



**SZENT ISTVÁN EGYETEM**

**Doktori (PhD) értekezés tézisei**

**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

## 1. A MUNKA ELŐZMÉNYEI, A KITŰZÖTT CÉLOK

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 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 felszíntakarás, 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 felszíntakarás talajállapotra, termésre és termés stabilitásra, valamint ökonómiai viszonyokra gyakorolt hatásainak feltárására irányulnak, célkitűzései a következőkben fogalmazhatók meg:

- 1) A mulcs-hagyó, felszíntakarásos művelési rendszerek kedvező hatásának bizonyítása főbb talajállapot jellemzők – nedvességtartalom, penetrációs ellenállás, agronómiai szerkezet, CO<sub>2</sub>-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 felszíntakarás jótékony hatásának bizonyítása – tarlómaradvány borítottság, a művelésre fordított üzemanyag-felhasználás és a termés alapján – a klímaszélsőségekhez való alkalmazkodásban, hazai körülmények között.

## 2. ANYAG ÉS MÓDSZER

### 2.1. A kutatómunka körülményei

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

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

A Szent István Egyetem GAK Kht. Józsefmajori Kísérleti és Tangazdasága az észak-alföldi hordalékkúp-síkság és Cserhát-vidék határán helyezkedik el. A domborzati viszonyok változatosak, az erózió tetten érhető jelenség. A tengerszint feletti magasság 128 és 350 m közötti, enyhén DK-nek lejtő dombság.

Az évi középhőmérséklet 9,5-10 °C. A területre a sokévi átlag alatti csapadékmennyiség jellemző. Éves csapadékmennyiség 580 mm, amiből 323 mm hullik a vegetációs időszakban.

A kísérleti terület talajtípusa mészlepedékes csernozjom, vályog fizikai féleséggel. Kémhatása kissé savanyú. A 0-40 cm réteg szervesanyag-tartalma átlagosan 2,83%.

A józsefmajori talajművelési kísérlet 2002 őszén került elindításra, Dr. Birkás Márta vezetésével. A józsefmajori talajművelési tartamkísérlet kezeléseit négy ismétlésben, sávos véletlen elrendezésben kerültek beállításra. Az egyes talajművelési kezelések parcellaméretei 13x158 méter.

Az alábbi kezeléseket alkalmaztuk:

1. alpművelés 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).

### **2.1.2. A peresznyei 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 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 a 2007-2009 közötti időtartamot átfogóan, táblafelezéses módszerrel került kialakításra. A kezeléseket hagyományos jellegű, forgatásra épülő és forgatás nélküli, mulcshagyó művelési variánsok alkották. Minden egyéb agrotechnikai és növényvédelmi eljárás kivitelezése azonos módon történt a kísérlet teljes területén.

### **2.1.3. 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.  $47^{\circ} 35' 42''$ , K. h.  $20^{\circ} 35' 24''$ . 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 kísérleti teret képező tábla sík fekvésű, kötött, szikesedést mutató réti talajjal. 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. Minden egyéb agrotechnikai és növényvédelmi eljárás végrehajtása azonos módon történt a kísérlet teljes területén.

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

## 2.2. A vizsgálat módszerei a talajművelési tartamkísérletekben

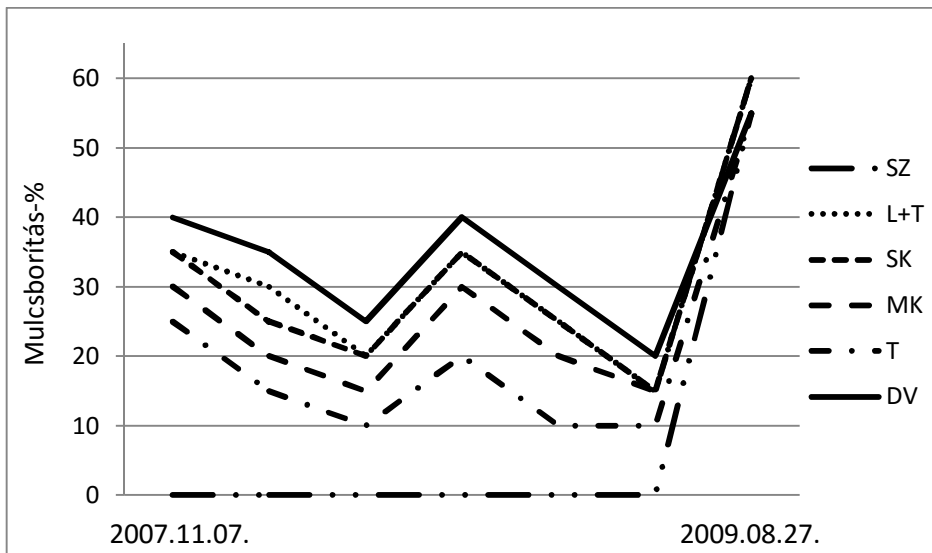
- A talajnedvesség vizsgálat: PT-I nedvességmérő műszerrel (Kapacitív Kkt., Budapest) végeztem, a talaj 50 cm mélységéig, 10 cm léptékben, öt ismétlésben.
- A talajellenállás vizsgálat: a Mobitech Bt. által gyártott Szarvasi rugós erőmérővel (Daróczi és Lelkes, 1999; Daróczi, 2005) végeztem, 50 cm mélységig, 10 cm léptékben végeztem, öt ismétlésben.
- A CO<sub>2</sub>-emisszió vizsgálat: zárt (0,00385m<sup>3</sup> térfogatú) mérőedényes módszert alkalmaztam, a CO<sub>2</sub>-koncentráció változását Testo 535 típusú infravörös CO<sub>2</sub>-gázanalizátor segítségével mértem, fél órás időközönként, öt ismétlésben.
- Az agronómiai szerkezetvizsgálat: a vizsgálatához a talajminta vétel a talaj felső 15 cm rétegéből történt, kezelésként 3 ismétlésben. 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 tarlómaradvány borítottság vizsgálatok: a borítottság megállapításához 0,25 m<sup>2</sup> mérőkeretet és standard fotósorozatot (Birkás nyomán) használtam. A felszíntakarást (mulcs) százalékos formában fejeztem ki.
- A termés és egyéb ökonómiai mutatók vizsgálata: a talajművelésre fordított üzemanyag mennyiségét és a terméseket hasonlítottam össze.
- A statisztikai elemzés módja: 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.



### 3. EREDMÉNYEK

#### 3.1. A felszíntakarás változása a kezelésekben, a vizsgálati időszakban

A szántás művelési variáns kivételével minden kezelésben folyamatos, változó mértékű mulcsborítás jellemző. Az 1. ábra a felszíntakarás mértékének változását mutatja a józsefmajori talajművelési tartamkísérlet kezeléseiben a teljes vizsgálati időszakban. Az 1. ábra szerint a bolygatás mélysége, intenzitása szoros összefüggést mutat a felszíntakarás változásával.



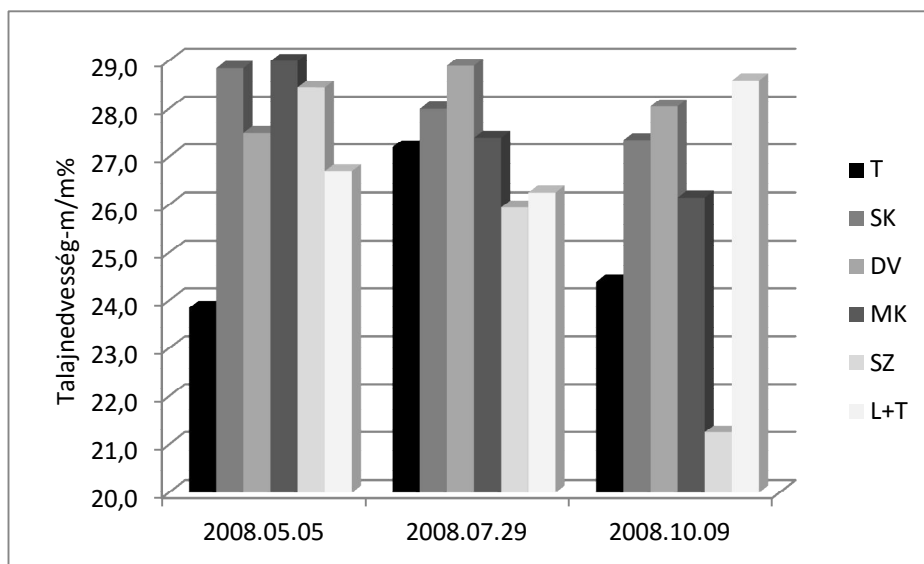
1. ábra. A felszíntakarás változása a kezelésekben a teljes vizsgálati időtartam alatt (Józsefmajor)

#### 3.2. A 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 2. ábra a józsefmajori talajművelési tartamkísérlet 2008. évben regisztrált 0-10 cm vizsgálati rétegre vonatkozó talajnedvességi adatait mutatja be. 2008 tavaszi és a nyári időszak adatait tekintve az a feltevés, hogy a felszíntakarás segíti a talajnedvesség megőrzését, megalapozottnak látszik. Az őszi alapművelések utáni talajnedvesség vizsgálat azt bizonyítja, hogy a mulchhagyó művelések alkalmazása csökkenti a nedvességvesztéséget.



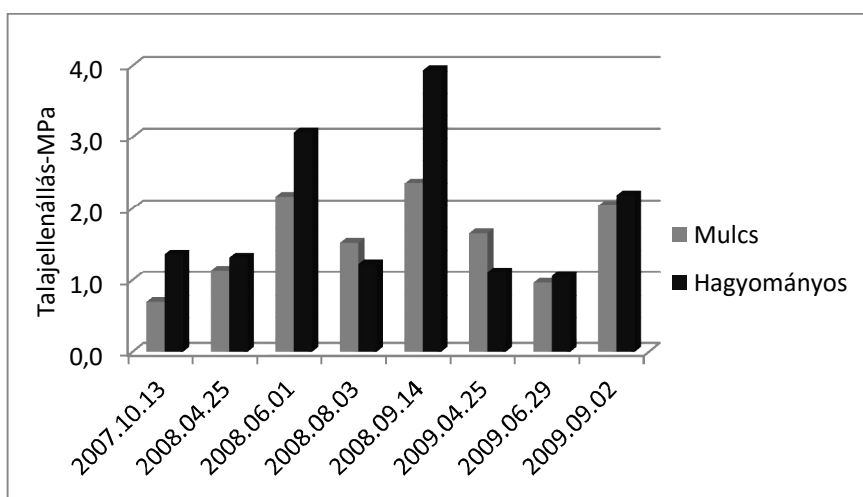
2. ábra. A 0-10 cm talajréteg nedvesség adatai a józsefmajori talajművelési tartamkísérlet 2008. évi vizsgálati időpontjaiban

A felszíntakarás mértékének és a talajnedvesség változásának kapcsolatát regresszió vizsgálatokkal értékeltem, amelyek egyik kísérleti helyszínen és egyik kezelésben sem mutattak ki szoros összefüggést a két tulajdonság

változása között. Vagyis a kezelésekben kialakult talajnedvességi adatokra csekély befolyással bírt a jellemző 5-35% mulcsborítás.

### 3.3. A 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 elemzem.



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

A 3. ábra a peresznyei talajművelési tartamkísérlet kezeléseinek 10-20 cm talajrétegeiben 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

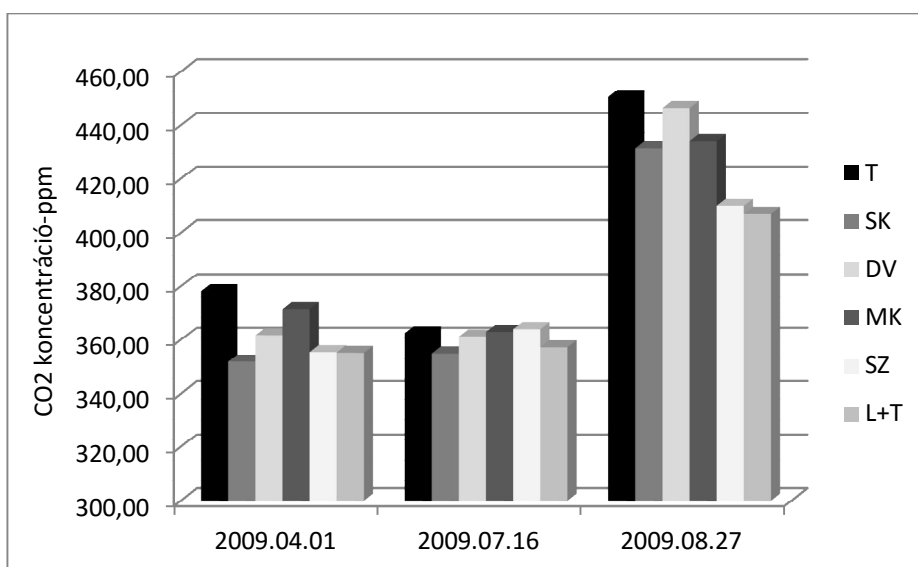
alig haladták meg a 2,0 MPa szintet. A tömörödés szempontjából tehát a mulcs kezelés értékelhető kevésbé kockázatosnak. A hagyományos művelésű változat 10-20 cm talajrétegének nagyobb tömörségi értékei valószínűsíthetően a több menetes elmunkálási és magágykészítési munkák káros hatásainak, emellett a takaratlan talaj nagyobb mértékű vízvesztésének következményei.

A regresszió vizsgálatok nem mutattak ki szoros összefüggést a kezelésekben kialakult felszintakarás mértéke és a penetrációs ellenállási adatok között, egyik kísérleti helyszínen sem. Ez alapján a talaj lazultságát a mulcsborítás mértéke kevésbé befolyásolta, mint a bolygatás jellege, a művelés óta eltelt idő és az időjárási hatások. Az eredmények szerint a mulcshagyó művelésű kezelésekben kialakult 5-35% felszínborítottság nem elegendő a talaj lazultságának hosszú távú fenntartásához.

### **3.4. A talaj szén-dioxid kibocsátás vizsgálatának 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 CO<sub>2</sub>-kibocsátási dinamikáját illetően.

A 4. ábra szerint a józsefmajori talajművelési tartamkísérlet kezeléseiben, 2009 tavaszán – őszi búza bokrosodás kezdetén – nem mutatkozott magas szintű CO<sub>2</sub>-kibocsátás. 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 CO<sub>2</sub>-kibocsátást tapasztaltam a nyári időpontban, a tarlóhántást követő (hőség)napon. A kezelésekben mért koncentráció adatok alig haladták meg a légköri 349 ppm koncentrációt.



4. ábra. A CO<sub>2</sub>-emissziós értékek a józsefmajori talajművelési tartamkísérlet kezeléseiben (2009)

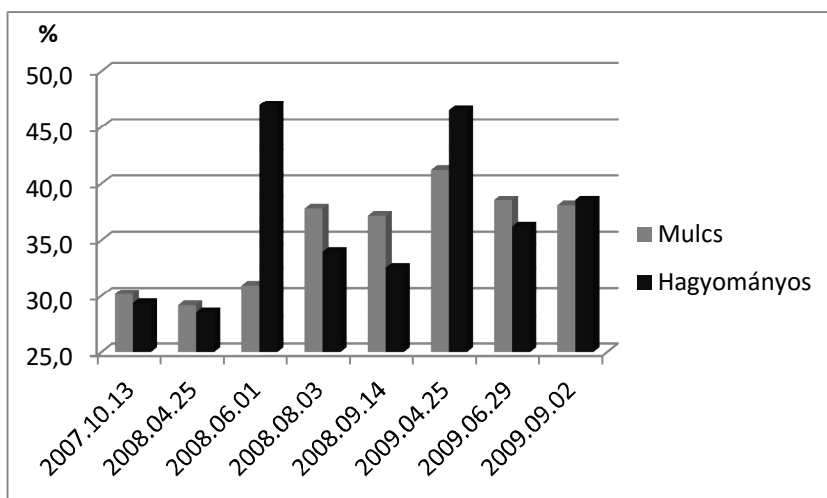
A 2009 nyár végi – beéredett hántott tarlón – mérési időpontban már lényegesen nagyobb CO<sub>2</sub>-emissziós értékeket mértem. A legmagasabb szintű kibocsátás a T, a DV és a kultivátoros kezeléseknél volt. Az SZ és az L+T kezeléseknél mért értékek alacsonyabbak, de a talaj szén-dioxid légzése még e kezeléseknél is intenzívnek tekinthető. Elmondható tehát, hogy a hántott tarló beéredése, a talajélet felpezsdülése megnövelte a CO<sub>2</sub>-kibocsátás szintjét. A CO<sub>2</sub>-kibocsátás dinamikáját illetően megmutatkozott, hogy a biológiai tevékenységek élénkülésével – mineralizációs, humifikációs folyamatok – növekszik a szén-dioxid emisszió is.

A felszintakarás és a szén-dioxid kibocsátás kapcsolatának elemzésére regresszió vizsgálatokat végeztem, amelyek egyik kísérleti helyszínen és egyik kezelésben sem mutattak ki összefüggést a felszintakarás és a talaj szén-dioxid légzése között. A kísérleteimben jellemző 10-35% felszintakarásnál jobban befolyásolta a talaj szén-dioxid emisszióját a bolygatás jellege, mélysége, a művelés óta eltelt időtartam, a talaj

nedvességállapota és vélhetően a külső hőmérséklet. A talaj CO<sub>2</sub>-légzését nagy valószínűséggel erősen befolyásolja a talajba dolgozott növényi maradványok mennyisége és minősége.

### 3.5. Az agronómiai szerkezet vizsgálatok eredményei

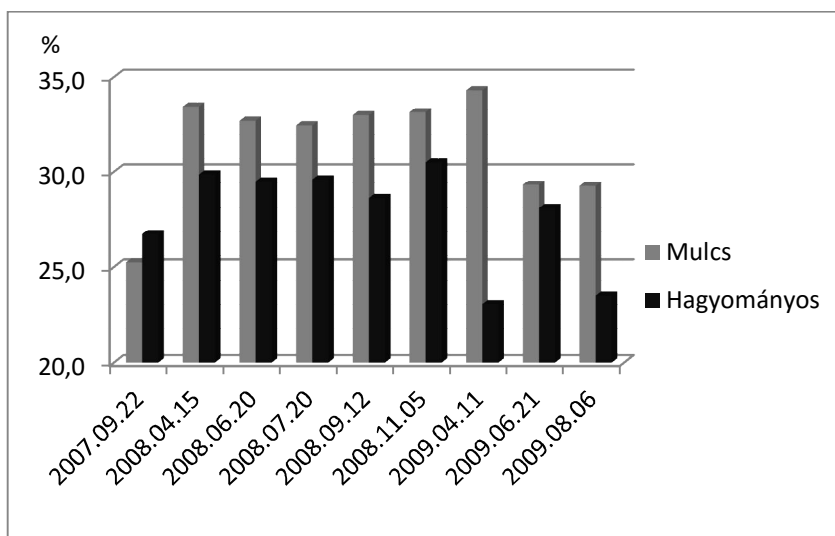
Az agronómiai szerkezet vizsgálatával az egyes talajművelési változatok talajszerkezetre gyakorolt hatása tisztázható.



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

Az 5. ábra a morzsafrakció átlagértékeinek változását szemlélteti a peresznyei talajművelési tartamkísérlet kezeléseiben. Elmondható, hogy a nyolcból öt alkalommal a mulcsműveléses kezelés mutatott nagyobb morzsátságot. A mérési időpontok nagy részében 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 kezelésekből a morzsátság, ami a kímélő művelés következménye.

A 6. ábra a morzsafrakció átlagértékeinek változását szemlélteti a sarudi talajművelési tartamkísérlet kezeléseiben. Látható, hogy a kilenc mintavételi időpontból nyolc esetben a mulcs változatban mutatkozott nagyobb morzsáság. A kezelések morzsafrakció arányai tekintetében a különbségek jelentősek voltak, amelyet 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 morzsáságra.



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

A felszintakarás mértéke és az agronómiai szerkezet változása közötti összefüggés elbírálására regresszió vizsgálatot alkalmaztam. Az eredmények szerint egyik kísérleti helyszín egyik kezelésében sem mutatkozott szoros összefüggés a mulcsborítás és az adott méret kategória aránya között. Tehát a kísérleteimben mulcshagyó művelésű kezeléseiben kialakult 5-35%

felszintakarás nem befolyásolta erősen az egyes művelési változatok agronómiai szerkezetét. 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.

### **3.6. Az üzemanyag-felhasználási és a termés vizsgálatok eredményei**

Annak érdekében, hogy elbírálható legyen a mulcshagyó és a hagyományos talajművelési rendszerek gyakorlati alkalmazhatósága, összehasonlítottam a két művelési változatban tapasztalt üzemanyag-felhasználási és termés adatokat.

A mulcshagyó talajművelési rendszer mind a peresznyei, mind a sarudi kísérleti helyszínen és valamennyi termesztett növény esetében takarékosabbnak bizonyult. Terméscsökkenéssel nem járt a forgatás elhagyása, sőt, szerény termés többlet is mutatkozott a mulcsművelésű kezelésekben. A gazdaságossága alapján a mulcshagyó művelés rendszeres gyakorlati felhasználásra alkalmasnak minősült.

### **3.7. Új tudományos eredmények**

*„A felszintakarás 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 közép kötött 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% felszín takarás 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% felszintakarás kimutatható módon nem befolyásolja a talaj CO<sub>2</sub>-légzését. Vagyis a takarás arányánál nagyobb hatása van a talaj CO<sub>2</sub>-légzésére a bolygatás jellege, a talajba dolgozott növényi maradványok mennyisége és minősége.

6. Bizonyítottam, hogy mulcshagyó műveléssel középötött 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 megővésére.

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.

## 4. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

### 4.1. 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 felszintakarás mértékét leginkább a bolygatás jellege, intenzitása határozza meg. Az eredmények szerint a mély bolygatás – különösen, ha intenzív keverő eljárás – nagymértékben csökkenti a mulcsborítást. Ezzel szemben a keverő munkával nem járó mélyítő jellegű eljárások – kísérleteimben a közép mély lazítás (L+T) – kevésbé csökkenti a takarást. A mulcsborítást leginkább a hagyományos tárcsás művelés csökkenti, amely az intenzív keverő munkájának következménye.

- 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 talajnedvesség vizsgálatok egyértelmű kapcsolatot igazolnak a bolygatás jellege és a talajnedvesség vesztesége között. A talajkímélőnek minősített kultivátoros (SK, MK) és közép mély 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 alpművelések 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 peresznyei talajművelési kísérletben elvégzett talajnedvesség vizsgálatok bizonyítják, hogy a gondossággal végzett, kíméletes és csak a szükséges mennyiségűre korlátozódó művelés csökkenti a nedvesség veszteséget.

- A sarudi talajművelési tartamkísérletben egyértelműen a mulcshagyó művelés bizonyult nedvesség kímélőbbnek. Ez leginkább az aszályosnak tekinthető 2009. év nyári időszakában nyilvánult meg. 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 felszintakarás együttesen kedvezőbb talajnedvesség forgalmat eredményezett a mulcsműveléses változatban.

- Valamennyi kísérleti helyszínen megmutatkozott, hogy a mulcsműveléses változatokban jellemző 5-35% felszintakarás 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 talajjellenállás vizsgálatok szerint a tárcsával művelt (T) talaj gyakorta bizonyult tömörödöttnek. A tárcsázás során kialakuló művelőtalp rendszerint kimutatható volt a 10-20 cm talajrétegben. Hasonló kockázatot jelent a forgatásos művelés (SZ) során kialakuló eketalp, amelyet a 30-40 cm

talajréteg lazultság-vizsgálatai rendszerint ki is mutattak. A tárcsás (T) és szántásos (SZ) művelések gyors ülepedési hajlama további kockázatot jelentett a talaj lazultságának csökkenése szempontjából.

- A mulcshagyó kultivátoros (SK, MK) és középmezly 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 tartamkísérletben a penetrációs ellenállás vizsgálatok eredményei alapján a mulcsműveléses változat értékelhető kevésbé kockázatosabbnak.

- A sarudi talajművelési tartamkísérletben mindkét művelési változat kockázatosnak minősült 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 regresszió vizsgálatok eredményei alapján mindhárom kísérletben megmutatkozott, hogy a mulcshagyó művelési változatokban kialakult 5-35% felszintakarás csak közvetett módon hat a talaj lazultságára.

- Tapasztaltam a bekevert növényi maradványok talajélet felpezsdítő hatását. A mulcsműveléssel talajba dolgozott szervesanyag csökkentette az ülepedést, amely jelenséget főként a józsefmajori talajművelési tartamkísérletben észleltem. A peresznyei és a sarudi talajművelési tartamkísérletekben a mulcshagyó művelések e kedvező hatása kevésbé volt

érzékkelhető, 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 mérési adatok alapján összefüggés mutatkozik a talajba dolgozott növényi maradványok lebomlási, átalakulási folyamatai és a talaj CO<sub>2</sub>-légzése között. Valamennyi kezelésben akkor élénkült meg a CO<sub>2</sub>-kibocsátás, amikor a bekevert szervesanyag feltáródása intenzíven folyt.

- A peresznyei talajművelési tartamkísérletben a CO<sub>2</sub>-emissziós vizsgálatok eredményei egyértelműen bizonyítják, hogy a talajkímélő bolygatás mérsékli szén-dioxid kibocsátást.

- A sarudi talajművelési tartamkísérletben a talaj túlzott levegőzöttségét eredményező intenzív bolygatások megnövelték a CO<sub>2</sub>-kibocsátást.

- 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. 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 tartamkísérletben 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. Az adatokból arra következtettek, 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.

- A peresznyei talajművelési tartamkísérletben a kísérlet beállítását követően folyamatosan javult a kezelésekből a morzsásabb. A hagyományos művelési változatban az összes morzsa arány a legtöbb esetben 10-20%-kal elmaradt 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 sarudi talajművelési tartamkísérletben az őszi alpművelések után kiemelkedően nagy rögzőség volt tapasztalható. Morzsásabb tekintetében a különbségek jelentősek voltak. A mulcskezelésben még a kritikus időszakokban – alpművelések után és az aszályban – is kedvező, 30% vagy azt meghaladó morzsásabbat tapasztaltam. A kíméletes bolygatás és a szervesanyagok teljes művelési mélységben egyenletes történő bekeverése egyértelműen kedvező hatással volt a morzsásabbra.

- A felszintakarás és az agronómiai szerkezet-változás összefüggésének elbírálására alkalmazott regresszió vizsgálat nem mutatott ki szoros kapcsolatot a két tulajdonság között. A talajszerkezet változásait a kísérletekben jellemző 5-35% mulcstakarás kevésbé befolyásolta. 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.

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

- A peresznyei és a sarudi talajművelési tartamkísérletekben elvégzett üzemanyag-felhasználási és termés vizsgálatok alapján egyértelműen gazdaságosabbnak bizonyult a mulcshagyó művelési rendszerek alkalmazása.

- A mulcsművelés az üzemanyag megtakarítás ellenére egyik kísérleti helyszínen sem járt terméseszkökenéssel. Sőt, a mutatkozó szerény termésöbbllet 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 jözsefmajori és a peresznyei kísérletekben is alkalmazott síklapú tárcsa bizonyult legmegfelelőbbnek. Tarlöhántásra és –ápolásra a síktárcsa használata kíméletesebb bolygatással járt, mint a szántóföldi kultivátor alkalmazása a sarudi kísérletben. A hagyományos



(gömbfüveg lapú) tárcsa nem teljesíti a mulcshagyó művelés talajvédelmi elvárásait.

A mulcshagyó talajművelési rendszerben az alapművelés elvégzésére a szántóföldi kultivátor és a középmedy lazító bizonyult a legeredményesebbnek. Mélyebb munkavégzés esetén (30 cm alatt) kíméletesebb bolygatással járt a középmedy 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 középmedy 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 alapművelések 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.

## AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN ÍRT TUDOMÁNYOS PUBLIKÁCIÓK

### Idegen nyelvű lektorált tudományos közlemények:

1. **Bottlik, L.** – Csorba, Sz. – Gyuricza, C. – Kende, Z. – Birkás, M. 2014. Climate challenges and solutions in soil tillage. *Applied Ecology and Environmental Research* 12:(1) 13-23. (IF: 0.586)

2. Kalmár, T. – **Bottlik, L.** – Kisic, I. – Gyuricza, C. – Birkás, M. 2013. Soil protecting effect of the surface cover in extreme summer periods. *Plant, Soil and Environment*, 59. 9. 404-409. (IF 2012: 1,113)

3. Birkás M. – **Bottlik, L.** – Stingli, A. – Gyuricza, C. – Jolánkai, M. 2010. Effect of Soil Physical State on the Earthworms in Hungary. Hindawi Publishing Corporation, *Applied and Environmental Soil Science*. Vol. 2010, Article ID 830853, 7 pages, doi:10.1155/2010/830853

4. Birkás, M. – Kisic, I. – **Bottlik, L.** – Jolánkai, M. – Mesic, M. – Kalmár T. 2009. Subsoil compaction as a climate damage indicator. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 74: (2) 1-7.

5. Birkás, M. – Kalmár, T. – **Bottlik, L.** – Takács, T. 2007. Importance of soil quality in environment protection. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 71: (1) 21-26.

### Magyar nyelvű lektorált tudományos közlemények:

1. **Bottlik, L.** – Kalmár, T. – Csorba, Sz. – Szemők, A. – Birkás, M. 2012. Talajművelés új szemlélete – a precíziós növénytermesztés alapjai. „Fork to Farm” „Asztaltól a szántóföldig” Fenntartható mezőgazdaság Konferencia, Debrecen. 2012. szept. 6. *Acta Agraria Debreceniensis*. 49. 123-127.

2. Birkás, M. – **Bottlik, L.** – Csorba, Sz. – Mesic, M. 2010. Soil Quality Improving and Climate Stress Mitigating Tillage – The Hungarian Solutions. Hung. Agr. Res., 19: (3) 4-8.

3. Birkás, M. – Stingli, A. – Farkas, C. – **Bottlik, L.** 2009. Összefüggés a művelés eredetű tömörödés és a klímakárok között. Növénytermelés, 58: (3) 5-26.

4. Birkás, M. – Jolánkai, M. – Stingli, A. – **Bottlik, L.** 2007. Az alkalmazkodó művelés jelentősége a talaj- és klímavédelemben. „KLÍMA-21” Füzetek, 51: 34-47.

### **Egyéb tudományos művek**

#### **Tudományos könyvfejezet:**

1. Tóth, E. – Barcza, Z. – Birkás, M. – Gelybó, G. – Zsembeli, J. – **Bottlik, L.** – Davis, K., J. – Haszpra, L. – Kern, A. – Kljun, N. – Koós, S. – Kovács, G. – Stingli, A. – Farkas, C. 2011. Measurements and estimations of biosphere-atmosphere exchange of greenhouse gases - Arable lands. In: Atmospheric Greenhouse Gases: The Hungarian Perspective (Ed.: Haszpra, L.), pp. 157-197. Springer, Dordrecht - Heidelberg – London – New York. ISBN 978-90481-9949-5, e-ISBN 978-90-481-9950-1, DOI 10.1007/978-90-481-9950-1.

#### **Idegen nyelvű konferencia kiadványok:**

1. Birkás, M. – Kisic, I. – Jug, D. – **Bottlik, L.** – Pósa, B. 2012. Soil phenomena and soil tillage defects in the past two years – A scientific approach. 5<sup>th</sup> Internat. Scientific Conf., Agriculture in nature and environment protection, Vukovar, 4-6 June, 2012. Proceedings&Abstracts

(Eds. Stipesevic, B., Soric, R.), Glas Slavonije d.d.Osijek, pp.11-23. ISBN: 978-953-7858-01-8

2. **Bottlik, L.** – Stingli, A. – Birkás, M. – Percze, A. 2008. Soil quality improvement under extreme climatic conditions. 10<sup>th</sup> International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture Antalya, Turkey, 14.-17. October, 2008. Proc. Book, pp. 209-214.

### **Magyar nyelvű konferencia kiadványok:**

1. Birkás, M. – **Bottlik, L.** – Kisic, I. – Jug, D. – Mesic, M. 2010. Talajművelési feladatok a fenntartható szántóföldi növénytermesztésben (Soil tillage tasks in the sustainable crop production). „Termesztési tényezők a fenntartható növénytermesztésben” (szerk. Pepó P.), DE AGTC Debrecen, pp. 31-38. ISBN 978-963-9732-93-3.

2. Birkás, M. – Stingli, A. – **Bottlik, L.** 2008. A klímakár csökkentő talajművelés magyarországi lehetőségei. Vajdasági Magyar Tudományos Társaság „A Magyar Tudomány Napja Délvidéken” (plenáris előadás), Újvidék, 2008. nov. 8. Kiadvány (szerk. Szalma J.), Atlantis Kiadó, Novi Sad, pp. 14-23.