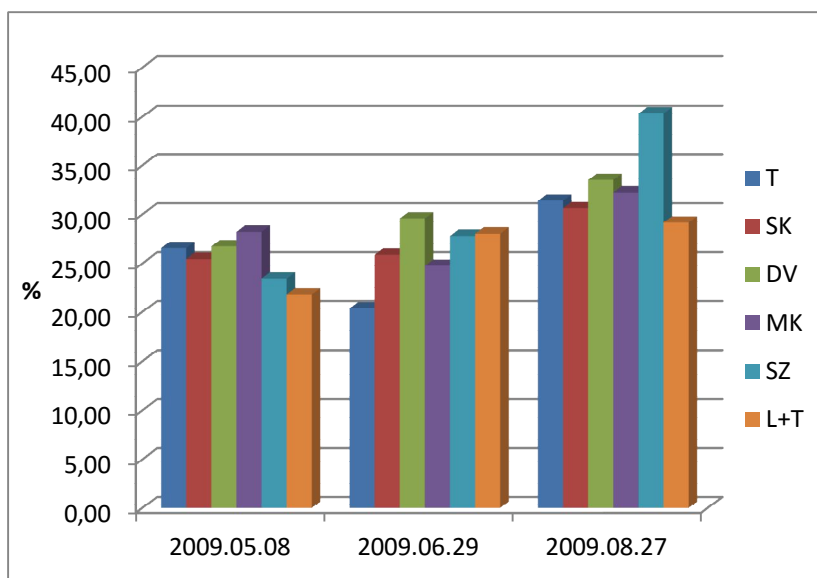


24. ábra. A morzsafrakció változása a kezelésekben (2008)

A 24. ábra szerint a 2008 tavaszi mérési időpontban a morzsa frakció részarányának tekintetében alig mutatkozott eltérés a kezelések között. Ekkor a morzsa aránya 25-30% között

alakult. A nyári mérési időpontra lecsökkent a morzsa aránya a T kezelésben, míg a többi variánsban egyértelmű részarány növekedés történt. A legnagyobb morzsa aránnyal – 35% fölött – az MK, az L+T és az SK kezelés rendelkezett. A napraforgó betakarítása utáni tarlóhántást követően megmaradt a 30% feletti morzsafrakció aránya a kezelésekből.

A 2009 tavaszi mérési időpontban már csak 20-25% közötti morzsa arányt tapasztaltam, de jelentős különbség nem mutatkozott a kezelések között (25. ábra). A nyári mérési időpontra nem romlott számottevően a morzsafrakció aránya. Egyedül a T kezelésben mutatkozott említésre méltó morzsa arány csökkenés. Az őszi búza betakarítása után, a tarlóhántás és beéredés nyomán minden kezelésben javult a morzsáság, aránya elérte a 30%-ot. Áttekintve a két vizsgálati év adatait, látszik, hogy a morzsafrakció aránya viszonylag stabilan, 30% körüli szinten volt, a rögfракcióhoz képest kisebb változások tapasztalhatók év közben, kezelésként és összességében is.



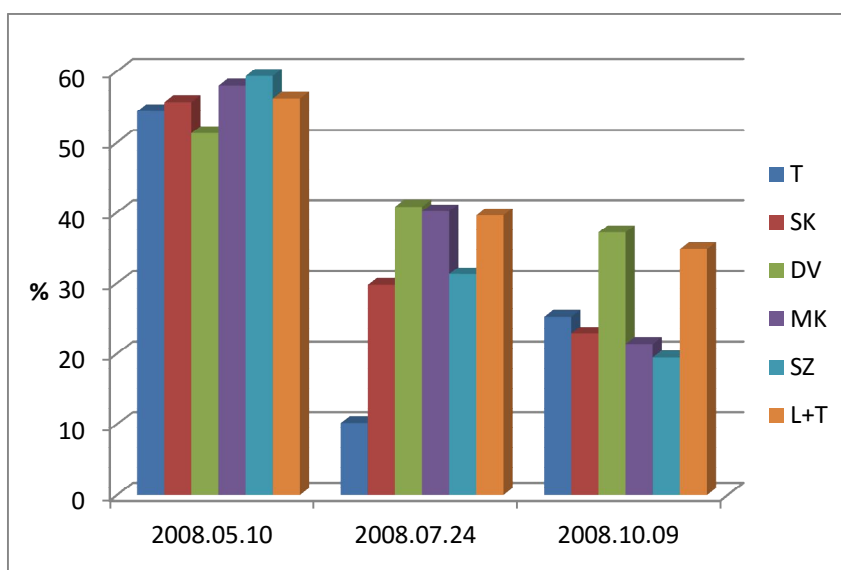
25. ábra. A morzsafrakció változása a kezelésekből (2009)

A 29/a, b. és a 30/a, b. mellékletek tartalmazzák a morzsafrakció statisztikai vizsgálatát a 2008. és 2009. évekre. A szokásos megbízhatósági szinten a varianciaanalízis nem mutatott ki szignifikáns különbséget a kezelésekből a morzsafrakció tekintetében.

A 26. ábra a 2008. vizsgálati évben az aprómorzsa frakció változását szemlélteti. A tavaszi mérési időpontban e mérettartomány aránya minden kezelésben meghaladta az 50%-ot, amely kedvezőtlenül magasnak minősül. A túlnyomóan aprómorzsa frakcióból álló talajszerkezet sérülékeny, kevésbé ellenálló az időjárás káros hatásaival szemben. Az aprómorzsa könnyen eliszapolódnak, a felszín kiszáradás után cserepessé, tömődötté válhat. Az eróziós és deflációs károk is jobban sújtanak a nagy aprómorzsa arány esetében. Visszatekintve a 24. ábrára, látható,

hogy a morzsafrakciónál nagyobb arányban van jelen az aprómorzsa a kezelésekben. Ez fordított esetben kedvezőbb talajállapotot jelentene.

A nyári vizsgálati időpontra csökkent az aprómorzsa, viszont növekedett a morzsa aránya (lásd 24. ábra). A napraforgó betakarítása után elvégzett tarlóhántást követő vizsgálati időpontra további aprómorzsa arány csökkenés volt tapasztalható a kezelésekben. Igaz, hogy ez leginkább a szárazabb felszín közeli talajállapot és a tarlóhántás következtében megnövekedett rögfrakció eredménye. A 26. ábrát összevetve a 22. ábrával látható, hogy a DV és az L+T kezelésben kisebb rögösödés lépett fel az őszi tarlóhántás következtében, így e művelési variánsokban ezért maradt magasabb szinten az aprómorzsa frakció.

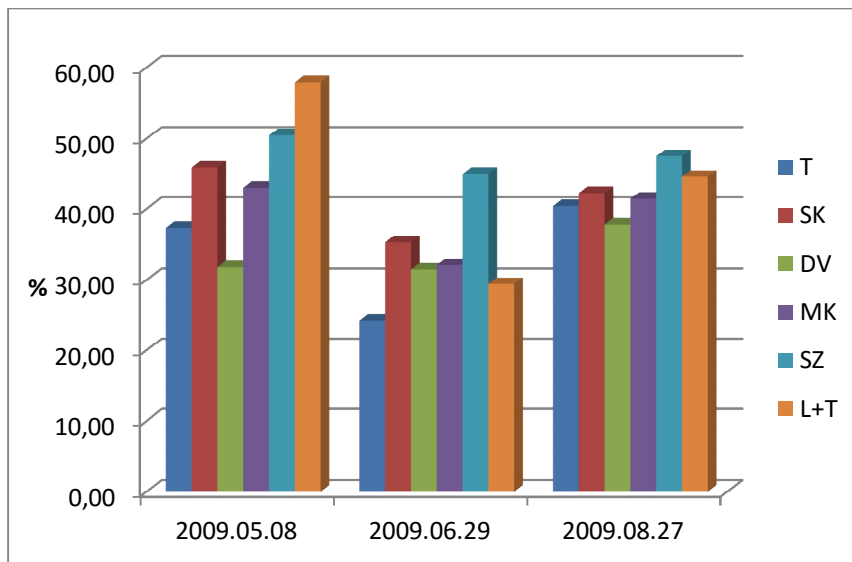


26. ábra. Az aprómorzsa frakció változása a kezelésekben (2008)

A 27. ábra a 2009-ben tapasztalt aprómorzsa frakció arányokat szemlélteti. A tavaszi mérési időpontban a 2008. évhez képest kissé alacsonyabb értékeket mértem. Az SZ és az L+T kezelésekben a többi variánshoz képest magasabb az aprómorzsa aránya. Ez, visszatekintve a 23. és a 25. ábrákra, az alacsonyabb rög és morzsa arálynak az együttes következménye. A legkisebb aprómorzsa arány a DV kezelésben mutatkozott, viszont a 23. ábra szerint ebben volt a legnagyobb a rögösség.

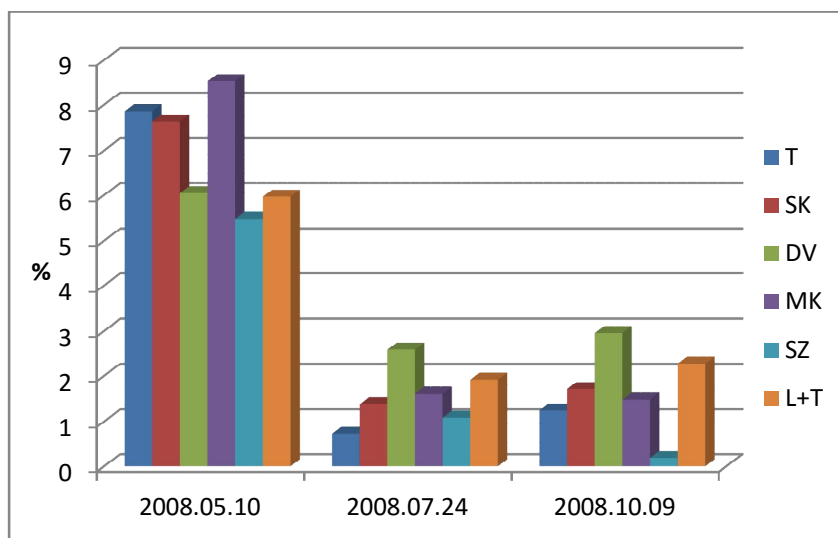
A 2009 nyári vizsgálati időpontra kissé csökkent az aprómorzsa arány. Visszatekintve a 23. ábrára ez – általános talajállapot romlás következtében –, a rögösödés következménye. Ezzel ellentétben az SZ kezelésben mutatkozott a legnagyobb aprómorzsa- és a legkisebb rögfrakció arány. Ebben a kezelésben tehát kevésbé a rögösödés volt jellemző a nyári időszakban, mint inkább a porosodás.

A nyár végén, beéredett hántott tarlón mért adatok növekvő aprómorzsa arányról tanúskodtak. Visszatekintve a 23. és a 25. ábrákra, ezeken túl csökkenő rögfrakció arányt és növekvő morzsáságot tapasztaltam. Ez a tény a tarlóhántást követő biológiai beéredés egyértelmű következménye.



27. ábra. Az aprómorzsa frakció változása a kezelésekben (2009)

A 31/a, b. és a 32/a, b. melléletek tartalmazzák az aprómorzsa frakció statisztikai elemzését, amelyek szerint a varianciaanalízis vizsgálat $SZD_{5\%}$ megbízhatósági szinten nem mutatott szignifikáns különbséget az egyes kezelések között.

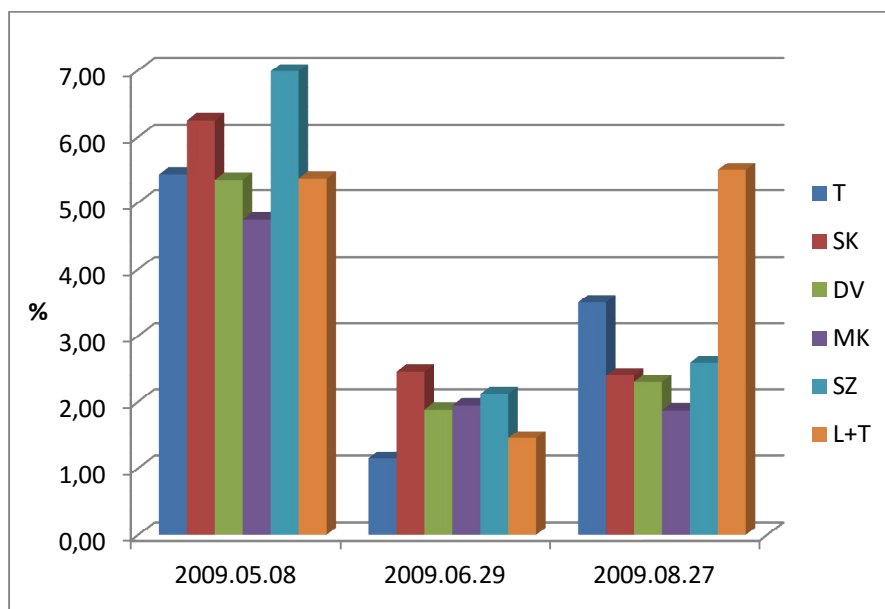


28. ábra. A porfrakció változása a kezelésekben (2008)

A 28. ábra a kezelések porfrakció arányát szemlélteti a 2008. vizsgálati időpontokban. Látható, hogy a tavaszi időpontban nagy, 6-8% közötti por arányt tapasztaltam, amely a 22. ábra szerint alacsony rögfrakció aránnyal párosul. A 26. ábra nagy aprómorzsa arányát is figyelembe véve, arra következtetek, hogy a tavaszi időszak talajszerkezetét leginkább a tél fagyási-olvadási folyamatai befolyásolták. A kezelésekben a porfrakció arányát tekintve nem számottevőek a különbségek.

A nyári mérési időpontban a por arány még kisebb értéket mutat a kezelésekben, a különbségek nem számottevőek. Ez az alacsony porfrakció arány megmaradt az őszi mérési időpontra is, a napraforgó betakarítása után elvégzett tarlóhántás alig módosított a kezelésekben mért értékeken.

A 2009. év tavaszán a 2008. évben mérthez hasonló porfrakció növekedés volt tapasztalható. A téli fagyás-olvadás következménye tetten érhető minden művelési variánsban. Ennek ellenére alacsony, 4,5-7,0% közötti por arányokról tájékoztat a 29. ábra. A nyári mérési időpontra lecsökkent a por- és a 23. ábra szerint növekedett a rögfrakció aránya. A nyár végi beéredett tarló állapotban végzett mérés szerint kismértékű porfrakció növekedés következett be, leginkább a T, az SZ és az L+T kezelésekben. A 23. ábra szerint e kezelésekben viszont némileg csökkent a rögfrakció aránya.



29. ábra. A porfrakció változása a kezelésekben (2009)

A 33/a, b. és a 34/a, b. mellékletek tartalmazzák a porfrakció 2008 és 2009 évekre elvégzett varianciaanalízis vizsgálatát, amely SZD_{5%} megbízhatósági szinten nem mutatott szignifikáns különbséget a kezelések között.

Regresszió vizsgálattal kerestem összefüggést a felszintakarás mértékének és a talaj agronómiai szerkezetének változásai között. E módszerrel arra szerettem volna választ kapni, hogy a mulcaborítás mértékének növekedésével várható-e javulás a talajszerkezetet illetően.

50/a. táblázat. Regressziós táblázat a T kezeléshez

| T | Mulcs% | Rög% | Morzsa% | Aprómorzsa% | Por% |
|--------------------------------------|--------|-------|---------|-------------|------|
| 2008.05.10 | 15 | 10,49 | 27,24 | 54,41 | 7,86 |
| 2008.07.24 | 10 | 69,93 | 19,15 | 10,19 | 0,73 |
| 2008.10.09 | 20 | 42,00 | 31,57 | 25,19 | 1,25 |
| 2009.05.08 | 10 | 30,74 | 26,55 | 37,28 | 5,43 |
| 2009.06.29 | 10 | 54,20 | 20,38 | 24,27 | 1,15 |
| 2009.08.27 | 55 | 24,64 | 31,45 | 40,41 | 3,50 |
| Polinomiális R ² értékek: | | 0,25 | 0,78 | 0,14 | 0,01 |

50/b. táblázat. Regressziós táblázat az SK kezeléshez

| SK | Mulcs% | Rög% | Morzsa% | Aprómorzsa% | Por% |
|--------------------------------------|--------|-------|---------|-------------|------|
| 2008.05.10 | 25 | 12,41 | 24,3 | 55,66 | 7,63 |
| 2008.07.24 | 20 | 32,86 | 35,96 | 29,79 | 1,39 |
| 2008.10.09 | 35 | 38,46 | 36,99 | 22,84 | 1,71 |
| 2009.05.08 | 25 | 22,37 | 25,46 | 45,92 | 6,25 |
| 2009.06.29 | 15 | 36,40 | 25,88 | 35,26 | 2,46 |
| 2009.08.27 | 60 | 24,69 | 30,65 | 42,26 | 2,40 |
| Polinomiális R ² értékek: | | 0,04 | 0,13 | 0,01 | 0,13 |

50/c. táblázat. Regressziós táblázat a DV kezeléshez

| DV | Mulcs% | Rög% | Morzsa% | Aprómorzsa% | Por% |
|--------------------------------------|--------|-------|---------|-------------|------|
| 2008.05.10 | 35 | 12,85 | 29,78 | 51,32 | 6,05 |
| 2008.07.24 | 25 | 28,39 | 28,18 | 40,84 | 2,59 |
| 2008.10.09 | 40 | 27,91 | 31,89 | 37,23 | 2,96 |
| 2009.05.08 | 30 | 36,09 | 26,73 | 31,83 | 5,35 |
| 2009.06.29 | 20 | 37,02 | 29,59 | 31,50 | 1,89 |
| 2009.08.27 | 55 | 26,40 | 33,55 | 37,75 | 2,30 |
| Polinomiális R ² értékek: | | 0,35 | 0,70 | 0,24 | 0,55 |

50/d. táblázat. Regressziós táblázat az MK kezeléshez

| MK | Mulcs% | Rög% | Morzsa% | Aprómorzsa% | Por% |
|--------------------------------------|--------|-------|---------|-------------|------|
| 2008.05.10 | 20 | 7,53 | 25,9 | 58,04 | 8,53 |
| 2008.07.24 | 15 | 20,22 | 37,98 | 40,19 | 1,61 |
| 2008.10.09 | 30 | 48,02 | 29,10 | 21,39 | 1,49 |
| 2009.05.08 | 20 | 24,03 | 28,19 | 43,02 | 4,76 |
| 2009.06.29 | 15 | 41,14 | 24,77 | 32,14 | 1,95 |
| 2009.08.27 | 60 | 24,40 | 32,28 | 41,44 | 1,88 |
| Polinomiális R ² értékek: | | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,09 |

50/e. táblázat. Regressziós táblázat az SZ kezeléshez

| SZ | Mulcs% | Rög% | Morzsa% | Aprómorzsa% | Por% |
|--------------------------------------|--------|-------|---------|-------------|------|
| 2008.05.10 | 0 | 8,09 | 27,08 | 59,36 | 5,47 |
| 2008.07.24 | 0 | 33,55 | 34,03 | 31,32 | 1,09 |
| 2008.10.09 | 0 | 45,39 | 34,92 | 19,5 | 0,19 |
| 2009.05.08 | 0 | 19,04 | 23,48 | 50,49 | 6,99 |
| 2009.06.29 | 0 | 25,10 | 27,78 | 45,00 | 2,12 |
| 2009.08.27 | 55 | 9,55 | 40,35 | 47,51 | 2,59 |
| Polinomiális R ² értékek: | | 0,22 | 0,51 | 0,03 | 0,01 |

50/f. táblázat. Regressziós táblázat az L+T kezeléshez

| L+T | Mulcs% | Rög% | Morzsa% | Aprómorzsa% | Por% |
|--------------------------------------|--------|-------|---------|-------------|------|
| 2008.05.10 | 30 | 8,03 | 29,84 | 56,16 | 5,97 |
| 2008.07.24 | 20 | 21,82 | 36,63 | 39,63 | 1,92 |
| 2008.10.09 | 35 | 29,93 | 32,85 | 34,93 | 2,28 |
| 2009.05.08 | 25 | 14,83 | 21,82 | 57,98 | 5,37 |
| 2009.06.29 | 15 | 41,09 | 28,01 | 29,44 | 1,46 |
| 2009.08.27 | 60 | 20,78 | 29,14 | 44,58 | 5,50 |
| Polinomiális R ² értékek: | | 0,34 | 0,002 | 0,24 | 0,38 |

Áttekintve az 50/a-f. táblázatokat és a 35/a-f. mellékletekben található regressziós diagramokat, megállapítható, hogy a józsefmajori talajművelési tartamkísérlet egyik kezelésében sem tapasztalható szoros összefüggés a felszíni mulcsborítás mértéke és a szerkezetesség között. Egyik frakció típusban sem fedezhető fel egyértelmű változás a felszintakarás mértékének változásával. Ennek alapján a szerkezetre a felszíni mulcsborítás más befolyásoló tényezőknél kevésbé volt hatással a kísérletben. Ezek között elsősorban a művelés jellege, a bolygatás intenzitása emelhető ki. A műveléskori talajállapot – elsősorban a nedvesség és a tömörödöttség – határozta meg leginkább, hogy az egyes kezelésekből milyen talajszerkezet alakult ki a művelés nyomán. Az eredményekből kitűnik, hogy a tavaszi időszakokra jellemző talajszerkezetre nagy hatást gyakoroltak a téli fagyási-olvadási folyamatok. Az ősszel kialakult szerkezetesség jelentősen aprózódott tavaszra e fizikai folyamatok révén. Megnövekedett az aprómorzsa aránya (fagymorzsa nagy mennyisége), a nagyobb mérettartományok mennyisége csökkent. Elmondható, hogy a talaj szerkezetét nem volt képes kellően óvni a kezelésekből jellemző 5-30% mulcsborítás. A tenyészidőszakok alatt leginkább az időjárási hatások formálták a talajszerkezetet. Ez a felismerés egybevág Birkás et al. (2007_b) és Kalmár et al. (2013) ez irányú tapasztalataival. Úgy vélik, hogy a felszintakarás (mulcs) jótékony hatást fejt ki a talaj szerkezetességének előmozdításában, fenntartásában. 45-55% mulcsborítást jelölnek meg a káros időjárási hatások elleni védelmi funkció küszöbértékeként. Bencsik 2007-ben arról számol be, hogy a mulcstakarás segít a kialakult morzsáság megőrzésében. Különösen fontosnak tartja a

szerkezetvédelmet a nyári hőségnapokon, mivel a művelés hatására ilyenkor fokozott rögzösödés és porosodás következhet be. A Bencsik (2007) által említett szerkezet leromlást 2008-ban és 2009-ben is tapasztaltam a józsefmajori talajművelési tartamkísérlet kezeléseiben. Ezt a vonatkozó ábrák szemléltetik. Ennek ismeretében főként a kapás növények (kísérletünkben 2008-ban napraforgó, előtte kukorica) sorközeiben, a teljes tenyészidőszakban különösen fontos lenne a megfelelő védelmi hatást kifejtő 30% feletti mulcsborítás megtartása.

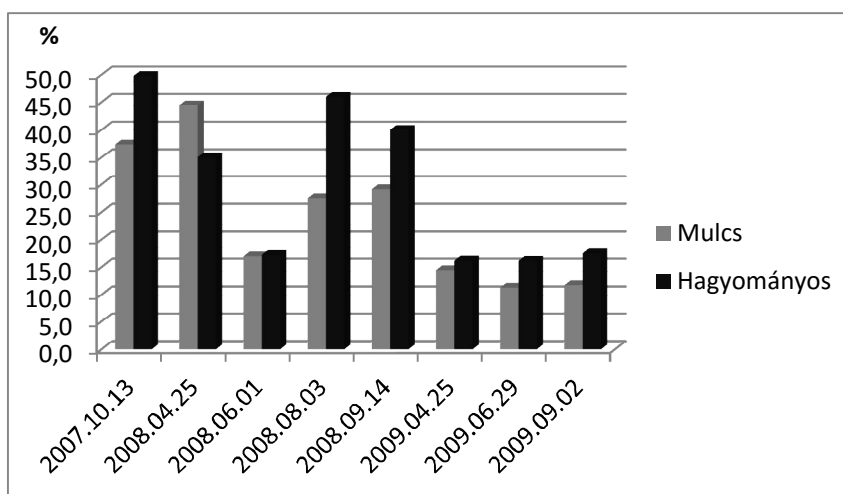
A mulcsborítás csekély védelmi hatása ellenére a kísérletben kedvező morzsa arány (60-75% összes morzsa) volt jellemző minden kezelésben, a teljes vizsgálati időszak alatt. Ez minden bizonnyal a kedvező adottságokkal bíró csernozjom talajtípus és a 2002 óta folyamatos kímélő jellegű művelésnek köszönhető. A kényszercsökkentett művelést szimbolizáló tárcsás kezelés is elfogadható szerkezetességet mutatott a vizsgálatok során, bár ebben tapasztaltam a legtöbb esetben kedvezőtlen értékeket, főleg rögzöséget a szárazabb időszakokban. Megmutatkozott, hogy a szántásos művelés is lehet szerkezetkímélő, ha a műveletet optimális talajnedvességnél és megfelelő műszaki színvonalon végzik. A kísérletünk SZ kezelésében alkalmazott elmunkálóval szerelt váltvaforgató eke a legtöbbször jó morzsáságot, kedvező talajszerkezetet alakított ki. A kíméletes bolygatás egyértelmű előnye tapasztalható a DV és az L+T kezelésben. A minimális talajbolygatás a morzsáság javulását eredményezi, amely nagy valószínűséggel a talaj biológiai tevékenységének folyamatossága következtében történik. Az L+T kezelés ugyan mélyítő jellegű művelés, de a lazítás lényegesen kíméletesebb bolygatás, mint a forgatás vagy a mély kultivátorozás. Ez a fajta kíméletesség – amely a kísérletünkben 2002 óta folyamatos – az L+T kezelésben tartós, kedvező szerkezetességben nyilvánult meg. Ezzel egybehangzó Bencsik (2007) véleménye, miszerint az ésszerűen csökkentett bolygatás elősegíti a morzsásodást.

4.5.2. A peresznyei talajművelési tartamkísérletben végzett agronómiai szerkezet vizsgálatok eredményei

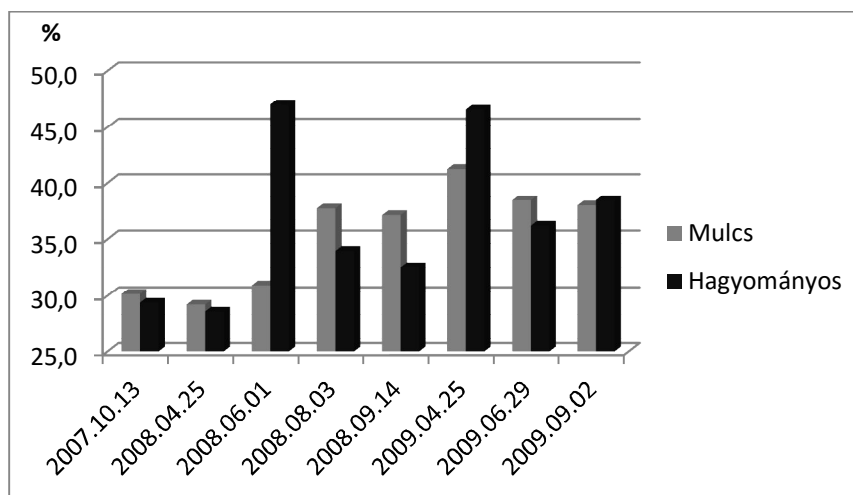
Hasonlóan a józsefmajori talajművelési tartamkísérlet agronómiai szerkezet vizsgálati eredményeinek bemutatásához, a négy frakciót (rög > 10,0 mm, a morzsa = 2,5-10,0 mm, az aprómorzsa = 0,25-2,5 mm, és a por < 0,25 mm) külön-külön mutatom be.

A 30. ábra a peresznyei talajművelési kísérletben mért rögfrakció arányokat szemlélteti a teljes vizsgálati időszakra vonatkozóan. A nyolc vizsgálati időpontból hét esetben a hagyományos, forgatásra épülő művelési változat mutatott nagyobb rögzöséget. A különbségek három esetben – a tarlóműveléseket követően – jelentősek voltak. A hagyományos művelésű kezelésben négy esetben volt 30% feletti rögfrakció arány, míg a mulcskezelésben csak két alkalommal. A többször is előforduló nagyarányúnak ítélt rögfrakció összefüggésben lehet az

agyagos vályog fizikai féleségű talajjal, amely érzékeny a műveléskori nedvességi állapotra. E kötött talajon könnyen alakul ki rögös szerkezet, amennyiben a bolygatáskor nedvesebb vagy szárazabb az optimálisnál. Bár a 36/a., b. mellékletek szerint a varianciaanalízis vizsgálat SZD_{5%} megbízhatósági szinten a rögösség tekintetében nem mutatott szignifikáns különbséget a kezelések között, a 30. ábra alapján a mulcsművelésű kezelés kevésbé rögös talajszerkezetet biztosított.



30. ábra. A rögfrakció változása a peresznyei talajművelési kísérlet kezeléseiben

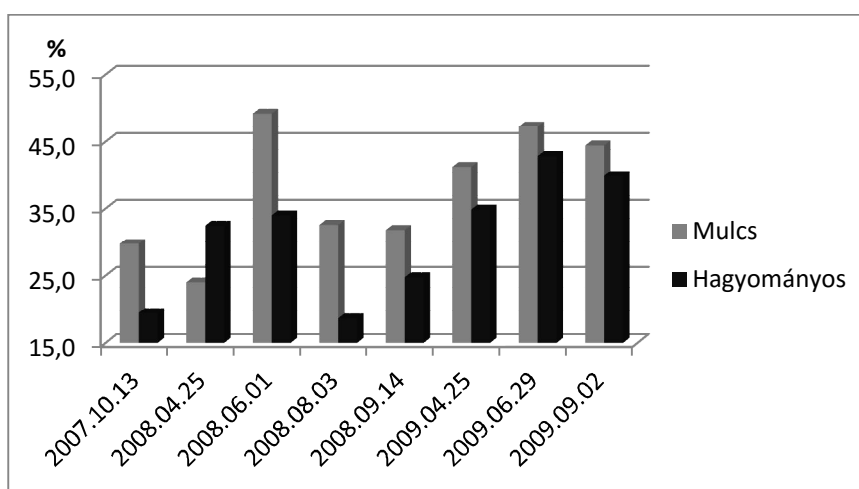


31. ábra. A morzsafrakció változása a peresznyei talajművelési kísérlet kezeléseiben

A 31. ábra a morzsafrakció átlagértékeinek változását szemlélteti a peresznyei kísérlet kezeléseiben. Elmondható, hogy a nyolcból öt alkalommal a mulcsművelésű kezelés mutatott nagyobb morzsáságot. A mérési időpontok nagy részében (hat alkalom) kedvezőnek minősíthető, 30% feletti morzsafrakció arány mutatkozott mindkét kezelésben és a másik két alkalommal is megközelítette e szintet. Az ábráról kitűnik, hogy a kísérlet beállítását követően

folyamatosan javult a kezelésekben a morzsáság. Hasonló tapasztalatokról számolt be Birkás (2007_b) is, miszerint a gondosan végzett, kémelő művelés szerkezet javulást eredményez. A 37/a., b. melléklet szerint a morzsafrakció adatok varianciaanalízis vizsgálata a kezelések között a szokásos megbízhatóság mellett nem mutatott szignifikáns különbséget. Ennek ellenére – miáltal a mulcskezelésben tapasztaltam több esetben nagyobb arányú morzsáságot – arra következtetek, hogy a mulcshagyó művelés elősegíti a morzsalékos talajszerkezet kialakulását, fenntartását. Ezt tapasztalták Birkás et al. (2007_b), Kalmár et al. (2013) és Kalmár (2015) is.

A 32. ábra a peresznyei talajművelési kísérletben mért aprómorzsa frakció arányokat szemlélteti. Látható, hogy a nyolc vizsgálati alkalomból hét esetben a mulcsműveléses kezelésben mutatkozott nagyobb aprómorzsa mennyiség. Négy alkalommal meghaladta a kedvezőtlenül soknak minősíthető 35%-os arányt is. Ez a hagyományos – forgatásos – művelésű változatban csak kétszer fordult elő, bár további három esetben megközelítette e szintet. Elmondható, hogy adott időpontokban a kezelések közötti különbségek jelentősek az aprómorzsa mennyiségének tekintetében. Visszatekintve a 30. ábrára az is látszik, hogy a mulcskezelésben az aprómorzsa frakció emelkedése együtt jár a rögösség csökkenésével. Tehát a mulcsművelés következtében finomabb talajszerkezet alakult ki. Ha a teljes morzsa mennyiséget együttesen értékeljük (nagy morzsa és aprómorzsa), 70%-ot elérő, meghaladó arányról beszélhetünk. Ez – figyelembe véve a nehéz talajadottságokat – igen kedvezőnek értékelhető. A hagyományos művelési változatban az összes morzsa arány a legtöbb esetben 10-20%-kal marad el a mulcs variánsban jellemzőhöz képest. Ez alapján a mulcshagyó művelés talajszerkezet kémelőbbnek bizonyult. Vagyis a kémelő bolygatás és a folyamatos szervesanyag bevitel elősegítette a morzsásabb szerkezet kialakulását.

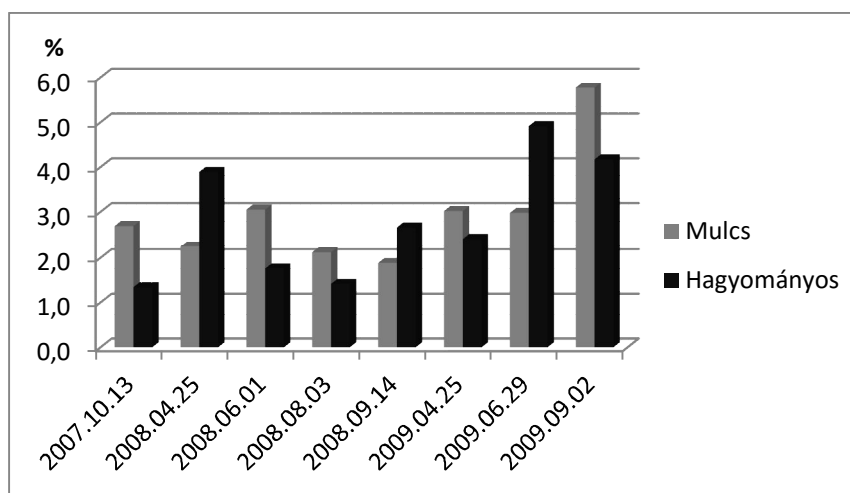


32. ábra. Az aprómorzsa frakció változása a peresznyei talajművelési kísérlet kezeléseiben

A 38/a., b. mellékletek tartalmazzák az aprómorzsza frakció statisztikai elemzését. A varianciaanalízis nem mutatott szignifikáns különbséget $P < 0,05$ megbízhatóság mellett a kezelések között. Ennek ellenére a mulcskezelésben tapasztalt kedvező morzsásodási trend egyértelműnek mondható.

A 33. ábra porfrakció változásait szemlélteti a peresznyei talajművelési kísérlet teljes vizsgálati időszakára vonatkozóan. Látható, hogy a porfrakció aránya a teljes kísérleti időtartam alatt a kedvezőnek ítélt 2-3% szinten maradt. A nyolc vizsgálati időpontból öt esetben a mulcs kezelésben mértem nagyobb porfrakció arányt, bár a különbségek nem jelentősek. A 39/a., b. mellékletek tartalmazzák a porfrakció statisztikai értékelését. A varianciaanalízis $P < 0,05$ szignifikancia szinten nem mutatott egyértelmű különbséget a kezelések között.

Aggudalomra adhat okot az, hogy a kísérleti idő előre haladásával – kis mértékben – növekvő por arányt tapasztaltam mindkét kezelésben. Ha megvizsgáljuk ennek okát, és visszatekintünk a 30. ábrára látható, hogy a kismértékű porfrakció növekedés a csökkenő rögzőség következménye lehet.



33. ábra. A porfrakció változása a peresznyei talajművelési kísérlet kezeléseiben

A finomabb talajszerkezet kialakulásában szerepe lehetett a 2009-ben vetett széles sortávú növénynek is (kukorica). Az időjárási tényezők porosító hatása érvényre juthatott a kísérletben. Ez a tény felhívja a figyelmet a felszín védelmére, és megkérdőjelezi a mulcs kezelésben 2009-ben kialakult 5-10% mulcsborítás (3. Melléklet 7. kép) talajszerkezet megóvására való alkalmasságát. Úgy vélem, hogy a talajvédelmi funkciók betöltésére ez a felszintakarási mennyiség nem elegendő. Hasonló véleményen van Birkás et al. (2007_b), Kalmár et al. (2013) és Kalmár (2015) is, szerintük az agronómiai szerkezetet védeni képes felszintakarás küszöbértéke 25-30%. 45-55% mulcsborítás már hatékonyan képes védelmi funkciót betölteni szélsőséges időjárási hatások esetében is.

A felszintakarás mértékének, és a talajszerkezet változás összefüggésének elbírálására regresszió vizsgálatot végeztem. E módszerrel kimutatható, hogy a kezelésekben jellemző mulcsborítás mértéke hogyan befolyásolja a kialakuló agronómiai szerkezetet.

51. táblázat. Regressziós táblázat a mulcsműveléses kezeléshez (Peresznye)

| Mulcskezelés | Mulcs% | Rög% | Morzsa% | Aprómorzsa% | Por% |
|--------------------------------------|--------|-------|---------|-------------|------|
| 2007.10.13 | 15 | 37,40 | 30,20 | 29,80 | 2,70 |
| 2008.04.25 | 10 | 44,50 | 29,20 | 24,00 | 2,30 |
| 2008.06.01 | 5 | 16,90 | 30,90 | 49,10 | 3,10 |
| 2008.08.03 | 30 | 27,60 | 37,80 | 32,50 | 2,10 |
| 2008.09.14 | 20 | 29,20 | 37,20 | 31,80 | 1,90 |
| 2009.04.25 | 10 | 14,50 | 41,30 | 41,20 | 3,00 |
| 2009.06.25 | 10 | 11,30 | 38,50 | 47,20 | 3,00 |
| 2009.09.02 | 5 | 11,70 | 38,00 | 44,50 | 5,80 |
| Polinomiális R ² értékek: | | 0,32 | 0,05 | 0,47 | 0,57 |

52. táblázat. Regressziós táblázat a hagyományos művelésű kezeléshez (Peresznye)

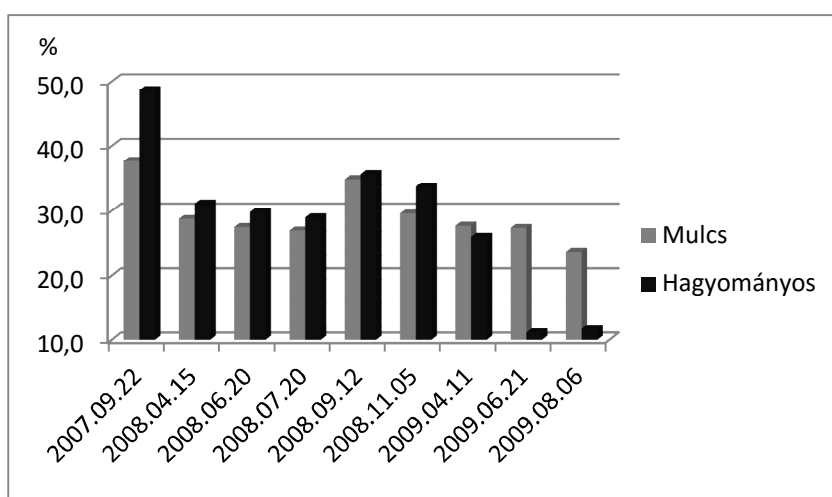
| Hagyományos kezelés | Mulcs% | Rög% | Morzsa% | Aprómorzsa% | Por% |
|--------------------------------------|--------|-------|---------|-------------|------|
| 2007.10.13 | 0 | 49,80 | 29,40 | 19,50 | 1,40 |
| 2008.04.25 | 0 | 35,10 | 28,60 | 32,40 | 3,90 |
| 2008.06.01 | 0 | 17,20 | 47,00 | 34,00 | 1,80 |
| 2008.08.03 | 30 | 46,00 | 33,90 | 18,70 | 1,40 |
| 2008.09.14 | 20 | 40,10 | 32,50 | 24,80 | 2,70 |
| 2009.04.25 | 0 | 16,20 | 46,60 | 34,90 | 2,40 |
| 2009.06.25 | 0 | 16,10 | 36,20 | 42,80 | 4,90 |
| 2009.09.02 | 0 | 17,50 | 38,50 | 39,90 | 4,20 |
| Polinomiális R ² értékek: | | 0,33 | 0,09 | 0,43 | 0,20 |

Áttekintve az 51., 52. táblázatokat és a 40/a., b. mellékleteket megállapítható, hogy a felszintakarás mértéke és az agronómiai szerkezet változása között egyik kezelésben sincs szoros összefüggés. Tehát a peresznyei kísérletben kialakult 5-30% mulcsborítás nem befolyásolta kimutatható mértékben a talajszerkezet változását. Ez egybevág azzal a véleményemmel, miszerint a szerkezet védelmére ez a mulcsborítási arány kevésnek bizonyul. A talaj szerkezet jobbításában sokkal inkább a kíméletes módon végzett talajművelésnek, és a mulcskezelésben a szervesanyag teljes művelt rétegben történő egyenletes bekeverésének volt szerepe.

4.5.3. A sarudi talajművelési tartamkísérletben végzett agronómiai szerkezet vizsgálatok eredményei

Az agronómiai szerkezet vizsgálat eredményeinek bemutatása során – hasonlóan a másik két kísérleti helyszínhez – a négy frakciót (rög > 10,0 mm, a morzsa=2,5-10,0 mm, az aprómorzsa=0,25-2,5 mm, és a por <0,25 mm) külön-külön elemzem.

A 34. ábra a sarudi talajművelési kísérlet kezeléseiben a rögfrakció változását szemlélteti a teljes vizsgálati időtartam alatt. A kilenc mintavételi időpontból hat alkalommal a hagyományos művelési változatban mutatkozott nagyobb rögösség. A 41/a., b. mellékletekben található statisztikai értékelés szerint a varianciaanalízis SZD_{5%} megbízhatósági szinten nem mutatott szignifikáns különbséget a kezelések között a rögösség tekintetében.



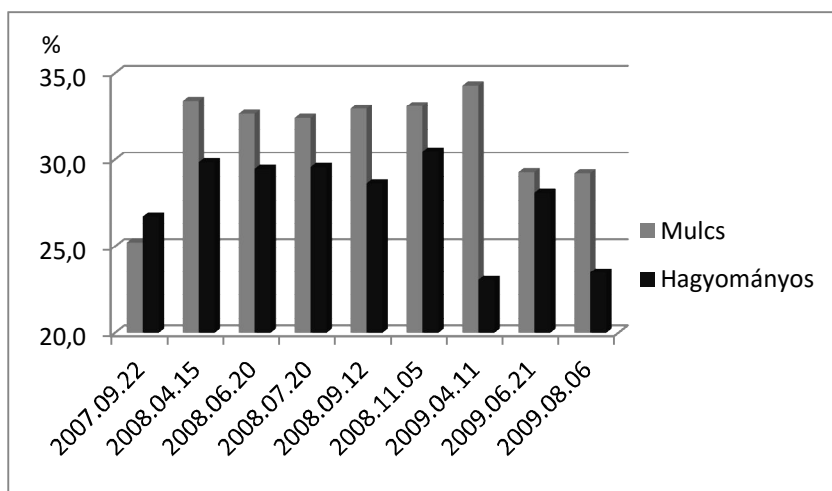
34. ábra. A rögfrakció változása a sarudi talajművelési kísérlet kezeléseiben

Az első mérési időpontban – 2007 őszi alapművelések után – jelentősen rögösebb talajszerkezet jellemezte a hagyományos kezelést. A rögfrakció aránya a szántott talajon megközelítette az 50%-ot. A mulcsművelésű változatban ugyanekkor – középmezőny lazítást követően – 40% alatti rögfrakció értéket regisztráltam, amely ugyancsak kedvezőtlenül magas. Az őszi alapművelések után mutatkozó rögös szerkezet egyértelműen a száraz talajon végzett mély bolygatás következménye (3. Melléklet 9. kép), a munkaminőség és a talaj védelme szempontjából célszerű lett volna optimálisabb nedvességi állapotban végezni a munkákat.

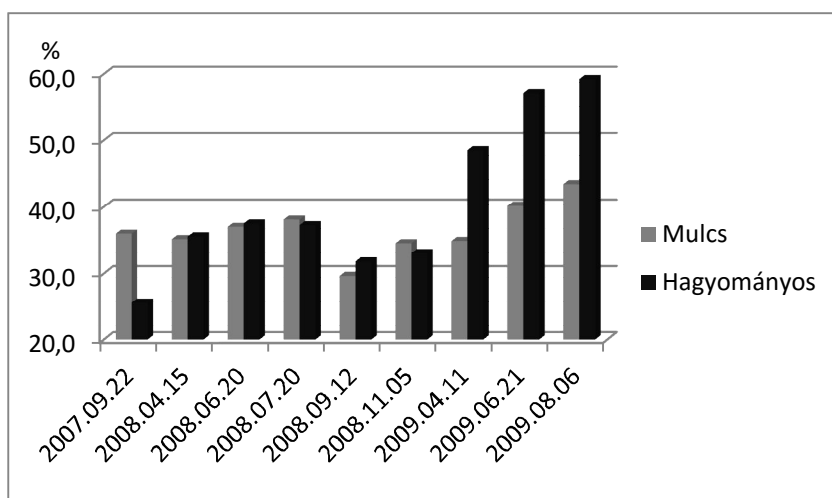
A mélyítő jellegű művelések rögösítő hatása a 2008. évi őszi alapművelések után is megmutatkozott, de kisebb mértékben. Ezek a műveléshibákból adódó idényszerűen bekövetkező talajszerkezet károsodások felhívják a figyelmet a nehéz talajadottságok mellett szükséges rendkívüli szakmai odafigyelés, és a műszaki felkészültség fontosságára. A bolygatások talajkímélő minőségben történő megvalósulásához – ahogy erre Birkás (2006_a,

2006_d) is utal – elengedhetetlen a műveléskori talajnedvesség és a művelő eszköz összehangolása.

A 35. ábra a morzsafrakció átlagértékeinek változását szemlélteti a sarudi kísérlet kezeléseiben. Látható, hogy a kilenc mintavételi időpontból nyolc esetben a mulcsművelésű változatban mutatkozott nagyobb morzsáság. A kezelések morzsafrakció arányai tekintetében a különbségek jelentősek voltak, amelyet a 42/a., b. mellékletekben található varianciaanalízis vizsgálat statisztikailag megbízhatónak ($P < 0,05$) igazolt. A mulcskezelésben még a kritikus időszakokban – alpművelések után és az aszályban – is kedvező 30% vagy azt meghaladó morzsáságot tapasztaltam. A kíméletes bolygatás és a szervesanyagok teljes művelési mélységben egyenletesen történő bekeverése egyértelműen kedvező hatással volt a morzsásásra. Hasonló eredményekről számoltak be Birkás et al. (2007_b) is hosszú távú mulcshagyó művelések következményeként.



35. ábra. A morzsafrakció változása a sarudi talajművelési kísérlet kezeléseiben

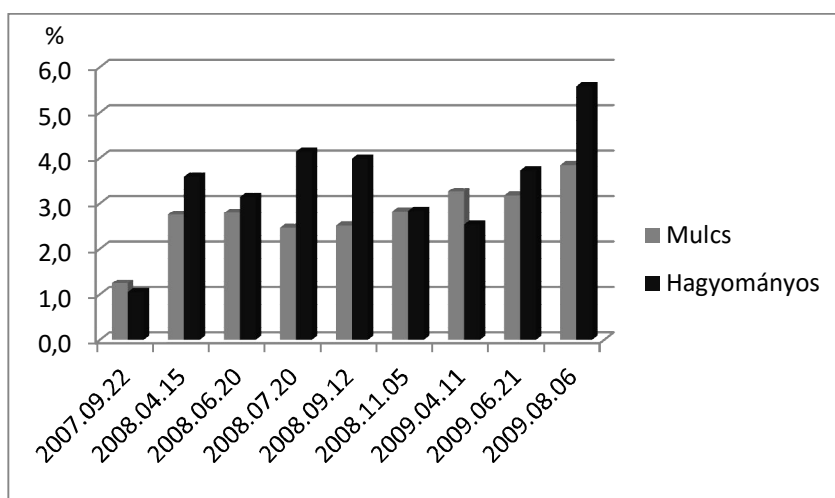


36. ábra. Az aprómorzsa frakció változása a sarudi talajművelési kísérlet kezeléseiben

A 36. ábra az aprómorzsa mérettartomány változását szemlélteti a sarudi talajművelési kísérlet kezeléseiben a teljes vizsgálati időtartamra vonatkozóan. Az ábra arról tanúskodik, hogy 2007-2008-ban a kismorzsa aránya jellemzően 30-40% közötti értéket mutatott a kezelésekben, amely átlagos mennyiségnek tekinthető. A kis eltérésekkel összhangban van a 43/a., b. mellékletekben található varianciaanalízis vizsgálat is, mely SZD_{5%} megbízhatósági szinten nem mutatta szignifikánsnak a kezelések közötti különbségeket.

A hagyományos kezelésben a 2009. aszályos év során rendkívül megnövekvő aprómorzsa mennyiséget tapasztaltam, az értékek elérik, sőt, meghaladják az 50% arányt is. Visszatekintve a 34. és a 35. ábrákra az is észrevehető, hogy e jelenség csökkenő rög és morzsa aránnyal jár együtt, vagyis egyértelműen aprózódott a szerkezet. Mindez főként a kedvezőtlen időjárási körülmények degradáló hatásának következménye. Érdekes összefüggés, hogy a hagyományos kezelésben a szerkezet leromlásával a talaj lazultsága is csökkent, amelyet a 16., 17. ábrák mutatnak. Ez a megállapítás összhangban van Nyíri (1997), Ruzsányi (2000), Birkás (2006_d), Zsembeli et al. (2015) véleményeivel, miszerint a talajszerkezet romlása előrevetíti a klímaelemekkel szembeni érzékenység növekedését.

A 37. ábra a porfrakció változásait mutatja a kezelésekben, a teljes vizsgálati időszakra vonatkozóan. A por mérettartomány mennyisége mindkét kezelésben kedvezőnek tekinthető 2-4% szinten alakult. A kezelések közti különbségek e tekintetben nem számottevőek, amelyet a 44/a., b. mellékletekben található statisztikai értékelés is tükröz. A varianciaanalízis SZD_{5%} szignifikancia szinten nem mutatott különbséget a kezelések között. Ennek ellenére a kilenc mérési időpontból hat alkalommal a hagyományos kezelésben mutatkozott nagyobb por frakció arány. Megfigyelhető továbbá, hogy a hagyományos kezelésben leginkább a szárazabb nyári időszakokban porosodott el nagyobb mértékben a talaj.



37. ábra. A porfrakció változása a sarudi talajművelési kísérlet kezeléseiben

A felszintakarás mértéke és az agronómiai szerkezet változása közötti összefüggés elbírálására regresszió vizsgálatot alkalmaztam.

Az 53., 54. táblázatok és a 45/a., b. mellékletek szerint a kezelésekben kialakult 5-35% felszintakarás nem befolyásolta erősen az egyes művelési változatok agronómiai szerkezetét. Egyik frakció tartományban sem mutatkozott szoros összefüggés a mulcsborítás és az adott méret kategória mennyisége között.

53. táblázat. Regressziós táblázat a mulcs kezeléshez (Sarud)

| Mulcskezelés | Mulcs% | Rög% | Morzsa% | Aprómorzsa% | Por% |
|--------------------------------------|--------|------|---------|-------------|------|
| 2007.09.22 | 15 | 37,7 | 25,2 | 35,9 | 1,2 |
| 2008.04.15 | 5 | 28,8 | 33,4 | 35,1 | 2,8 |
| 2008.06.20 | 5 | 27,5 | 32,7 | 37,0 | 2,8 |
| 2008.07.02 | 35 | 27,0 | 32,5 | 38,1 | 2,5 |
| 2008.08.23 | 25 | 34,8 | 33,0 | 29,7 | 2,5 |
| 2008.10.24 | 15 | 29,6 | 33,1 | 34,4 | 2,8 |
| 2009.04.11 | 10 | 27,7 | 34,3 | 34,8 | 3,3 |
| 2009.06.21 | 10 | 27,4 | 29,3 | 40,2 | 3,2 |
| 2009.08.06 | 5 | 23,6 | 29,3 | 43,3 | 3,9 |
| Polinomiális R ² értékek: | | 0,55 | 0,07 | 0,37 | 0,30 |

54. táblázat. Regressziós táblázat a hagyományos kezeléshez (Sarud)

| Hagyományos kezelés | Mulcs% | Rög% | Morzsa% | Aprómorzsa% | Por% |
|--------------------------------------|--------|------|---------|-------------|------|
| 2007.09.22 | 0 | 48,7 | 26,7 | 25,6 | 1,1 |
| 2008.04.15 | 0 | 31,1 | 29,9 | 35,5 | 3,6 |
| 2008.06.20 | 0 | 29,8 | 29,5 | 37,5 | 3,1 |
| 2008.07.02 | 20 | 29,0 | 29,6 | 37,3 | 4,1 |
| 2008.08.23 | 10 | 35,6 | 28,6 | 31,7 | 4,0 |
| 2008.10.24 | 0 | 33,7 | 30,5 | 33,0 | 2,8 |
| 2009.04.11 | 0 | 25,8 | 23,1 | 48,6 | 2,5 |
| 2009.06.21 | 0 | 11,1 | 28,1 | 57,1 | 3,7 |
| 2009.08.06 | 0 | 11,7 | 23,5 | 59,2 | 5,6 |
| Polinomiális R ² értékek: | | 0,05 | 0,09 | 0,10 | 0,09 |

A mulcskezelésben tapasztalt nagyobb arányú morzsáság és a száraz időszakokban bekövetkezett kisebb mértékű elporosodás kevésbé a felszintakarás talajvédelmi hatásának következménye, sokkal inkább a mulcshagyó művelésre jellemző harmonikusabb szervesanyag-utánpótlás, és az élénkebb biológiai tevékenységek talajszerkezet védő, jobbító hatásának tudható be. E véleményem összhangban van Birkás et al. (2007_b) és Kalmár et al. (2013) megállapításaival, miszerint a talajszerkezet védelmére a legalább 45-50% felszintakarás bizonyul hatékonynak.

4.6. Az üzemanyag-felhasználási és a termés vizsgálatok eredményei

4.6.1. A peresznyei talajművelési tartamkísérletben végzett üzemanyag-felhasználási és termés vizsgálatok eredményei

Annak érdekében, hogy elbírálható legyen a mulcshagyó és a hagyományos talajművelési rendszerek gyakorlati alkalmazhatósága, nemcsak a talajállapot jellemzőket szükséges értékelni. Fontos összehasonlítani a két művelési változatban tapasztalt üzemanyag-felhasználási és termés adatokat. A felszintakarásos, mulcshagyó művelési megoldások gazdaságossága alapvetően meghatározza alkalmazhatóságukat.

55. táblázat. Üzemanyag-felhasználási és termés adatok összehasonlítása a peresznyei talajművelési kísérletben

| 2007-2008, őszi káposztarepce | | | | |
|-------------------------------|------------------------------|---------------------|---------------------------------|---------------------|
| Időpont | Mulcskezelés | | Hagyományos kezelés | |
| | Művelet-eszköz | Üzema. felh. (l/ha) | Művelet-eszköz | Üzema. felh. (l/ha) |
| 2007.07.27 | Tarlóhántás-kultivátor | 7 | Tarlóhántás-kultivátor | 7 |
| 2007.08.25 | Tarlóápolás-kultivátor | 8 | Tarlóápolás-kultivátor | 8 |
| 2007.09.14 | Alapművelés-kultivátor | 15 | Alapművelés-eke | 23 |
| 2007.09.16 | Magágykészítés-kombinátor-1X | 10 | Magágykészítés-kombinátor-2X | 20 |
| összegzés | Üzemanyag összesen | 40 | Üzemanyag összesen | 58 |
| | Termés (t/ha) | 2,5 | Termés (t/ha) | 2,3 |
| 2009, kukorica | | | | |
| Időpont | Mulcskezelés | | Hagyományos kezelés | |
| | Művelet-eszköz | Üzema. felh. (l/ha) | Művelet-eszköz | Üzema. felh. (l/ha) |
| 2008.07.30 | Tarlóhántás-rövidtárcsa | 5 | Tarlóhántás-rövidtárcsa | 5 |
| 2008.09.14 | Tarlóápolás-rövidtárcsa | 6 | Tarlóápolás-rövidtárcsa | 6 |
| 2008.11.03 | Alapművelés-kultivátor | 13 | Alapművelés-eke | 22 |
| 2008.03.12 | - | - | Szántáselmunkálás-simító-henger | 8 |
| 2009.04.17 | Magágykészítés-kombinátor-1X | 9 | Magágykészítés-kombinátor-2X | 18 |
| összegzés | Üzemanyag összesen | 33 | Üzemanyag összesen | 59 |
| | Termés (t/ha) | 9,5 | Termés (t/ha) | 9,4 |

A gazdaságosság vizsgálatára az 55. táblázatban foglaltam össze a peresznyei talajművelési kísérletben a művelésre fordított üzemanyag-felhasználást és a betakarított termékek mennyiségét. Az összehasonlító táblázat csak a két kezelés talajművelési munkálatait

tartalmazza, egyéb agrotechnikai – tápanyag-utánpótlási, növényvédelmi – tevékenységek nem szerepelnek benne, mivel minden ilyen jellegű beavatkozás azonos módon és mennyiségben történt.

Tanulmányozva az 55. táblázat adatait látható, hogy a 2007-2008-ban termesztett őszi káposztarepce talajművelési munkálatai a mulcsműveléses kezelésben 18 literrel kevesebb üzemanyag-felhasználást igényeltek 1 hektárra vetítve. A szántóföldi kultivátorral elvégzett alapművelés – azonos munkamélység mellett – 8 l/ha-ral kevesebb üzemanyagot igényelt, mint a szántás. Ezen túl kedvezőbb talajállapot alakult ki a mulcshagyó alapművelés során, így elegendő volt egy menetben magágykészítést végezni kombinátorral, amely további 10 l/ha üzemanyag megtakarítását eredményezte. A mulcskezelés üzemanyag megtakarítása mellett 0,2 tonna/ha terméstöbblet is mutatkozott.

A 2009-ben elvetett kukorica talajművelési munkálatai a mulcskezelésben hektáronként 26 literrel kevesebb üzemanyag-felhasználással jártak. A mulcsművelésű változat kultivátoros alapművelése 9 l/ha-ral kevesebb üzemanyagot igényelt, mint a hagyományos kezelésben alkalmazott szántás. A szántás felszínét tavasszal, simító-henger kombinációval munkálták el, ez 8 l/ha többlet üzemanyagot igényelt szemben a mulcs változattal, ahol nem volt szükség ilyen jellegű beavatkozásra. Ezen felül a hagyományos kezelésben két menettel kombinátoros magágykészítést kellett végezni, amely további 9 l/ha üzemanyag többlettel járt. A kukorica termése a mulcs változatban 0,1 tonna/ha-ral lett nagyobb.

4.6.2. A sarudi talajművelési tartamkísérletben végzett üzemanyag-felhasználási és termés vizsgálatok eredményei

2008-ban (szenázs célú zab kultúra) a talajművelésre felhasznált üzemanyag mennyisége a mulcs-kezelésben 14 l/ha-ral kevesebb volt, mint a hagyományos művelésű változatban. A mulcshagyó verzióban ugyan 1-2 l/ha-ral több hajtóanyagot igényeltek a szántóföldi kultivátorral végzett tarlóművelések (3. Melléklet 10. kép), mint a könnyű tárcsás megoldás, de a közép mély lazításos alapművelés már 5 l/ha-ral kevesebb üzemanyag-felhasználással járt, mint a szántás. A mulcskezelésben a kedvezőbb talajállapot eredményeként elegendő volt tavasszal az egy menetes magágykészítés, amely a hagyományos változathoz képest további 12 l/ha üzemanyag megtakarítását eredményezte. A kevesebb hajtóanyag felhasználás mellett a mulcsművelésben 2 t/ha-ral több termést takarítottak be.

2009-ben (silókukorica vetemény) a mulcskezelésben 13 l/ha-ral kevesebb üzemanyag felhasználást mértem. A tarlóművelések – szántóföldi kultivátor – ugyan 4 l/ha-ral több felhasználással jártak, viszont a közép mély lazítás hektáronként 4 literrel kevesebb

hajtóanyaggal volt végezhető a szántáshoz képest. Nagy különbség mutatkozott a tavaszi magágykészítéskor, mivel a mulcs változatban elegendő volt az egy menetes munkavégzés, amelynek eredményeként 13 l/ha megtakarítás adódott. Az üzemanyag-takarékosabb mulcshagyó művelésű kezelésben 2 t/ha termés többletet is tapasztaltam.

A vizsgált ökonómiai jellemzők alapján (lásd. 56. táblázat) a sarudi talajművelési kísérletben is bebizonyosodott a mulcshagyó talajművelési rendszerek gyakorlati alkalmazhatósága.

56. táblázat. Üzemanyag-felhasználási és termés adatok összehasonlítása a sarudi talajművelési kísérletben

| 2008, zab (szenázs) | | | | |
|--------------------------|-----------------------------|---------------------|-----------------------------|---------------------|
| Időpont | Mulcskezelés | | Hagyományos kezelés | |
| | Művelet-eszköz | Üzema. felh. (l/ha) | Művelet-eszköz | Üzema. felh. (l/ha) |
| 2007.07.21 | Tarlóhántás-kultivátor | 8 | Tarlóhántás-könnyűtárca | 7 |
| 2007.08.22 | Tarlóápolás-kultivátor | 10 | Tarlóápolás-könnyűtárca | 8 |
| 2007.09.15 | Alapművelés-k.mély lazító | 30 | Alapművelés-eke | 35 |
| 2008.03.14 | Magágykészítés-kompaktor-1X | 13 | Magágykészítés-kompaktor-2X | 25 |
| összegzés | Üzemanyag összesen | 61 | Üzemanyag összesen | 75 |
| | Termés (t/ha) | 22 | Termés (t/ha) | 20 |
| 2009, kukorica (szilázs) | | | | |
| Időpont | Mulcskezelés | | Hagyományos kezelés | |
| | Művelet-eszköz | Üzema. felh. (l/ha) | Művelet-eszköz | Üzema. felh. (l/ha) |
| 2008.07.02 | Tarlóhántás-kultivátor | 9 | Tarlóhántás-könnyűtárca | 7 |
| 2008.08.19 | Tarlóápolás-kultivátor | 10 | Tarlóápolás-könnyűtárca | 8 |
| 2008.10.24 | Alapművelés-k.mély lazító | 32 | Alapművelés-eke | 36 |
| 2009.03.29 | Magágykészítés-kompaktor-1X | 12 | Magágykészítés-kompaktor-2X | 25 |
| összegzés | Üzemanyag összesen | 63 | Üzemanyag összesen | 76 |
| | Termés (t/ha) | 33 | Termés (t/ha) | 31 |

Megvizsgálva az üzemanyag-felhasználási és a termés adatokat megállapítható, hogy a mulcshagyó talajművelési rendszer mindkét kísérleti helyszínen és valamennyi termesztett növény esetében takarékosabbnak bizonyult. Terméscsökkenéssel nem járt a forgatás elhagyása, sőt, szerény termés többlet is mutatkozott a mulcsművelésű kezeléseknél. A gazdaságossága alapján a mulcshagyó művelés rendszeres gyakorlati felhasználásra alkalmasnak minősült.

4.7. Új tudományos eredmények

„A felszíntakarás jelentősége a talajvédelemben és a klímakárok enyhítésében” témában végzett kísérleteim új tudományos eredményei a következők:

1. Három eltérő termőhelyen és talajon bizonyítottam a mulcshagyó művelés nedvességveszteség csökkentő hatását.

A csökkenés mértékét a vizsgálati időszakokban hatvani középkötött csernozjom talaj 0-10 cm rétegében 26%-ban, a 20-30 cm rétegében 10%-ban, peresznyei kötött, barna erdőtalaj 0-10 cm rétegében 7%-ban, a 20-30 cm rétegben 5%-ban, sarudi kötött, réti talaj 0-10 cm rétegében 12%-ban, a 20-30 cm rétegben 3%-ban állapítottam meg.

2. Három eltérő termőhelyen és talajon igazoltam a hagyományos tárcsás és a forgatásos művelés nedvességveszteség fokozó hatását a mulcshagyó művelésekhez képest.

Tárcsázás esetén a hatvani csernozjom talaj 0-10 cm rétegében 18%, a 20-30 cm rétegében 9%, míg a szántott talaj 0-10 cm rétegében 26%, a 20-30 cm rétegében 10% nedvességveszteséget igazoltam. Szántott talajban a peresznyei kötött, barna erdőtalaj 0-10 cm rétegében 7%, a 20-30 cm rétegében 5%, a sarudi kötött, réti talaj 0-10 cm rétegében 12%, a 20-30 cm rétegében 3% nedvességveszteséget mutattam ki. Az eredmények a szántásra jellemző takaratlan felszín, és a hagyományos tárcsázás nyomán maradt hiányos (5-10%) takarás nedvességveszteség fokozó hatását támasztják alá.

3. Három eltérő termőhelyen és talajon igazoltam a mulcsműveléses változatokkal elért 5-35% felszíntakarás lazultságra gyakorolt közvetett, elsősorban a nedvesség kíméléssel összefüggő hatását.

A lazultság növekedését a hatvani csernozjom talaj 10-20 cm rétegében 40%-ban, a 30-40 cm rétegében 49%-ban, a peresznyei kötött, barna erdőtalaj 10-20 cm rétegében 38%-ban, a 30-40 cm rétegében 19%-ban, a sarudi kötött, réti talaj 10-20 cm rétegében 28%-ban, a 30-40 cm rétegében 17%-ban mutattam ki.

4. Bizonyítottam a direktvetés lazultság fenntartó hatását, amely a hatvani csernozjom talaj 10-20 cm rétegében a szántáshoz képest 40%-kal, a tárcsázáshoz képest 61%-kal, a 30-40 cm rétegében a szántáshoz képest 48%-kal, a tárcsázáshoz képest 30%-kal lazultabb állapotot eredményezett.

5. Három eltérő termőhelyen és talajon igazoltam, hogy a mulcshagyó művelésekre jellemző 5-35% felszíntakarás kimutatható módon nem befolyásolja a talaj CO₂-légzését. Vagyis a takarás arányánál nagyobb hatása van a talaj CO₂-légzésére a bolygatás jellege, a talajba dolgozott növényi maradványok mennyisége és minősége.

6. Bizonyítottam, hogy mulcshagyó műveléssel középkötött és kötött talajokon – átlagos és száraz idényekben –, a kíméletes bolygatás és az egyenletes tarlómaradvány bekeverés révén kedvezőbb talajszerkezet alakítható ki. Mulcsműveléssel a hatvani csernozjom talajon a szántáshoz képest 5%-kal, a hagyományos tárcsázáshoz képest 19%-kal több morzsa képződött, míg a szántáshoz viszonyítva a peresznyei kötött, barna erdőtalajon 5%-kal, a sarudi kötött, réti talajon 11%-kal alakult több morzsa. Az eredmények megerősítik, hogy a mulcshagyó művelésekre jellemző 5-35% felszintakarás csak feltételesen alkalmas a morzsás talajszerkezet hosszabb távú megóvására.

7. Gazdaságossági és a talajállapot jellemzők alapján igazoltam a mulcshagyó művelési rendszerek alkalmasságát a gyakorlatban való adaptálásra. Mulcshagyó műveléssel a peresznyei kötött, barna erdőtalajon 37,6% üzemanyag megtakarítás mellett 2,5% terméstöbblet, a sarudi kötött réti talajon 17,9% üzemanyag megtakarítás mellett 7,3% terméstöbblet volt elérhető.

5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

5.1. Következtetések a mulcs-hagyó, felszintakarásos művelési rendszerek talajállapotra gyakorolt hatásának vizsgálata alapján

▪ Mindhárom talajművelési kísérletben tapasztaltam, hogy a felszintakarás mértéke alapvetően függ a betakarításkori növényi maradvány-kezelés minőségétől. A maradványok nem tökéletes felaprítása és/vagy egyenetlen szétterítése klíma- és talajvédelmi szempontból kétes hatékonyságú mulcsborítás kialakítását eredményezi.

A felszintakarás mértékét leginkább a bolygatás jellege, intenzitása határozza meg. Az eredmények szerint a mély bolygatás – különösen, ha intenzív keverő eljárás – nagymértékben csökkent a mulcsborítást. Ezzel szemben a keverő munkával nem járó mélyítő jellegű eljárások – kísérleteimben a középmező lazítás, L+T kezelés – kevésbé csökkentik a takarást. A mulcsborítást leginkább a hagyományos tárcsás művelés csökkenti, amely az intenzív keverő munkájának következménye. Ezek a megállapítások felhívják a figyelmet a bolygatás és a munkamélység szakszerű megválasztására.

A peresznyei és a sarudi talajművelési kísérletekben a mulcsborítás gyors csökkenése azt igazolta, hogy könnyen lebomló növényi maradványok esetében nagyobb arányú kezdeti borítottság kialakítása indokolt. A józsefmajori talajművelési tartamkísérletben a nehezebben lebomló tarlómaradványok hozzájárultak a felszintakarás mértékének lassúbb csökkenéséhez.

▪ A talajnedvesség vizsgálatok egyértelmű kapcsolatot igazolnak a bolygatás jellege és a talajnedvesség vesztesége között. A talajkímélőnek minősített kultivátoros (SK, MK) és középmező lazításos (L+T) kezelésekben rendszerint kedvezőbb nedvességi értékeket tapasztaltam. A minimális bolygatással járó DV kezelés hasonlóan nedvesség-takarékosnak bizonyult. Szembetűnő, hogy az L+T kezelésben tapasztaltam a legkisebb nedvességvesztést a nyár végi, őszi alapművelések után, amely a kíméletes bolygatás és a kis vízvesztő felület együttes következménye.

A vizsgálati eredmények igazolták, hogy a hagyományos tárcsás művelés (T) és a forgatás (SZ) jár a legnagyobb kockázattal a talajnedvesség veszteséget illetően.

Figyelemre méltó, hogy a nagyobb felszintakarási arányt hagyó művelések (SK, DV) száraz időszakokban kedvezőbb nedvességi értékeket mutattak. Ezzel szemben a szántásra (SZ) jellemző tiszta felszín és a tárcsázás (T) 5-10% takartsága nem segítette a talajnedvesség óvását.

A józsefmajori talajművelési tartamkísérletben folytatott talajnedvesség vizsgálatok bizonyították, hogy a mulcs-hagyó művelési rendszerek alkalmazása kisebb nedvességvesztést eredményez. Ez a kíméletes bolygatás és a felszintakarás együttes következménye.

A peresznyei talajművelési kísérletben elvégzett talajnedvesség vizsgálatok bizonyítják, hogy a gondossággal végzett, kíméletes, és csak a szükséges mennyiségűre korlátozódó művelés csökkenti a nedvesség veszteséget. E kísérleti helyszínen – a talajnedvesség szempontjából – egyik művelési változat sem bizonyult kockázatosnak, amelyet az adott időpontokban mért kis nedvességkülönbségek tükröznek.

A sarudi talajművelési kísérletben egyértelműen a mulcshagyó művelés bizonyult nedvesség kímélőbbnek. Ez leginkább az aszályosnak tekinthető 2009. évi nyári időszakában nyilvánult meg. Szembetűnőek a felső talajrétegben tapasztalt nagyobb nedvességkülönbségek. Az alsó rétegben, lévén nagy agyagtartalmú kötött réti talaj, a különbségek kisebbek voltak. Úgy tapasztaltam, hogy a mulcskezelésben a középmező lazításos alapművelés hatékonyabban segítette elő a csapadék beszivárgását és raktározását, mint a hagyományos változatban a forgatás. A kíméletesebb bolygatás és a felszíntakarás együttesen kedvezőbb talajnedvesség forgalmat eredményezett a mulcsműveléses változatban.

Valamennyi kísérleti helyszínen megmutatkozott, hogy a mulcsműveléses változatokban jellemző 5-35% felszíntakarás talajnedvesség megőrző hatása – főként hosszabb időszakot tekintve – nem kielégítő, pontosabban statisztikailag nem bizonyítható. Ezen észrevételemet a regresszió vizsgálatok eredményei is alátámasztják.

- A józsefmajori talajművelési tartamkísérletben végzett talajellenállás vizsgálatok szerint a tárcsával művelt (T) talaj gyakorta bizonyult tömörödöttnek. A tárcsázás során kialakuló művelőtalp rendszerint kimutatható volt a 10-20 cm talajrétegben. A kényszercsökkentett művelési megoldásnak megfelelő T kezelés e szempontból nem nyújt kellő biztonságot. Hasonló kockázatot jelent a forgatásos művelés (SZ) során kialakuló eketalp, amelyet a 30-40 cm talajréteg lazultság-vizsgálatai rendszerint ki is mutattak. E művelés eredetű tömörödés változatok (művelőtalpak) a száraz időszakokban minden esetben kimutathatók voltak. A nyári tarlófázisban (2009) a tárcsatalp tömörödés ellenállás-értékei a kedvező felnyirkosodásnak betudhatóan csökkentek, de a szántási mélység alatt hasonló jelenség nem volt kimutatható.

A mélyebb kultivátoros (MK) kezelésben több esetben volt mérhető a műveléshatár alatt a tömörödés, amely a helyes művelési mélység megválasztására irányítja a figyelmet. A tárcsás (T) és szántásos (SZ) művelések gyors ülepedési hajlama további kockázatot jelentett a talaj lazultságának csökkenése szempontjából.

A mulcshagyó kultivátoros (SK, MK) és középmező lazításos (L+T) kezelések – azáltal, hogy nem alakult ki káros, műveléshiba jellegű tömörödés – hatékonyabban, kisebb kockázattal alakították ki, és tartották fent a lazult talajállapotot. A DV kezelés 30-40 cm talajrétegében általában kellően lazult talajállapot volt jellemző. Ez bizonyítja, hogy a minimális bolygatás, és a mulcshagyás elősegíti a talaj természetes átlazulását.

A peresznyei talajművelési kísérletben a penetrációs ellenállás vizsgálatok eredményei alapján a mulcsműveléses változat értékelhető kevésbé kockázatosabbnak. A hagyományos, szántásos változat nagyobb penetrációs értékeket mutatott mind a 10-20 cm, mind a 30-40 cm talajrétegekben. A felsőbb rétegben a többszöri elmunkálási, magágykészítési munkák tömörítő hatása volt észlelhető.

A sarudi talajművelési kísérlet kezeléseiben a 10-20 cm talajrétegben rendszerint kisebb penetrációs ellenállás különbségeket tapasztaltam. Mindkét művelési változat kockázatosnak minősíthető abból a szempontból, hogy száraz időszakban a tömörödöttség mindkét variánsban elérte a 3,0 MPa káros szintet. A 30-40 cm talajréteg penetrációs vizsgálati eredményei szerint e talajréteg lazultságát egyik művelési változat sem alapozta meg biztonsággal, mivel a teljes vizsgálati időszak alatt 3 MPa tömörödöttség szint mutatkozott mindkét kezelésben.

A hagyományos változatban a szántásos alapművelés csak a bolygatás mélységéig alakított ki lazult állapotot, amely nem is mutatkozott tartósnak. A talaj gyorsan ülepedett, és e jelenséget a szántáselmunkálási műveletek is fokozták.

A mulcskezelésben a középmező lazításos alapművelés mélyebben lazult állapotot hozott létre, de a mérések szerint a lazultság a száraz időjárási időszakokban nem volt kielégítő.

A regresszió vizsgálatok eredményei alapján mindhárom kísérletben megmutatkozott, hogy a mulcshagyó művelési változatokban kialakult 5-35% felszíntakarás csak közvetett módon hat a talaj lazultságára. A takarás mértéke és a penetrációs értékek változása között nem mutattam ki szoros összefüggést. Tapasztaltam viszont a bekevert növényi maradványok talajélet felpezsdítő hatását. A mulcsműveléssel talajba dolgozott szervesanyag csökkentette az ülepedést, amely jelenséget főként a józsefmajori talajművelési tartamkísérletben észleltem. A 2002 óta folyamatos szervesanyag bevitel – vélhetően a talaj biológiai tevékenységeinek élénkítésén keresztül – elősegítette a lazultabb állapot kialakulását és fenntartását.

A peresznyei és a sarudi talajművelési kísérletekben a mulcshagyó művelések e kedvező hatása kevésbé volt érzékelhető, amely a kísérlet időtartam rövidegével és a nehezebb talajadottságokkal magyarázható.

- A szén-dioxid kibocsátás vizsgálatok eredményei alapján egyértelmű összefüggés mutatkozik a bolygatás jellege, mélysége és az emissziós értékek között. A józsefmajori talajművelési tartamkísérlet 2008. évi vonatkozó adatai arra engednek következtetni, hogy a mély bolygatás, a talaj átlegegőztetése növeli a CO₂-kibocsátást. Az SZ, L+T és az MK kezeléseknél mértem nagyobb CO₂-emissziós értékeket. A kíméletes bolygatással járó művelések kisebb CO₂-kibocsátást eredményeztek (SK, DV kezeléseknél).

A mérési adatok alapján összefüggés mutatkozik a talajba dolgozott növényi maradványok lebomlási, átalakulási folyamataival és a talaj CO₂-légzése között. Valamennyi kezelésben akkor

élenkült meg a CO₂-kibocsátás, amikor a bekevert szervesanyag feltáródása intenzíven folyt. Ez megfigyelhető volt a 2008. év tavaszi időszakában, amikor a talajállapot optimális volt a kukorica növényi maradványok mineralizációs folyamataihoz. A CO₂-emisszió ugyancsak megemelkedett a 2009. év nyári tarlóműveléseit követő beéredés után, az élénkebb biológiai tevékenység következményeként.

A peresznyei talajművelési kísérletben a CO₂-emissziós vizsgálatok eredményei egyértelműen bizonyítják, hogy a talajkímélő bolygatás mérsékli szén-dioxid kibocsátást. A mindkét variánsban megfelelő körütekintéssel végzett, kizárólag a szükséges mértékre korlátozódo talajbolygatás – túlművelés kerülése – alacsony CO₂-légzést eredményezett a teljes vizsgálati időszakban. A nyári tarlófázisokban is alacsony szinten maradt a CO₂-kibocsátás, amely egyrészt a kis mennyiségű és könnyen lebomló növényi maradványoknak, másrészt a talajkímélő kultivátoros, síktárcsás tarlóművelésnek tudható be.

A sarudi talajművelési kísérletben a talaj túlzott levegőzöttségét eredményező intenzív bolygatások megnövelték a CO₂-kibocsátást. Különösen szembetűnő volt a 2007. őszi alapművelések után, amikor kimagasló szén-dioxid emisszió volt mérhető mindkét kezelésben. Az alapművelések után a felszín lezáratlan maradt, nem kívánták a lazultságot lerontani további elmunkálási műveletekkel. Az így kialakult túlzott levegőzöttség hozzájárult a nagyobb CO₂-emisszióhoz.

A regresszió vizsgálatok során arra a következtetésre jutottam, hogy a kísérletekben a mulcshagyó művelési változatokban jellemző 5-35% felszintakarás nincs közvetlen hatással a talaj szén-dioxid emissziójára. A mulcsborítás és a CO₂-kibocsátás változása között a vizsgálat nem mutatott ki szoros összefüggést. Ennek alapján egyértelműen nagyobb hatással lehet a talaj szén-dioxid légzésére a talajba dolgozott növényi maradványok mennyisége, minősége, feltáródási lehetősége, valamint a talajállapot minősége.

▪ Az agronómiai szerkezet vizsgálat a józsefmajori talajművelési kísérletben a vegetációs időszak alatti szerkezet leromlás veszélyére irányította a figyelmet. Az idő előre haladtával minden kezelésben, mindkét évben növekedett a rög- és a porfrakció aránya. A rögösödés tekintetében a tárcsás művelés (T) bizonyult a legkockázatosabbnak. A T kezelésben a rögösség növekedése a morzsa frakció mennyiségének csökkenésével is járt. Szembetűnő, hogy a DV és az L+T kezeléseknél következett be legkevésbé a rögösödés az őszi tarlólántás, majd az alapművelés következtében.

A nagy- és aprómorzsa frakciók arányát tekintve alapvetően kedvező értékeket tapasztaltam minden kezelésben. Az összes morzsa aránya eléri, meghaladja a 65-70%-ot, amely kedvező talajszerkezetre utal. Kedvezőtlen viszont, hogy az aprómorzsa aránya meghaladja a morzsafrakció arányát. Az aprómorzsa frakció érzékeny az időjárás degradáló hatásaira, könnyen

leiszapolódik, majd a felszín tömődötté, cserepessé válhat. Talaj- és klímavédelmi szempontból kívánatos lenne a morzsafrakció nagyobb aránya, amely hosszabb távon is kedvező szerkezetet eredményezne.

Az adatokból arra következtetnek, hogy a mulcshagyó kultivátoros (SK, MK), a minimális bolygatással járó DV kezelés és a kímélő mélyművelés (L+T) némileg kedvezőbb morzsásságot biztosított a teljes vizsgálati időszakban. A kíméletes bolygatás és a mulcshagyás elősegítette a morzsalékosabb talajszerkezet kialakulását és fenntartását.

Figyelemre méltó, hogy a tavaszi vizsgálati időpontokban magasabb porfrakció arányt tapasztaltam, mint a későbbi alkalmakkor. Ebből azt a következtetést vonom le, hogy a téli fagyási-olvadási folyamatok nagy hatással vannak a talajszerkezetre. E fizikai folyamatok révén az ősszel kialakult szerkezetesség jelentősen aprózódott tavaszig. Megnövekedett az aprómorzsa aránya (fagymorzsa nagy mennyisége), a nagyobb mérettartományok mennyisége csökkent.

A peresznyei talajművelési kísérletben elsősorban a tarlóműveléseket követően növekedett meg a rögösség, amely a művelésre kevésbé alkalmas nedvességi állapotban történt munkavégzés következménye.

A mérési időpontok nagy részében kedvezőnek minősíthető, 30% feletti morzsafrakció arány mutatkozott mindkét kezelésben. A kísérlet beállítását követően folyamatosan javult a kezeléseknél a morzsásság. Mivel a mulcskezelésben tapasztaltam több esetben nagyobb arányú morzsásságot – arra következtetnek, hogy a mulcshagyó művelés elősegíti a morzsalékos talajszerkezet kialakulását, fenntartását.

Ha a teljes morzsa mennyiséget együttesen értékeljük (nagy- és aprómorzsa), a mulcsműveléses variánsban 70%-ot elérő, meghaladó arányról beszélhetünk. Ez – figyelembe véve a nehéz talajadottságokat – igen kedvezőnek értékelhető. A hagyományos művelési változatban az összes morzsa arány a legtöbb esetben 10-20%-kal elmarad a mulcs variánsban jellemzőhöz képest. Ez alapján a mulcshagyó művelés talajszerkezet kímélőbbnek bizonyult. Vagyis a kímélő bolygatás és a folyamatos szervesanyag bevitel elősegítette a morzsásabb szerkezet kialakulását.

A peresznyei kísérlet a 2009. évben mindkét kezelésében megnövekedett a porfrakció aránya. A kismértékű emelkedés összefüggésben lehet a széles sortávú kukorica vetemény talajának kitétséggel. Az időjárási tényezők porosító hatása érvényre juthatott a kísérletben. Ez alapján kérdőjelezhető meg a mulcs kezelésben 2009-ben kialakult 5-10% borítás talajszerkezet megóvására való alkalmassága.

A sarudi talajművelési kísérletben az őszi alapművelések után kiemelkedően nagy rögösség volt tapasztalható, amely a száraz talajon végzett mély bolygatás következtében alakult ki. A

talaj védelme szempontjából célszerűbb lett volna optimálisabb nedvességi állapotban végezni a munkálatokat. A rögrakció aránya a szántott talajon megközelítette az 50%-ot. A mulcsművelésű változatban ugyanekkor – középmező lazítást követően – 40% alatti rögrakció értéket regisztráltam. A mulcshagyó művelési megoldás tehát kevésbé rögzítette a talaj szerkezetét.

Az agronómiai szerkezet vizsgálatok a teljes időszak alatt a mulcs kezelésben mutattak nagyobb morzsáságot. A különbségek jelentősek voltak. A mulcskezelésben még a kritikus időszakokban – alpművelések után és az aszályban – is kedvező, 30% vagy azt meghaladó morzsáságot tapasztaltam. A kíméletes bolygatás és a szervesanyagok teljes művelési mélységben egyenletes történő bekeverése egyértelműen kedvező hatással volt a morzsáságra.

Az aprómorzsa frakció tekintetében figyelemre méltó, hogy a hagyományos művelésű változatban az aszályos 2009. évben jelentős növekedés következett be. Ezzel párhuzamosan csökkent a rög- és a morzsa-, valamint növekedett a porfrakció mennyisége. A talajszerkezet tehát aprózódott. Mindez főként a kedvezőtlen időjárási körülmények degradáló hatásának következménye. Érdekes összefüggés, hogy a hagyományos kezelésben a szerkezet leromlásával párhuzamosan a talaj lazultsága is csökkent. Ugyanekkor a mulcsművelésű változatban kisebb szerkezet leromlás volt tapasztalható, amelyben a felszintakarásnak és a talajba dolgozott növényi maradványoknak is szerepe volt.

A felszintakarás és az agronómiai szerkezet-változás összefüggésének elbírálására alkalmazott regresszió vizsgálat nem mutatott ki szoros kapcsolatot a két tulajdonság között. Ez alapján arra következtettek, hogy a talajszerkezet változásait a kísérletekben jellemző 5-35% mulcstakarás kevéssé befolyásolta. Úgy vélem, hogy e takarási szint talajvédelmi hatása csekély, mivel a mulcshagyó kezeléseknél is bekövetkezett a talajszerkezet porosodása. Ennek ellenére a mulcsművelésre jellemző szervesanyag bekeverés és a kíméletes bolygatás együttesen jótékonyan hatnak a talaj szerkezetére, elősegítik a morzsaképződést és a kedvezőbb szerkezet fenntartását.

5.2. Javaslatok a forgatás nélküli, mulcshagyó művelési rendszerek hazai alkalmazását illetően

- A peresznyei és a sarudi talajművelési kísérletekben elvégzett üzemanyag-felhasználási és termés vizsgálatok alapján egyértelműen gazdaságosabbnak bizonyult a mulcshagyó művelési rendszerek alkalmazása. A mulcsművelésű kezeléseknél – mindkét kísérleti helyen és minden növény esetében – a talajművelésre kevesebb üzemanyag került felhasználásra. A hagyományos,

szántásos alpművelésre épülő művelési rendszerben az alpművelés elmunkálása, valamint a rendszerint többmenetes magágykészítés többlet üzemanyag-felhasználással járt.

- A mulcsművelés az üzemanyag megtakarítás ellenére egyik kísérleti helyen sem járt termés csökkenéssel. Sőt, a mutatkozó szerény terméstöbblet nagyobb termésbiztonságot sejtet.

- A három különböző adottságú helyszínen beállított talajművelési tartamkísérlet rávilágított számos, a mulcsműveléssel kapcsolatos műszaki-technológiai problémára. Bebizonyosodott, hogy a felszintakarás csak akkor képes talaj- és klímavédelmi funkciók betöltésére, ha a takarás megfelelő arányú és egyenletes eloszlású. Emellett a növényi maradványok tökéletes (apró méretűre) zúzása is alapvető elvárás. E követelményeknek csak a legmagasabb műszaki színvonalú betakarító gépek képesek megfelelni.

A kísérleteim során arra a véleményre jutottam, hogy a mulcshagyó talajművelés eredményes alkalmazhatósága komplex rendszer szemléletet feltételez. A mulcshagyó művelés a betakarítási technológiával kezdődik, amelynek során felaprításra és homogén szétterítésre kerülnek a növényi maradványok.

A talajművelési rendszerben minden műveletet az arra legalkalmasabb eszközzel kell elvégezni. Ez megköveteli a szükséges célgépek meglétét. A tarlóművelési feladatokra a józsefmajori és a peresznyei kísérletekben is alkalmazott síklapú tárcsa bizonyult legmegfelelőbbnek. Tarlóhántásra és -ápolásra a síktárcsa használata kíméletesebb bolygatással járt, mint a szántóföldi kultivátor alkalmazása a sarudi kísérletben. A hagyományos (gömbfüveglapú) tárcsa nem teljesíti a mulcshagyó művelés talajvédelmi elvárásait.

A mulcshagyó talajművelési rendszerben az alpművelés elvégzésére a szántóföldi kultivátor és a középmedly lazító bizonyult a legeredményesebbnek. Mélyebb munkavégzés esetén (30 cm alatt) kíméletesebb bolygatással járt a középmedly lazítás. Emellett a lazítás kevésbé csökkenti a felszintakarást, mivel keverő hatással nem rendelkezik.

A sarudi kísérletben tapasztalt túlzott rögzőség és levegőzöttség rávilágít arra, hogy olyan középmedly lazító alkalmazása indokolt, amely rendelkezik felszín elmunkáló egységgel. Így elkerülhető a külön menetes elmunkálás minden talajállapot károsító hatása és többlet költsége, ugyanakkor megszüntethető a talaj- és klímavédelmi szempontból káros túlzott levegőzöttség.

A kísérletekben a mulcshagyó alpművelések rendszerint olyan kedvező talajállapotot eredményeztek, amelyek lehetővé tették az egymenetes magágykészítést. A bolygatás csökkentése szempontjából vitathatatlan előnnyel rendelkeznek a magágykészítő-vetőgépek, amelyekkel összekapcsolható a magágykészítés és a vetés.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A talaj- és környezetkárosítás vizsgálatok mellett a klímakutatások is szerepet játszottak, és játszanak napjainkban is a felszintakarásos talajművelés céljainak kidolgozásában és létjogosultságának elismerésében.

A növénytermesztés eredményességét alapvetően befolyásolják a klimatikus adottságok. Amikor a klímahatás tartósan kedvezőtlen, kármegelőzésre és enyhítésre, alkalmazkodásra kell törekedni. Nem csak a szárazabb vagy a csapadékosabb időszakok gyakoribbak, de egyre több a szélsőség, akár egy éven vagy egy tenyészidőn belül is. Vélhetően a jövőben a klimatikus változásokhoz való alkalmazkodás jelentősége fokozódik.

A népesség gyarapodásával fokozódik a szántóföldi növénytermesztés fenntarthatóságának fontossága. E célból olyan talajművelési megoldások alkalmazása szükséges, amelyek csökkenteni képesek a talaj nedvességvesztését, mérséklik a felső talajréteg hőmérsékletét. A szélsőséges időjárási jelenségekkel összefüggő víztöbblet és vízhiány kockázatok mérséklése a talajfelszín védelmére irányítja a figyelmet. A szántóföldi növénytermesztésben a felszínvédelem a mulcsművelésre jellemző felszintakarással valósítható meg. Bebizonyosodott, hogy a hagyományos művelések nyomán a talajok szerves szénkészlete jelentősen csökkent. E kedvezőtlen folyamatot folyamatos szervesanyag bevitellel és szervesanyag kímélő műveléssel lehet megállítani. Ehhez kapcsolódik a talajszerkezet javítása, a tartósan morzsás szerkezet fenntartása. A szerkezet védelmében alapvető feltételként jelölhető meg a felszintakarás, a takaróanyag a funkcióját betöltve szervesanyag utánpótlási forrásként hasznosul.

A tudományos kutatások és gyakorlati tapasztalatok szerint a mulcshagyó talajművelési technológiák képesek a fenti követelmények teljesítésére. A talaj- és klímavédő mulcsművelés ismérve a felszintakarás tarlómaradványokkal történő megvalósulása.

Kutatási tevékenységem célja ennek megfelelően a hagyományos, forgatásos művelésre épülő és az azt nélkülöző, mulcshagyó művelési rendszerek talajállapotra és ökonómiai jellemzőkre gyakorolt hatásának összehasonlítása volt. Ennek érdekében három különböző térségben folyó talajművelési tartamkísérletekben végeztem a vizsgálataimat.

A Hatvan térségében lévő Szent István Egyetem GAK Kht. Józsefmajori Kísérleti és Tangazdaság területén kialakított talajművelési tartamkísérlet hat kezelést tartalmazott. A tárcsás (T) kezelés a kényszercsökkentett művelési megoldást hivatott bemutatni, míg a szántásos (SZ) variáns az elterjedten alkalmazott takaratlan felszint biztosító forgatásos rendszerek példája volt. A további négy kezelés mindegyike talajkímélő, mulcshagyó módon történt, ebből két szántóföldi kultivátoros kezelés sekélyebb (SK) és mélyebb munkamélységgel (MK), a

középmély lazításos, síktárcsás felszín elmunkálással (L+T), a direktvetés (DV) pedig minimális bolygatással.

A talajállapot vizsgálatok eredményei egyértelműen igazolták a kényszercsökkentett változat (tárcsás, T) és a forgatásos (SZ) művelés kockázatát a termesztési rendszerben. E kezelésekben a művelőtalp rendszeres kialakulása vagy kiterjedése miatt vált a talaj legtöbbször és legnagyobb mértékben tömörre. Ezen felül ezek a művelési módok bizonyultak a leginkább talajnedvesség pazarlónak. A talaj szerkezet alakulása is ezekben a változatokban a legkedvezőtlenebb, száraz időszakban nehezen kezelhető rögzítés és porosítás lép fel.

A mulcshagyó művelési megoldások (SK, MK, DV, L+T) kímélő hatása a nedvesség és a szerkezet megóvásában, a lazultság tartós megmaradásában volt kimutatható. A mélyebb kultivátoros (MK) és a középmély lazításos (L+T) kezelések a 25 cm alatti réteg lazultságát is kedvezően alakították. A bolygatás minimalizálásával és a folyamatos szervesanyag bevitellel összefüggésben a direktvetés (DV) változatban a talaj természetes átlazulása és szerkezetének javulása volt kimutatható. A középmély lazításos (L+T) művelés esetén nem csak a hatékony csapadékvíz befogadás, hanem – a mély bolygatás ellenére – a hatékony nedvesség visszatartás is bizonyítást nyert. A CO₂-kibocsátás vizsgálatok során igazoltam, hogy az emissziót leginkább a bolygatás mélysége, jellege, a levegőzöttség mértéke határozza meg. A felszíntakarásnak nem volt tapasztalható közvetlen hatása a talaj CO₂-légzésére, annál inkább a talajba munkált növényi maradványok mennyiségének és minőségének.

A peresznyei talajművelési kísérletben a hatvani eredményekhez hasonlóan nyert bizonyítást a mulcsművelés talajállapotra gyakorolt kedvező hatása. E termőhelyen a forgatásos kezelés nem bizonyult jelentősen kockázatosabbnak a talajminőség jellemzők tekintetében. Ebben alapvető szerepe volt a megfelelő műszaki és technológiai felkészültséggel végzett, ésszerűsített forgatásnak. E kísérlet a klímakár csökkentő művelési változatok megvalósíthatóságát igazolta nehezebb talajadottságok között.

A sarudi talajművelési kísérletben több esetben igazolódott a korlátozott műszaki és technológiai felkészültség talajminőségre kockázatos hatása. Igazolódott, hogy a szükségesnél több és intenzívebb bolygatás, a talaj túlzott levegőzöttsége talajállapot leromlást okozhat. A következmények pedig a talajélet gyengülésében, a szerkezet romlásban, a nem kielégítő lazultságban voltak kimutathatóak. Ezek a kedvezőtlen jelenségek kevésbé jellemezték a mulcsművelést, azonban a műszaki felkészültség és a rendszerszemlélet szükségessége alapvető feltételként merült fel.

A peresznyei és a sarudi talajművelési kísérletekben elvégzett termés és üzemanyag-felhasználási vizsgálatok egyértelműen bizonyították, hogy a felszíntakarásos, mulcshagyó művelési megoldások rendszeres gyakorlati felhasználásra alkalmasak.

7. SUMMARY

Results originating from the climate research have also played a crucial role in the elaboration of climate mitigating tillage systems, including the mulch based tillage methods.

The effectiveness of crop production is basically influenced by numerous climate factors. When most of the climate phenomena have permanently caused damages, prevention, mitigation and adaption should be realised in the fields. Both dry and/or humid periods are to be more frequent, and climate extremes are also appeared even within one year or in a cropping season. The importance of the accommodation to the climate threats would presumably increase in the future. Along with population growth, the sustainability of crop production is increasingly important.

Fulfilling this purpose, application of the soil cultivation techniques that are able to decrease the moisture loss and temperature of the upper soil layer will be essential for the future. The extreme weather phenomena associated with water excess, or water shortage and avoiding the risks draw attention to the soil surface protection.

The realisation of the surface protection in arable crop production is attainable with surface cover that is peculiar to the mulch tillage. It is proved that conventional tillage has significantly decreased the organic matter content of soils for centuries. This unfavourable process should be halted by intaking organic matter (farmyard manures, stubble residues, green manure) regularly and by the application of the carbon conservation tillage.

Soil structure improvement and maintenance of the permanent friable soil structure is connected at this aim. In the process of surface protection, mulching is found to be essential and later on, the mulch also works as a source of the organic materials. According to the scientific results and practical experiences, mulch tillage technologies meet the requirements are written above. The criteria of soil and the climate mitigating mulch tillage are the surface cover by stubble residues mainly in the critical periods.

According to these issues, the aim of my researches was to compare the conventional inverting and non-inverting mulch tillage technologies and evaluating their effects on soil condition and economical characters. For this reason I have done my researches in three soil tillage experiments that were located in three different regions.

The long-term soil tillage experiment that conducted in a field of the Training Farm of the Szent István University is located at town Hatvan, included six tillage treatments. The disc (T) treatment represented the cultivation method of economically reduced tillage, while the ploughing (SZ) treatment was the example for soil inverting systems that leave an uncovered soil surface behind. The other four treatments are soil protective and mulch leaving. Two of these

were realised by a shallower (SK) and a deeper (MK) mulch tillage treatments. Furthermore a treatment by soil loosener with surface preparation (L+T) and a direct drilling version (DV) with minimum disturbance were also done.

The investigations of soil state have clearly proved the risks of the economical reduced tillage (T) and inverting (SZ) tillage in the crop production systems. Applying these treatments, the development or expansion of disc or plough pan made the soil state considerably compacted most of the times. Moreover these cultivation systems (T, SZ) were the most unfavourable considering the soil moisture loss. The agronomical structure of the soil was also found to be the most unacceptable at these treatments. During dry periods, the soil becomes cloddy and later on dusty which are hardly manageable. The protective effects of the mulching treatments (SK, MK, DV, L+T) were significantly favourable both in moisture conservation, structure protection, and in maintenance of the loosened condition. The treatments of the deeper mulch tillage (MK) and the loosening (L+T) had a favourable effect on soil looseness, mainly in the layer below 25 cm. Adequate loosened state and structure development was found at the direct drilling (DV) treatment which was probably connected with the minimised soil disturbance, the sufficient surface cover and the continuous organic matter supply. At the loosening (L+T) treatment, not only effective precipitation infiltration was proved, but despite of the deep disturbance, water retention was also provided. It was proved that CO₂-emission mostly depended on the depth and type of soil disturbance, and the measure of the aeration originating from soil tillage. It can be stated that soil cover has insignificant effect on the CO₂-emission, but the quality and quantity of plant residues may have significant impacts on the concentration values.

Positive effects of mulch tillage on soil condition were proved by soil tillage experiment conducted in the micro-region of Peresznye, similarly to the findings from the experiments located at Hatvan. The appropriately executed soil inverting technology, showed less risk considering soil quality factors. This experiment proved the practicability of climate damage minimizing cultivation systems in case of heavy soil texture.

At the site of Sarud, it has often been proved, that the limited technology had lasted the condition of soil under risk. It has also revealed that an over-intensified soil disturbance and soil aeration are really endangered the quality condition of soil. Consequences revealed in impairments of the soil biological activity, the soil structure deterioration and the soil compaction. These adverse phenomena were less at the mulch tillage treatment; however the need for use a more appropriate technology and system emerged as a primary requirement.

The level of the yields and the rate of fuel consumption were assessed in the experiments at Peresznye and Sarud have clearly demonstrated the advantages of the mulch tillage, and these findings were obviously proved that this technology is appropriate for regular use.

8. MELLÉKLETEK

M1. Irodalomjegyzék

AMURI, NY. – BRYE, K., R. 2008. Residue management practice effects on soil penetration resistance in a wheat-soybean double-crop production system. *Soil Science*. 173. (11). pp. 779-791.

BALDOCK, J., A. 2002. Interactions of organic materials and microorganisms with minerals in the stabilization of soil structure. In 'Interactions between soil particles and microorganisms (Eds.: Huang, P., M. – Bollag, J., M. – Senesi, N.) pp. 86-131. John Wiley & Sons: New York.

BALL, B., C. – SCOTT, A. – PARKER, J., P. 1999. Field N₂O, CO₂ and CH₄ fluxes in relation to tillage, compaction and soil quality in Scotland. *Soil and Tillage Research* 53. pp. 29-39.

BARCZI, A. – HARRACH, T. – NAGY, V. 2015. A minimális talajbolygatás jótékony hatása a talajszerkezetre – Egy németországi tanulmányút tapasztalatai. In: *Környezetkímélő talajművelési rendszerek Magyarországon* (Szerk.: Madarász, B.). MTA CSFK FTI, Bp. pp. 4-14.

BEARE, M. H. – HENDRIX, P.F. – COLEMAN, D. C. 1993. Water-Stable Aggregates and Organic Matter Fractions in Conventional- and No-Tillage Soils. *Soil Science Society of America Journal*. 58. 3. p. 777-786.

BENCSIK, K. 2007. Talajművelési módok és a talaj agronómiai szerkezetének összefüggései. *Agrokémia és talajtan*. 56. 1. pp. 21-28.

BENCSIK, K. 2009. Talajhasználati módok értékelése talajvédelmi szempontból. Doktori értekezés. Gödöllő.

BERNER, A. – HILDERMANN, I. – FLIESSBACH, A. – PFIFFNER, L. – NIGGLI, U. 2008. Crop yield and soil fertility response to reduced tillage under organic management. *Soil and Tillage Research*. 101. 1-2. pp. 89-96.

BHATT, R. – KHERA, K., L. 2006. Effect of tillage and mode of straw mulch application on soil erosion in submontaneous tract of Punjab, India. *Soil and Tillage Research*. 88. pp. 107-115.

BIELDERS, C. – MICHELS, K. – RAJOT, J. L. 2000. On-farm evaluation of ridging and residue management practices to reduce wind erosion in Niger. *Soil Science Society of America Journal* 64. 5. pp. 1776-1785.

BIRKÁS, M. – ANTAL, J. – DOROGI, I. 1989. Conventional and Reduced Tillage in Hungary. *Soil and Tillage Research*. 13. pp. 233-252.

BIRKÁS, M. 1993. Talajművelés. In: *Földműveléstan* (Szerk. Nyíri László), Mezőgazda kiadó, Budapest, 1993. pp. 96-191.

- BIRKÁS, M. 2000. A talajtömörödés helyzete Magyarországon. Következményei és enyhítésének lehetőségei. MTA Doktori Értekezés. Budapest.
- BIRKÁS, M. 2001_a. A talajhasználat. A talajhasználati módok értékelése. In: Talajművelés a fenntartható mezőgazdaságban (Szerk. Birkás M.), Akaprint Kiadó, Budapest. pp. 99-120.
- BIRKÁS, M. 2001_b. Talajművelés a fenntartható gazdálkodásban In: Talajművelés a fenntartható gazdálkodásban (szerk. Birkás M.) Akaprint Kiadó, Budapest, pp. 121-160.
- BIRKÁS, M. 2002. A talajállapot javító és fenntartható művelés. In: Környezetkímélő és energiatakarékos művelés (szerk. Birkás M.), Akaprint Kiadó, Budapest, pp.123-172.
- BIRKÁS, M. 2004_a. Tillage effects on compaction, earthworms and other soil quality indicators in Hungary. *Soil and Tillage Research*, 78. 2. pp. 185-196.
- BIRKÁS, M. 2004_b. Impacts of soil tillage and land use practices on soil properties. In: *Pollution processes in agri-environment* (Szerk. Láng, I.; Jolánkai, M.; Kőmíves, T.). Akaprint Kiadó pp. 113-122.
- BIRKÁS, M. – BENCSIK K. – STINGLI A. – PERCZE A. 2005. Correlation between moisture and organic matter conservation in soil tillage. *Cereal Research Communication* 33, 1. pp. 25-28.
- BIRKÁS, M. 2006_a. Környezetkímélő, alkalmazkodó művelés és a talajhasználat. In: *Környezetkímélő, alkalmazkodó talajművelés*. Birkás M. – Antos G. – Neményi M. – Szemők A. Akaprint Kiadó, Budapest. pp. 283-296.
- BIRKÁS, M. 2006_b. A művelés célja – hagyományok, új törekvések. In: *Környezetkímélő, alkalmazkodó talajművelés* (Szerk. Birkás M.) Akaprint Nyomdaipari Kft, Budapest. pp.48-54.
- BIRKÁS, M. 2006_c. Alkalmazkodó, környezetközpontú talajművelés. In: *Környezetkímélő alkalmazkodó talajművelés* (Szerk. Birkás, M.) Akaprint Nyomdaipari Kft, Budapest. pp. 155-196.
- BIRKÁS, M. 2006_d. Talajművelés. In: *Földművelés és földhasználat* (Szerk. Birkás, M.), Mezőgazda Kiadó, Budapest. pp. 74-96.
- BIRKÁS, M. – BENCSIK, K. – STINGLI, A. 2007_a. A talajminőség jelentősége a klímaváltozásokkal összefüggésben. *Acta Agronomica Óváriensis*, 49. 2. p. 135-139.
- BIRKÁS, M. – KALMÁR, T. – BOTTLIK, L. – TAKÁCS, T. 2007_b. Importance of soil quality in environment protection. *Agriculturae Conspectus Scientificus*. 72. 1. pp. 21-26.
- BIRKÁS, M. – STINGLI, A. – SZEMŐK, A. – KALMÁR, T. – BOTTLIK, L. 2008_a. Soil Condition and plant interrelations in dry years. In: VII. Alps-Adria Scientific Workshop, 28 April-2 May 2008, Stara Lesna, Slovakia.
- BIRKÁS, M. – JOLÁNKAI, M. – KISIC, I. – STIPESEVIC, B. 2008_b. Soil Tillage Needs a Radical Change for Sustainability. *Agriculturae Conspectus Scientificus*. 73. 3. pp. 131-136.

BIRKÁS, M. 2010_a. Long-term experiments aimed at improving tillage practices. *Acta Agronomica Hungarica*. 58. pp. 75-81.

BIRKÁS, M. – BOTTLIK, L. – STINGLI, A. – GYURICZA, CS. 2010_b. Effect of Soil Physical State on the Earthworms in Hungary. *Applied and Environmental Soil Science*. 2010. Article ID 830853, 7 p.

BIRKÁS, M. – BIRÓ, B. – KISIC, I. – STIPESEVIC, B. 2011. The importance of the soil microbial status – A review of research and practical experience in the Pannonian region. *Soil Tillage and Microbial Activities* (Ed.: Miransari, M., 2011.) pp. 19-36. ISBN: 978-81-308-0444-6.

BIRKÁS, M. 2014. Tillage, impacts on soil and environment. In: *Encyclopedia of Agrophysics* (Szerk. Glinski, J.; Horabik, J.; Lipiec, J.). Springer Science+Business Media B.V. Netherlands.

BLANCO, C., H. – LAL, R. 2007. Soil structure and organic carbon relationship following 10 years of wheat straw management in no-till. *Soil and Tillage Research*. 95. 1-2. pp. 240-254.

BLUM, E. H. W. 1990. The challenge of soil protection in Europe. *Environmental conservation*, 17. 72-74.

BOOSALIS, M. G. – DOUPNIK, B. L. – WATKINS, J. E. 1986. Effect of surface tillage on plant diseases. In: *No tillage and surface tillage agriculture. The tillage revolution*. Boosalis, M. G. – Doupnik, B. L. – Watkins, J. E. – Sprague, M. A. (ed.) – Triplett, G. B. 389-408.

BORELLI, P. – BALLABIO, C. – PANAGOS, P. – MONTANARELLA, L. 2014. Wind erosion susceptibility of European soils. *Geoderma* 232-234. pp. 471-478.

BOX, J., E. – BRUCE, R. JR., R. 1995. The effect of surface cover on infiltration and soil erosion. In: *Soil Erosion, Conservation and Rehabilitation* (Ed.: Agassi, M.). Marcel Dekker Inc. USA.

BUCK, C. – LANGMAACK, M. – SCHRADER, S. 2000. Influence of mulch and soil compaction on earthworm cast properties. *Applied Soil Ecology*. 14. 3. pp. 223-229.

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. pp. 295-301.

CANNEL, R. Q. – ELLIS, F. B. – CHRISTIAN, D. G. – GRAHAM, J. P. – DOUGLAS, J. T. 1980. The growth and yield of winter cereals after direct drilling, shallow cultivation and ploughing on non-calcareous clay soils. 1974-8. *J. Agric. Sci. (Camb.)* 94. 345-359.

CANNEL, R. Q. 1985. Reduced tillage in North-West Europe - A review. *Soil and Tillage Research*. 5. 129-177.

CAPRIO, J., M. – GRUNWALD, G., K. – SNYDER, R., D. 1985. Effect of standing stubble on soil water loss by evaporation. *Agricultural and Forest Meteorology*. 34. pp. 129-144.

- CSIBA, M. 2008. Continuous on-field draw force measurements to evaluate site-specific soil strength. *Cereal Research Communication*, 36. 3. pp. 1867-1870.
- DARÓCZI, S. – LELKES, J. 1999. A szarvasi PENETRONIK talajvizsgáló nyomószonda alkalmazása. *Gyakorlati Agrofórum*. 10. 7. pp. 16-18.
- DARÓCZI, S. 2005. Talajtömörtség-mérő műszer. Szarvas. Kézirat. 4.
- DELGADO, J., A. – GROFFMANN, P., M. – NEARING, M., A. – GODDARD, T. – REICOSKY, D. – LAL, R. – KITCHEN, N., R. – RICE, C., W. – TOWER, D. – SALON, P. 2011. Conservation practices to mitigate and adapt to climate change. *Journal of Soil and Water Conservation*. 66. 4. pp. 118-129.
- DEXTER, A. R. – BIRKÁS, M. 2004. Prediction of the soil structure produced by tillage. *Soil and Tillage Research*. 79. 2. 233-238.
- DEXTER, A. R. 2008. Do soils change when climate changes? EUROSOIL Conference, Wien, 25-29 August, 2008. Proc.
- DOUBE, B. M. – BUCKERFIELD, J. C. – KIRKEGAARD, J. A. 1994. Short-term effects of tillage and stubble management on earthworm populations in cropping systems in southern New South Wales. *Australian Journal of Agricultural Research* 45. 7. 1587-1600.
- DUIKER, S. W. & LAL, R. 2000. Carbon budget study using CO₂ flux measurements from a no till system in central Ohio. *Soil and Tillage Research*. 54. 1-2. pp. 21-30.
- ECAF. 1999. Conservation Agriculture in Europe: Environmental, economic and EU policy perspectives. European Conservation Agricultural Federation, Brussels.
- ENZ, J., W. – BRUNN, L., J. – LARSEN, J., K. 1988. Evaporation and energy balance for bare and stubble covered soil. *Agricultural and Forest Meteorology*. 43. pp. 59-70.
- ERIKSEN-HAMEL, N., S. – SPERATTI, A., B. – WHALEN, J., K. – LÉGÈRE, A. – MADRAMOOTOO, C., A. 2009. Earthworm populations and growth rates related to long-term crop residue and tillage management. *Soil and Tillage Research*. 104. 2. pp. 311-316.
- FARKAS C. 2006. Evaluating the sustainability of different soil tillage practices using field measured electrical properties. *Cereal Research Communication*. 36. pp. 377-380.
- FERNANDEZ, R. – QUIROGA, A. – NOELLEMAYER, E. – FUNARO, D. – MONTOYA, J. – HITZMANN, B. – PEINEMANN, N. 2008. A study of effect of the interaction between site-specific conditions, residue cover and weed control on water storage during fallow. *Agricultural Water Management*. 95. pp. 1028-1040.
- GICHERU, P., T. 1994. Effects of residue mulch and tillage on soil moisture conservation. *Soil Technology*. 7. pp. 209-220.
- GLAB, T. – KULIG, B. 2008. Effect of mulch and tillage system on soil porosity under wheat (*Triticum aestivum*). *Soil and Tillage Research*. 99. 2. pp. 169-178.

GREB, B. W. – SMIKA, D. E. – BLACK, A. L. 1970. Water conservation with stubble mulch fallow. *Journal of Soil and Water Conservation*. 25. pp. 58-62.

GUPTA, V. – ROPER M. M. – KIRKEGAARD, 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. pp. 1339-1354.

GYÁRFÁS J. (1922). Sikeres gazdálkodás szárazságban. Magyar dry farming. Pátria Nyomda Rt. Budapest.

GYURICZA, C. 1998. Studies on penetration resistance in a long-term soil tillage experiment on brown forest soil in Godollo. *Növénytermelés*. 47. 2. pp. 199-212.

HAKANSSON, I. – VOORHEES, W. B. 1997. Soil compaction. In: *Methods for assessment of soil degradation* (Ed. Lal, R.-Blum, W.H.-Valentine, C.-Stewart, B. A.) CRC Press, New York, 167-179.

HAMILTON, G. – CARTER, D. – FINDLATER, P. – JARVIS, R. – TENNANT, D. 1996. *Farmnote* (Agriculture Western Australia). 66. 96.

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. pp. 59-68.

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 Tillage Research*. 17. 1-2. pp. 101-113.

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 effects. *Agricultural Water Managements*. 72. pp. 209-222.

IPCC. 2007. Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2007. Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment. Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. (Eds.: Metz, B. – Davidson, O., R. – Bosch, P., R. – Dave, R. – Meyer, L., A.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York. NY, USA. pp. 3-8.

JOLÁNKAI, M. – BIRKÁS, M. – SZALAI, T. 1997. Soil tillage influenced by the physical state of soil. *Acta Agronomica Hungarica*. 45. pp. 155-161.

JOLÁNKAI, M. – BIRKÁS, M. 2010. Szárazodás, aszály és a növénytermelés. In: *Klíma-21 füzetek* (Szerk. Csete László). Akaprint Kft. Budapest. pp. 26-31.

JÓRI, J., I. 2004. Tillage Intensity and Tillage-Induced CO₂ Loss. *Progress In Agricultural Engineering Sciences*. Akadémiai Kiadó. Budapest. 2004. pp. 35-45.

JÓRI J., I. 2013. Talajművelési rendszerek (technológiák). In: *A talajművelőgépjel választás és üzemeltetés kézikönyve*. (Szerk.: Dr. Demes György) Böcz Nyomda, Szekszárd, 2013. pp. 9-25.

- KALMÁR, T. – CSORBA, SZ. – SZEMŐK, A. – BIRKÁS, M. 2011. The adoption of the rain-stress mitigating methods in a damaged arable soil. *Növénytermelés*. 60.
- 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. pp. 404-409.
- KALMÁR, T. 2015. *Tarlógondozás talajművelési és biológiai módszerekkel*. Doktori értekezés. Gödöllő.
- KAMARA, C., S. 1986. Mulch-tillage effects on soil loss and soil properties on an ultisol in the humid tropics. *Soil and Tillage Research*. 8. pp. 131-144.
- KEMENESY, E. 1972. A talajművelés alapelemei. In: *Földművelés, talajerő gazdálkodás* (Szerk. Kemenesy E.) Akadémiai Kiadó, Budapest pp. 299-310.
- KERPELY, K. 1910. *Az okszerű talajművelés szerepe a szárazság elleni küzdelemben*. Budapest.
- KOLBAI, K. 1944. *A helyes talajművelés*. Athenaeum Irodalmi és Nyomdai Részvénytársulat, Budapest, pp. 1.; 9.
- LAL, R. 1997. Residue management, conservation tillage and soil restoration for mitigating greenhouse effect by CO₂ enrichment. *Soil and Tillage Research*. 43. 81-107.
- LÁNG, I. 2004. An introduction to agri-environmental production problems. In: *Pollution processes in agri-environment* (Szerk. Láng, I.; Jolánkai, M.; Kőmíves, T.). Akaprint Kft. pp. 9-24.
- MANNINGER, G., A. 1986. *A talaj sekély művelése*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- MICHÉLI, E. 2003. Land degradation in Hungary. *Land degradation* (ed.: Jones, R. – Montanarella, L.). EC Joint Research Centre, Ispra, Italy. pp. 198-206.
- NÉMETH, T. 2004. Organic matter cycles in agriculture. In: *Pollution processes in agri-environment* (Szerk. Láng, I.; Jolánkai, M.; Kőmíves, T.). Akaprint Kft. pp. 123-146.
- NYÍRI, L. (szerk.) 1993. *Földműveléstan*. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- NYÍRI, L. (szerk.) 1997. *Az aszálykárok mérséklése*. Szántóföldi növénytermesztés. Mezőgazda kiadó, Budapest.
- OLDEMAN, L., R. – HAKKELING, R. T. A. – SOMBROEK, W. G. 1991. World map of status of human-induced soil degradation with explanatory note. ISRIC, UNEP, Nairobi.
- O'LEARY, G., J. – CONNORB, D., J. 1997. Stubble retention and tillage in semi-arid environment: 1. Soil water accumulation during fallow. *Field Crops Research*. 52. pp. 209-219.
- RÁDICS, J., P. – JÓRI, J., I. – FENYVESI, L. 2014. Soil CO₂ emission induced by tillage machines. *International Journal of Applied Science and Technology*. 4. 7. pp. 37-44.

- RÁTONYI, T. 2006. Termőhelyi tényezők szerepe a szántóföldi növénytermesztésben. In: Földművelés és földhasználat (szerk.: Birkás, M.). Mezőgazda Kiadó, Budapest. pp. 42-51.
- RETH, S. – REICHSTEIN, M. – FALGE, E. 2005. The effect of soil water content, soil temperature, soil pH-value and the root mass on soil CO₂ efflux – A modified model. *Plant and Soil*. 268. pp. 21-33.
- ROTH, C., H. – MEYER, B. – FREDE, H., G. – DERPSCH, R. 1988. Effect of mulch rates and tillage systems on infiltrability and other soil physical properties of an Oxisol in Paraná, Brazil. *Soil and Tillage Research*. 11. 1. pp. 81-91.
- 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. pp. 99-109.
- RUZSÁNYI, L. 2000. Hidrometeorológiai-tényezők növénytermesztési értékelése. Talaj, növény és környezet kölcsönhatása (szerk. Nagy, J. – Pepó, P.) DE ATC Debrecen. pp. 145-159.
- SALINAS-GARCIA, J., R. – BÁEZ-GONZALES, A., D. – TISCARENO-LÓPEZ, M. – ROSALES-ROBLES, E. 2001. Residue removal and tillage interaction effects on soil properties under rain-fed corn production in Central Mexico. *Soil and Tillage Research*. 59. 1-2. pp. 67-79.
- SARKAR, S. – SING, 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. pp. 79-86.
- SIX, J. – ELLIOTT, E. T. – PAUSTIAN, K. 1998. Aggregate and Soil Organic Matter Dynamics under Conventional and No-Tillage Systems. *Soil Science Society of America Journal*. 63. 5. pp. 1350-1358.
- SÍPOS S. 1978. Talajművelés. In: Földműveléstan (Szerk. Lőrincz J.) Mezőgazda Kiadó, Budapest pp. 156-264.
- SKJEMSTAD, J., O. 2002. Importance of soil organic matter fractions to crop production, soil structure and soil resilience. Grains Research & Development Corporation. Final Report CSO 195.
- SMITH, K., A. – BALL, T. – CONEN, F. – BOBBIE, K., E. – MASSHEDER, J. – REY, A. 2003. Exchange of greenhouse gases between soil and atmosphere: interactions of soil physical factors and biological processes. *European Journal of Soil Science*. 54. pp. 779.
- SOANE, B. D. – VAN OUWERKERK, C. 1998. Soil compaction: A global threat to sustainable land use. *Advances in GeoEcology*. 31. 517-525.
- 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. pp. 51-63.

- STEFANOVITS, P. 1992. Agronómiai szerkezet. In: Talajtan. Mezőgazda Kiadó, Budapest. pp. 121-123.
- STINGLI, A. 2008. A talajhasználat szerepe az egyes mikrotermőhelyek néhány élőlényére. Doktori értekezés. Gödöllő.
- SZABÓ, I., M. 1986. A mikroorganizmusok aktivitásának szabályozása a talajművelési eljárások, trágyázási és növénytermesztési rendszerek célszerű kombinációjával. In: Az általános talajtan biológiai alapjai (szerk. Szabó, I., M.). Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. pp. 325-335.
- TÓTH, E. – KOÓS, S. – FARKAS, C. – NÉMETH, T. 2005. Carbon-dioxide emission from calcareous chernozem soil, Cereal Research Communication. 33. pp. 129-132.
- TÓTH, E. – KOÓS S. 2006. Carbon-dioxide emission measurements in a tillage experiment on chernozem soil. Cereal Research Communication. 34. 1. pp. 331-334.
- 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. 2-4. pp. 219-240.
- VÁRALLYAY, GY. 1996. Magyarország talajainak érzékenysége a szerkezetromlásra és a tömörödéésre. Környezet és Tájgazdálkodási Füzetek, '96/1. Pszicholingva Kiadó, Szada, pp. 15-30.
- VÁRALLYAY, GY. 1997. Sustainable development – A challenge for rational land use and soil management. In: Land use and soil management (szerk.: Filep, G.). Debrecen ATC. pp. 1-33.
- VÁRALLYAY, GY. 2004. A talaj az agroökoszisztémák alap-eleme. „AGRO-21” Füzetek, 37. 33-49.
- VÁRALLYAY, GY. 2007_a. A talaj vízgazdálkodásának jelentősége a növénytermesztésben. Acta Agronomica Óváriensis. 49. 2. p. 129-133.
- VÁRALLYAY, GY. 2007_b. Soil resilience (Is soil a renewable natural resource?) Cereal Research. Communication. 35. 2. 1277-1280.
- VÁRALLYAY, GY. 2007_c. Soil conservation strategy in an extended Europe and in Hungary. 2nd International Symposium on Environment Management, Sept. 12-14, 2007, Zagreb, Croatia, Proc. (Ed. Koprivanac, N., Kusic, H.), pp.133-146.
- VÁRALLYAY, GY. 2012: Talaj-Környezet-Fenntarthatóság. In: Acta Agraria Debreceniensis. 2012/49. pp. 331-337.
- WHALLEY, W., R. ET AL. 1993. Biological effects of soil compaction. ISTRO Workshop on the Effects of Soil Compaction on Physical, Chemical and Biological Factors in the Environment, Melitopol, Ukraine, 1993. Conf. proc. book pp. 53-68.
- WESTSIK, V. 1951. Laza homoktalajok okszerű művelése. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 1951.

- ZHANG, J. – YANG, J. – YAO, R. – YU, S. – LI, F. – HOU, X. 2014. The effects of farmyard manure and mulch on soil physical properties in a reclaimed coastal tidal flat salt-affected soil. *Journal of Integrative Agriculture*. 13. 8. pp. 1782-1790.
- ZHAO, Y. – PANG, H. – WANG, J. – HUO, L. – LI, Y. 2014. Effects of straw mulch and buried straw on soil moisture and salinity in relation to sunflower growth and yield. *Field Crops Research*. 161. pp. 16-25.
- ZUZEL, J., F. – PIKUL, J., L., JR. 1993. Effects of straw mulch on runoff and erosion from small agricultural plots in Northeastern Oregon. *Soil Science*. 156. 2. pp. 111-117.
- ZSEMBELI, J. - TUBA, G. - JUHÁSZ, CS. - NAGY, I. 2005. CO₂-measurements in a soil tillage experiment. *Cereal Research Communications*. 33. 2. pp. 137-140.
- ZSEMBELI, J. 2006. A defláció elleni védelem. In: *Földművelés és földhasználat* (szerk.: Birkás, M.). Mezőgazda Kiadó, Budapest. pp. 263-266.
- ZSEMBELI, J. – SZŰCS, L. – TUBA, G. – CZIMBALMOS, R. (2015): Nedvességtakarékos talajművelési rendszer fejlesztése Karcagon. In: *Környezetkímélő talajművelési rendszerek Magyarországon* (Szerk.: Madarász, B.). MTA CSFK FTI, Bp. pp. 122-133.

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

1/a. melléklet. A mulcsborítás változása az egyes kezelésekben, a jellemző időszakokban, a teljes vizsgálati időszakra vonatkozóan (józsefmajori talajművelési tartamkísérlet)

| Időszak | Időpont | Felszintakarás-% | | | | | |
|--------------------------------------|------------|------------------|-----|----|----|----|----|
| | | SZ | L+T | SK | MK | T | DV |
| Kukorica után, alapművelést követően | 2007.11.07 | 0 | 35 | 35 | 30 | 25 | 40 |
| Napraforgó, tavasz | 2008.05.10 | 0 | 30 | 25 | 20 | 15 | 35 |
| Napraforgó, nyár közepe | 2008.07.24 | 0 | 20 | 20 | 15 | 10 | 25 |
| Napraf. után, alapművelést követően | 2008.10.09 | 0 | 35 | 35 | 30 | 20 | 40 |
| Őszi búza, tavasz | 2009.05.08 | 0 | 25 | 25 | 20 | 10 | 30 |
| Őszi búza, nyár | 2009.06.29 | 0 | 15 | 15 | 15 | 10 | 20 |
| Búzatarló, hántás után | 2009.08.27 | 55 | 60 | 60 | 60 | 55 | 55 |

1/b. melléklet. A felszintakarás varianciaanalízise (józsefmajori talajművelési tartamkísérlet, 2007-2009)

ÖSSZESÍTÉS

| <i>Csoportok</i> | <i>Darabszám</i> | <i>Összeg</i> | <i>Átlag</i> | <i>Variancia</i> |
|------------------|------------------|---------------|--------------|------------------|
| SZ | 7 | 55 | 7,857143 | 432,1429 |
| L+T | 7 | 220 | 31,42857 | 214,2857 |
| SK | 7 | 215 | 30,71429 | 220,2381 |
| MK | 7 | 190 | 27,14286 | 248,8095 |
| T | 7 | 145 | 20,71429 | 261,9048 |
| DV | 7 | 245 | 35 | 133,3333 |

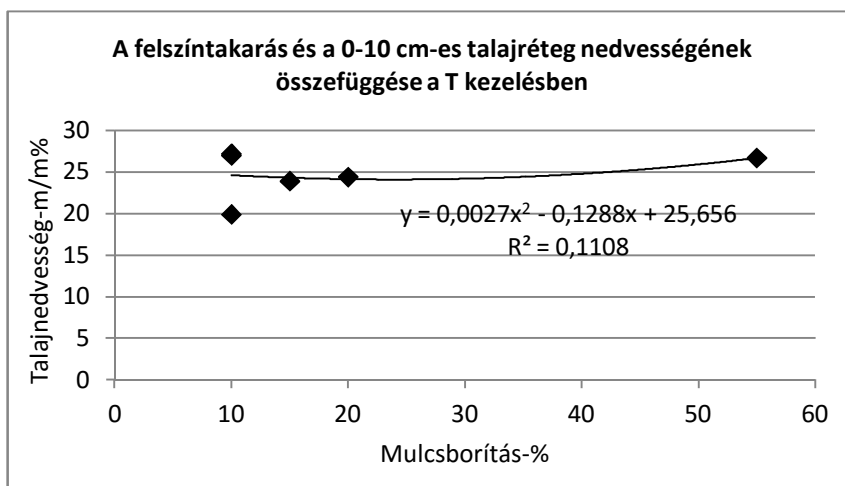
VARIANCIANALÍZIS

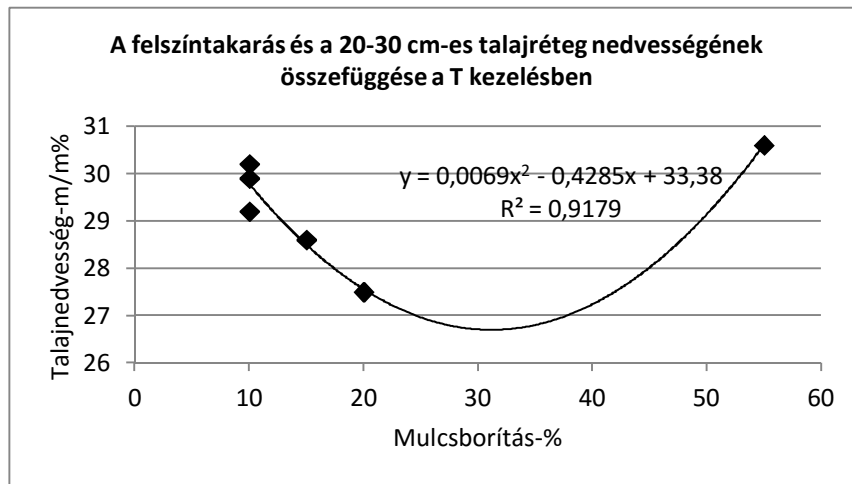
| <i>Tényezők</i> | <i>SS</i> | <i>df</i> | <i>MS</i> | <i>F</i> | <i>p-érték</i> | <i>F krit.</i> |
|------------------|------------|-----------|-----------|----------|----------------|----------------|
| Csoportok között | 3426,19048 | 5 | 685,2381 | 2,721513 | 0,034745 | 2,477169 |
| Csoporton belül | 9064,28571 | 36 | 251,7857 | | | |
| Összesen | 12490,4762 | 41 | | | | |

1/c. melléklet. A kezeléspárok felszintakaras értékei közötti korreláció táblázata (józsefmajori talajművelési tartamkísérlet, 2007-2009)

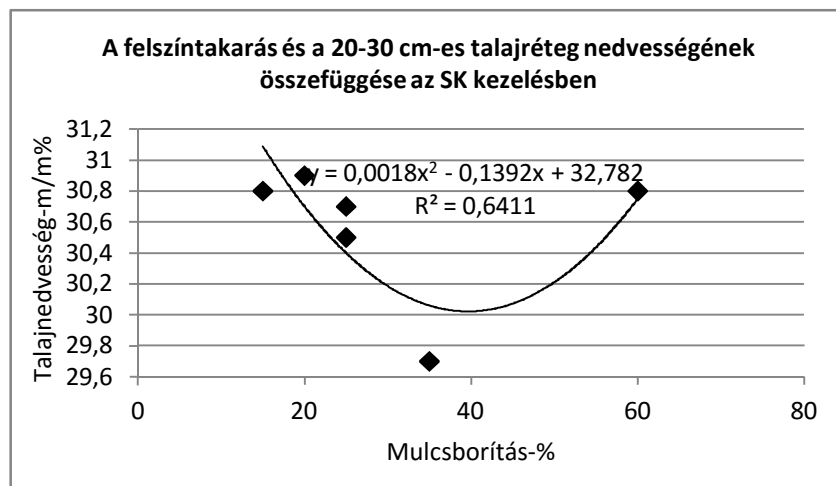
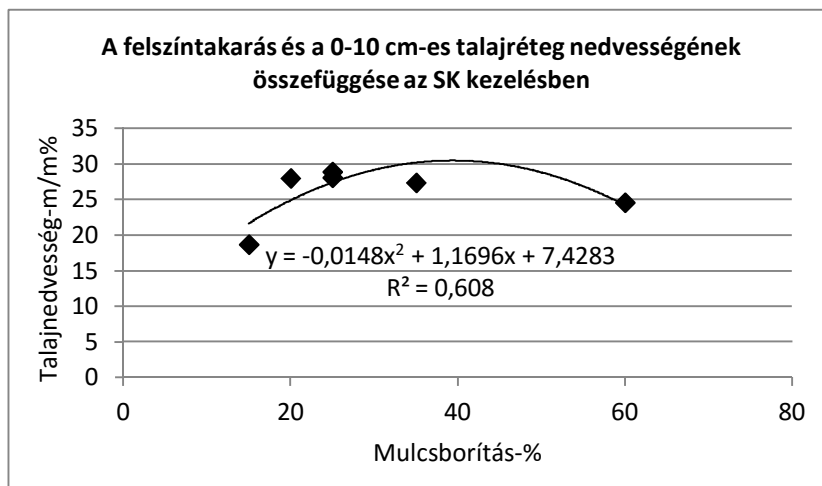
| SzDP5% | 17,20 | | | | | |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | SZ | L+T | SK | MK | T | DV |
| SZ | | 23,57 | 22,86 | 19,29 | 12,86 | 27,14 |
| L+T | | | 0,71 | 4,29 | 10,71 | 3,57 |
| SK | | | | 6,43 | 10,00 | 4,29 |
| MK | | | | | 6,43 | 7,86 |
| T | | | | | | 14,29 |
| DV | | | | | | |
| SzDP1% | 23,06 | | | | | |
| | SZ | L+T | SK | MK | T | DV |
| SZ | | 23,57 | 22,86 | 19,29 | 12,86 | 27,14 |
| L+T | | | 0,71 | 4,29 | 10,71 | 3,57 |
| SK | | | | 6,43 | 10,00 | 4,29 |
| MK | | | | | 6,43 | 7,86 |
| T | | | | | | 14,29 |
| DV | | | | | | |

2/a. melléklet. Regressziós diagramok a T kezeléshez (józsefmajori talajművelési tartamkísérlet, 2008-2009)

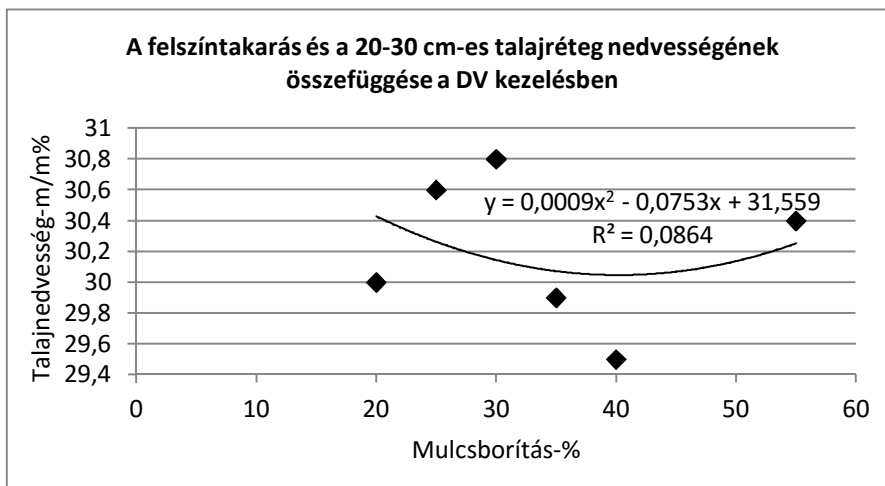
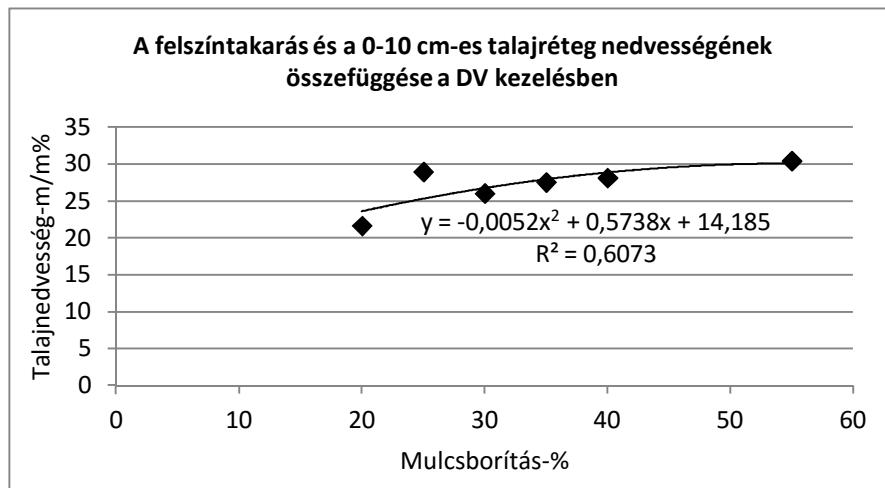




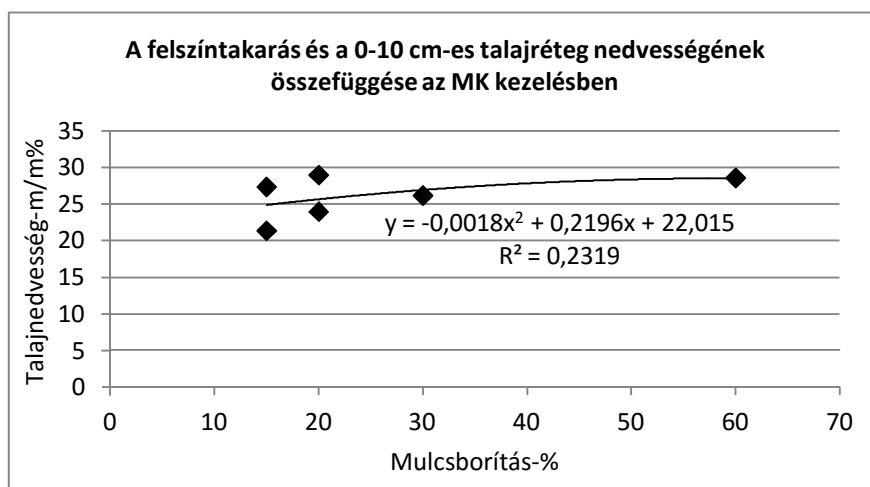
2/b. melléklet. Regressziós diagramok az SK kezeléshez (józsefmajori talajművelési tartamkísérlet, 2008-2009)

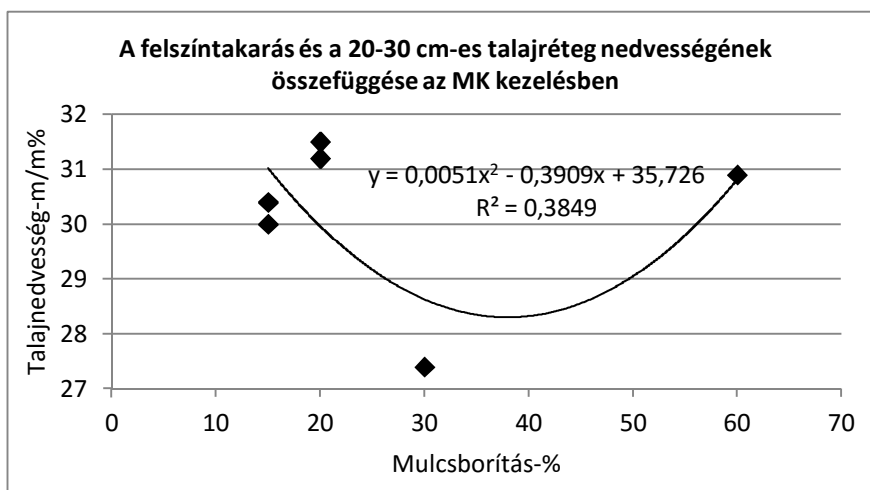


2/c. melléklet. Regressziós diagramok a DV kezeléshez (józsefmajori talajművelési tartamkísérlet, 2008-2009)

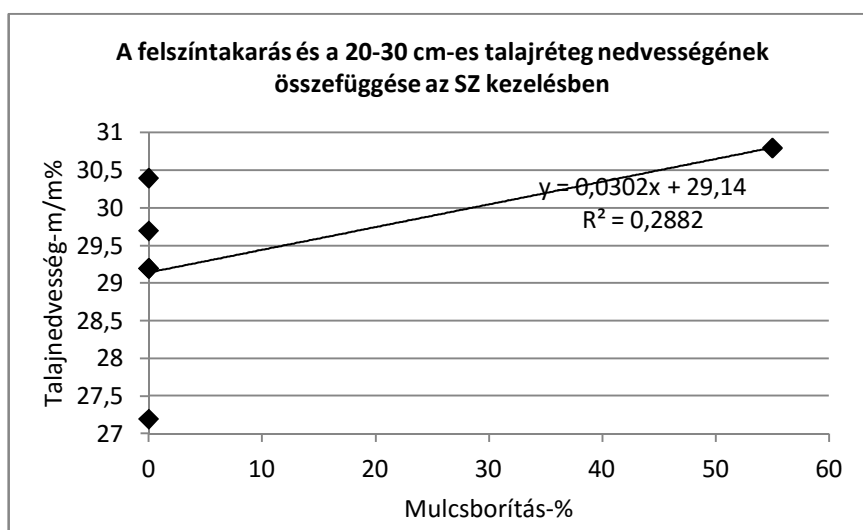
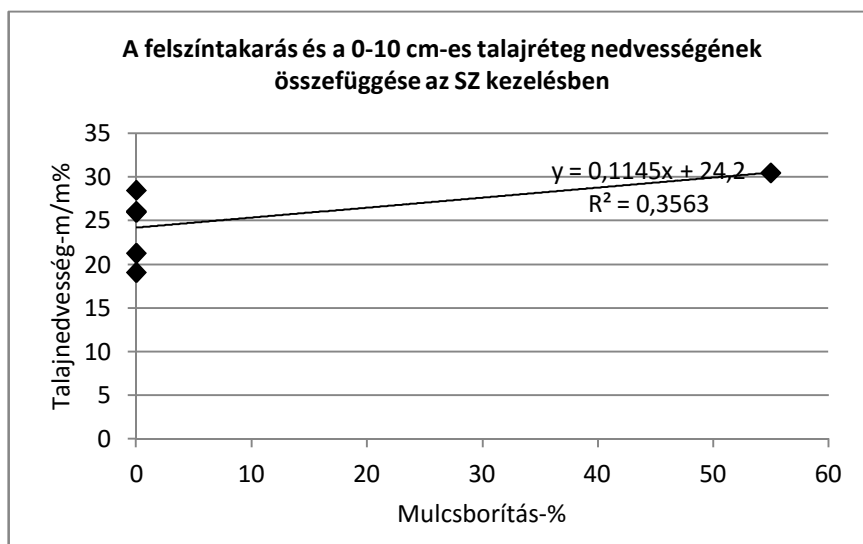


2/d. melléklet. Regressziós diagramok az MK kezeléshez (józsefmajori talajművelési tartamkísérlet, 2008-2009)

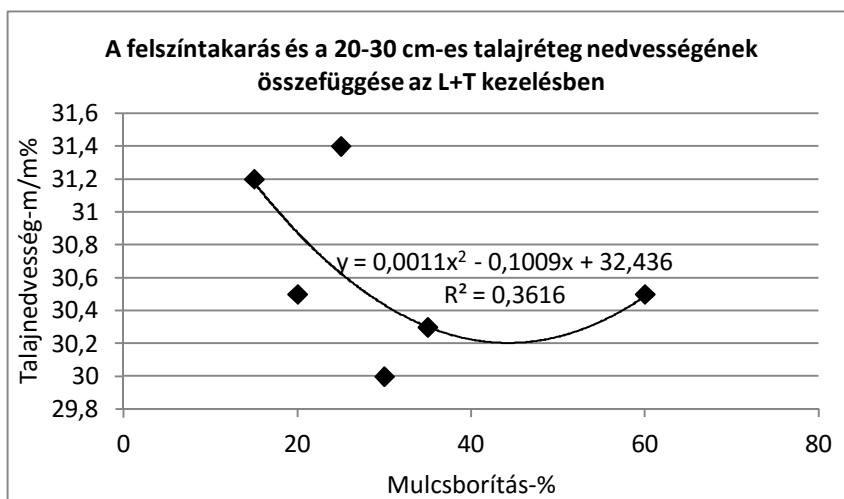
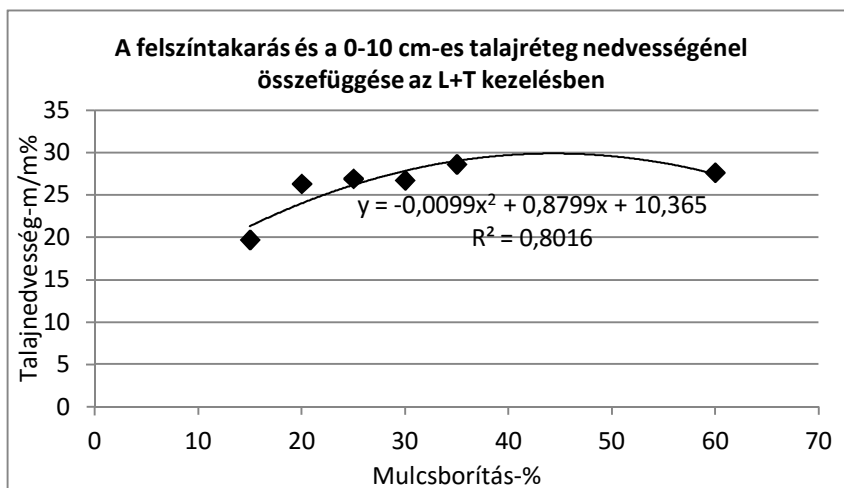




2/e. melléklet. Regressziós diagramok az SZ kezeléshez (józsefmajori talajművelési tartamkísérlet, 2008-2009)



2/f. melléklet. Regressziós diagramok az L+T kezeléshez (józsefmajori talajművelési tartamkísérlet, 2008-2009)



3/a. melléklet. Talajnedvesség átlagadatok a peresznyei talajművelési kísérlet 0-10 cm-es talajrétegére vonatkozóan (sötéttel kiemelve a nagyobb értékek)

| Kezelés | 2007.10. 13. | 2008.04. 25. | 2008.06. 01. | 2008.08. 03. | 2008.09. 14. | 2009.04. 25. | 2009.06. 29. | 2009.09. 02. |
|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Mulcs | 29,7 | 24,9 | 22,4 | 26,1 | 28,7 | 26,3 | 25,8 | 21,8 |
| Hagyományos | 28,3 | 25,1 | 24,8 | 27,8 | 31,6 | 24,5 | 25,8 | 21,2 |

3/b. melléklet. A peresznyei talajművelési kísérlet 0-10 cm-es rétegében mért talajnedvesség átlagértékek varianciaanalízise

Egytényezős varianciaanalízis

ÖSSZESÍTÉS

| <i>Csoportok</i> | <i>Darabszám</i> | <i>Összeg</i> | <i>Átlag</i> | <i>Variancia</i> |
|------------------|------------------|---------------|--------------|------------------|
| Mulcs | 8,00000 | 205,76333 | 25,72042 | 7,47689 |
| Hagyományos | 8,00000 | 209,04667 | 26,13083 | 9,58425 |

VARIANCIANALÍZIS

| <i>Tényezők</i> | <i>SS</i> | <i>df</i> | <i>MS</i> | <i>F</i> | <i>p-érték</i> | <i>F krit.</i> |
|------------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------------|----------------|
| Csoportok között | 0,67377 | 1,00000 | 0,67377 | 0,07898 | 0,78279 | 4,60011 |
| Csoporton belül | 119,42800 | 14,00000 | 8,53057 | | | |
| Összesen | 120,10177 | 15,00000 | | | | |

4/a. melléklet. Talajnedvesség átlagadatok a peresznyei talajművelési kísérlet 20-30 cm-es talajrétegére vonatkozóan (sötéttel kiemelve a nagyobb értékek)

| Kezelés | 2007.10. 13 | 2008.04. 25 | 2008.06. 01 | 2008.08. 03 | 2008.09. 14 | 2009.04. 25 | 2009.06. 29 | 2009.09. 02 |
|--------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Mulcs | 43,2 | 27,3 | 29,2 | 31,6 | 41,1 | 29,0 | 30,7 | 24,9 |
| Hagyományos | 41,2 | 26,5 | 29,8 | 31,6 | 42,6 | 28,6 | 29,8 | 23,5 |

4/b. melléklet. A peresznyei talajművelési kísérlet 20-30 cm-es rétegében mért talajnedvesség átlagértékek varianciaanalízise

Egytényezős varianciaanalízis

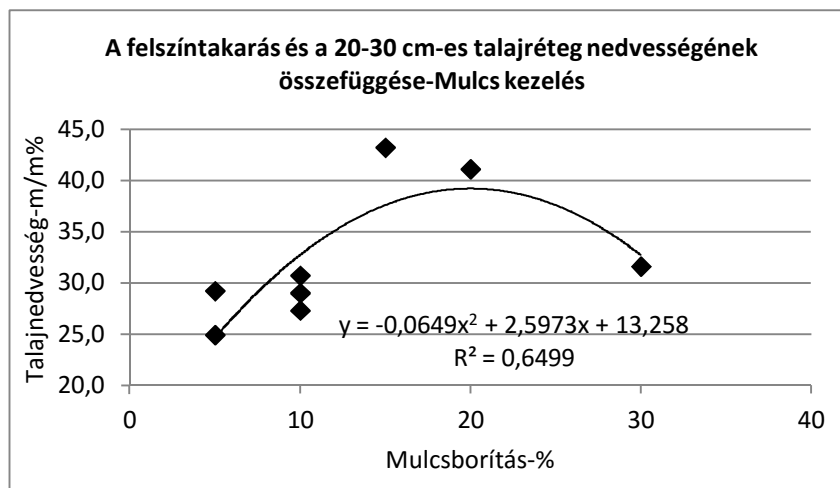
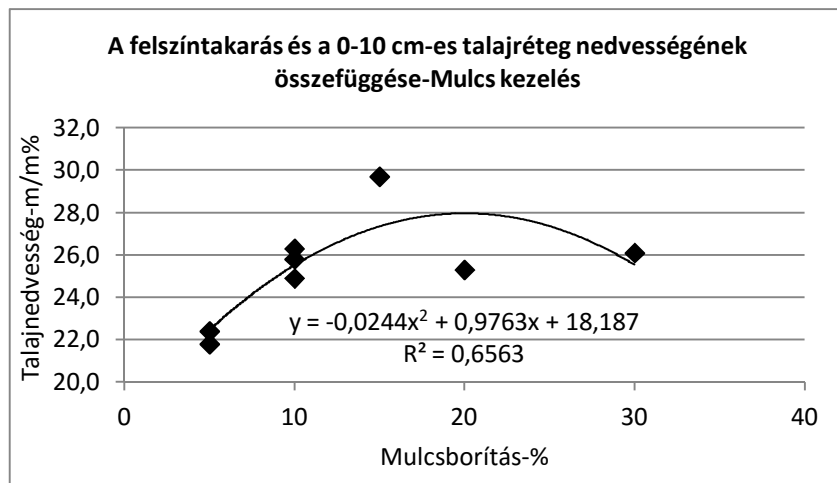
ÖSSZESÍTÉS

| <i>Csoportok</i> | <i>Darabszám</i> | <i>Összeg</i> | <i>Átlag</i> | <i>Variancia</i> |
|------------------|------------------|---------------|--------------|------------------|
| Mulcs | 8,00000 | 257,12667 | 32,14083 | 42,67451 |
| Hagyományos | 8,00000 | 253,67333 | 31,70917 | 45,82053 |

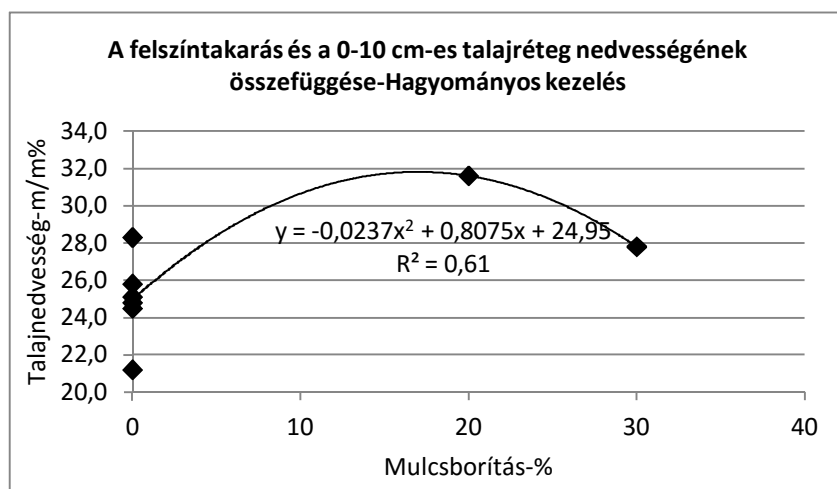
VARIANCIANALÍZIS

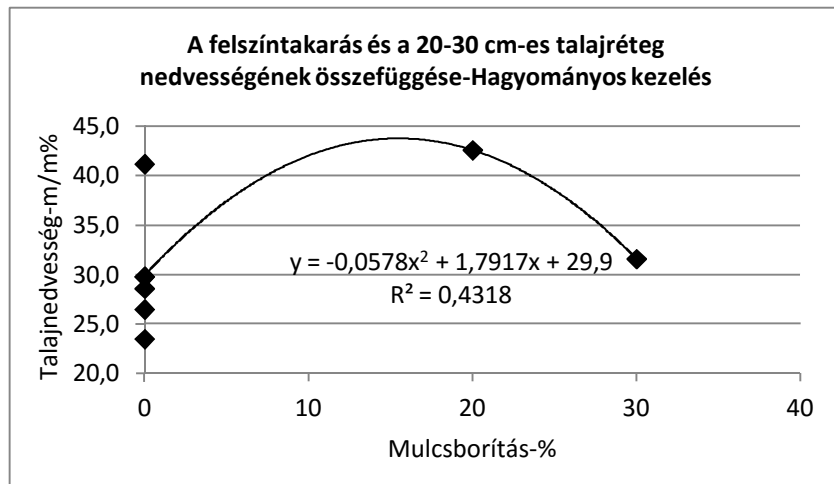
| <i>Tényezők</i> | <i>SS</i> | <i>df</i> | <i>MS</i> | <i>F</i> | <i>p-érték</i> | <i>F krit.</i> |
|------------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------------|----------------|
| Csoportok között | 0,74534 | 1,00000 | 0,74534 | 0,01684 | 0,89858 | 4,60011 |
| Csoporton belül | 619,46528 | 14,00000 | 44,24752 | | | |
| Összesen | 620,21062 | 15,00000 | | | | |

5/a. melléklet. Regressziós diagramok a mulcs kezeléshez (peresznyei talajművelési kísérlet 2007-2009)



5/b. melléklet. Regressziós diagramok a hagyományos kezeléshez (peresznyei talajművelési kísérlet 2007-2009)





6/a. melléklet. Talajnedvesség átlagadatok a sarudi talajművelési kísérlet 0-10 cm-es talajrétegeire vonatkozóan (sötéttel kiemelve a nagyobb értékek)

| Kezelés | 2007.09 | 2008.04 | 2008.06 | 2008.07 | 2008.09 | 2008.11 | 2009.04 | 2009.06 | 2009.08 |
|--------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | .22 | .15 | .20 | .20 | .12 | .05 | .11 | .21 | .06 |
| Mulcs | 28,8 | 26,8 | 28,0 | 27,5 | 27,3 | 27,3 | 31,9 | 34,2 | 25,5 |
| Hagyomá- nyos | 28,6 | 25,8 | 28,3 | 29,9 | 26,3 | 26,3 | 30,4 | 33,6 | 22,5 |

6/b. melléklet. A sarudi talajművelési kísérlet 0-10 cm rétegében mért talajnedvesség átlagértékek varianciaanalízise

Egytényezős varianciaanalízis

ÖSSZESÍTÉS

| Csoportok | Darabszám | Összeg | Átlag | Variancia |
|-------------|-----------|-----------|----------|-----------|
| Mulcs | 9,00000 | 257,26000 | 28,58444 | 7,47808 |
| Hagyományos | 9,00000 | 251,74000 | 27,97111 | 10,26111 |

VARIANCIANALÍZIS

| Tényezők | SS | df | MS | F | p-érték | F krit. |
|------------------|-----------|----------|---------|---------|---------|---------|
| Csoportok között | 1,69280 | 1,00000 | 1,69280 | 0,19085 | 0,66805 | 4,49400 |
| Csoporton belül | 141,91351 | 16,00000 | 8,86959 | | | |

Összesen 143,60631 17,00000

7/a. melléklet. Talajnedvesség átlagadatok a sarudi talajművelési kísérlet 20-30 cm talajrétegeire vonatkozóan (sötéttel kiemelve a nagyobb értékek)

| Kezelés | 2007.09 | 2008.04 | 2008.06 | 2008.07 | 2008.09 | 2008.11 | 2009.04 | 2009.06 | 2009.08 |
|--------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | .22 | .15 | .20 | .20 | .12 | .05 | .11 | .21 | .06 |
| Mulcs | 29,7 | 28,8 | 32,2 | 32,8 | 30,9 | 30,9 | 31,0 | 35,2 | 34,0 |
| Hagyomá- nyos | 29,3 | 28,3 | 32,9 | 31,9 | 30,6 | 30,6 | 30,8 | 34,9 | 33,2 |

7/b. melléklet. A sarudi talajművelési kísérlet 20-30 cm rétegében mért talajnedvesség átlagértékek varianciaanalízise

Egytényezős varianciaanalízis

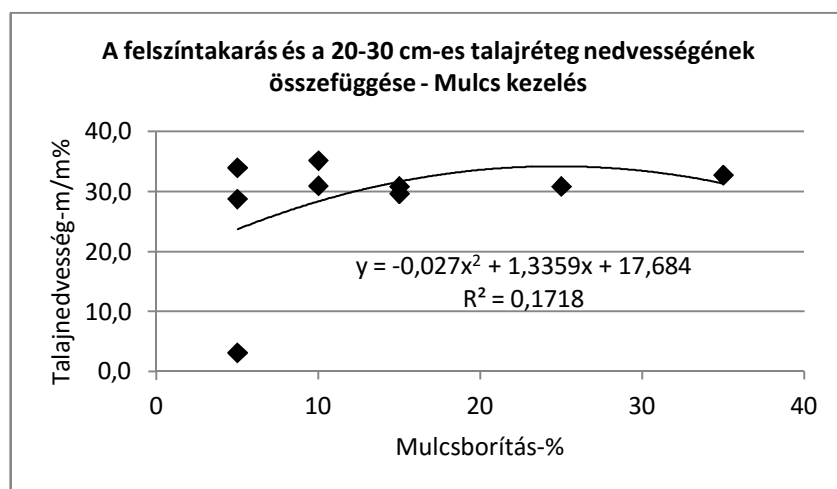
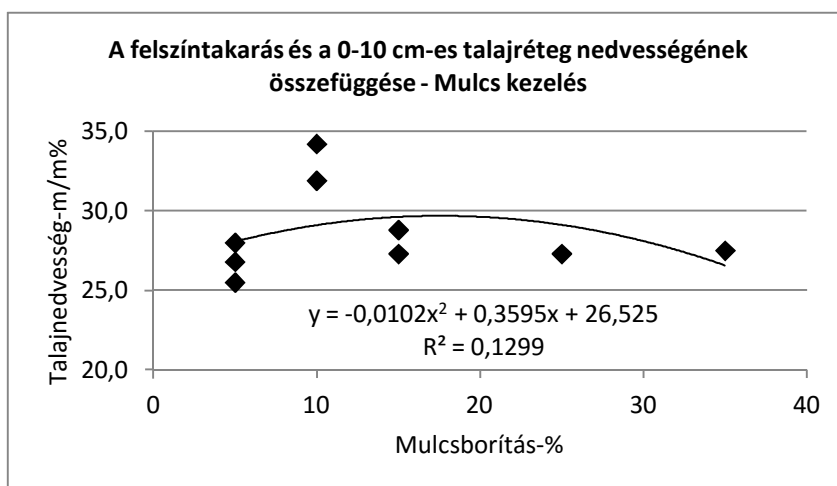
ÖSSZESÍTÉS

| Csoportok | Darabszám | Összeg | Átlag | Variancia |
|-------------|-----------|-----------|----------|-----------|
| Mulcs | 9,00000 | 285,42000 | 31,71333 | 4,21310 |
| Hagyományos | 9,00000 | 282,48000 | 31,38667 | 4,16290 |

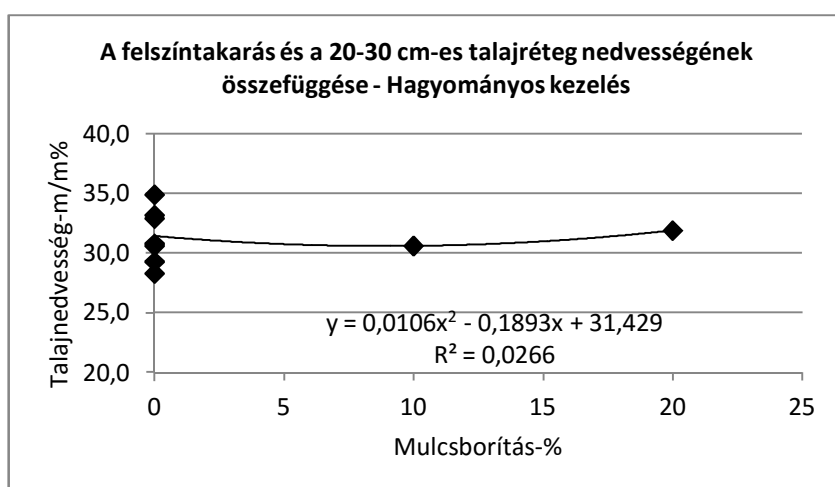
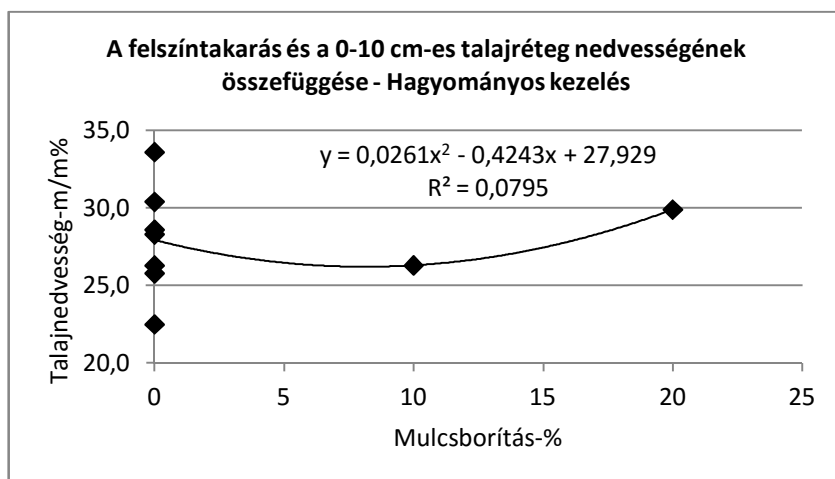
VARIANCIAANALÍZIS

| Tényezők | SS | df | MS | F | p-érték | F krit. |
|------------------|----------|----------|---------|---------|---------|---------|
| Csoportok között | 0,48020 | 1,00000 | 0,48020 | 0,11466 | 0,73930 | 4,49400 |
| Csoporton belül | 67,00800 | 16,00000 | 4,18800 | | | |
| Összesen | 67,48820 | 17,00000 | | | | |

8/a. melléklet. Regressziós diagramok a mulcs kezeléshez (sarudi talajművelési kísérlet)



8/b. melléklet. Regressziós diagramok a hagyományos kezeléshez (sarudi talajművelési kísérlet)



9/a. melléklet. A 10-20 cm talajréteg átlagos talajjellenállás értékei 2008-ban (józsefmajori talajművelési tartamkísérlet)

| Kezelések | 2008.05.05 | 2008.07.29 | 2008.10.09 |
|-----------|------------|------------|------------|
| T | 1,80 | 3,09 | 2,20 |
| SK | 1,60 | 1,23 | 2,51 |
| DV | 0,80 | 1,19 | 2,28 |
| MK | 1,00 | 1,41 | 0,90 |
| SZ | 0,80 | 1,30 | 0,72 |
| L+T | 0,80 | 1,16 | 1,21 |

9/b. melléklet. A 10-20 cm talajréteg talajellenállás értékeinek varianciaanalízise 2008 (józsefmajori talajművelési tartamkísérlet)

| ÖSSZESÍTÉS | | | | | |
|------------------|------------------|---------------|--------------|------------------|--|
| <i>Csoportok</i> | <i>Darabszám</i> | <i>Összeg</i> | <i>Átlag</i> | <i>Variancia</i> | |
| T | 3 | 7,09 | 2,363333 | 0,436033 | |
| SK | 3 | 5,34 | 1,78 | 0,4339 | |
| DV | 3 | 4,27 | 1,423333 | 0,588433 | |
| MK | 3 | 3,31 | 1,103333 | 0,073033 | |
| SZ | 3 | 2,82 | 0,94 | 0,0988 | |
| L+T | 3 | 3,17 | 1,056667 | 0,050033 | |

| VARIANCIAANALÍZIS | | | | | | |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------------|----------------|
| <i>Tényezők</i> | <i>SS</i> | <i>df</i> | <i>MS</i> | <i>F</i> | <i>p-érték</i> | <i>F krit.</i> |
| Csoportok között | 4,435778 | 5 | 0,887156 | 3,167973 | 0,047209 | 3,105875 |
| Csoporton belül | 3,360467 | 12 | 0,280039 | | | |
| Összesen | 7,796244 | 17 | | | | |

9/c. melléklet. A kezeléspárok talajellenállás értékei közötti korreláció táblázatai, 10-20 cm mélység, 2008 (józsefmajori talajművelési tartamkísérlet)

| SzDP5% 0,941501 | | | | | | |
|-----------------|---|----------|----------|----------|----------|----------|
| | T | SK | DV | MK | SZ | L+T |
| T | | 0,583333 | 0,94 | 1,26 | 1,423333 | 1,306667 |
| SK | | | 0,356667 | 0,676667 | 0,84 | 0,723333 |
| DV | | | | 0,32 | 0,483333 | 0,366667 |
| MK | | | | | 0,163333 | 0,046667 |
| SZ | | | | | | 0,116667 |
| L+T | | | | | | |

| SzDP1% 1,320003 | | | | | | |
|-----------------|---|----------|----------|----------|----------|----------|
| | T | SK | DV | MK | SZ | L+T |
| T | | 0,583333 | 0,94 | 1,26 | 1,433333 | 1,306667 |
| SK | | | 0,356667 | 0,676667 | 0,84 | 0,723333 |
| DV | | | | 0,32 | 0,483333 | 0,366667 |
| MK | | | | | 0,163333 | 0,046667 |
| SZ | | | | | | 0,116667 |
| L+T | | | | | | |

10/a. melléklet. A 30-40 cm talajréteg átlagos talajellenállás értékei 2008-ban (józsefmajori talajművelési tartamkísérlet)

| Kezelések | 2008.05.05 | 2008.07.29 | 2008.10.09 |
|-----------|------------|------------|------------|
| T | 1,80 | 2,24 | 2,60 |
| SK | 1,60 | 1,39 | 3,18 |
| DV | 1,80 | 1,57 | 3,63 |
| MK | 1,20 | 1,66 | 4,26 |
| SZ | 1,70 | 1,93 | 2,91 |
| L+T | 1,60 | 1,21 | 2,51 |

10/b. melléklet. A 30-40 cm talajréteg talajellenállás értékeinek varianciaanalízise 2008 (józsefmajori talajművelési tartamkísérlet)

| ÖSSZESÍTÉS | | | | | | |
|-------------------|-----------|--------|----------|-----------|----------|----------|
| Csoportok | Darabszám | Összeg | Átlag | Variancia | | |
| T | 3 | 6,64 | 2,213333 | 0,160533 | | |
| SK | 3 | 6,17 | 2,056667 | 0,957433 | | |
| DV | 3 | 7 | 2,333333 | 1,274233 | | |
| MK | 3 | 7,12 | 2,373333 | 2,722533 | | |
| SZ | 3 | 6,54 | 2,18 | 0,4129 | | |
| L+T | 3 | 5,32 | 1,773333 | 0,445033 | | |
| VARIANCIAANALÍZIS | | | | | | |
| Tényezők | SS | df | MS | F | p-érték | F krit. |
| Csoportok között | 0,716517 | 5 | 0,143303 | 0,143959 | 0,978155 | 3,105875 |
| Csoporton belül | 11,94533 | 12 | 0,995444 | | | |
| Összesen | 12,66185 | 17 | | | | |

11/a. melléklet. A 10-20 cm talajréteg átlagos talajellenállás értékei 2009-ben (józsefmajori talajművelési tartamkísérlet)

| Kezelések | 2009.04.01 | 2009.06.30 | 2009.08.27 |
|-----------|------------|------------|------------|
| T | 1,46 | 3,50 | 2,42 |
| SK | 0,94 | 2,75 | 2,11 |
| DV | 1,21 | 2,95 | 2,02 |
| MK | 0,72 | 2,70 | 2,64 |
| SZ | 0,67 | 2,70 | 3,36 |
| L+T | 1,19 | 2,50 | 2,60 |

11/b. melléklet. A 10-20 cm talajréteg talajjellenállás értékeinek varianciaanalízise 2009 (józsefmajori talajművelési tartamkísérlet)

| ÖSSZESÍTÉS | | | | | | |
|-------------------|------------------|---------------|--------------|------------------|----------------|----------------|
| <i>Csoportok</i> | <i>Darabszám</i> | <i>Összeg</i> | <i>Átlag</i> | <i>Variancia</i> | | |
| T | 3 | 7,38 | 2,46 | 1,0416 | | |
| SK | 3 | 5,8 | 1,933333 | 0,842433 | | |
| DV | 3 | 6,18 | 2,06 | 0,7581 | | |
| MK | 3 | 6,06 | 2,02 | 1,2684 | | |
| SZ | 3 | 6,73 | 2,243333 | 1,965433 | | |
| L+T | 3 | 6,29 | 2,096667 | 0,619033 | | |
| VARIANCIAANALÍZIS | | | | | | |
| <i>Tényezők</i> | <i>SS</i> | <i>df</i> | <i>MS</i> | <i>F</i> | <i>p-érték</i> | <i>F krit.</i> |
| Csoportok között | 0,535044 | 5 | 0,107009 | 0,098853 | 0,990502 | 3,105875 |
| Csoporton belül | 12,99 | 12 | 1,0825 | | | |
| Összesen | 13,52504 | 17 | | | | |

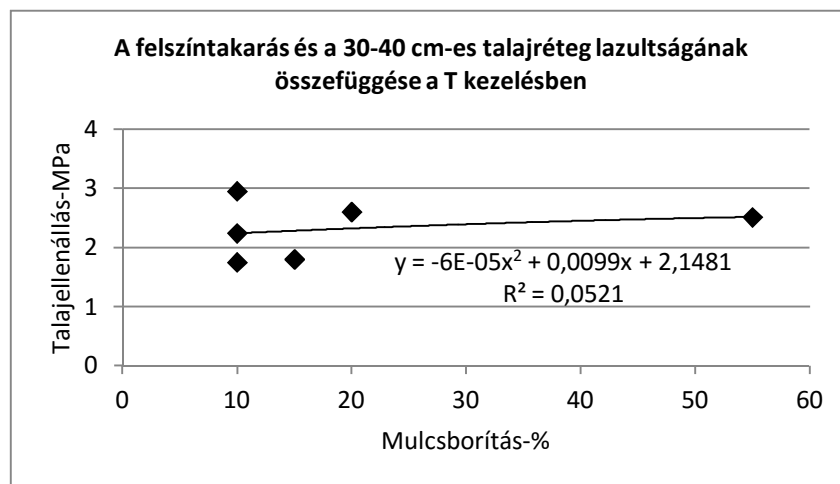
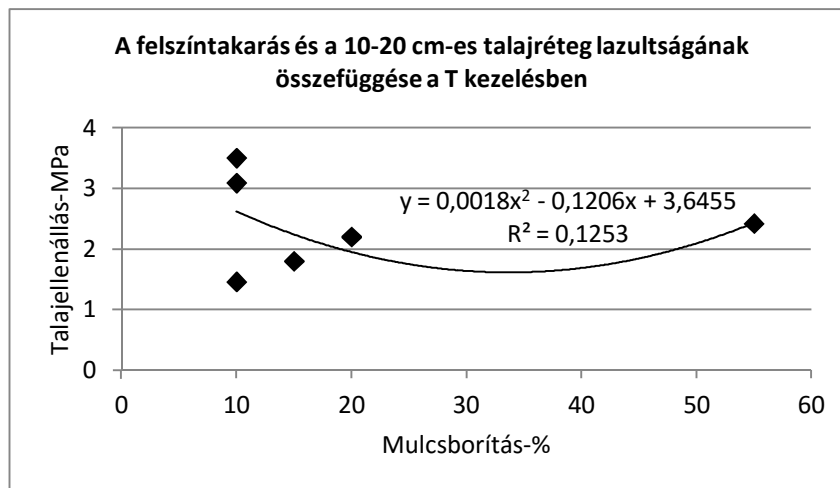
12/a. melléklet. A 30-40 cm talajréteg átlagos talajjellenállás értékei 2009-ben (józsefmajori talajművelési tartamkísérlet)

| Kezelések | 2009.04.01 | 2009.06.30 | 2009.08.27 |
|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| T | 1,75 | 2,95 | 2,51 |
| SK | 1,55 | 3,30 | 2,24 |
| DV | 1,79 | 2,45 | 2,11 |
| MK | 1,75 | 2,65 | 2,91 |
| SZ | 1,52 | 2,95 | 4,08 |
| L+T | 1,55 | 2,95 | 2,06 |

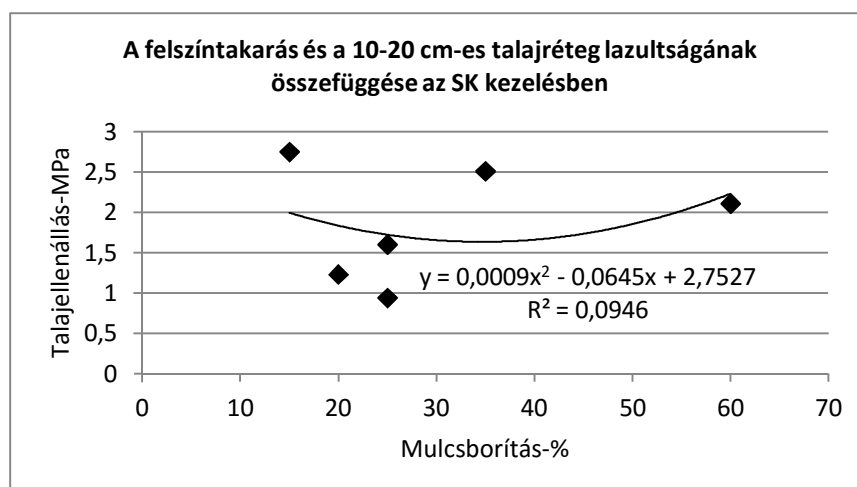
12/b. melléklet. A 30-40 cm talajréteg talajjellenállás értékeinek varianciaanalízise 2009 (józsefmajori talajművelési tartamkísérlet)

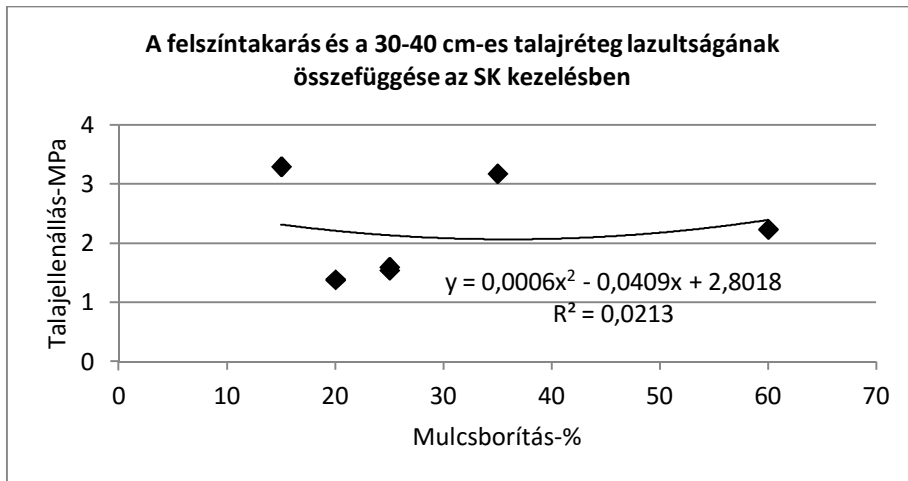
| ÖSSZESÍTÉS | | | | | | |
|-------------------|------------------|---------------|--------------|------------------|----------------|----------------|
| <i>Csoportok</i> | <i>Darabszám</i> | <i>Összeg</i> | <i>Átlag</i> | <i>Variancia</i> | | |
| T | 3 | 7,21 | 2,403333 | 0,368533 | | |
| SK | 3 | 7,09 | 2,363333 | 0,777033 | | |
| DV | 3 | 6,35 | 2,116667 | 0,108933 | | |
| MK | 3 | 7,31 | 2,436667 | 0,370533 | | |
| SZ | 3 | 8,55 | 2,85 | 1,6459 | | |
| L+T | 3 | 6,56 | 2,186667 | 0,502033 | | |
| VARIANCIAANALÍZIS | | | | | | |
| <i>Tényezők</i> | <i>SS</i> | <i>df</i> | <i>MS</i> | <i>F</i> | <i>p-érték</i> | <i>F krit.</i> |
| Csoportok között | 0,992028 | 5 | 0,198406 | 0,315517 | 0,894211 | 3,105875 |
| Csoporton belül | 7,545933 | 12 | 0,628828 | | | |
| Összesen | 8,537961 | 17 | | | | |

13/a. melléklet. Regressziós diagramok a T kezeléshez (józsefmajori talajművelési tartamkísérlet, 2008-2009)

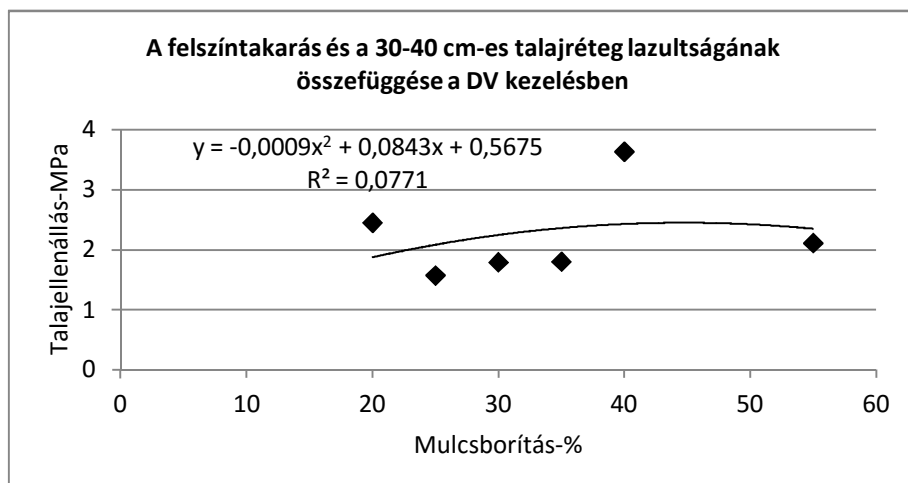
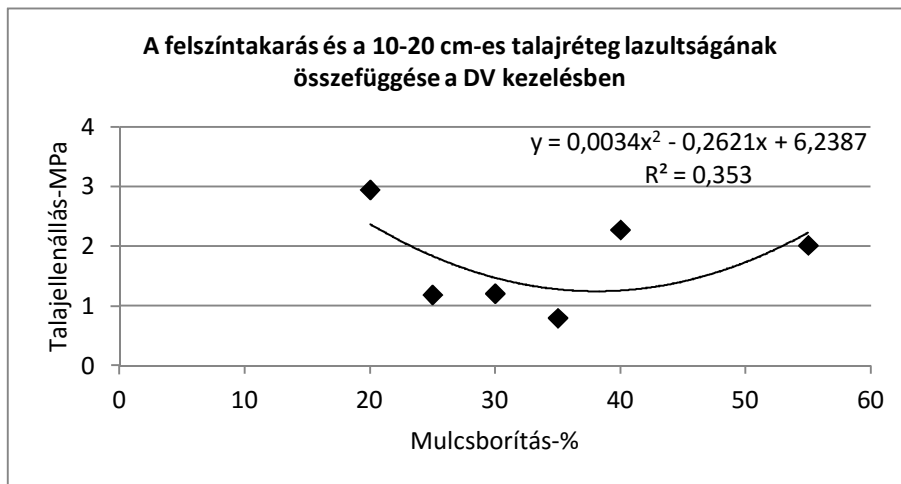


13/b. melléklet. Regressziós diagramok az SK kezeléshez (józsefmajori talajművelési tartamkísérlet, 2008-2009)

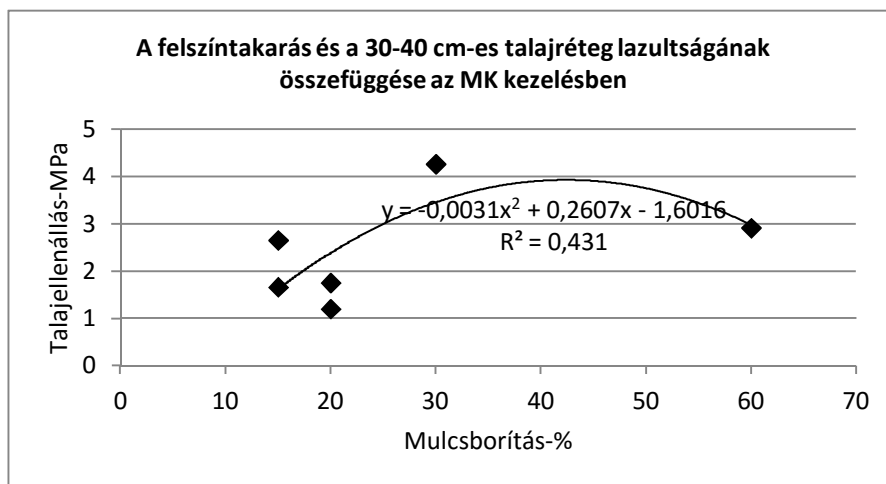
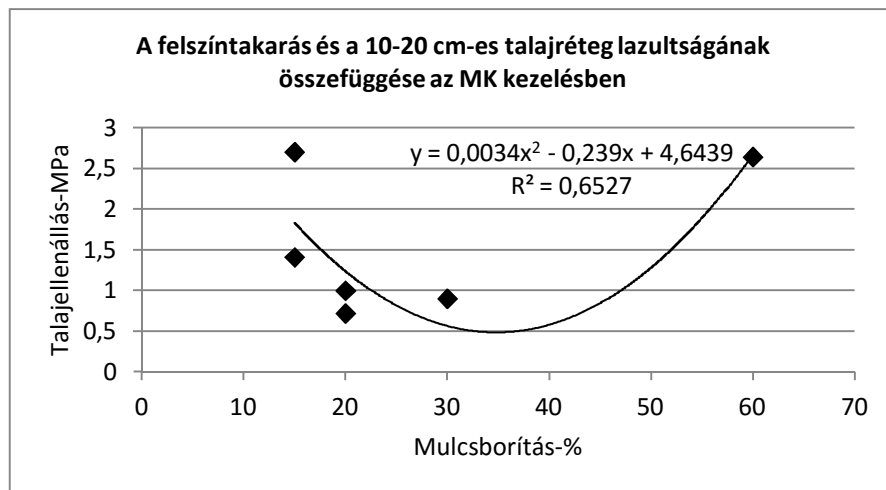




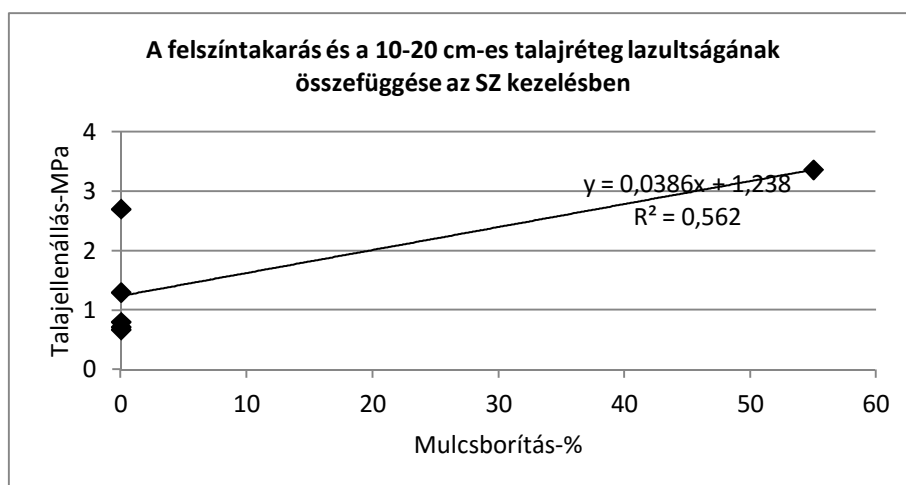
13/c. melléklet. Regressziós diagramok a DV kezeléshez (józsefmajori talajművelési tartamkísérlet, 2008-2009)

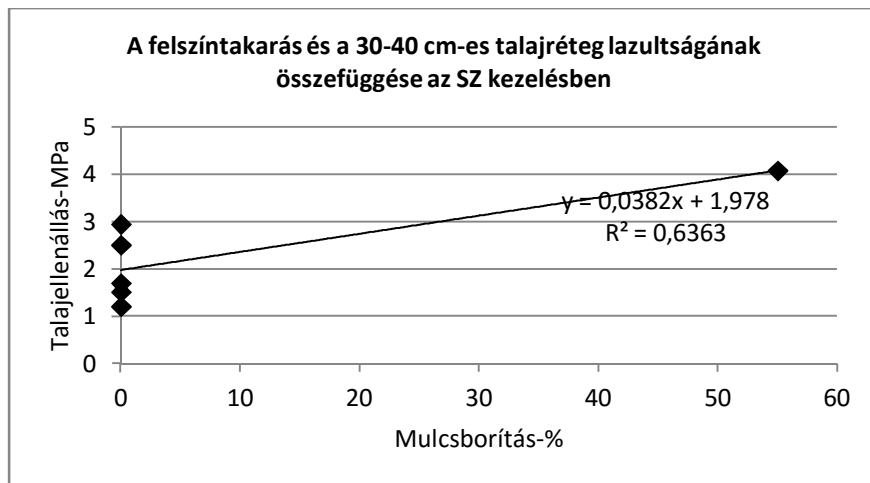


13/d. melléklet. Regressziós diagram az MK kezeléshez. (józsefmajori talajművelési tartamkísérlet, 2008-2009)

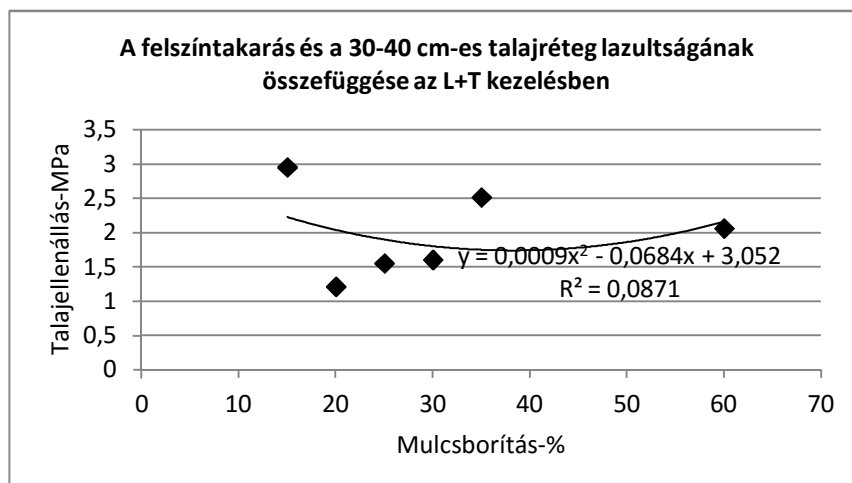
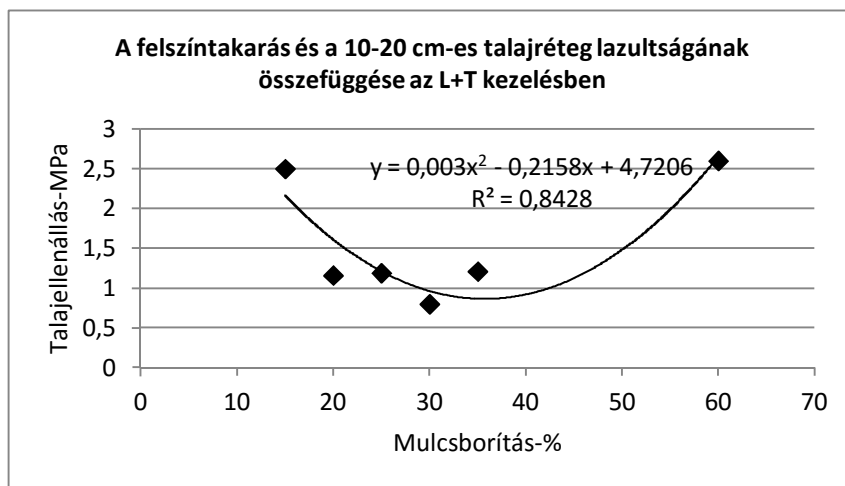


13/e. melléklet. Regressziós diagramok az SZ kezeléshez. (józsefmajori talajművelési tartamkísérlet, 2008-2009)





13/f. melléklet. Regressziós diagramok az L+T kezeléshez (józsefmajori talajművelési tartamkísérlet, 2008-2009)



14/a. melléklet. Talajjellenállás átlagadatok a peresznyei talajművelési kísérlet 10-20 cm-es talajrétegére vonatkozóan (sötéttel kiemelve a nagyobb értékek)

| Kezelés | 2007.10. 13 | 2008.04. 25 | 2008.06. 01 | 2008.08. 03 | 2008.09. 14 | 2009.04. 25 | 2009.06. 29 | 2009.09. 02 |
|--------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Mulcs | 0,7 | 1,1 | 2,2 | 1,5 | 2,4 | 1,6 | 1,0 | 2,0 |
| Hagyományos | 1,4 | 1,3 | 3,1 | 1,2 | 3,9 | 1,1 | 1,1 | 2,2 |

14/b. melléklet. A peresznyei talajművelési kísérlet 10-20 cm-es rétegében mért talajjellenállás átlagértékek varianciaanalízise

Egytényezős varianciaanalízis

ÖSSZESÍTÉS

| Csoportok | Darabszám | Összeg | Átlag | Variancia |
|-------------|-----------|------------|------------|------------|
| Mulcs | 8 | 12,5423467 | 1,56779333 | 0,36030603 |
| Hagyományos | 8 | 15,2642133 | 1,90802667 | 1,14794096 |

VARIANCIANALÍZIS

| Tényezők | SS | df | MS | F | p-érték | F krit. |
|------------------|------------|----|------------|------------|------------|------------|
| Csoportok között | 0,46303488 | 1 | 0,46303488 | 0,61400406 | 0,44633889 | 4,60010991 |
| Csoporton belül | 10,5577289 | 14 | 0,75412349 | | | |
| Összesen | 11,0207638 | 15 | | | | |

15/a. melléklet. Talajjellenállás átlagadatok a peresznyei talajművelési kísérlet 30-40 cm-es talajrétegére vonatkozóan. (sötéttel kiemelve a nagyobb értékek)

| Kezelés | 2007.10. 13 | 2008.04. 25 | 2008.06. 01 | 2008.08. 03 | 2008.09. 14 | 2009.04. 25 | 2009.06. 29 | 2009.09. 02 |
|--------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Mulcs | 1,9 | 2,4 | 3,3 | 1,3 | 2,2 | 1,9 | 1,5 | 2,9 |
| Hagyományos | 2,0 | 2,5 | 4,1 | 1,8 | 1,8 | 1,6 | 1,7 | 3,0 |

15/b. melléklet. A peresznyei talajművelési kísérlet 30-40 cm-es rétegében mért talajellenállás átlagértékek varianciaanalízise

Egytényezős varianciaanalízis

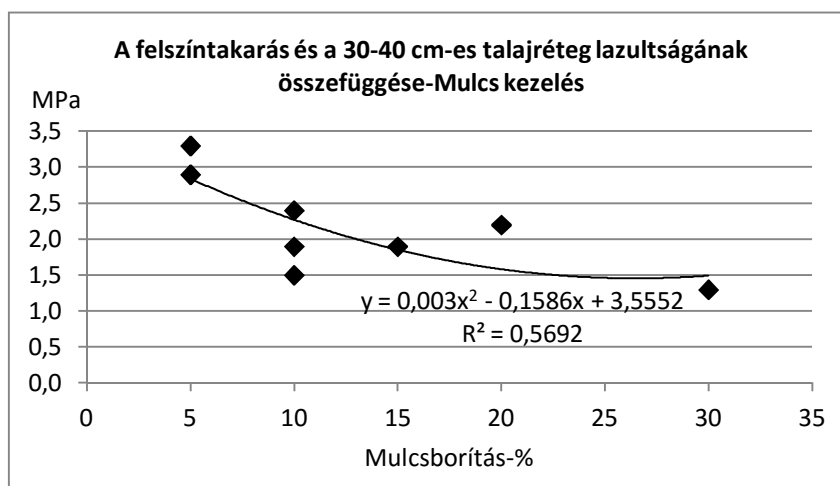
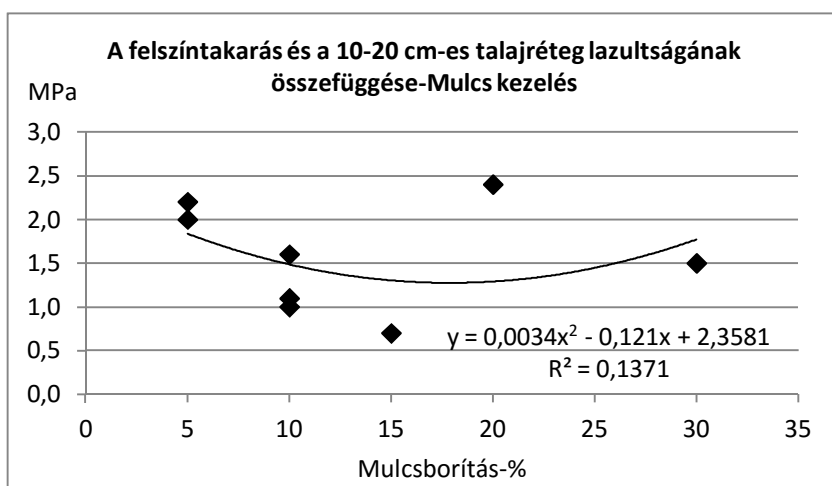
ÖSSZESÍTÉS

| Csoportok | Darabszám | Összeg | Átlag | Variancia |
|-------------|-----------|------------|------------|------------|
| Mulcs | 8 | 17,30496 | 2,16312 | 0,47794245 |
| Hagyományos | 8 | 18,4419733 | 2,30524667 | 0,73686508 |

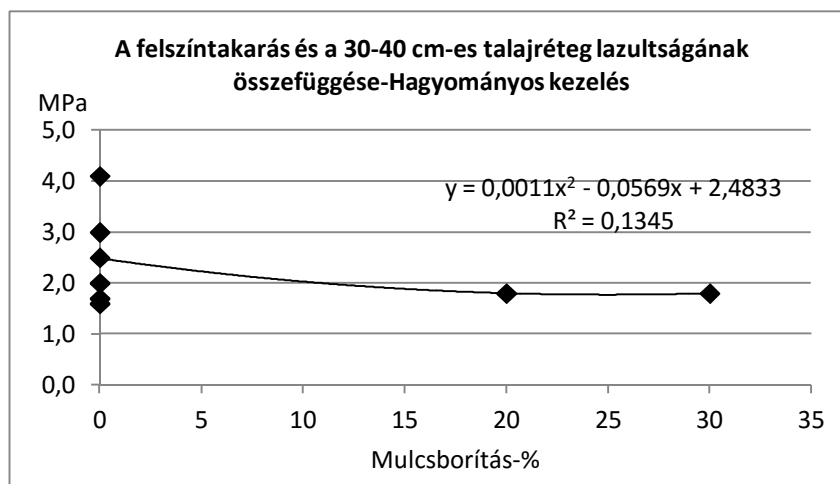
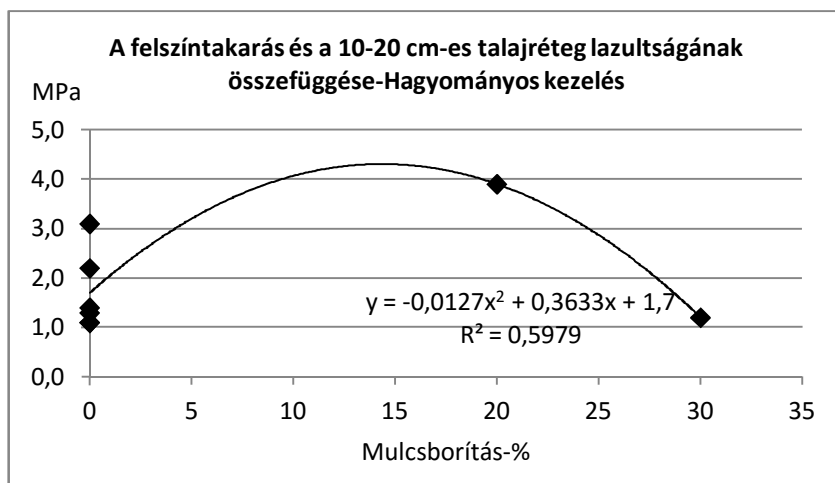
VARIANCIANALÍZIS

| Tényezők | SS | df | MS | F | p-érték | F krit. |
|------------------|------------|----|------------|------------|------------|------------|
| Csoportok között | 0,08079996 | 1 | 0,08079996 | 0,13302512 | 0,72076631 | 4,60010991 |
| Csoporton belül | 8,50365273 | 14 | 0,60740377 | | | |
| Összesen | 8,58445268 | 15 | | | | |

16/a. melléklet. Regressziós diagramok a mulcs kezeléshez (peresznyei talajművelési kísérlet 2007-2009)



16/b. melléklet. Regressziós diagramok a hagyományos kezeléshez (peresznyei talajművelési kísérlet 2007-2009)



17/a. melléklet. Talajellenállás átlagadatok a sarudi talajművelési kísérlet 10-20 cm talajrétegére vonatkozóan (sötéttel kiemelve a nagyobb értékek)

| Kezelés | 2007.09 | 2008.04 | 2008.06 | 2008.07 | 2008.09 | 2008.11 | 2009.04 | 2009.06 | 2009.08 |
|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Mulcs | 1,0 | 2,0 | 2,5 | 2,3 | 2,1 | 2,0 | 1,3 | 2,1 | 3,0 |
| Hagyományos | 1,2 | 2,4 | 2,7 | 2,4 | 2,3 | 2,2 | 1,8 | 2,3 | 3,1 |

17/b. melléklet. A sarudi talajművelési kísérlet 10-20 cm-es rétegében mért talajellenállás átlagértékek varianciaanalízise

Egytényezős varianciaanalízis

ÖSSZESÍTÉS

| <i>Csoportok</i> | <i>Darabszám</i> | <i>Összeg</i> | <i>Átlag</i> | <i>Variancia</i> |
|------------------|------------------|---------------|--------------|------------------|
| Mulcs | 9 | 18,33216 | 2,036906667 | 0,355567206 |
| Hagyományos | 9 | 20,34816 | 2,260906667 | 0,286685594 |

VARIANCIAANALÍZIS

| <i>Tényezők</i> | <i>SS</i> | <i>df</i> | <i>MS</i> | <i>F</i> | <i>p-érték</i> | <i>F krit.</i> |
|------------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------------|----------------|
| Csoportok között | 0,225792 | 1 | 0,225792 | 0,703125 | 0,414087928 | 4,493998418 |
| Csoporton belül | 5,1380224 | 16 | 0,3211264 | | | |
| Összesen | 5,3638144 | 17 | | | | |

18/a. melléklet. Talajellenállás átlagadatok a sarudi talajművelési kísérlet 30-40 cm-es talajrétegre vonatkozóan (sötéttel kiemelve a nagyobb értékek)

| Kezelés | 2007.09 | 2008.04 | 2008.06 | 2008.07 | 2008.09 | 2008.11 | 2009.04 | 2009.06 | 2009.08 |
|--------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | .22 | .15 | .20 | .20 | .12 | .05 | .11 | .21 | .06 |
| Mulcs | 3,1 | 2,7 | 3,1 | 3,1 | 3,1 | 2,9 | 2,2 | 2,9 | 3,2 |
| Hagyományos | 3,3 | 3,1 | 3,2 | 3,0 | 3,0 | 3,5 | 2,5 | 3,1 | 3,6 |

18/b. melléklet. A sarudi talajművelési kísérlet 30-40 cm-es rétegében mért talajellenállás átlagértékek varianciaanalízise

Egytényezős varianciaanalízis

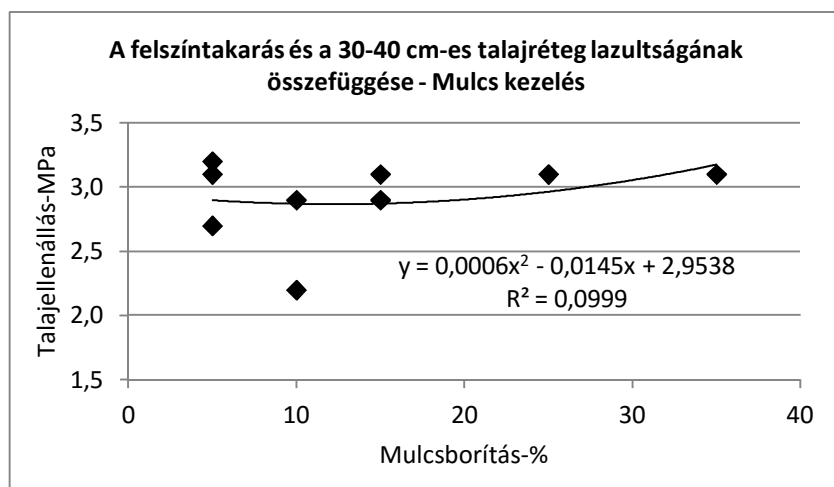
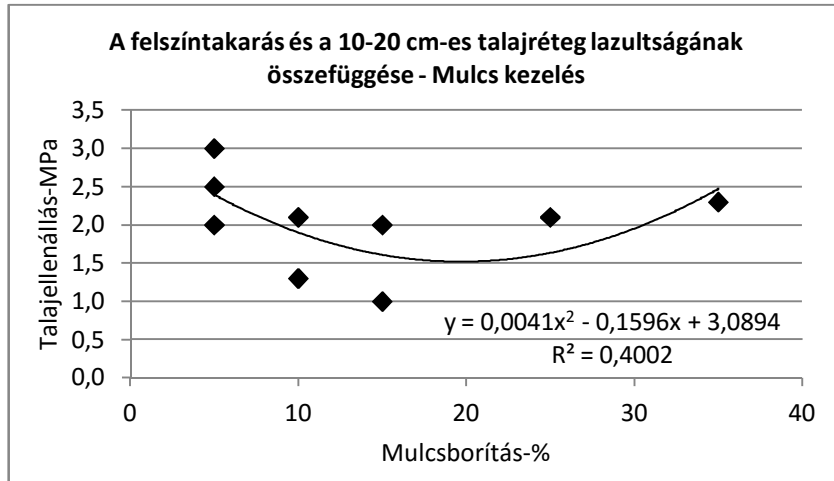
ÖSSZESÍTÉS

| <i>Csoportok</i> | <i>Darabszám</i> | <i>Összeg</i> | <i>Átlag</i> | <i>Variancia</i> |
|------------------|------------------|---------------|--------------|------------------|
| Mulcs | 9 | 26,27072 | 2,918968889 | 0,095550714 |
| Hagyományos | 9 | 28,36736 | 3,151928889 | 0,097959162 |

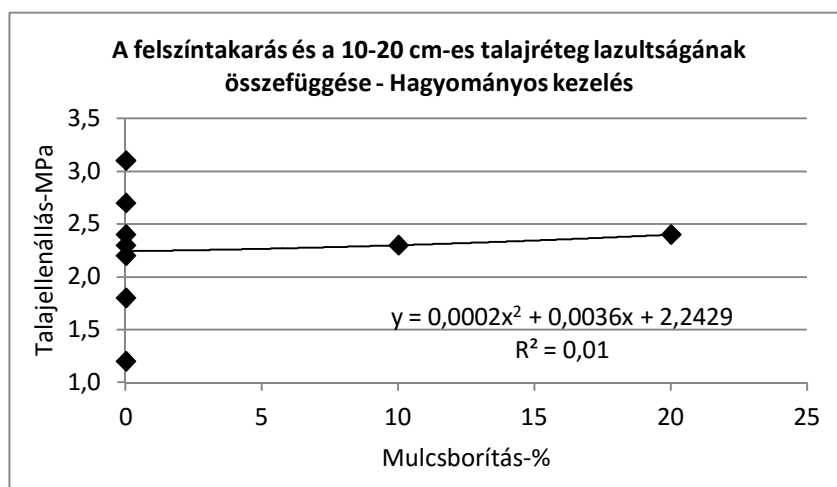
VARIANCIAANALÍZIS

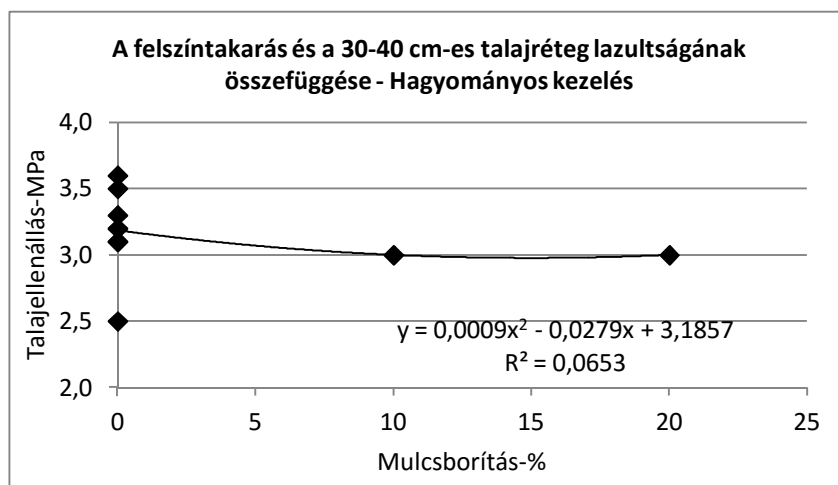
| <i>Tényezők</i> | <i>SS</i> | <i>df</i> | <i>MS</i> | <i>F</i> | <i>p-érték</i> | <i>F krit.</i> |
|------------------|-------------|-----------|-------------|-------------|----------------|----------------|
| Csoportok között | 0,244216627 | 1 | 0,244216627 | 2,524074031 | 0,1316832 | 4,493998418 |
| Csoporton belül | 1,548079013 | 16 | 0,096754938 | | | |
| Összesen | 1,79229564 | 17 | | | | |

19/a. melléklet. Regressziós diagramok a mulcs kezeléshez (Sarudi talajművelési kísérlet)



19/b. mellékletek. Regressziós diagramok a hagyományos kezeléshez (Sarudi talajművelési kísérlet)





20/a. melléklet. Átlagos CO₂-emissziós értékek 2008-ban (Józsefmajor)

| | 2008.05.05 | 2008.06.03 | 2008.10.03 | 2008.11.13 |
|------------|------------|------------|------------|------------|
| T | 512,67 | 368,00 | 406,00 | 351,50 |
| SK | 422,33 | 389,67 | 427,33 | 364,25 |
| DV | 392,67 | 374,33 | 419,00 | 351,50 |
| MK | 490,00 | 380,67 | 416,67 | 350,50 |
| SZ | 532,67 | 369,33 | 460,00 | 342,00 |
| L+T | 492,33 | 376,33 | 451,67 | 352,75 |

20/b. melléklet. A 2008. évi CO₂-emissziós adatok varianciaanalízise (Józsefmajor)

ÖSSZESÍTÉS

| <i>Csoportok</i> | <i>Darabszám</i> | <i>Összeg</i> | <i>Átlag</i> | <i>Variancia</i> |
|------------------|------------------|---------------|--------------|------------------|
| T | 4 | 1761,333 | 440,3333 | 3488,074 |
| SK | 4 | 1624 | 406 | 177,8519 |
| DV | 4 | 1534 | 383,5 | 56,01852 |
| MK | 4 | 1741,333 | 435,3333 | 1992,296 |
| SZ | 4 | 1804 | 451 | 4446,296 |
| L+T | 4 | 1737,333 | 434,3333 | 2242,667 |

VARIANCIANALÍZIS

| <i>Tényezők</i> | <i>SS</i> | <i>df</i> | <i>MS</i> | <i>F</i> | <i>p-érték</i> | <i>F krit.</i> |
|------------------|-------------------|-----------|-----------|----------|----------------|----------------|
| Csoportok között | 12752,8333 | 5 | 2550,567 | 1,233826 | 0,334147 | 2,772853 |
| Csoporton belül | 37209,6111 | 18 | 2067,201 | | | |
| Összesen | 49962,4444 | 23 | | | | |

21/a. melléklet. Átlagos CO₂-emissziós értékek 2009-ben (Józsefmajor)

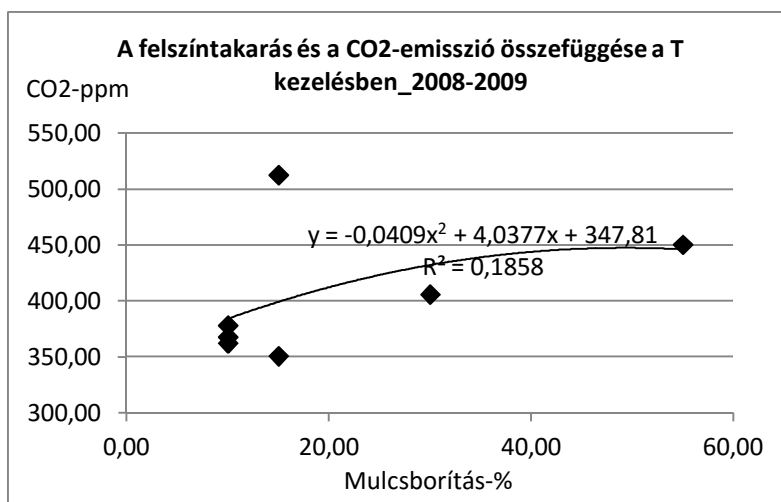
| | 2009.04.01 | 2009.07.16 | 2009.08.27 |
|------------|------------|------------|------------|
| T | 378,25 | 362,50 | 450,50 |
| SK | 352,00 | 355,00 | 431,50 |
| DV | 361,75 | 361,25 | 446,50 |
| MK | 371,50 | 363,00 | 434,00 |
| SZ | 355,50 | 364,00 | 410,00 |
| L+T | 355,25 | 357,25 | 407,00 |

21/b. melléklet. A 2009. évi CO₂-emissziós adatok varianciaanalízise (Józsefmajor)

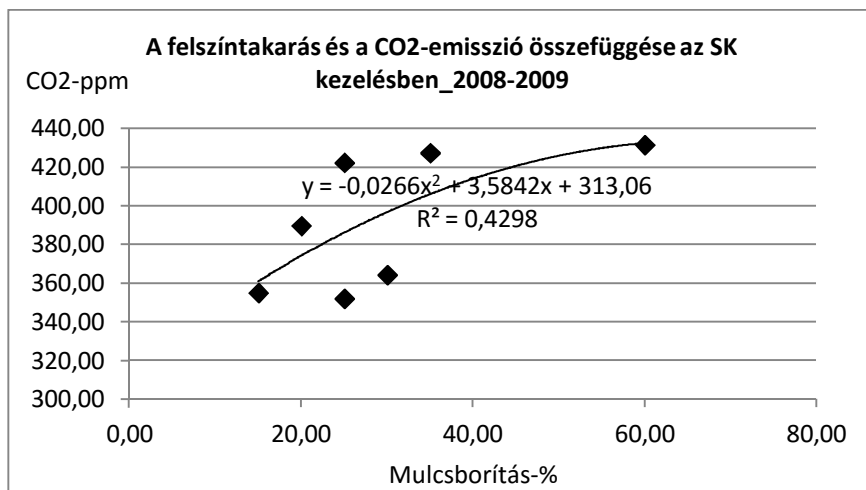
| ÖSSZESÍTÉS | | | | |
|------------|-----------|---------|----------|-----------|
| Csoportok | Darabszám | Összeg | Átlag | Variancia |
| T | 3 | 1191,25 | 397,0833 | 2202,021 |
| SK | 3 | 1138,5 | 379,5 | 2030,25 |
| DV | 3 | 1169,5 | 389,8333 | 2408,396 |
| MK | 3 | 1168,5 | 389,5 | 1503,25 |
| SZ | 3 | 1129,5 | 376,5 | 859,75 |
| L+T | 3 | 1119,5 | 373,1667 | 859,5208 |

| VARIANCIANALÍZIS | | | | | | |
|------------------|------------|----|----------|----------|----------|----------|
| Tényezők | SS | df | MS | F | p-érték | F krit. |
| Csoportok között | 1286,68403 | 5 | 257,3368 | 0,156544 | 0,973843 | 3,105875 |
| Csoporton belül | 19726,375 | 12 | 1643,865 | | | |
| Összesen | 21013,059 | 17 | | | | |

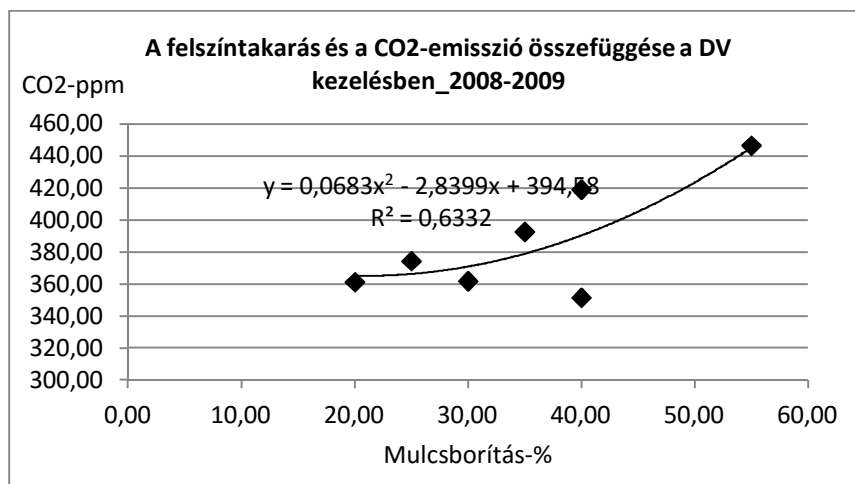
22/a. melléklet. Regressziós diagram a T kezeléshez (józsefmajori talajművelési tartamkísérlet, 2008-2009)



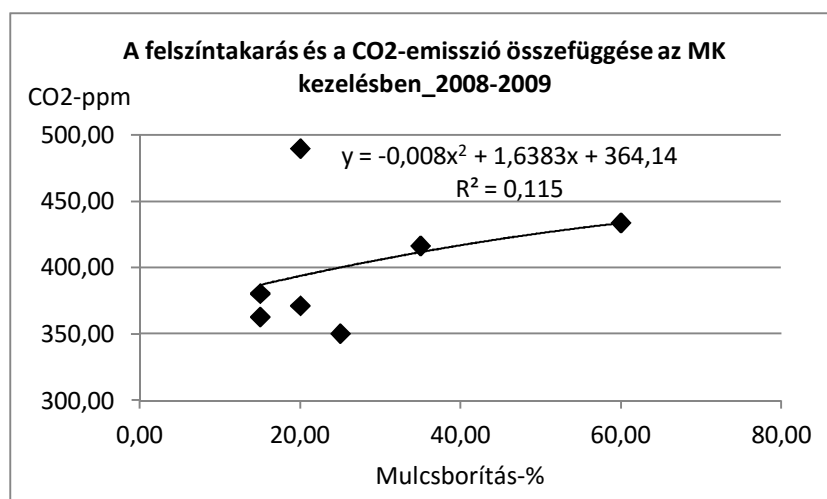
22/b. melléklet. Regressziós diagram az SK kezeléshez (józsefmajori talajművelési tartamkísérlet, 2008-2009)



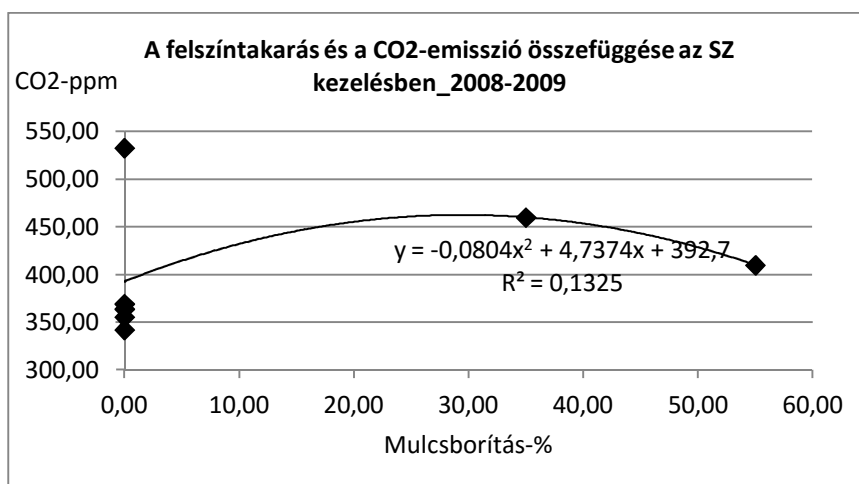
22/c. melléklet. Regressziós diagram a DV kezeléshez (józsefmajori talajművelési tartamkísérlet, 2008-2009)



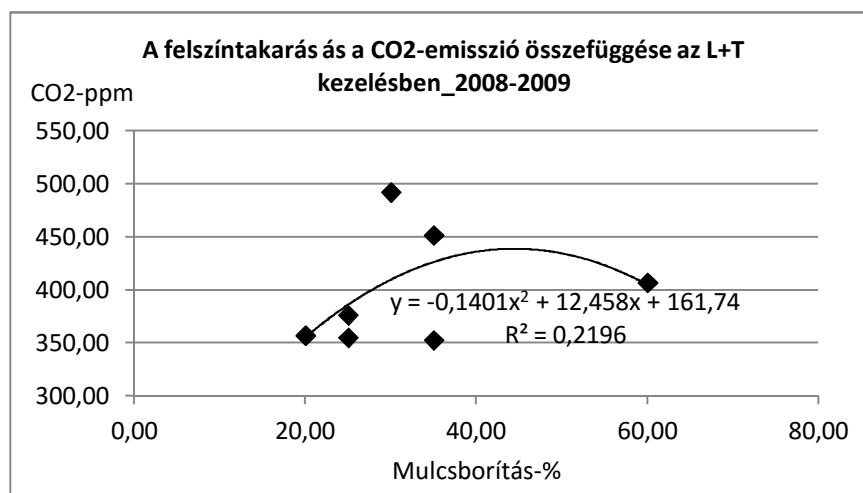
22/d. melléklet. Regressziós diagram az MK kezeléshez (józsefmajori talajművelési tartamkísérlet, 2008-2009)



22/e. melléklet. Regressziós diagram az SZ kezeléshez (józsefmajori talajművelési tartamkísérlet, 2008-2009)



22/f. melléklet. Regressziós diagram az L+T kezeléshez (józsefmajori talajművelési tartamkísérlet, 2008-2009)



23/a. melléklet. A CO₂-kibocsátás átlagadatok a peresznyei talajművelési kísérletben (sötéttel kiemelve a nagyobb értékek)

| Kezelés | 2007.10. 13 | 2008.04. 25 | 2008.06. 01 | 2008.08. 03 | 2008.09. 14 | 2009.04. 25 | 2009.06. 29 | 2009.09. 02 |
|--------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Mulcs | 365,3 | 376,9 | 362,9 | 375,3 | 321,7 | 336,2 | 345,0 | 364,5 |
| Hagyományos | 369,2 | 369,3 | 371,5 | 377,4 | 331,7 | 343,3 | 343,7 | 376,9 |

23/b. melléklet. A peresznyei talajművelési kísérletben mért CO₂-kibocsátási átlagértékek varianciaanalízise

Egytényezős varianciaanalízis

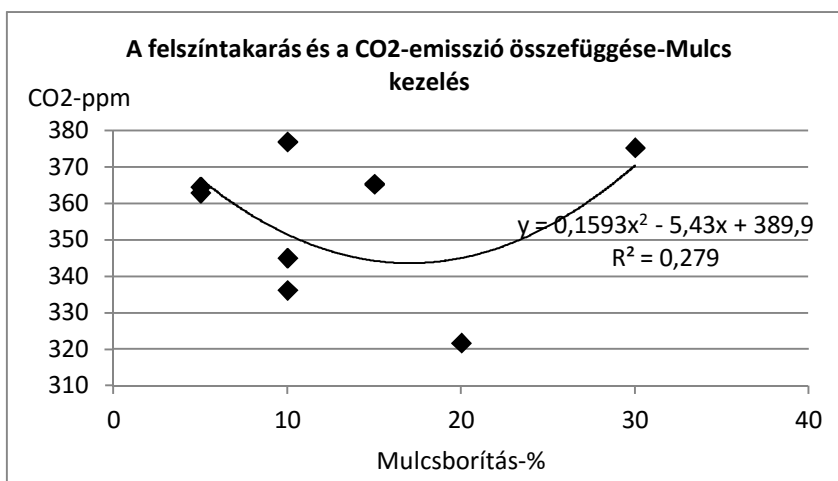
ÖSSZESÍTÉS

| Csoportok | Darabszám | Összeg | Átlag | Variancia |
|-------------|-----------|------------|-----------|-----------|
| Mulcs | 8,00000 | 2847,76667 | 355,97083 | 387,29442 |
| Hagyományos | 8,00000 | 2882,97778 | 360,37222 | 319,75051 |

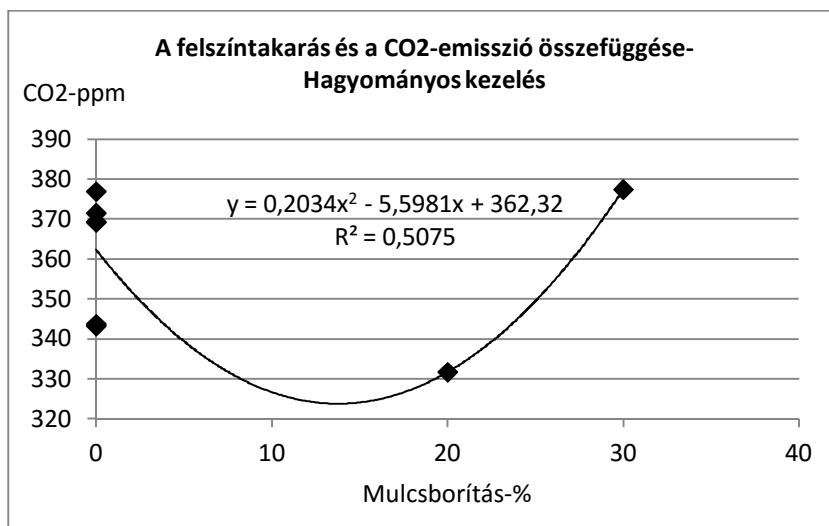
VARIANCIANALÍZIS

| Tényezők | SS | df | MS | F | p-érték | F krit. |
|------------------|------------|----------|-----------|---------|---------|---------|
| Csoportok között | 77,48890 | 1,00000 | 77,48890 | 0,21919 | 0,64686 | 4,60011 |
| Csoporton belül | 4949,31455 | 14,00000 | 353,52247 | | | |
| Összesen | 5026,80345 | 15,00000 | | | | |

24/a. melléklet. Regressziós diagram a mulcs kezeléshez (peresznyei talajművelési kísérlet 2007-2009)



24/b. melléklet. Regressziós diagram a hagyományos kezeléshez (peresznyei talajművelési kísérlet 2007-2009)



25/a. melléklet. A CO₂-kibocsátás átlagadatok a sarudi talajművelési kísérletben (sötéttel kiemelve a nagyobb értékek)

| Kezelés | 2007.09 | 2008.04 | 2008.06 | 2008.07 | 2008.09 | 2008.11 | 2009.04 | 2009.06 | 2009.08 |
|--------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | .22 | .15 | .20 | .20 | .12 | .05 | .11 | .21 | .06 |
| Mulcs | 575,5 | 376,5 | 378,4 | 398,5 | 381,4 | 367,3 | 386,2 | 379,5 | 373,6 |
| Hagyományos | 578,4 | 364,3 | 373,6 | 401,0 | 377,0 | 378,3 | 371,4 | 375,8 | 372,7 |

25/b. melléklet. A sarudi talajművelési kísérletben mért CO₂-kibocsátási átlagértékek varianciaanalízise

Egytényezős varianciaanalízis

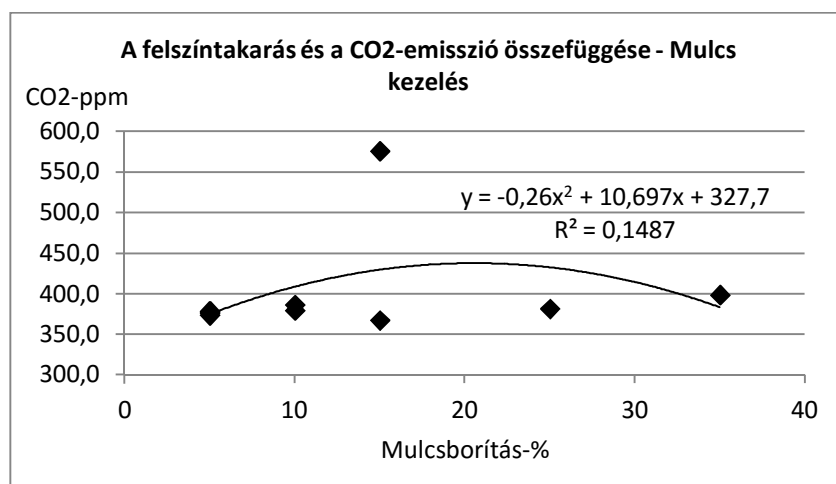
ÖSSZESÍTÉS

| Csoportok | Darabszám | Összeg | Átlag | Variancia |
|-------------|-----------|------------|-----------|------------|
| Mulcs | 9,00000 | 3616,93333 | 401,88148 | 4315,42531 |
| Hagyományos | 9,00000 | 3592,60000 | 399,17778 | 4617,00778 |

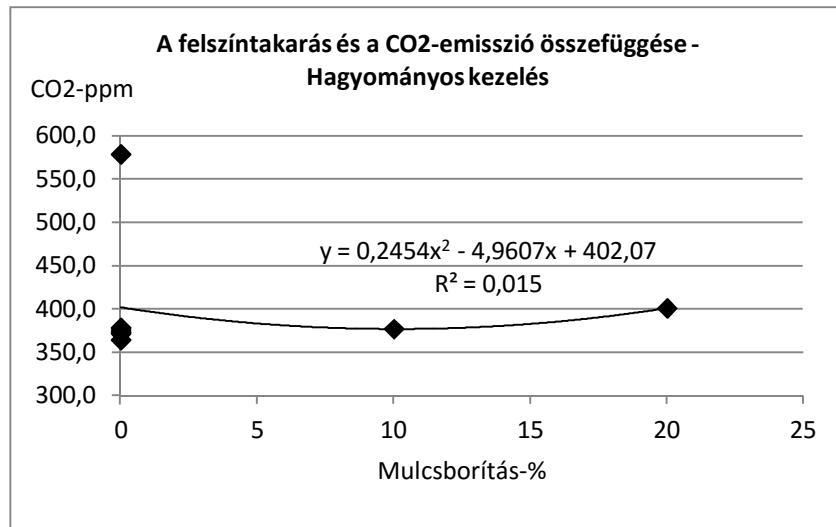
VARIANCIANALÍZIS

| Tényezők | SS | df | MS | F | p-érték | F krit. |
|------------------|-------------|----------|------------|---------|---------|---------|
| Csoportok között | 32,89506 | 1,00000 | 32,89506 | 0,00737 | 0,93267 | 4,49400 |
| Csoporton belül | 71459,46469 | 16,00000 | 4466,21654 | | | |
| Összesen | 71492,35975 | 17,00000 | | | | |

26/a. melléklet. Regressziós diagram a mulcs kezeléshez (sarudi talajművelési kísérlet)



26/b. melléklet. Regressziós diagram a hagyományos kezeléshez (sarudi talajművelési kísérlet)



27/a. melléklet. A rögrakció aránya a kezelésekben, 2008-ban (józsefmajori talajművelési tartamkísérlet)

| Kezelés | 2008.05.10 | 2008.07.24 | 2008.10.09 |
|---------|------------|------------|------------|
| T | 10,49 | 69,93 | 42 |
| SK | 12,41 | 32,86 | 38,46 |
| DV | 12,85 | 28,39 | 27,91 |
| MK | 7,53 | 20,22 | 48,02 |
| SZ | 8,09 | 33,55 | 45,39 |
| L+T | 8,03 | 21,82 | 29,93 |

27/b. melléklet. A rögrakció varianciaanalízise 2008-ban (józsefmajori talajművelési tartamkísérlet)

ÖSSZESÍTÉS

| Csoportok | Darabszám | Összeg | Átlag | Variancia |
|-----------|-----------|--------|------------|------------|
| T | 3 | 122,42 | 40,8066667 | 884,346433 |
| SK | 3 | 83,73 | 27,91 | 188,0275 |
| DV | 3 | 69,15 | 23,05 | 78,0876 |
| MK | 3 | 75,77 | 25,2566667 | 428,886033 |
| SZ | 3 | 87,03 | 29,01 | 363,2812 |
| L+T | 3 | 59,78 | 19,9266667 | 122,591033 |

VARIANCIANALÍZIS

| Tényezők | SS | df | MS | F | p-érték | F krit. |
|------------------|-----------|----|-----------|-----------|------------|------------|
| Csoportok között | 784,6572 | 5 | 156,93144 | 0,4559266 | 0,80141835 | 3,10587524 |
| Csoporton belül | 4130,4396 | 12 | 344,2033 | | | |
| Összesen | 4915,0968 | 17 | | | | |

28/a. melléklet. A röfrakció aránya a kezelésekben, 2009-ben (józsefmajori talajművelési tartamkísérlet)

| Kezelés | 2009.05.08 | 2009.06.29 | 2009.08.27 |
|---------|------------|------------|------------|
| T | 30,74 | 54,20 | 24,64 |
| SK | 22,37 | 36,40 | 24,69 |
| DV | 36,09 | 37,02 | 26,40 |
| MK | 24,03 | 41,14 | 24,40 |
| SZ | 19,04 | 25,10 | 9,55 |
| L+T | 14,83 | 41,09 | 20,78 |

28/b. melléklet. A röfrakció varianciaanalízise, 2009 (józsefmajori talajművelési tartamkísérlet)

ÖSSZESÍTÉS

| Csoportok | Darabszám | Összeg | Átlag | Variancia |
|-----------|-----------|--------|----------|-----------|
| T | 3 | 109,58 | 36,52667 | 243,5625 |
| SK | 3 | 83,46 | 27,82 | 56,5579 |
| DV | 3 | 99,51 | 33,17 | 34,5909 |
| MK | 3 | 89,57 | 29,85667 | 95,51943 |
| SZ | 3 | 53,69 | 17,89667 | 61,43103 |
| L+T | 3 | 76,7 | 25,56667 | 189,581 |

VARIANCIAANALÍZIS

| Tényezők | SS | df | MS | F | p-érték | F krit. |
|------------------|----------|----|----------|----------|---------|----------|
| Csoportok között | 628,7097 | 5 | 125,7419 | 1,107464 | 0,40624 | 3,105875 |
| Csoporton belül | 1362,486 | 12 | 113,5405 | | | |
| Összesen | 1991,195 | 17 | | | | |

29/a. melléklet. A morzsafrakció aránya a kezelésekben, 2008 (józsefmajori talajművelési tartamkísérlet)

| Kezelés | 2008.05.10 | 2008.07.24 | 2008.10.09 |
|---------|------------|------------|------------|
| T | 27,24 | 19,15 | 31,57 |
| SK | 24,3 | 35,96 | 36,99 |
| DV | 29,78 | 28,18 | 31,89 |
| MK | 25,9 | 37,98 | 29,1 |
| SZ | 27,08 | 34,03 | 34,92 |
| L+T | 29,84 | 36,63 | 32,85 |

29/b. melléklet. A morzsafrakció varianciaanalízise, 2008 (józsefmajori talajművelési tartamkísérlet)

| ÖSSZESÍTÉS | | | | | | |
|-------------------|------------------|---------------|--------------|------------------|----------------|----------------|
| <i>Csoportok</i> | <i>Darabszám</i> | <i>Összeg</i> | <i>Átlag</i> | <i>Variancia</i> | | |
| T | 3 | 77,96 | 25,9866667 | 39,7422333 | | |
| SK | 3 | 97,25 | 32,4166667 | 49,6754333 | | |
| DV | 3 | 89,85 | 29,95 | 3,4627 | | |
| MK | 3 | 92,98 | 30,9933333 | 39,1701333 | | |
| SZ | 3 | 96,03 | 32,01 | 18,4267 | | |
| L+T | 3 | 99,32 | 33,1066667 | 11,5754333 | | |
| VARIANCIAANALÍZIS | | | | | | |
| <i>Tényezők</i> | <i>SS</i> | <i>df</i> | <i>MS</i> | <i>F</i> | <i>p-érték</i> | <i>F krit.</i> |
| Csoportok között | 99,9227611 | 5 | 19,9845522 | 0,7399282 | 0,60810546 | 3,10587524 |
| Csoporton belül | 324,105267 | 12 | 27,0087722 | | | |
| Összesen | 424,028028 | 17 | | | | |

30/a. melléklet. A morzsafrakció aránya a kezelésekben, 2009 (józsefmajori talajművelési tartamkísérlet)

| Kezelés | 2009.05.08 | 2009.06.29 | 2009.08.27 |
|----------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| T | 26,55 | 20,38 | 31,45 |
| SK | 25,46 | 25,88 | 30,65 |
| DV | 26,73 | 29,59 | 33,55 |
| MK | 28,19 | 24,77 | 32,28 |
| SZ | 23,48 | 27,78 | 40,35 |
| L+T | 21,82 | 28,01 | 29,14 |

30/b. melléklet. A morzsafrakció varianciaanalízise, 2009 (józsefmajori talajművelési tartamkísérlet)

| ÖSSZESÍTÉS | | | | | | |
|-------------------|------------------|---------------|--------------|------------------|----------------|----------------|
| <i>Csoportok</i> | <i>Darabszám</i> | <i>Összeg</i> | <i>Átlag</i> | <i>Variancia</i> | | |
| T | 3 | 78,38 | 26,12667 | 30,77063 | | |
| SK | 3 | 81,99 | 27,33 | 8,3109 | | |
| DV | 3 | 89,87 | 29,95667 | 11,72893 | | |
| MK | 3 | 85,24 | 28,41333 | 14,13743 | | |
| SZ | 3 | 91,61 | 30,53667 | 76,84863 | | |
| L+T | 3 | 78,97 | 26,32333 | 15,52923 | | |
| VARIANCIAANALÍZIS | | | | | | |
| <i>Tényezők</i> | <i>SS</i> | <i>df</i> | <i>MS</i> | <i>F</i> | <i>p-érték</i> | <i>F krit.</i> |
| Csoportok között | 51,37491 | 5 | 10,27498 | 0,391861 | 0,845112 | 3,105875 |
| Csoporton belül | 314,6515 | 12 | 26,22096 | | | |
| Összesen | 366,0264 | 17 | | | | |

31/a. melléklet. Az aprómorzsa frakció aránya a kezelésekben, 2008 (józsefmajori talajművelési tartamkísérlet)

| Kezelés | 2008.05.10 | 2008.07.24 | 2008.10.09 |
|---------|------------|------------|------------|
| T | 54,41 | 10,19 | 25,19 |
| SK | 55,66 | 29,79 | 22,84 |
| DV | 51,32 | 40,84 | 37,23 |
| MK | 58,04 | 40,19 | 21,39 |
| SZ | 59,36 | 31,32 | 19,5 |
| L+T | 56,16 | 39,63 | 34,93 |

31/b. melléklet. Az aprómorzsa frakció varianciaanalízise, 2008 (józsefmajori talajművelési tartamkísérlet)

ÖSSZESÍTÉS

| Csoportok | Darabszám | Összeg | Átlag | Variancia |
|-----------|-----------|--------|------------|------------|
| T | 3 | 89,79 | 29,93 | 505,7028 |
| SK | 3 | 108,29 | 36,0966667 | 299,118633 |
| DV | 3 | 129,39 | 43,13 | 53,5651 |
| MK | 3 | 119,62 | 39,8733333 | 335,880833 |
| SZ | 3 | 110,18 | 36,7266667 | 419,128933 |
| L+T | 3 | 130,72 | 43,5733333 | 124,340633 |

VARIANCIANALÍZIS

| Tényezők | SS | df | MS | F | p-érték | F krit. |
|------------------|------------|----|------------|------------|------------|------------|
| Csoportok között | 392,887383 | 5 | 78,5774767 | 0,27130969 | 0,92017319 | 3,10587524 |
| Csoporton belül | 3475,47387 | 12 | 289,622822 | | | |
| Összesen | 3868,36125 | 17 | | | | |

32/a. melléklet. Az aprómorzsa frakció aránya a kezelésekben, 2009 (józsefmajori talajművelési tartamkísérlet)

| Kezelés | 2009.05.08 | 2009.06.29 | 2009.08.27 |
|---------|------------|------------|------------|
| T | 37,28 | 24,27 | 40,41 |
| SK | 45,92 | 35,26 | 42,26 |
| DV | 31,83 | 31,50 | 37,75 |
| MK | 43,02 | 32,14 | 41,44 |
| SZ | 50,49 | 45,00 | 47,51 |
| L+T | 57,98 | 29,44 | 44,58 |

32/b. melléklet. Az aprómorzsza frakció varianciaanalízise, 2009 (józsefmajori talajművelési tartamkísérlet)

| ÖSSZESÍTÉS | | | | | | |
|-------------------|------------------|---------------|--------------|------------------|----------------|----------------|
| <i>Csoportok</i> | <i>Darabszám</i> | <i>Összeg</i> | <i>Átlag</i> | <i>Variancia</i> | | |
| T | 3 | 101,96 | 33,98667 | 73,25943 | | |
| SK | 3 | 123,44 | 41,14667 | 29,33853 | | |
| DV | 3 | 101,08 | 33,69333 | 12,36963 | | |
| MK | 3 | 116,6 | 38,86667 | 34,56013 | | |
| SZ | 3 | 143 | 47,66667 | 7,553433 | | |
| L+T | 3 | 132 | 44 | 203,8852 | | |
| VARIANCIAANALÍZIS | | | | | | |
| <i>Tényezők</i> | <i>SS</i> | <i>df</i> | <i>MS</i> | <i>F</i> | <i>p-érték</i> | <i>F krit.</i> |
| Csoportok között | 459,7291 | 5 | 91,94581 | 1,528328 | 0,252975 | 3,105875 |
| Csoporton belül | 721,9327 | 12 | 60,16106 | | | |
| Összesen | 1181,662 | 17 | | | | |

33/a. melléklet. A porfrakció aránya a kezelésekben, 2008 (józsefmajori talajművelési tartamkísérlet)

| Kezelés | 2008.05.10 | 2008.07.24 | 2008.10.09 |
|----------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| T | 7,86 | 0,73 | 1,25 |
| SK | 7,63 | 1,39 | 1,71 |
| DV | 6,05 | 2,59 | 2,96 |
| MK | 8,53 | 1,61 | 1,49 |
| SZ | 5,47 | 1,09 | 0,19 |
| L+T | 5,97 | 1,92 | 2,28 |

33/b. melléklet. A porfrakció varianciaanalízise, 2008 (józsefmajori talajművelési tartamkísérlet)

| ÖSSZESÍTÉS | | | | | | |
|-------------------|------------------|---------------|--------------|------------------|----------------|----------------|
| <i>Csoportok</i> | <i>Darabszám</i> | <i>Összeg</i> | <i>Átlag</i> | <i>Variancia</i> | | |
| T | 3 | 9,84 | 3,28 | 15,7999 | | |
| SK | 3 | 10,73 | 3,57666667 | 12,3477333 | | |
| DV | 3 | 11,6 | 3,86666667 | 3,60943333 | | |
| MK | 3 | 11,63 | 3,87666667 | 16,2437333 | | |
| SZ | 3 | 6,75 | 2,25 | 7,9788 | | |
| L+T | 3 | 10,17 | 3,39 | 5,0247 | | |
| VARIANCIAANALÍZIS | | | | | | |
| <i>Tényezők</i> | <i>SS</i> | <i>df</i> | <i>MS</i> | <i>F</i> | <i>p-érték</i> | <i>F krit.</i> |
| Csoportok között | 5,4268 | 5 | 1,08536 | 0,1067492 | 0,98870524 | 3,10587524 |
| Csoporton belül | 122,0086 | 12 | 10,1673833 | | | |
| Összesen | 127,4354 | 17 | | | | |

34/a. melléklet. A porfrakció aránya a kezelésekben, 2009 (józsefmajori talajművelési tartamkísérlet)

| Kezelés | 2009.05.08 | 2009.06.29 | 2009.08.27 |
|---------|------------|------------|------------|
| T | 5,43 | 1,15 | 3,50 |
| SK | 6,25 | 2,46 | 2,40 |
| DV | 5,35 | 1,89 | 2,30 |
| MK | 4,76 | 1,95 | 1,88 |
| SZ | 6,99 | 2,12 | 2,59 |
| L+T | 5,37 | 1,46 | 5,50 |

34/b. melléklet. A porfrakció varianciaanalízise, 2009 (józsefmajori talajművelési tartamkísérlet)

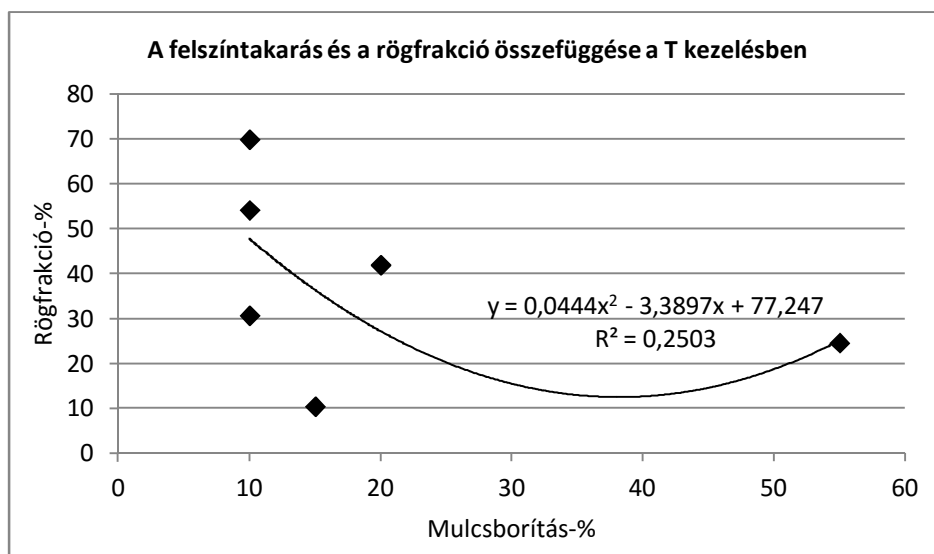
ÖSSZESÍTÉS

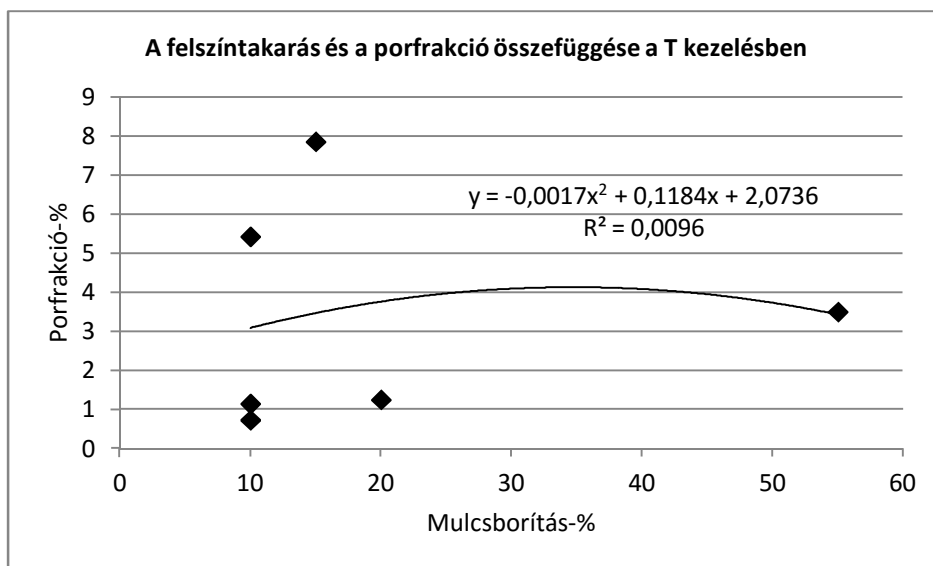
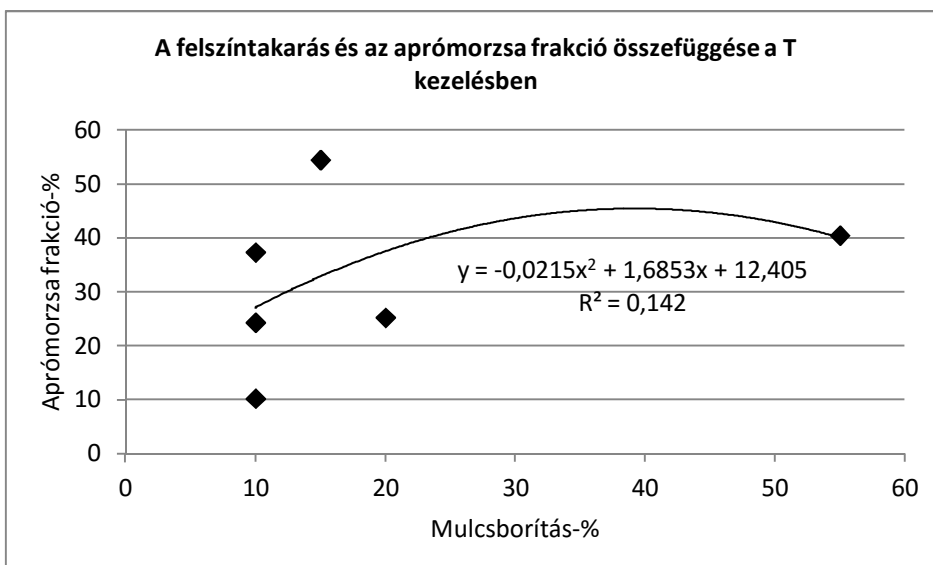
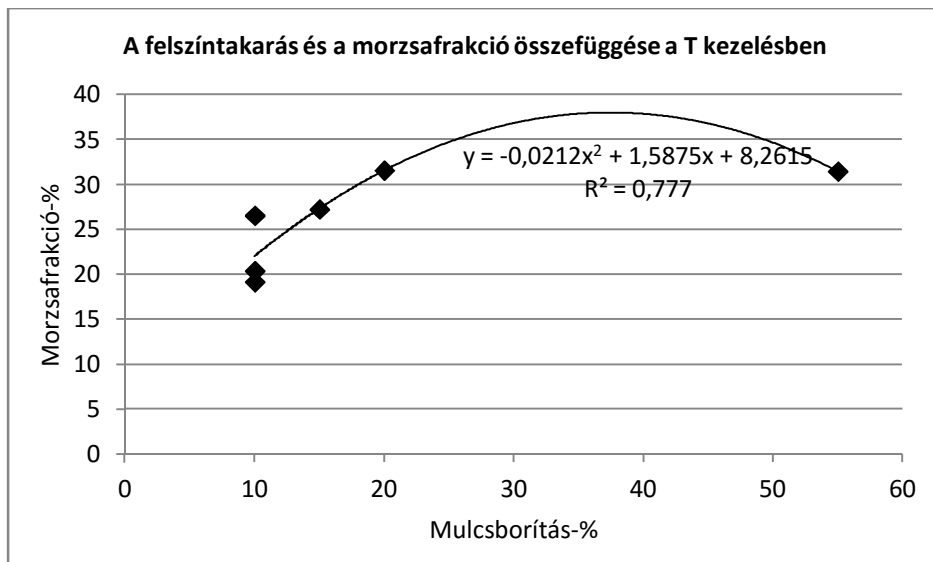
| Csoportok | Darabszám | Összeg | Átlag | Variancia |
|-----------|-----------|--------|----------|-----------|
| T | 3 | 10,08 | 3,36 | 4,5943 |
| SK | 3 | 11,11 | 3,703333 | 4,865033 |
| DV | 3 | 9,54 | 3,18 | 3,5737 |
| MK | 3 | 8,59 | 2,863333 | 2,699233 |
| SZ | 3 | 11,7 | 3,9 | 7,2163 |
| L+T | 3 | 12,33 | 4,11 | 5,2711 |

VARIANCIAANALÍZIS

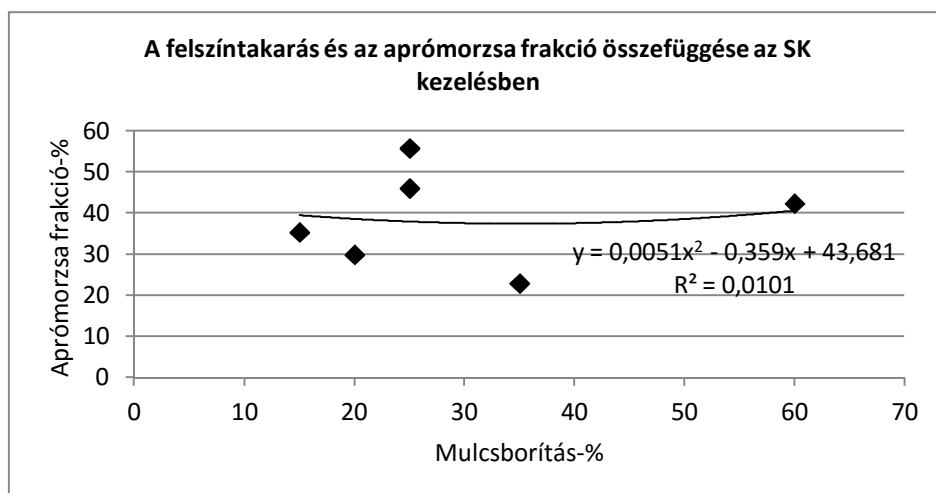
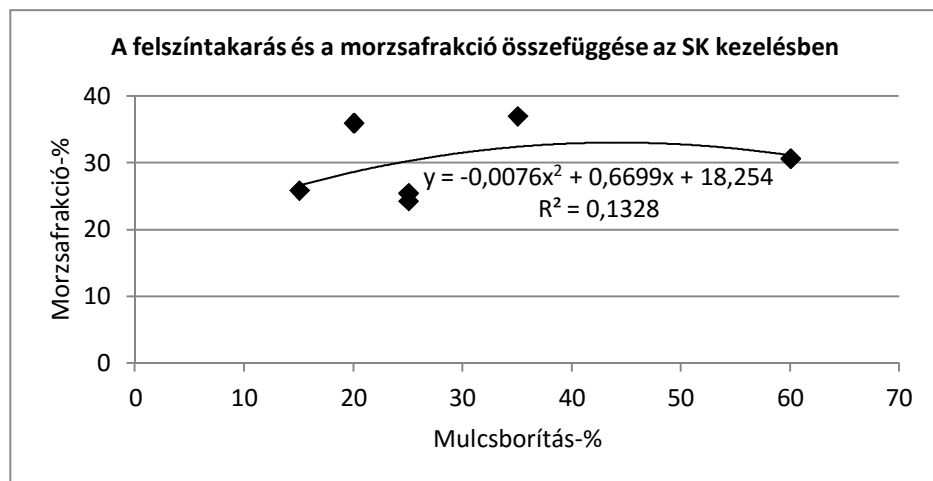
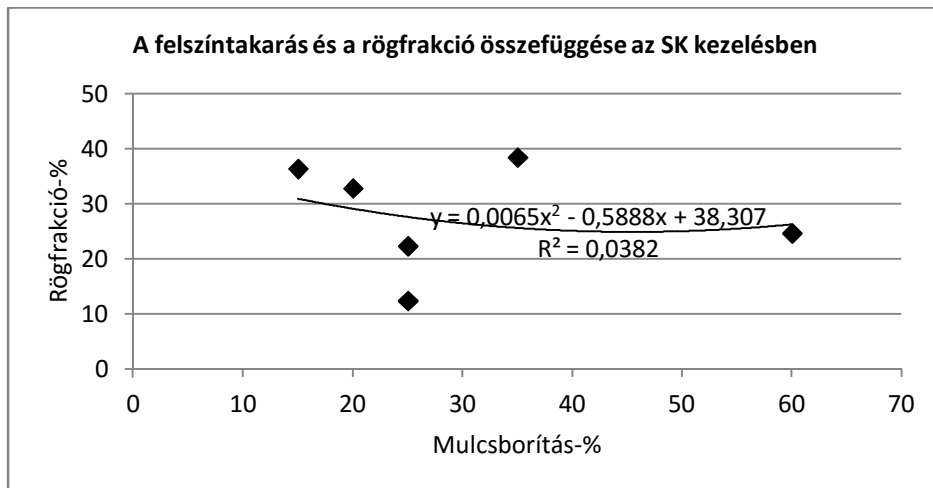
| Tényezők | SS | df | MS | F | p-érték | F krit. |
|------------------|----------|----|----------|----------|----------|----------|
| Csoportok között | 3,295561 | 5 | 0,659112 | 0,140139 | 0,979392 | 3,105875 |
| Csoporton belül | 56,43933 | 12 | 4,703278 | | | |
| Összesen | 59,73489 | 17 | | | | |

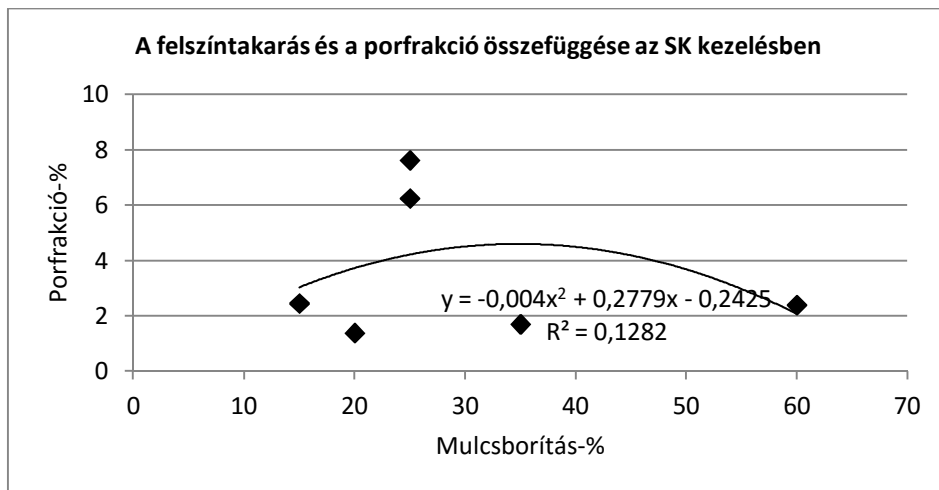
35/a. melléklet. Regressziós diagramok a T kezeléshez (józsefmajori talajművelési tartamkísérlet, 2008-2009)



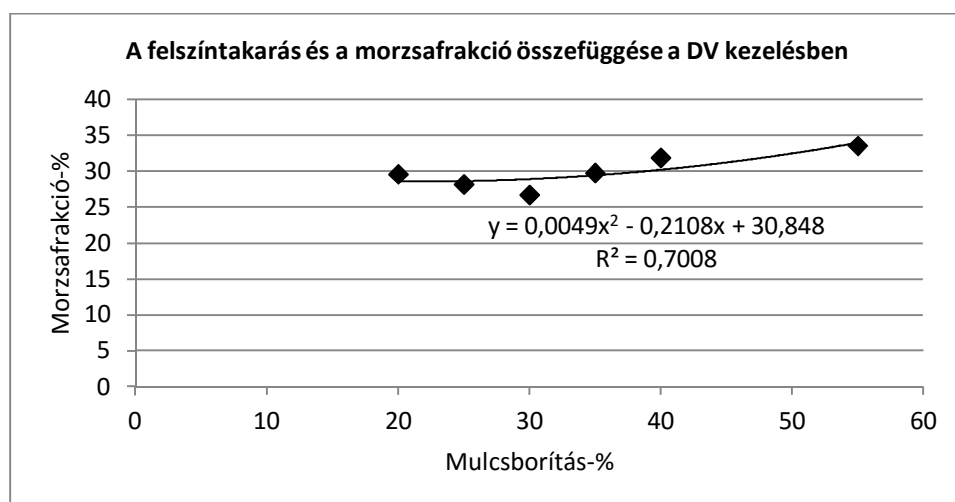
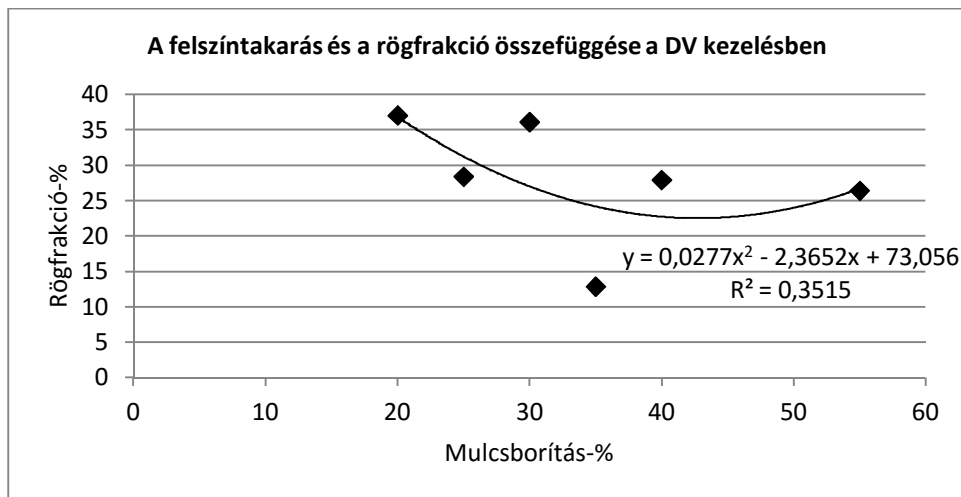


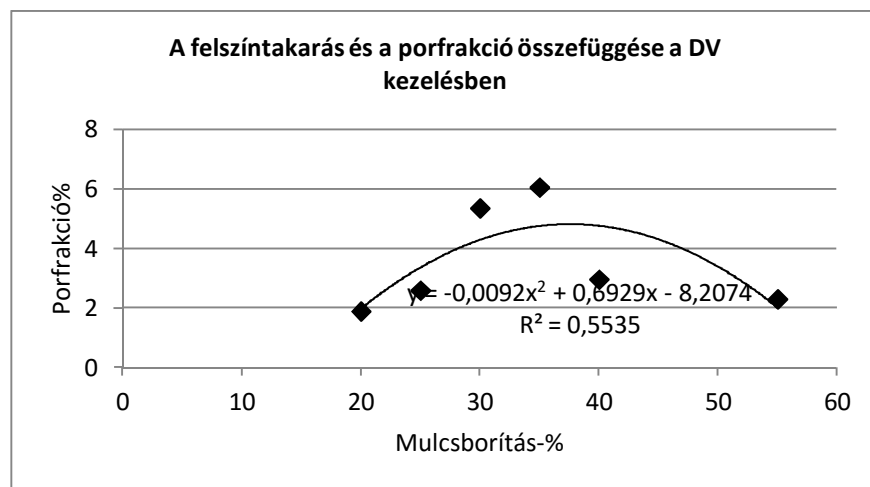
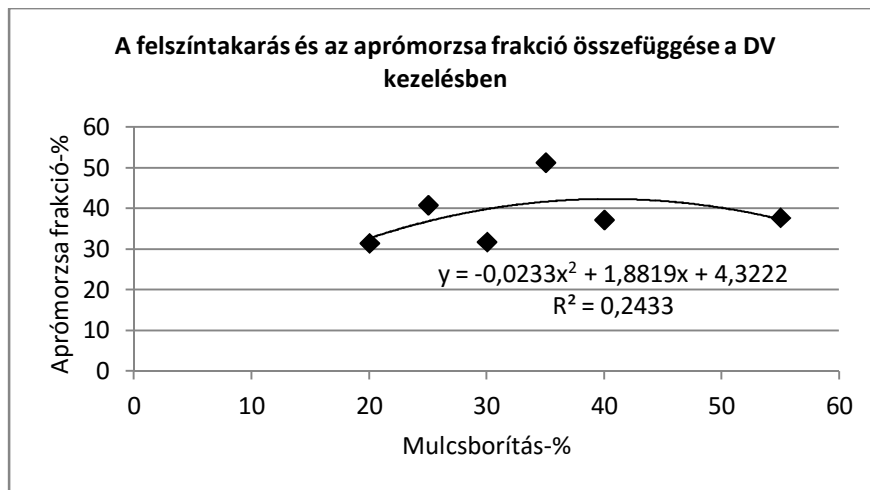
35/b. melléklet. Regressziós diagramok az SK kezeléshez (józsefmajori talajművelési tartamkísérlet, 2008-2009)



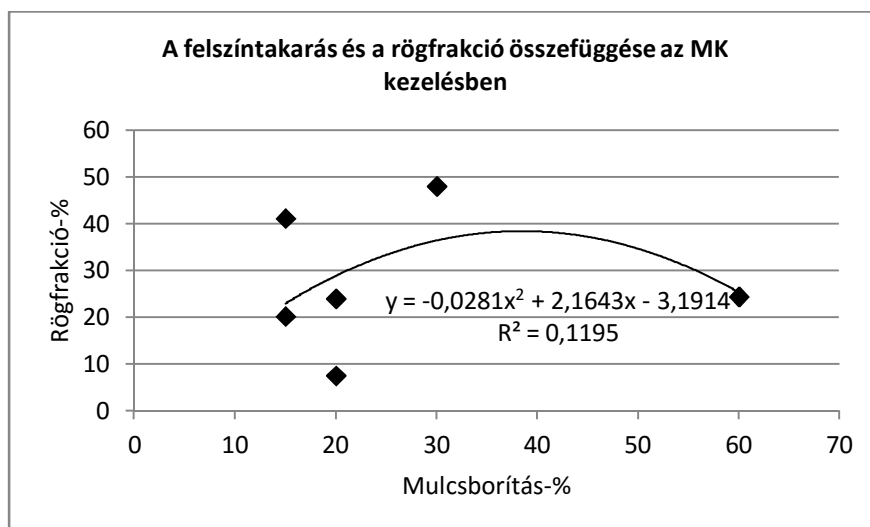


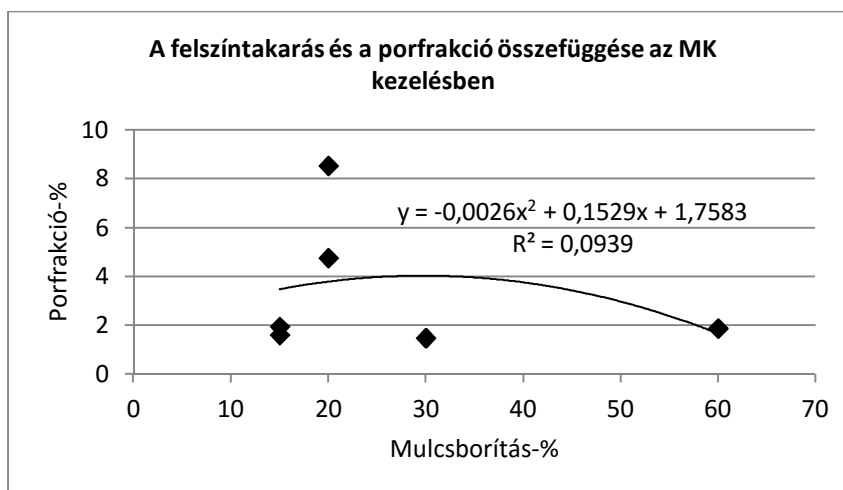
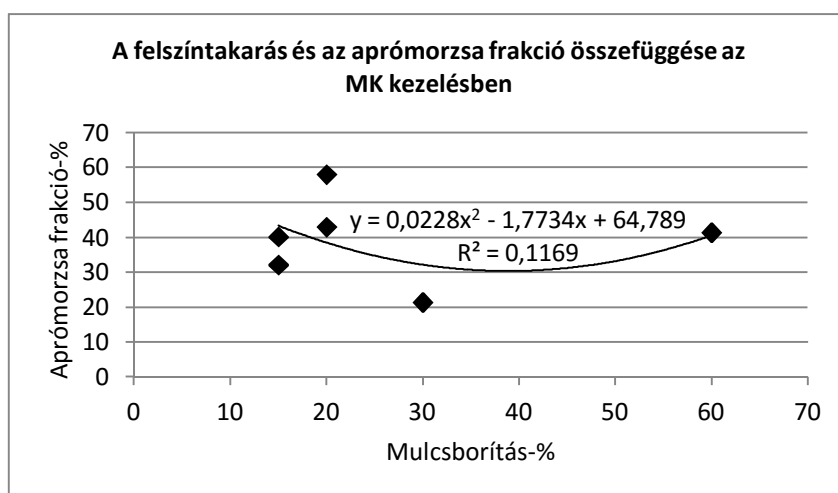
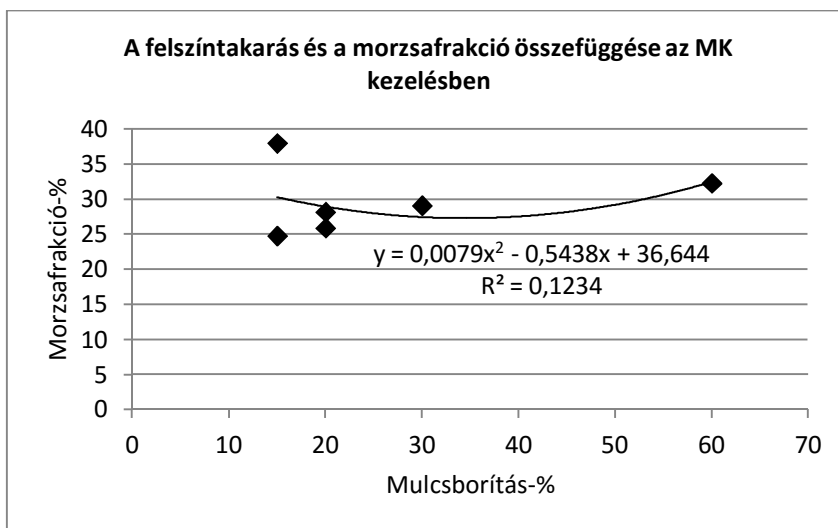
35/c. melléklet. Regressziós diagramok a DV kezeléshez (józsefmajori talajművelési tartamkísérlet, 2008-2009)



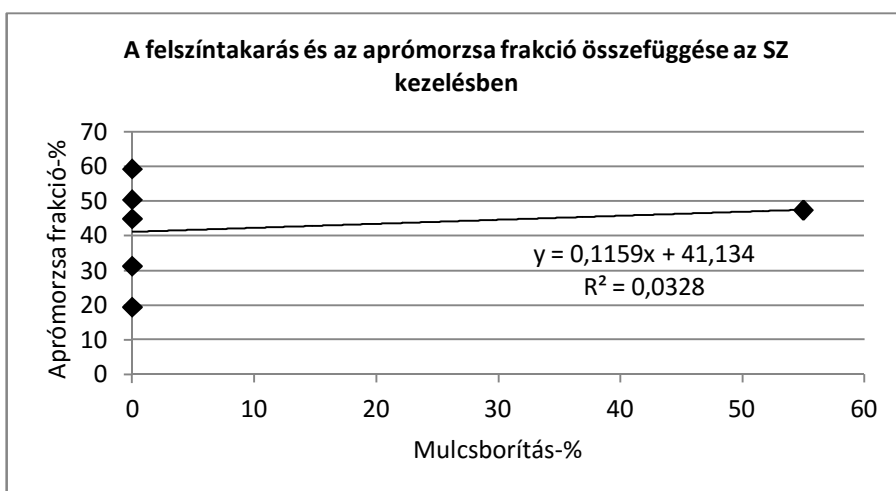
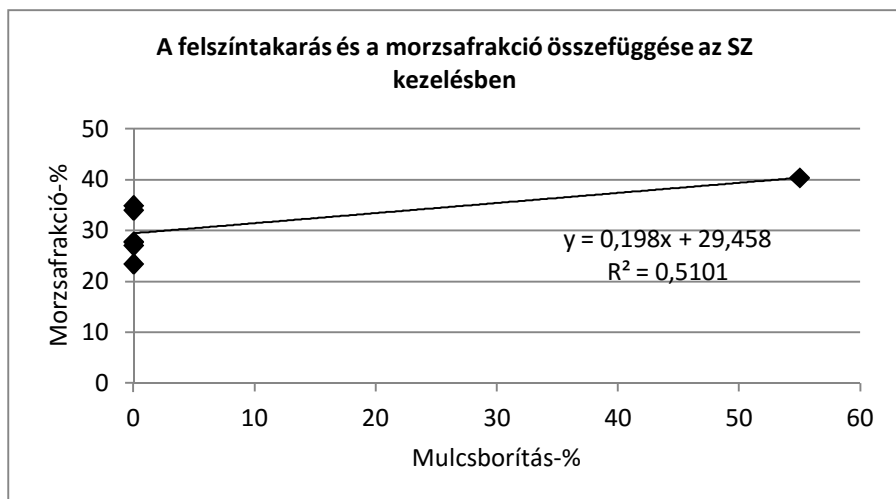
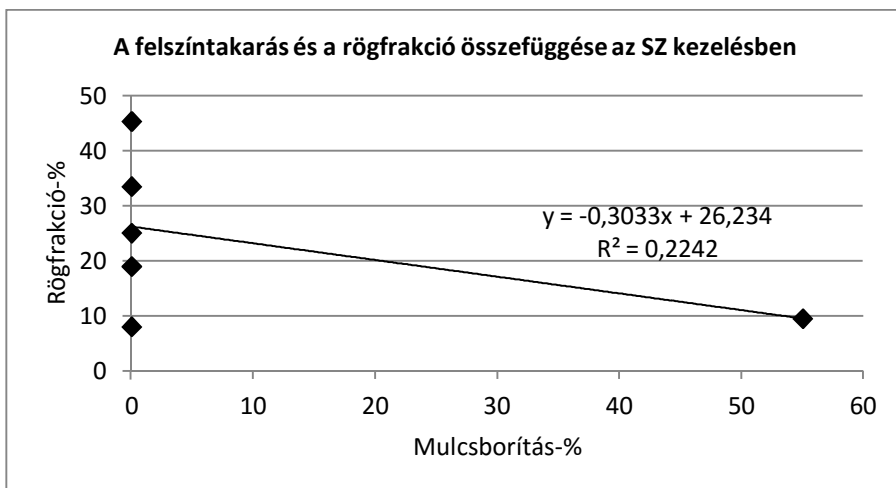


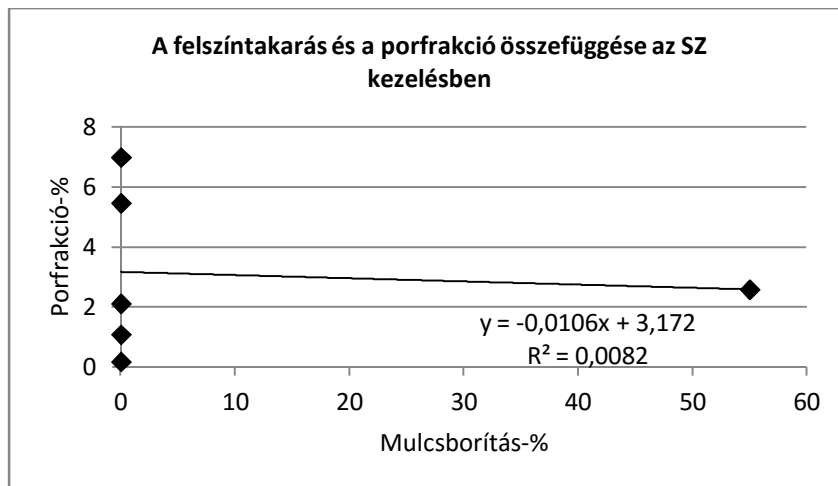
35/d. melléklet. Regressziós diagramok az MK kezeléshez (józsefmajori talajművelési tartamkísérlet, 2008-2009)



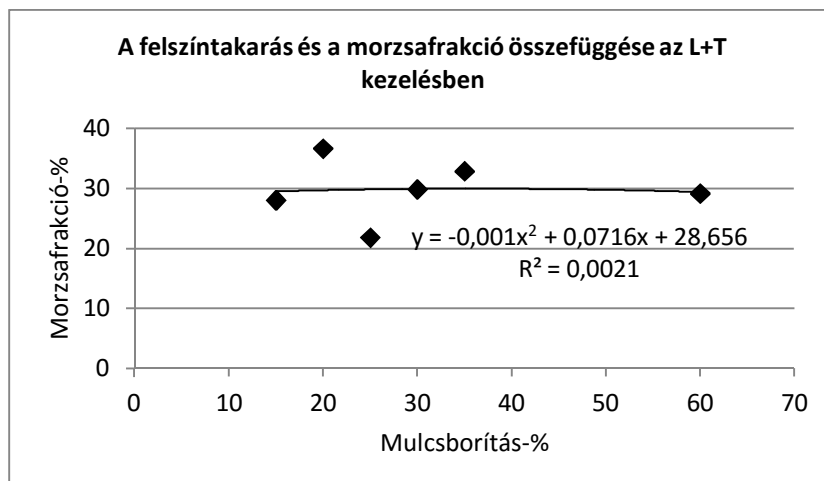
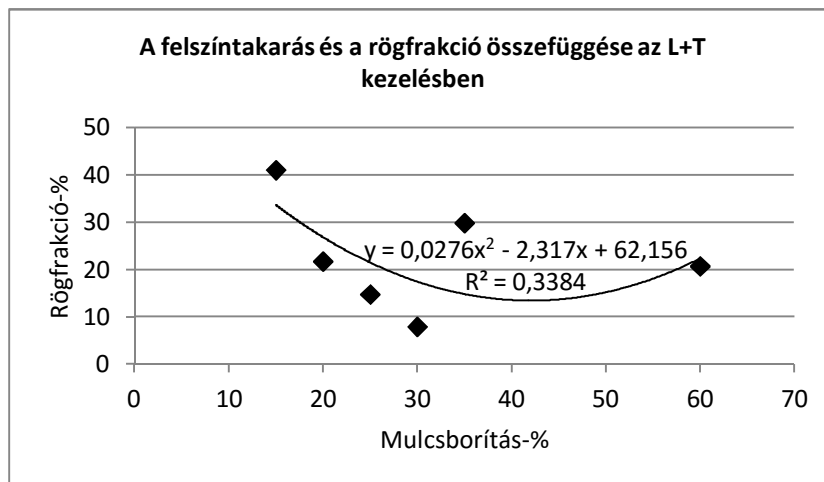


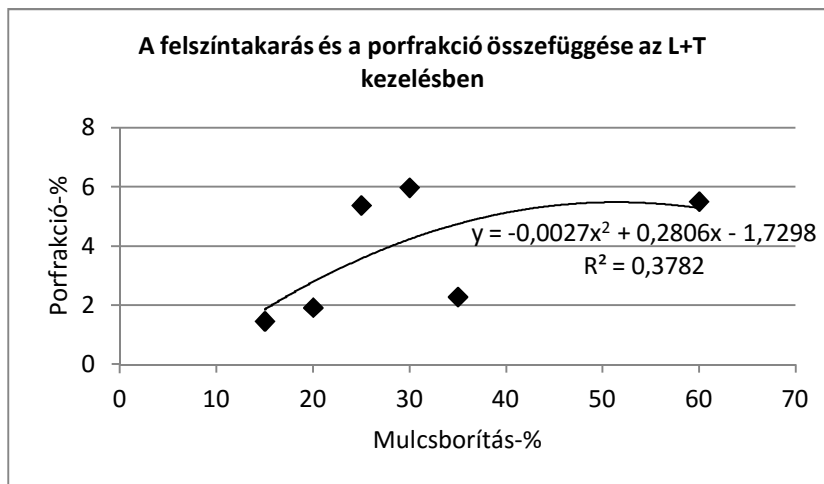
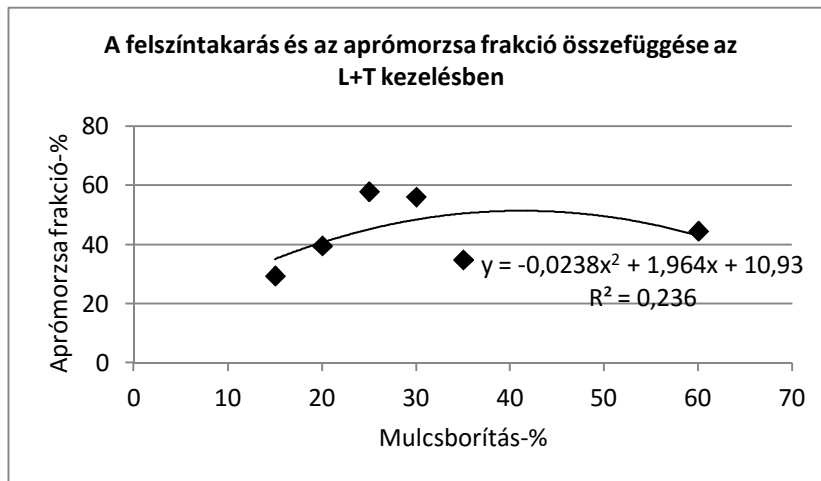
35/e. melléklet. Regressziós diagramok az SZ kezeléshez (józsefmajori talajművelési tartamkísérlet, 2008-2009)





35/f. melléklet. Regressziós diagramok az L+T kezeléshez (józsefmajori talajművelési tartamkísérlet, 2008-2009)





36/a. melléklet. A röfrakció átlagadatok a peresznyi talajművelési kísérletben (sötéttel kiemelve a nagyobb értékek)

| Kezelés | 2007.10. 13 | 2008.04. 25 | 2008.06. 01 | 2008.08. 03 | 2008.09. 14 | 2009.04. 25 | 2009.06. 29 | 2009.09. 02 |
|--------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Mulcs | 37,4 | 44,5 | 16,9 | 27,6 | 29,2 | 14,5 | 11,3 | 11,7 |
| Hagyományos | 49,8 | 35,1 | 17,2 | 46,0 | 40,1 | 16,2 | 16,1 | 17,5 |

36/b. melléklet. A peresznyei talajművelési kísérletben mért rögrakció átlagértékek varianciaanalízise

Egytényezős varianciaanalízis

ÖSSZESÍTÉS

| <i>Csoportok</i> | <i>Darabszám</i> | <i>Összeg</i> | <i>Átlag</i> | <i>Variancia</i> |
|------------------|------------------|---------------|--------------|------------------|
| Mulcs | 8 | 193,10356 | 24,137945 | 155,85037 |
| Hagyományos | 8 | 237,82037 | 29,727546 | 211,41134 |

VARIANCIANALÍZIS

| <i>Tényezők</i> | <i>SS</i> | <i>df</i> | <i>MS</i> | <i>F</i> | <i>p-érték</i> | <i>F krit.</i> |
|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------------|----------------|
| Csoportok között | 124,97453 | 1 | 124,97453 | 0,6805748 | 0,4232232 | 4,6001099 |
| Csoporton belül | 2570,8319 | 14 | 183,63085 | | | |
| Összesen | 2695,8065 | 15 | | | | |

37/a. melléklet. A morzsafrakció átlagadatok a peresznyei talajművelési kísérletben (sötéttel kiemelve a nagyobb értékek)

| Kezelés | 2007.10. 13 | 2008.04. 25 | 2008.06. 01 | 2008.08. 03 | 2008.09. 14 | 2009.04. 25 | 2009.06. 29 | 2009.09. 02 |
|--------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Mulcs | 30,2 | 29,2 | 30,9 | 37,8 | 37,2 | 41,3 | 38,5 | 38,0 |
| Hagyományos | 29,4 | 28,6 | 47,0 | 33,9 | 32,5 | 46,6 | 36,2 | 38,5 |

37/b. melléklet. A peresznyei talajművelési kísérletben mért morzsafrakció átlagértékek varianciaanalízise

Egytényezős varianciaanalízis

ÖSSZESÍTÉS

| <i>Csoportok</i> | <i>Darabszám</i> | <i>Összeg</i> | <i>Átlag</i> | <i>Variancia</i> |
|------------------|------------------|---------------|--------------|------------------|
| Mulcs | 8 | 283,030044 | 35,3787555 | 20,7723032 |
| Hagyományos | 8 | 292,693545 | 36,5866931 | 50,1573482 |

VARIANCIANALÍZIS

| <i>Tényezők</i> | <i>SS</i> | <i>df</i> | <i>MS</i> | <i>F</i> | <i>p-érték</i> | <i>F krit.</i> |
|------------------|------------|-----------|------------|------------|----------------|----------------|
| Csoportok között | 5,83645304 | 1 | 5,83645304 | 0,16457019 | 0,69111519 | 4,60010991 |
| Csoporton belül | 496,50756 | 14 | 35,4648257 | | | |
| Összesen | 502,344013 | 15 | | | | |

38/a. melléklet. Az aprómorzsa frakció átlagadatok a peresznyei talajművelési kísérletben (sötéttel kiemelve a nagyobb értékek)

| Kezelés | 2007.10. 13 | 2008.04. 25 | 2008.06. 01 | 2008.08. 03 | 2008.09. 14 | 2009.04. 25 | 2009.06. 29 | 2009.09. 02 |
|--------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Mulcs | 29,8 | 24,0 | 49,1 | 32,5 | 31,8 | 41,2 | 47,2 | 44,5 |
| Hagyományos | 19,5 | 32,4 | 34,0 | 18,7 | 24,8 | 34,9 | 42,8 | 39,9 |

38/b. melléklet. A peresznyei talajművelési kísérletben mért aprómorzsa frakció átlagértékek varianciaanalízise

Egytényezős varianciaanalízis

ÖSSZESÍTÉS

| Csoportok | Darabszám | Összeg | Átlag | Variancia |
|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Mulcs | 8 | 300,09948 | 37,512436 | 84,419428 |
| Hagyományos | 8 | 246,86021 | 30,857526 | 81,169557 |

VARIANCIANALÍZIS

| Tényezők | SS | df | MS | F | p-érték | F krit. |
|------------------|-----------|----|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Csoportok között | 177,15129 | 1 | 177,15129 | 2,1396506 | 0,1656203 | 4,6001099 |
| Csoporton belül | 1159,1229 | 14 | 82,794492 | | | |
| Összesen | 1336,2742 | 15 | | | | |

39/a. melléklet. A porfrakció átlagadatok a peresznyei talajművelési kísérletben (sötéttel kiemelve a nagyobb értékek)

| Kezelés | 2007.10. 13 | 2008.04. 25 | 2008.06. 01 | 2008.08. 03 | 2008.09. 14 | 2009.04. 25 | 2009.06. 29 | 2009.09. 02 |
|--------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Mulcs | 2,7 | 2,3 | 3,1 | 2,1 | 1,9 | 3,0 | 3,0 | 5,8 |
| Hagyományos | 1,4 | 3,9 | 1,8 | 1,4 | 2,7 | 2,4 | 4,9 | 4,2 |

39/b. melléklet. A peresznyei talajművelési kísérletben mért porfrakció átlagértékek varianciaanalízise

Egytényezős varianciaanalízis

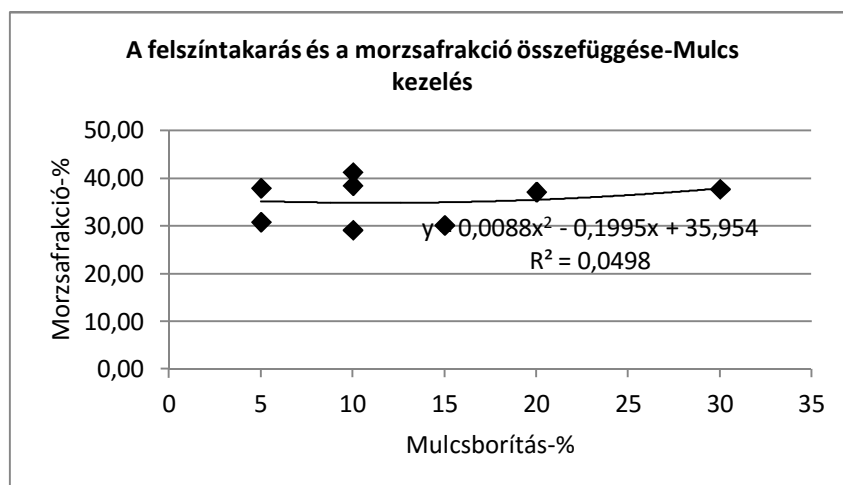
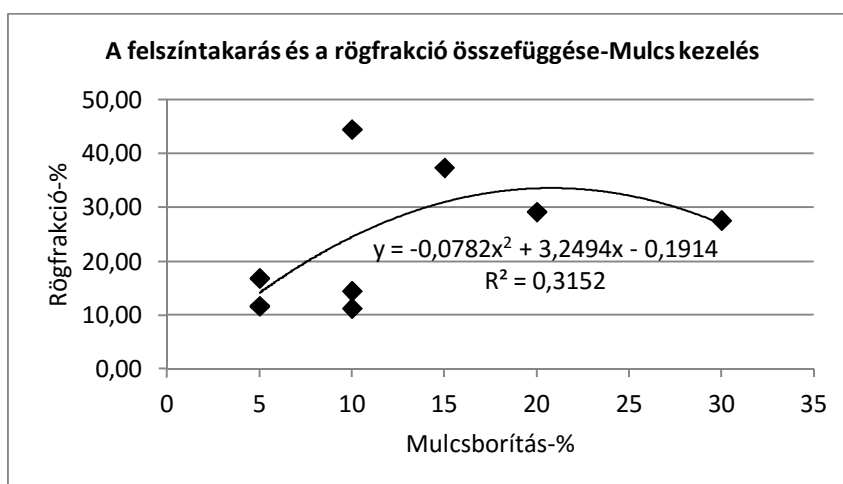
ÖSSZESÍTÉS

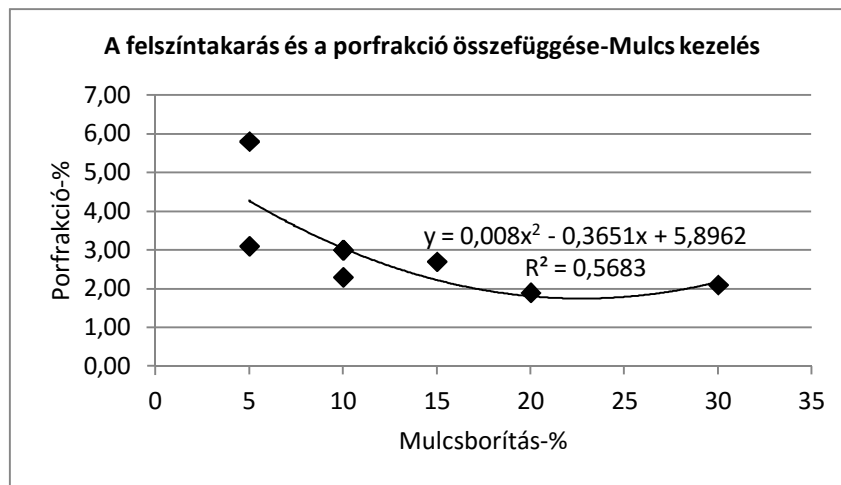
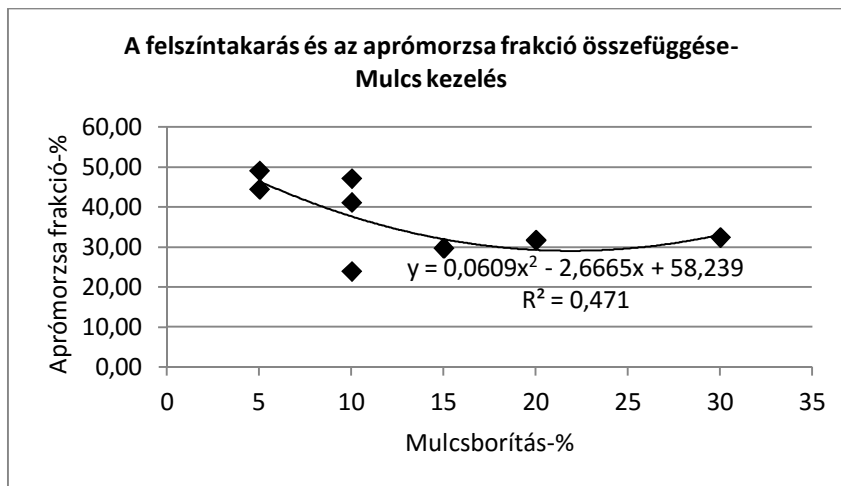
| Csoportok | Darabszám | Összeg | Átlag | Variancia |
|-------------|-----------|------------|------------|------------|
| Mulcs | 8 | 23,7569085 | 2,96961356 | 1,47472796 |
| Hagyományos | 8 | 22,5858813 | 2,82323517 | 1,82973041 |

VARIANCIANALÍZIS

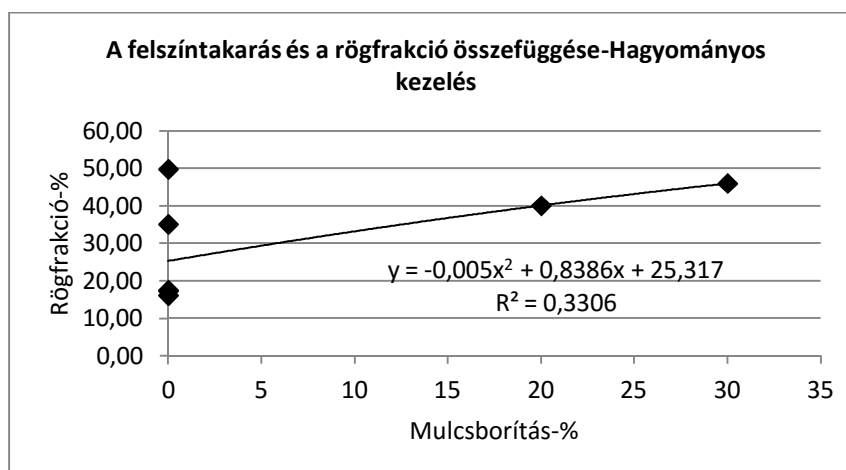
| Tényezők | SS | df | MS | F | p-érték | F krit. |
|------------------|------------|----|------------|------------|------------|------------|
| Csoportok között | 0,08570653 | 1 | 0,08570653 | 0,05187327 | 0,82312781 | 4,60010991 |
| Csoporton belül | 23,1312086 | 14 | 1,65222918 | | | |
| Összesen | 23,2169151 | 15 | | | | |

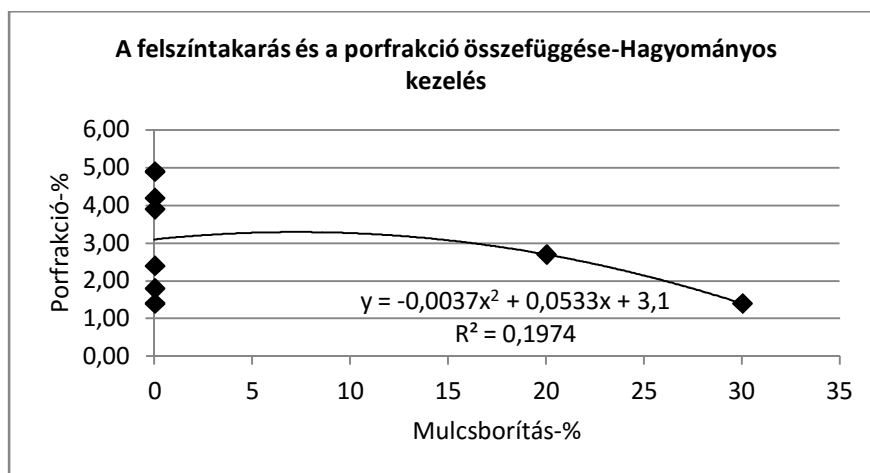
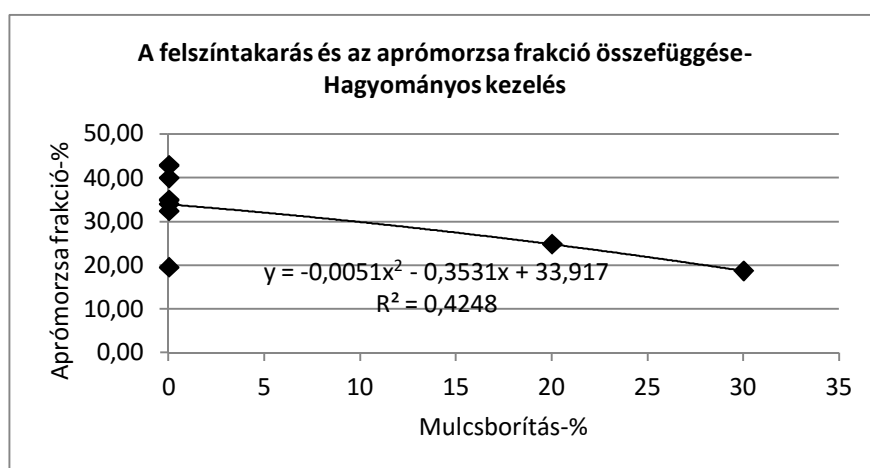
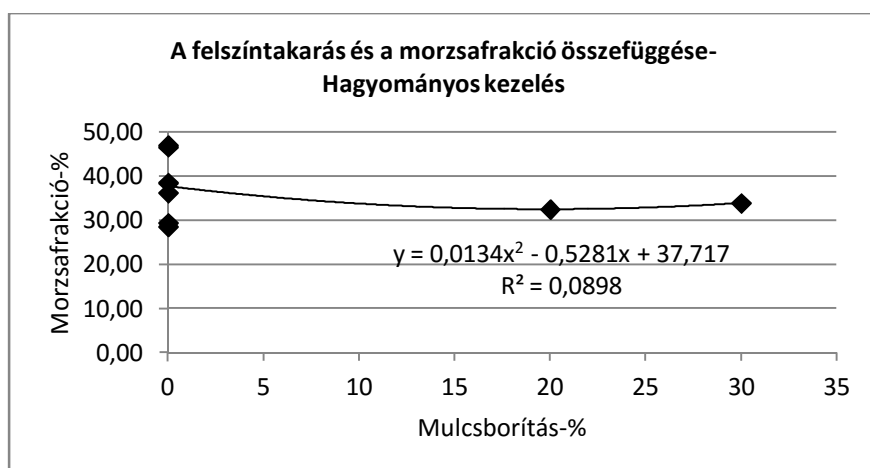
40/a. melléklet. Regressziós diagramok a mulcs kezeléshez (peresznyei talajművelési kísérlet 2007-2009)





40/b. melléklet. Regressziós diagramok a hagyományos kezeléshez (peresznyei talajművelési kísérlet 2007-2009)





41/a. melléklet. A rögrakció átlagadatok a sarudi talajművelési kísérletben (sötéttel kiemelve a nagyobb értékek)

| Kezelés | 2007.09 | 2008.04 | 2008.06 | 2008.07 | 2008.09 | 2008.11 | 2009.04 | 2009.06 | 2009.08 |
|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Mulcs | .22 | .15 | .20 | .20 | .12 | .05 | .11 | .21 | .06 |
| Hagyományos | 37,7 | 28,8 | 27,5 | 27,0 | 34,8 | 29,6 | 27,7 | 27,4 | 23,6 |
| | 48,7 | 31,1 | 29,8 | 29,0 | 35,6 | 33,7 | 25,8 | 11,1 | 11,7 |

41/b. melléklet. A sarudi talajművelési kísérletben mért rögrakció átlagértékek varianciaanalízise

Egytényezős varianciaanalízis

ÖSSZESÍTÉS

| <i>Csoportok</i> | <i>Darabszám</i> | <i>Összeg</i> | <i>Átlag</i> | <i>Variancia</i> |
|------------------|------------------|---------------|--------------|------------------|
| Mulcs | 9 | 263,962494 | 29,3291660 | 18,5391184 |
| Hagyományos | 9 | 256,527089 | 28,5030099 | 135,825794 |

VARIANCIAANALÍZIS

| <i>Tényezők</i> | <i>SS</i> | <i>df</i> | <i>MS</i> | <i>F</i> | <i>p-érték</i> | <i>F krit.</i> |
|------------------|------------|-----------|------------|------------|----------------|----------------|
| Csoportok között | 3,07140262 | 4 | 3,07140262 | 0,03979405 | 0,84439693 | 4,49399841 |
| Csoporton belül | 1234,91930 | 16 | 77,1824564 | 1 | 5 | 8 |
| Összesen | 1237,99070 | 17 | | | | |

42/a. melléklet. A morzsafrakció átlagadatok a sarudi talajművelési kísérletben (sötétrel kiemelve a nagyobb értékek)

| Kezelés | 2007.09 | 2008.04 | 2008.06 | 2008.07 | 2008.09 | 2008.11 | 2009.04 | 2009.06 | 2009.08 |
|--------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Mulcs | .22 | .15 | .20 | .20 | .12 | .05 | .11 | .21 | .06 |
| Hagyományos | 25,2 | 33,4 | 32,7 | 32,5 | 33,0 | 33,1 | 34,3 | 29,3 | 29,3 |
| | 26,7 | 29,9 | 29,5 | 29,6 | 28,6 | 30,5 | 23,1 | 28,1 | 23,5 |

42/b. melléklet. A sarudi talajművelési kísérletben mért morzsafrakció átlagértékek varianciaanalízise

Egytényezős varianciaanalízis

ÖSSZESÍTÉS

| <i>Csoportok</i> | <i>Darabszám</i> | <i>Összeg</i> | <i>Átlag</i> | <i>Variancia</i> |
|------------------|------------------|---------------|--------------|------------------|
| Mulcs | 9,00000 | 282,73765 | 31,41529 | 8,45353 |
| Hagyományos | 9,00000 | 249,52969 | 27,72552 | 7,51673 |

VARIANCIAANALÍZIS

| <i>Tényezők</i> | <i>SS</i> | <i>df</i> | <i>MS</i> | <i>F</i> | <i>p-érték</i> | <i>F krit.</i> |
|------------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------------|----------------|
| Csoportok között | 61,26492 | 1,00000 | 61,26492 | 7,67238 | 0,01366 | 4,49400 |
| Csoporton belül | 127,76204 | 16,00000 | 7,98513 | | | |
| Összesen | 189,02696 | 17,00000 | | | | |

43/a. melléklet. Az aprómorzsa frakció átlagadatok a sarudi talajművelési kísérletben (sötéttel kiemelve a nagyobb értékek)

| Kezelés | 2007.09 | 2008.04 | 2008.06 | 2008.07 | 2008.09 | 2008.11 | 2009.04 | 2009.06 | 2009.08 |
|--------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | .22 | .15 | .20 | .20 | .12 | .05 | .11 | .21 | .06 |
| Mulcs | 35,9 | 35,1 | 37,0 | 38,1 | 29,7 | 34,4 | 34,8 | 40,2 | 43,3 |
| Hagyomá- nyos | 25,6 | 35,5 | 37,5 | 37,3 | 31,7 | 33,0 | 48,6 | 57,1 | 59,2 |

43/b. melléklet. A sarudi talajművelési kísérletben mért aprómorzsa frakció átlagértékek varianciaanalízise

Egytényezős varianciaanalízis

ÖSSZESÍTÉS

| Csoportok | Darabszám | Összeg | Átlag | Variancia |
|-------------|-----------|-----------|----------|-----------|
| Mulcs | 9,00000 | 328,41559 | 36,49062 | 14,82719 |
| Hagyományos | 9,00000 | 365,37449 | 40,59717 | 136,52664 |

VARIANCIANALÍZIS

| Tényezők | SS | df | MS | F | p-érték | F krit. |
|------------------|------------|----------|----------|---------|---------|---------|
| Csoportok között | 75,88670 | 1,00000 | 75,88670 | 1,00277 | 0,33155 | 4,49400 |
| Csoporton belül | 1210,83069 | 16,00000 | 75,67692 | | | |
| Összesen | 1286,71738 | 17,00000 | | | | |

44/a. melléklet. A porfrakció átlagadatok a sarudi talajművelési kísérletben (sötéttel kiemelve a nagyobb értékek)

| Kezelés | 2007.09 | 2008.04 | 2008.06 | 2008.07 | 2008.09 | 2008.11 | 2009.04 | 2009.06 | 2009.08 |
|--------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | .22 | .15 | .20 | .20 | .12 | .05 | .11 | .21 | .06 |
| Mulcs | 1,2 | 2,8 | 2,8 | 2,5 | 2,5 | 2,8 | 3,3 | 3,2 | 3,9 |
| Hagyomá- nyos | 1,1 | 3,6 | 3,1 | 4,1 | 4,0 | 2,8 | 2,5 | 3,7 | 5,6 |

44/b. melléklet. A sarudi talajművelési kísérletben mért porfrakció átlagértékek varianciaanalízise

Egytényezős varianciaanalízis

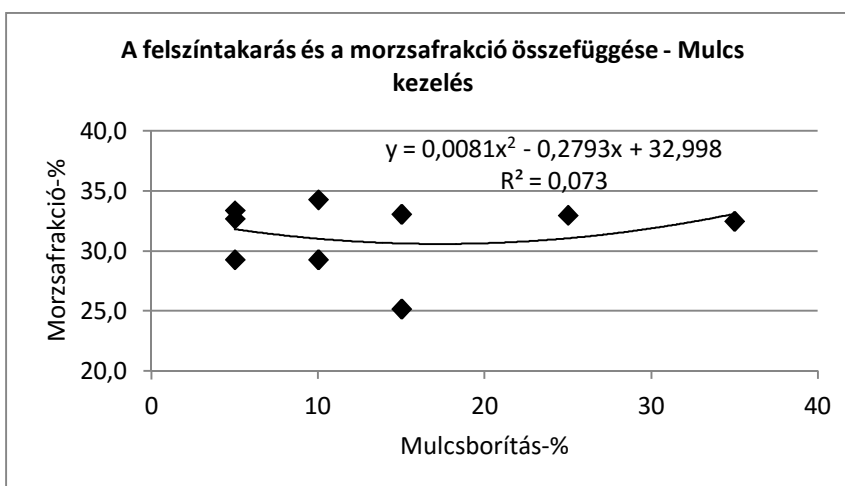
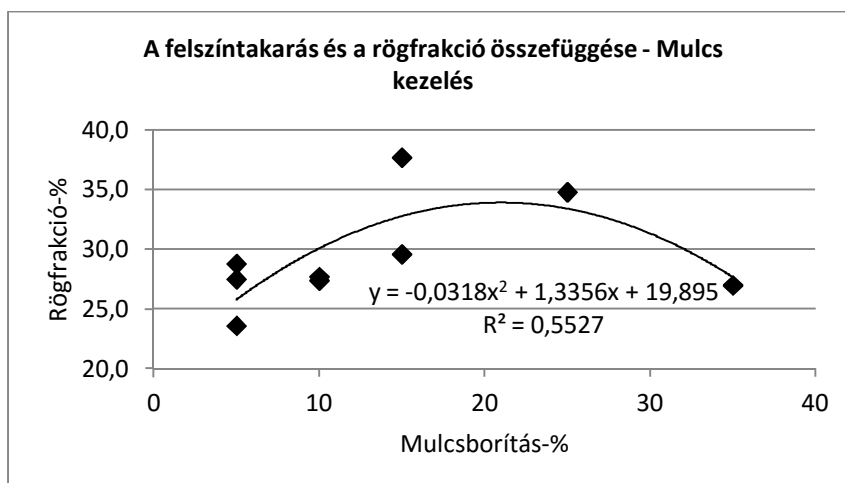
ÖSSZESÍTÉS

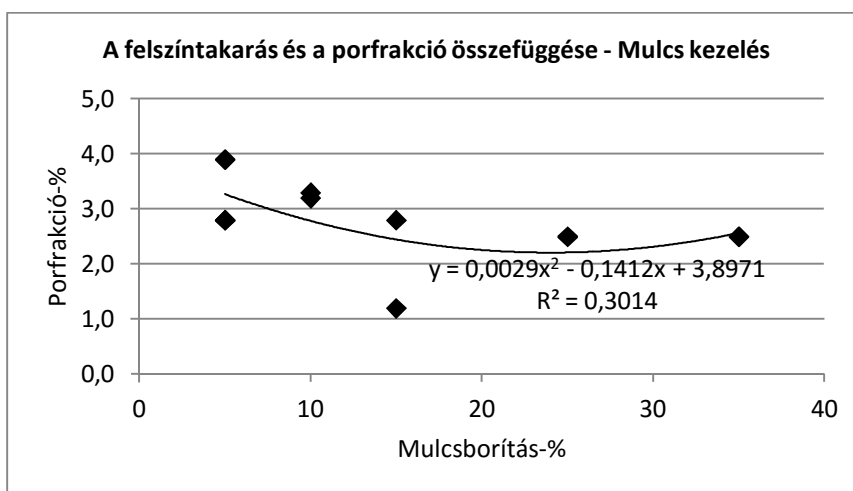
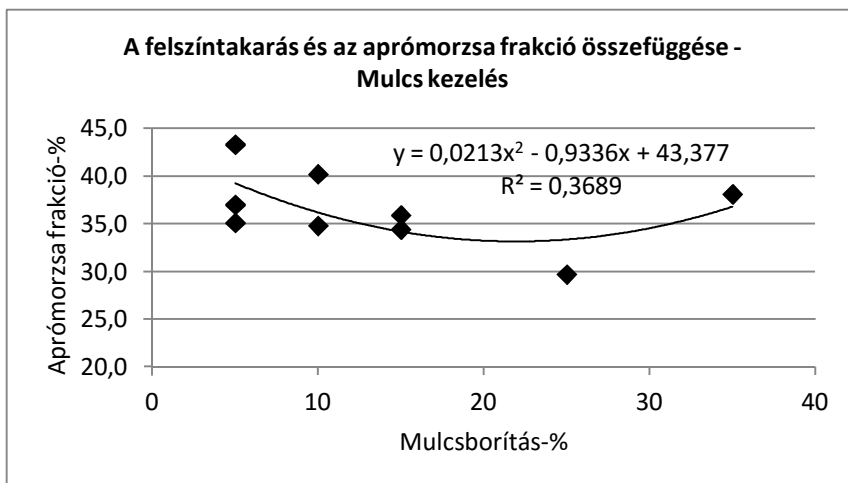
| Csoportok | Darabszám | Összeg | Átlag | Variancia |
|-------------|-----------|----------|---------|-----------|
| Mulcs | 9,00000 | 24,88427 | 2,76492 | 0,50849 |
| Hagyományos | 9,00000 | 30,56873 | 3,39653 | 1,55139 |

VARIANCIAANALÍZIS

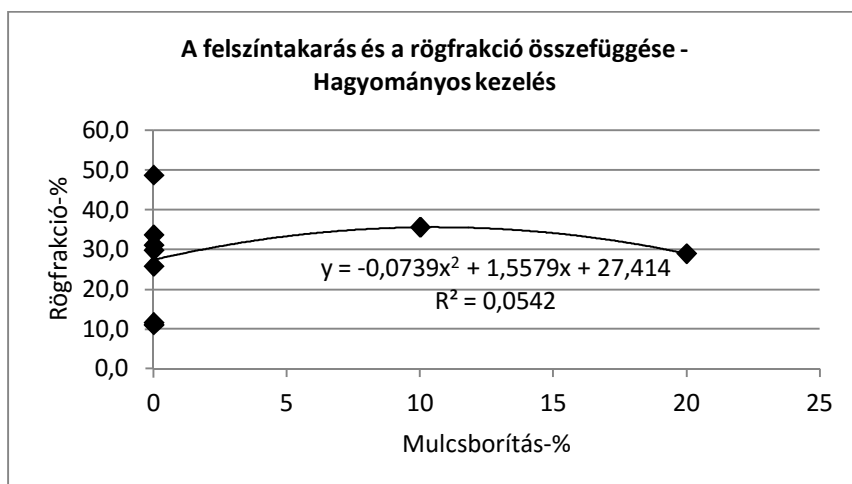
| Tényezők | SS | df | MS | F | p-érték | F krit. |
|------------------|----------|----------|---------|---------|---------|---------|
| Csoportok között | 1,79517 | 1,00000 | 1,79517 | 1,74298 | 0,20534 | 4,49400 |
| Csoporton belül | 16,47910 | 16,00000 | 1,02994 | | | |
| Összesen | 18,27427 | 17,00000 | | | | |

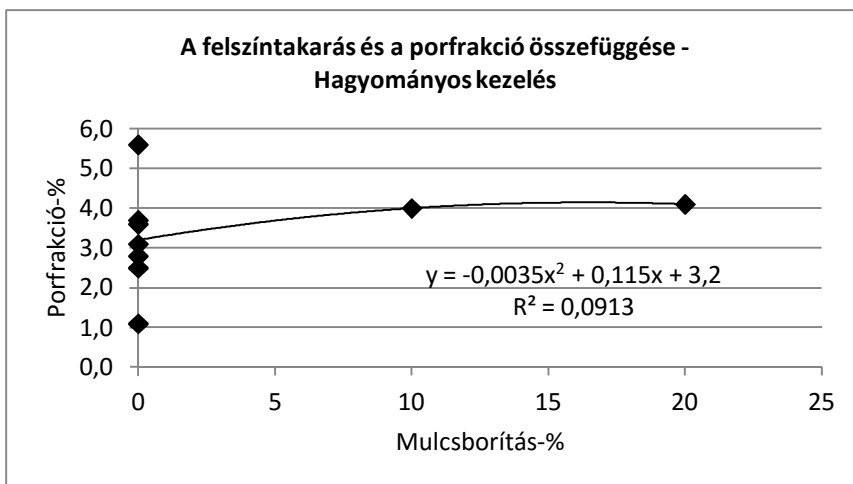
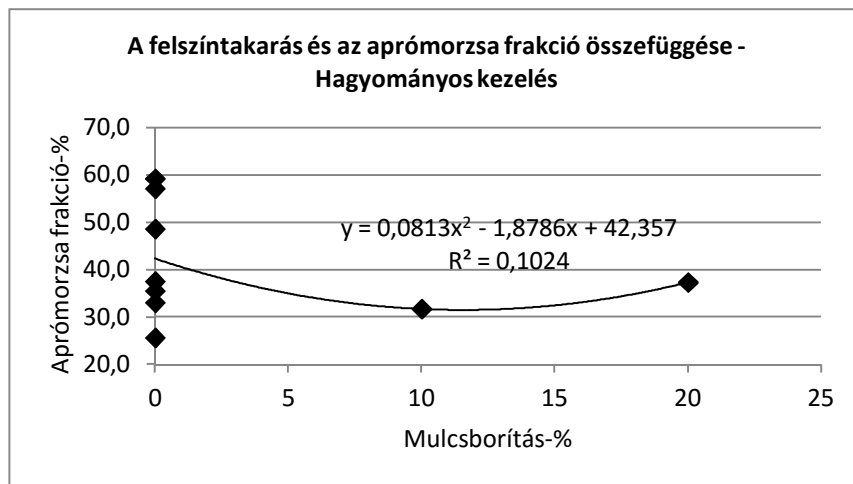
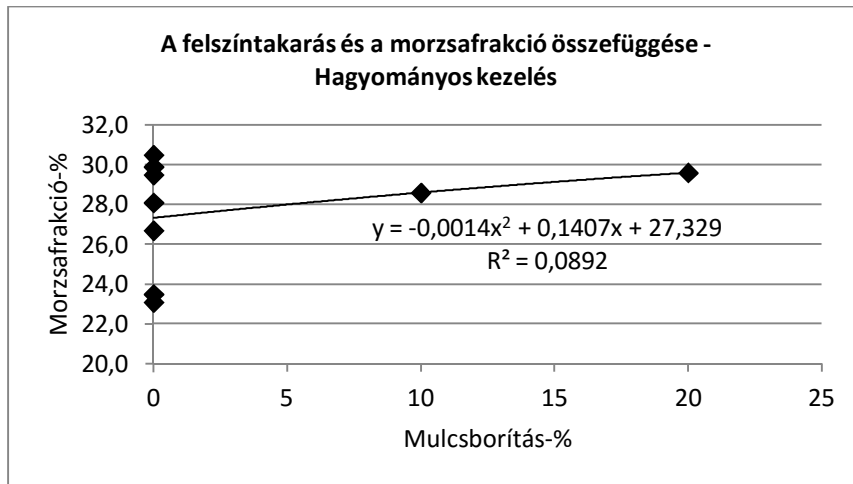
45/a. melléklet. Regressziós diagramok a mulcs kezeléshez (sarudi talajművelési kísérlet)





45/b. melléklet. Regressziós diagramok a hagyományos kezeléshez (sarudi talajművelési kísérlet)





M3. Fényképfelvételek



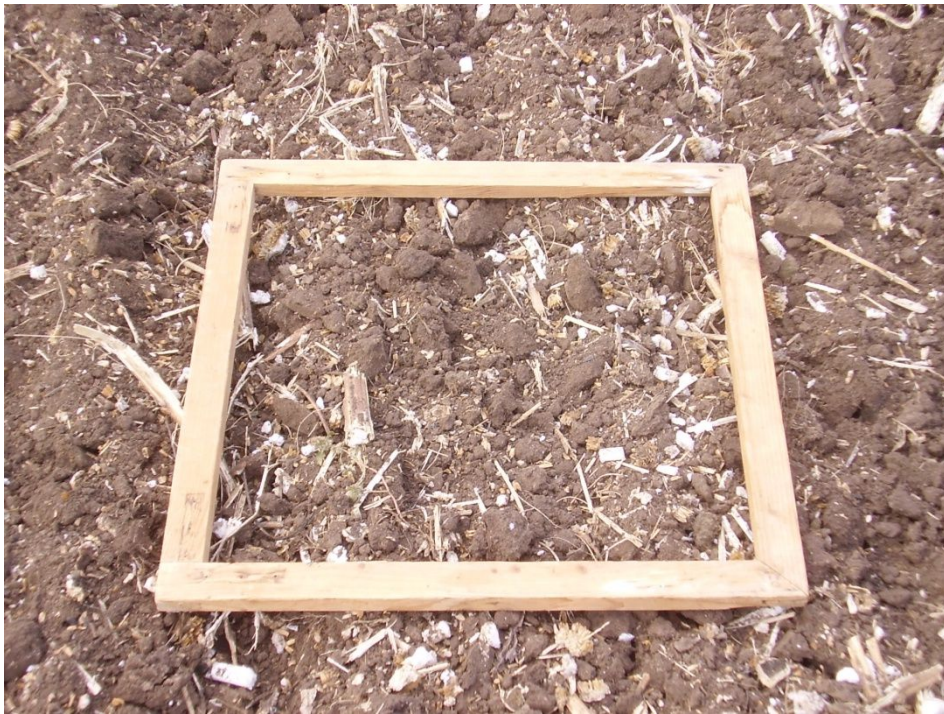
1. kép. A Szent István Egyetem GAK Kht. Józsefmajori Kísérleti- és Tangazdaság légi felvételén



2. kép. A peresznyei kísérleti tér



3. kép. A sarudi kísérleti tér



4. kép. A felszíntakarás aránya az SK kezelésben, alapművelés után (józsefmajori talajművelési tartamkísérlet, 2008)



5. kép. A felszíntakarás jellemző aránya az SZ (balra) és az MK (jobbra) kezelésekben (józsefmajori talajművelési tartamkísérlet, 2008)



6. kép. Földigiliszta a peresznyei talajművelési kísérlet mulcs kezelésében, 2008



7. kép. A felszintakarás alacsony aránya a peresznyei talajművelési kísérlet mulcs kezelésében, 2008. szeptember



8. kép. A felszintakarás egyenlőtlensége a sarudi talajművelési kísérlet mulcs kezelésében, 2007



9. kép. Száraz talajon végzett középnyél lazítás rögzössége a sarudi talajművelési kísérlet mulcs kezelésében, 2007 őszén



10. kép. Szántóföldi kultivátorral végzett tarlóhántás a sarudi talajművelési kísérlet mulcs kezelésében, 2007.07.21-én

9. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönetemet fejezem ki

- **Dr. Birkás Márta** témavezetőmnek, aki munkám során mindvégig támogatott és szakmai tanácsaival látott el,
- a **SZIE Növénytermesztési Intézetnek, kollégáknak,**
- a **SZIE Növénytudományi Doktori Iskolának,**
- **Opponenseimnek,** akik tanácsaikkal hozzájárultak a dolgozat színvonalasabbá tételéhez,
- a **Szent István Egyetem Józsefmajori Kísérleti és Tangazdaság dolgozóinak,** akik biztosították a józsefmajori talajművelési tartamkísérlet színvonalas kivitelezésének lehetőségét,
- **Schrott István és Schrott Gergely termelőknak,** akik biztosították a peresznyei talajművelési tartamkísérlet színvonalas kivitelezésének lehetőségét,
- a **Multiton Bt. vezetőségének,** akik biztosították a sarudi talajművelési tartamkísérlet színvonalas kivitelezésének lehetőségét,
- **Feleségemnek és családomnak.**