

Zárójelentés

az OTKA T049.049 kutatási témában

A projekt címe: **A talajminőség javítás és fenntartás talajhasználati alapjai**

A projekt címe angolul: Land use bases for soil quality improvement and maintenance

A pályázat kulcsszavai magyarul és angolul: talajhasználat, **talajminőség, fizikai talajkondíció, biológiai talajkondíció, klímahatás, vízforgalom javítás**

land use, soil quality, soil physical condition, soil biological condition, climatic impact, water supply improvement

Témavezető: **Dr. Birkás Márta**

A kutatás kezdete és befejezése: **2005.02.01.-2008.12.31.**

A kutatásban közreműködtek:

Dr. Schmidt Rezső Nyugat-Magyarországi Egyetem, MTK Földműveléstani Tanszék

Dr. Percze Attila SZIE MKK Növénytermesztési Intézet Földműveléstani Osztály

Ujj Apolka* (Dr.) SZIE MKK Növénytermesztési Intézet Földműveléstani Osztály

Stingli Attila*(Dr.) SZIE MKK Növénytermesztési Intézet Földműveléstani Osztály

Bencsik Katalin* SZIE MKK Növénytermesztési Intézet Földműveléstani Osztály

Mikó Péter** SZIE MKK Növénytermesztési Intézet Földműveléstani Osztály

Bottlik László** SZIE MKK Növénytermesztési Intézet Földműveléstani Osztály

* : a szerződéskötéskor PhD hallgatók, a futamidő alatt doktorált 2, védelem előtt áll 1 fő

** : szerződéskötéskor egyetemi hallgatók, Bottlik László 2007. szept. 1-től PhD hallgatóként működött közre a kutatásban

A kutatási program a pályázat és a szerződés alapján:

- A kísérletekkel kapcsolatos éves teendők: művelés, trágyázás, vetés, betakarítás, növényvédelem.
- Talajminőség monitoring különböző termőhelyeken, eltérő talajhasználatot folytató gazdaságokban
- A szokásos, az integrált, a modern intenzív és modern extenzív használat és a talajminőség jellemzők összefüggéseinek értékelése hosszabb időszak alatt.
- A műveléshatás elbírálása (évente) a talaj lazultságára, tömörödésére, szerkezetére, a gilisztaszámra, a szén-dioxid kibocsátásra és a szervesanyag tartalomra. A több évi műveléshatás összegzése.
- Műveléshatás elbírálása (évente) a talajnedvesség és vízforgalom alapján a különböző mélységig bolygatott rétegben, a bolygatott réteg alatt és különböző felszíni fedettség esetén. A tendenciák megvonása.
- A növények (fenológia, termés, gyökerezés) és a növényi sorrend hatásának bírálata összefüggésben a talaj bolygatottságával és a klimatikus hatásokkal. A növényhatások összegzése.
- A zöldtrágya-hatás egzakt kimutatása a talaj fizikai és biológiai kondíciójára.
- A növényvédelem hatékonysága eltérő talajhasználat esetén. Gyomborítottság (%), kártevő- és kórokozó fertőzöttség mérés és monitoring.
- Vizsgálati eredmények értékelése, publikálás, közzététel.

A felsorolt feladatok megvalósultak, a kutatási tervtől eltérés nem történt.

A kutatás háttere

Talajminőség klíma tartamkísérlet (GAK Kht. Józsefmajori Kísérleti és Tangazdasága, Hatvan)

A talaj csernozjom (*Calcic Chernozem*), félesége agyagos vályog.

Az évi átlag **csapadék** 580mm; a projekt éveiben: 2005: + 125 mm, 2006: + 104 mm; 2007: -33 mm, 2008: + 172 mm; eloszlása szélsőséges, száraz és nedves periódusok váltakoztak.

A művelési variánsok mindegyike talajkímélő: 1. szántás 26-32cm (S). 2. lazítás 40-45cm, *gyökérszóna javító* (L). 3. sekély mulcshagyó 12-16cm (SK). 4. kultivátoros 16-20cm, *mulcshagyó* (K). 5. tárcsás 16-20cm (T). 6. direktvetés (DV) (2006-ban réseléses lazítás). Az 1-5. kezelések összes menetszáma 3: tarlóművelés, alapművelés (az 1, 2, és 3. kezeléseknél elmunkálással), magágykészítés és vetés.

A termesztett – mulcsot hagyó áru-, takarmány-, védő- és talajkondíció javító – **növények**: Mustár: 2005. Őszi búza: 2005/2006. Facélia: 2006. Kukorica (siló): 2007. Napraforgó: 2008. Őszi búza: 2008/2009.

Trágyázás, növényvédelem: A talaj tápanyag-ellátottságához mérten kedvező NPK adag, kémiai védelem az integrált termesztés előírásai szerint.

Vizsgálatok (szabvány szerint): 1. **Talajállapot**: (lazultság, lazult réteg változásai, agronómiai szerkezet (a rög (>10mm), morzsa (2,5-10mm), kismorzsa (0,25-2,5mm), és a por (<0,25mm) aránya, a morzsásodás, nedvességtartalom- és forgalom, gilisztaszám, felszín takartság, CO₂ flux, szénbevitel és veszteségszámítás). 2. **Növények**: kelés, kezdeti fejlődés, magasság, földfeletti- és gyökértömeg, gyökerezés mélysége, termés, termésminőség, gyomok, gyomborítottság, kártevők, kórokozók. 3. **Kockázatelemzés**: évente.

A tarló-klíma kísérlet (GAK Kht. Józsefmajori Kísérleti és Tangazdaságban)

Talaj: csernozjom (*Calcic Chernozem*), félesége agyagos vályog. **Csapadék**: Szélsőséges eloszlás, száraz és esős, forró, meleg, és hideg periódusok váltakoztak.

Időtartam: 2005: aug.1.-szept.24 (54 nap); 2006: júl. 26 – szept. 25 (61 nap); 2007: júl. 9.-okt. 11. (61 nap); 2008: júl.12.-szept. 29 (78 nap).

Kezelések (12): hántatlan tarló, művelés sekélyen (síktárcsával, mulcs kultivátorokkal, hagyományos tárcsával elmunkálás nélkül és elmunkálva), művelés mélyen (szántás elmunkálás nélkül, elmunkálva különböző hatású eszközökkel, talajlazítás elmunkálás nélkül és elmunkálva).

Vizsgálatok (szabvány szerint): 1. Tarlómaradvány borítottság; 2. Talajba kevert szalma tömeg; 3. Nedvességtartalom; 4. Talajellenállás (MPa); 5. Agronómiai szerkezet. 6. Széndioxid kibocsátás, szénbevitel, szénvesztesség; 7. Talajhőmérséklet; 8. Földgilisztaszám (db/m²/0-15 cm); 9. Gyom- és árvakelés borítottság, kártevők és kórokozók.

Talajállapot monitoring különböző termőhelyeken

Vizsgálatok: Talaj lazultság, takartság, agronómiai szerkezet, földgilisztaszám, klíma érzékenység. **Növények**: cukorrépa, kukorica, napraforgó, őszi búza, őszi káposztarepce.

Termőhelyek (35). Bácsbokod, Bekecs, Belvárdgyula, Bóly, Cegléd, Dalmand, Dióskál, Dunapataj, Elek, Hajdúböszörmény, Hajdúnánás, Harta, Hatvan, Hódmezővásárhely, Jászboldogháza, Karád, Kartal, Kiskunlacháza, Kislippó, Mezőhegyes, Mosonmagyaróvár, Nagyvenyim, Orosháza, Pitvaros, Sárbogárd, Soponya, Szentes, Szerencs, Szil, Tímár, Tiszavasvári, Tura, Túrkeve, Várong, Zsadány.

A kutatási eredmények összefoglalása magyarul

A talajminőség javítás és fenntartás talajhasználati alapjait talajminőség-klíma kísérletben, tarló-klíma kísérletben, továbbá eltérő termőhelyeken, monitorozással tanulmányoztuk. Összefüggést állapítottunk meg a talajminőség romlás és a káros klímahatás mértéke között. A gyökérszóna művelési hiba által korlátozott lazultságát, a vízforgalmat gátló tömör réteg felszín közeli elhelyezkedését, a tömör réteg kiterjedését, a talajszerkezet romlását, a felszínvédelem hiányát minőség rontó tényezőnek értékeltük. Kidolgoztuk a talajminőség kímélés művelési fogásait. A talajminőség javulás alapvető talajhasználati tényezői közé tartozik a lazult réteg optimális mélysége, a morzsakímélés, pozitív nedvesség mérleg fenntartása, a felszíntakarás a kritikus időszakban, a szénkímélés, az aktív földigiliszta tevékenység, a jó tápanyag ellátottság és az egészséges növényi termék előállítását garantáló védelem. Új kihívás a víz- és szénkímélés, feltétele a kímélő művelés, a szervesanyag reciklikáció, a hő-stressz enyhítés, és a felszín védelem. A talajminőség védelem és a klímakár szintje között összefüggést igazoltunk. Bizonyítottuk a kímélő talajhasználat komplex hatását a talaj- és a környezet minőség javulásában és a klímakár enyhítésében. A kutatás keretében új fogalmakat alkottunk: hő-stressz, csapadék stressz, klíma stressz, klíma kockázat, klímakár, klímakár csökkentő talajművelés, víz-és szénvesztő művelés, víz- és szénkímélő művelés.

A kutatási eredmények összefoglalása angolul

Land use bases of the soil quality improvement and maintenance were studied in soil quality-climate and stubble-climate trials, and in different arable sites. Close correlation was stated between soil quality deterioration and the level of climate damage. The quality deterioration factors were: looseness of root zone limiting by tillage defect, occurrence of water transport limiting compacted layer, extension of compacted layer, soil structure deterioration and clean surface. Factors affecting soil quality improvement were elaborated that are optimal depth of the loosen layer, aggregate and carbon conservation, maintaining a positive water balance, surface cover during critical periods, good activity of the earthworms, optimal nutrient supply and crop protection guaranteeing a health food production. New challenge is the water and carbon conservation, basing on aggregate conservation tillage, organic matter recycling, heat-stress alleviation and surface mulching. Close correlation was found between level of soil quality conservation and climate damage. Complex effect of the conservation land use on soil and environment quality and climate damage mitigation were also proved. New terms were created due to research, as follows: heat-stress, rain stress, climate stress, climate risk, climate damage, climate damage mitigation tillage, water and carbon loss tillage, water and carbon conservation tillage.

A kutatási eredmények részletes értékelése

1. A talajminőség romlás és a káros klimatikus hatások közötti összefüggések bizonyítása

A klímakárok fellépésében, súlyosbodásában nyolc állapot tényező befolyása volt igazolható.

A gyökérszóna lazultsága – a talaj 0-50cm mélységének állapota, a nedvességforgalmat gátló tömör záróréteg jelenléte vagy hiánya. Adott rétegben a tömörödés bármely idényben korlátozta a nedvesség befogadását, illetve a gyökérszónába áramlását. Az adott rétegeg lazult állapot esetén aszályos idényben a növények kevésbé károsodtak.

A nedvességforgalmat gátló tömör réteg helye – a lazult réteg kiterjedését mutatja. A lazult réteg mélysége azonos a nedvesség tárolására, illetve a növény vízfelvételére alkalmas

mélységgel. Igazoltuk, minél közelebb van a káros talpréteg a felszínhez, annál sekélyebb a növények gyökerezése.

A nedvességforgalmat gátló tömör réteg kiterjedése – a kár súlyosságára utal: 0-10 mm: enyhe, 10-30 mm: közepes, 30-50 mm: súlyos, 50-100 mm esetén igen súlyos a kár. Az 5-10 mm tömör réteg a vetés után, csapadék hatására átázik, a gyökérzet áthatolhat rajta. A 30-50 mm vastag talpréteg a vízforgalom gátlása folytán 5-6 hőségnap alatt szemszorulást okozhat kalászosoknál (2008).

A talaj agronómiai szerkezete (a természetileg rossz szerkezetű talajok kivételével) – adott idő intervallumban a talaj szerkezetét érintő folyamatokról (morzsásodás, rögsödés vagy porosodás) tájékoztat. A klímakárra érzékeny talajoknál nagy (>30) por és rög arányt, a kevésbé érzékeny talajoknál >75-80 % morzsa arányt állapítottunk meg.

A talajállapot hiba súlyossága azonos mértékben befolyásolta a felszíni vízpangás és aszálykár szintjét. Rövid idejű felszíni vízpangás, illetve csekély aszálykár veszteség a legalább 40 cm-ig lazult talajokon volt tapasztalható. A felszínhez közeli, 30-50 mm vastag vízzáró réteg esetén – elporosodott szerkezetű talajon – súlyos belvív- és aszálykár alakult ki.

A talajfelszín takarása (zúzott tarlómaradványokkal) kritikus időszakban növeli a védelmet, a takarás hiánya növeli a kitétséget. Nyári műveléskor a 35-40 % takarás volt előnyös a nedvesség és a talajszerkezet védelemben. A takarás hiánya fokozta a talaj vízvesztését és a szerkezet romlását (eliszapolódás és kérgesedés).

A nyári talajművelés módja a nedvesség veszteség és a várható klímakár alapján volt rangsorolható: Mély, és elmunkálatlan: klímakár fokozó; mély és elmunkált: közepes klímavédelem; sekély, elmunkált és takart: megbízható klímavédelem.

A talajhasználat a talajra folyamatosan gyakorolt hatás szerint csoportosítható. Szoros összefüggést találtunk a szerkezet-, a lazultság- és a nedvesség védelem (minőség védelem), valamint a klímakár alacsony szintje között (0-15 % termés veszteség). A szerkezet romboló és vízvesztő talajhasználat esetén bármely termőhelyen súlyos klímakár következett be (35-55 % termésveszteség).

2. A talajminőség javulását elősegítő tényezők egzakt kimutatása a talajhasználatban

Kísérleti úton igazolt tényezők: 1) A lazult réteg optimális mélysége. 2) Morzsakímélés. 3) Jó nedvesség mérleg fenntartása. 4) Felszíntakarás kritikus időszakban. 5) Szénkímélés. 6) Aktív földigiliszta tevékenység. 7) A növények megfelelő tápanyag ellátottsága. 8) Növényvédelem.

1) *A lazult réteg optimális mélysége.* A talajminőség alapján a 35-45 cm optimális, a 28-34 cm jó, a 18-20 cm feltételesen megfelelő minősítést kaphat. A feltétel a tömör réteg hiánya a művelés alatt. Kísérletünkben a nyomon követhető volt a talaj ülepedése, a tömör talpképzés, illetve a tömör réteg átlazítása (1. ábra).

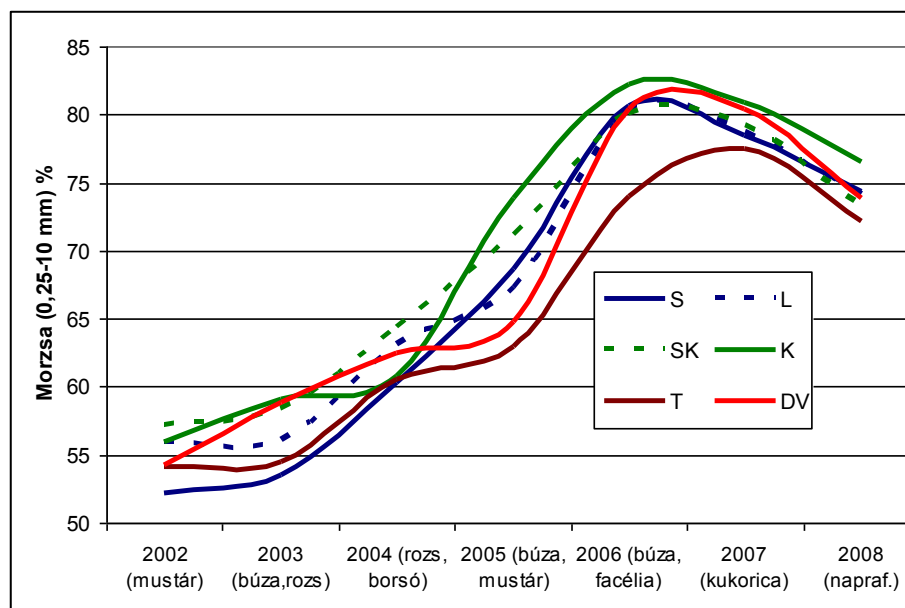
Réteg cm	4. év (2005)					5. év (2006)					6. év (2007)					7. év (2008)				
	L	K	T	S	DV	L	K	T	S	DV	L	K	T	S	DV	L	K	T	S	DV
0-5																				
5-10																				
10-15																				
15-20																				
20-25																				
25-30																				
35-40																				
40-45																				
Műv.mélys.	40	20	28	0	40	20	30	0	42	20	28	0	45	22	20	34	0			
A tömörödés foka:																				
Nincs					Enyhe					Közepes					Nagy					

1. ábra. A lazultság szintje az őszi alpművelések után (Hatvan, 2005-2008)

Megjegyzés: Szántás (S) mélysége: évente váltva 28-34 cm között. Lazítás (L): mélység váltva 40-45 cm között. Kultivátoros kezelés (K): eszközváltás 2007-től. Direktvetés (DV): réselés az 5. évben (2006). Tárcsás művelés (T): talp tömörödés meghagyása. Maximális mélység elérése alpműveléskor 2008 őszén

Objektív minőség jellemző a *lazultság hatástartama*. Jó tartamhatás adott, ülepedésre közepesen érzékeny talajon kifogástalan alpművelés minőség esetén várható. A lazultság szántott, és lazított talajon a tenyészidő közepére 25 %-kal, a kultivátorral, tárcsával művelt talajokon 28 %-kal csökkenhet. Direktvetés alatt a talaj optimális esetben is 40%-kal ülepedettebb a lazítotthoz képest, amelynek csapadékos évben kicsi, átlagos évben közepes, száraz évben nagy a kockázata.

2) *Morzsakímélés*. A 2. ábra a javulás és visszaesés példáját mutatja.

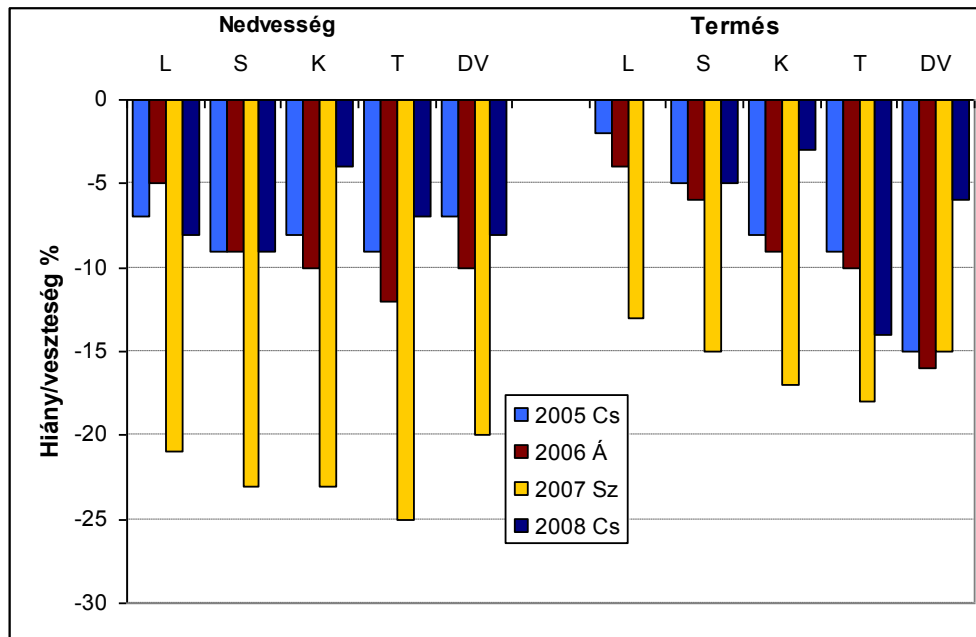


2. ábra. A morzsa-tendencia különböző művelés esetén (Hatvan-2002-2008)
 $SzD_{5\%}=1,967$ ($P>0,1\%$); S: szántás, L: lazítás, Sk, K: kultivátoros művelés, T: tárcsás művelés, DV: direktvetés

Az eredetileg leromlott szerkezet a kutatás kezdetére (2005) javult; a kedvező tendencia a következő évben is megmaradt, a morzsa arány ~80%-t ért el. A morzsásodás a két széles sorközü növény termesztése alatt visszaesett, a visszaesés mértéke – 10-15% – kisebb a kritikus (20-25%) aránynál. Bizonyítottuk az okszerű művelés – ide értve a szántást is – morzsakímélő hatását. A morzsásodást elősegítette a kímélő bolygatás, sűrű soros növény termesztése, és a talaj takarása a kritikus nyári hónapok alatt. Igazoltuk a hiányos takarás talajszerkezetre gyakorolt kedvezőtlen hatását szélsőséges időben.

3) *Jó nedvesség mérleg fenntartása*. Optimális a mérleg a talaj vízbefogadó képességének javítása, kihasználása, és minimális művelési veszteség esetén. Összefüggést találtunk a talaj nedvességforgalma és a termés szintje között (3. ábra).

Adott talajon a nedvesség optimum a 0-60 cm rétegben 22 tömeg %, ehhez viszonyítottuk, kezelésként az évi 12 mérés átlagát. A nedvesség kímélés eredményét 2005-ben a mérsékelt hiány is mutatja. A facélia termesztés a talajszerkezetre jótékony, a nedvességre kedvezőtlen volt. A 20-25 % vízhiányra a silókukorica 12-23 % termésveszteséggel reagált (a 2007. év Európa szerte aszályos volt). A talaj vízhiánya a talaj állapotával függött össze; a DV variáns az többinél vízkímélőbbnek bizonyult, amelyet a kisebb termésveszteség is alátámaszt.



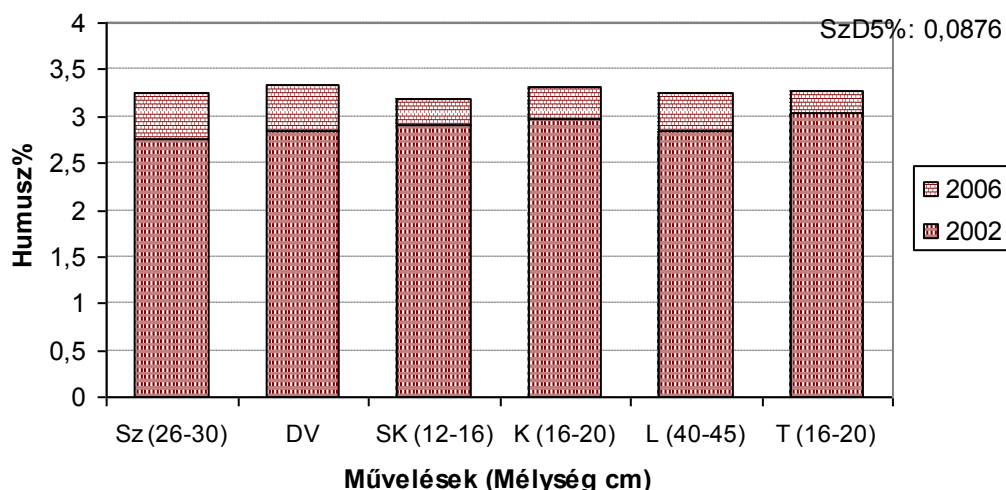
3. ábra. A talajnedvesség hiány és a termés veszteség összefüggései (Hatvan, 2005-2008)
Cs: csapadékos, Á: átlagos, Sz: száraz idény. Optimális nedvesség szint adott talajon 22 tömeg %. A termés optimum adott években (t/ha): őszi búza (2005): 6,75; silókukorica (2007): 35,6; napraforgó (2008): 3,70; mustár (2005), facélia (2006): 10,5. SzD_{5%} vízhiány: 3.11 %; termés veszteség: 4.09%

A 2008. évben a napraforgó tárcsatalp tömörödés (T) esetén 14, szántás (S) esetén 5 %-kal termelt kevesebbet az optimumnál. Kisebb volt a veszteség ülepedett talajon (DV, K), az optimumnál több termelt a vízbefogadásra és tárolásra legalkalmasabb talajállapotnál (L). A tapasztalatok arra utalnak, napjaink növényfajtáira és hibridjeire nem vonatkoztathatóak a klasszikus elvek, miszerint a napraforgó – erős gyökérszete révén – igénytelen a talaj lazultságára, az őszi búza pedig sekélyműveléssel termesztendő. Bizonyítást nyert, hogy száraz idényben a gyökérszében kialakult tömörödés közvetett vízhiányt idéz elő, ellenben csapadékos időszakban relatív víztöbbletet.

4) *Felszintakarás kritikus időszakban.* A talajfelszín védelmi célú takarása tenyészidőben haszonnövényekkel, tenyészidőn kívül nem vízfogyasztó anyaggal előnyös. Tenyészidőben a búza 92-95%, a silókukorica 75-77%, a napraforgó 92-95% árnyékoló hatása volt kedvező. A tarlókon, művelésig 55-65 % takarás, tarlóművelés, illetve tarlóba vetés után a 40-45 % takarás nyújtott védelmet a hőség és a csapó esők ellen. Az alapművelés után a megfelelő növényborításig tiszta felszín (szántás) kedvezőtlen hatása bizonyíthatóan ellensúlyozható akkor, ha a talaj a kritikus nyári hónapokban a szükséges mértékig takart.

A felszintakarás a morzsásodás előrehaladásában is jelentőséggel bír. A tényezők sorrendje 4 év átlagában a következő: 1. A talajba történt beavatkozás módja és mélysége. 2. A takarás tartama. 3. A takaróanyag minősége (élő növény, vagy tarlója). 4. A takarás aránya (jó, közepes, gyenge). 5. A növények gyökerezése. 6. A klíma (nedves/száraz, hideg/meleg-hatás).

5) *Szénkímélés.* Mivel a talaj szervesanyag- és szerves széntartalma fontos minőség jellemző, kímélésük kiemelt figyelmet kapott a kísérletben. A vizsgálatok ideje 2003, 2006, 2009. A két első vizsgálat eredményei a cél teljesülését igazolják (4. ábra). A szervesanyag gyarapodását elősegítő tényezők: kímélő művelés, szervesanyag talajba juttatás, hő-stessz csökkentés a nyári időszakban. Ez utóbbi különösen fontos a rendszeresen szántott talajban. Igazoltuk, hogy a szénkímélés feltételeinek teljesülése esetén szervesanyag gyarapodás szántott talajon is elérhető.



4. ábra. A talaj humusztartalma a különbözően művelt talajokban (Hatvan, 2003-2006).
 $P > 0,1\%$ szinten megbízható összefüggés van a művelési változatok, a mélység, és a kettő kölcsönhatása között.

A kutatás lehetővé tette a különbözően művelt talajok szénvesztésének nyomon követését. Kísérletünkben 7 év alatt 12-17 t/ha szerves szén reciklikációja történt, amelyből a veszteség aránya a talaj bolygatottságára jellemző, vagyis direktvetésnél 14%, kultivátoros művelésnél 24-25%, tárcsás művelésnél 28%, lazításnál 42%, szántásnál 44%. **Adatokkal rendelkezünk** a különböző mélyen és eszközzel bolygatott talajok szén-dioxid kibocsátására, három nedvesség szint (száraz, nyirkos, nedves) és hőmérséklet (hűvös, meleg, forró napon) eseteire.

6) *Aktív földigilisztá tevékenység.* A kímélő talajhasználatnak betudhatóan aktív földigilisztá tevékenység igazolható minden évben és művelésnél, illetve minden – fő és másodvetésű – növény esetében. A szakirodalmi adatoktól eltérően a szántott talaj jó, a nem forgatott talaj igen jó élőhelynek bizonyult. A bolygatatlan talaj (DV) élőhely értéke kedvezőtlenebb volt a mulcshagyó (SK, K) változatoknál.

7) *A növények igényének megfelelő tápanyag ellátottság.* A harmonikus ellátottság lehetővé tette, hogy ez a tényező a talajállapot minősítésekor elhanyagolható legyen.

8) *Növényvédelem.* A szervesanyag gyarapodás elérése érdekében 2007-ig sűrű soros növényeket termesztettünk, és gondoskodtunk a talaj állandó takarásáról. A gyomosodást két évben széles sorközű növény termesztésével eredményesen vetettük vissza. A kísérlet eredményét befolyásoló kórokozó kártétel nem fordult elő (V.ö. Stingli A. PhD dolgozata, és publikációi).

3. A takaró- és zöldtrágyanövények és a tarlómaradványok szerepének tisztázása a talajszerkezet javulásában, a talaj kémiai terhelésének csökkentésében

A kutatásban fontos szempont a szervesanyag- és morzsagyarapodás, valamint a nedvesség kímélés. Ennek érdekében a növényi sorrendben az áru- és takarmánynövények (búza, kukorica, napraforgó) mellett *talajkondíció javító növények* (mustár, facélia) is szerepelnek. Vetésük az aratást követő 2. napon, bolygatatlan tarlóba történt, erre alkalmas vetőgéppel. A növények, biológiai sajátosságaikon keresztül javították a kímélő talajművelés jótékony hatását. A talajállapot monitoring során (más termőhelyeken) úgy találtuk, kíméletes bolygatás hiányában a növények kedvező biológiai hatásai nem jutnak érvényre. Az *élő növényvel való takarás előnyeit* a következőkben állapítottuk meg: 1) a felszín védelme a kritikus nyári időszakban; 2) zúzott zöldtömegük szervesanyag (szén) utánpótlási forrás. A talaj szervesanyag tartalmának növelése javítja a puffer kapacitását. 3) gyökérzetük, tömör

talptól mentes talajon lazító hatású. 4) élőhely, a föld alatt a giliszták, a föld felett a hasznos rovarok, mezei emlősök számára. Az élőnövényes takarás *kockázata* a következő: 1) vízfelhasználás jó állomány sűrűség esetén, 15-20 cm magasságot elérve. 2) a mezei pocok betelepülésének veszélye.

Matematikailag igazolható összefüggést ($P > 0,1\%$) állapítottunk meg a talaj állapota, a mustár, és a facélia zöld- és gyökértömege között. A fővetésű növények aratását követően kimutatható – nagyobb vagy kisebb mértékű – lazultságra eltérően reagáltak, nagyobb földfeletti- és gyökértömeget a lazultabb állapotnál (L, S) fejlesztettek. Hasonló összefüggések állapíthatók meg a gyökerezési mélységet illetően: lazultabb állapotú talajban a mustár 37-41 cm, ülepedett állapotnál 33-35 cm, bolygatatlan (DV) talajban 22-26 cm mély gyökérzetet fejlesztett. A facélia a bolygatatlan talajra kifejezetten érzékeny volt, 15 cm-ig hatolt le, míg egyéb talajállapot változatoknál 27-30 cm-re. A gyökerezési mélység befolyásolta a talaj morzsásodását, a kedvező szerkezet a gyökerezési mélység 80-85%-ig terjedt.

A holt anyaggal (tarlómaradvány) való felszintakarás előnyei a következők szerint foglalhatók össze: 1) talajszerkezet védelem – hő- és csapadék stressz enyhítés – a kritikus nyári időszakban; 2) nedvességvédelem idényen kívül. 3) szervesanyag (szén) utánpótlási forrás. 4) alpműveléssel a talajba juttatva gyorsabban táródik fel. 5) táplálék a földigiliszták számára. 6) jól zúzva nem késlelteti az árva- és gyomkeletést. A tarlómaradványokkal való takarás *kockázata*: 1) a feltáródási időszak kitolása. 2) (kisebb) szénvesztés, 3 nyári hónap alatt 50-70 kg/ha, a talaj gyakori átnedvesedése esetén). 3) élőhely rovar- és állati kártevőknek. Ez a kockázat az élőnyökhöz mérten csekély, illetve jól kezelhető.

4. A talajminőség romlás megelőzését elősegítő, víz- és szénkímélő művelési és termesztési fogások kidolgozása

Hatékony, és költségkímélő fogásokat dolgoztunk ki (szakértelemmel alkalmazva nem növelik a művelési rendszerek költségét):

- 1) nedvesség- és szénkímélő tarlóművelés alkalmazása,
- 2) a bolygatott talajok takarása a nyári hónapokban zúzott tarlómaradvánnyal,
- 3) kis vízvesztő felszín kialakítása a kritikus hónapokban,
- 4) víz- és szénvesztést csökkentő alpművelési mód – szántás, lazítás, kultivátoros, tárcsás – alkalmazása, idénytől függetlenül,
- 5) a vízforgalmat gátló tömör réteg megszüntetése lazító műveléssel, víz- és szénvesztő felszín kiképzése nélkül,
- 6) a talpképző eszközök mellőzése alpművelés elmunkáláskor, különösen nedves talajon,
- 7) a rögződést és porosodást előidéző körülmények megelőzése,
- 8) a talaj minőségét leginkább veszélyeztető, korábban megszokott módszerek – tavaszi szántás, nyári szántás, ismételt tárcsás művelés – kerülése,
- 9) a magágykészítés és vetés ésszerűsítése, egymenetes mód a 12-48 cm sortávolságra vetendő növényeknél, kis időeltolódással való alkalmazás széles sorközű növényeknél,
- 10) a talaj tápanyag ellátottságának és az előírásoknak megfelelő trágyázás,
- 11) szervesanyag reciklikáció, a tarlómaradványok helyben tartása, talajba juttatása,
- 12) a kártevők, kórokozók és gyomok korlátozása mechanikai és kémiai módszerekkel.

A felsoroltak mindegyikéhez rendelhető elvárás a **talajállapot** (kockázat) **ismeret**.

5. A kímélő talajhasználat komplex hatásának bizonyítása a talaj- és a környezet minőség javulásában és a káros klímahatások enyhítésében

A kímélő talajhasználat ismérvei a víz-, szén-, és morzsakímélő talajművelés, a szervesanyag reciklikáció, az ésszerűsített növényi sorrend, az előírások szerinti trágyázás, az egészséges

növényi termék előállítását garantáló, ugyanakkor a környezetet nem terhelő növényvédelem. Ezt az elvárást a Hatvan-Józsefmajori talajminőség-klíma kísérletben 2007-re értük el. kidolgozott módszereket alkalmazók: Albert Agro E. C. Bácsbokod (klímakár ellenálló talajminőség 600 ha-on), Belvárdgyulai Mg. Zrt. (2008-ra szemléletváltás a tarlóművelésben, az őszi alpművelésben 3400 ha-on), Boris László gazdasága Elek (2007-től víz- és szénkímélő művelés 500 ha-on), Czinagro Kft. Bekecs (minőség kémelés és javítás eredetileg nehezen művelhető talajokon, 600 ha-on), Galgamenti Szövetkezet, Tura (folyamatos szemlélet- és módszerváltás 700 ha-on), Karádi Mg. Zrt. (mulcshagyó, szénkímélő művelés 1200 ha-on), Kunfarm Kft. Kiskunlacháza (a talajállapot ismeret fontosságának felismerése és alkalmazása 2007-től), Lajtós János gazdasága, Sárbogárd (talajminőség javítás, termésbiztonság 500 ha-on), Ménesbirtok Zrt. Mezőhegyes (az öntözött talajok hatékony védelme 3500 ha-on), Simon Kft. Nagyvenyim (folyamatos talajminőség javulás 2900 ha-on), Tótkomlói Agrár Zrt. (szemlélet és módszerváltás 2000 ha-on), Varga farm Soponya (víz- és szénkímélés 2006 óta 1000 ha-on).

Új tudományos eredmények

1. Összefüggés állapítható meg a talajminőség romlás és a káros klímahatás mértéke között. A minőség rontó tényezők közé a gyökérszóna művelési hiba által korlátozott lazultsága, a nedvességforgalmat gátló tömör réteg felszín közeli elhelyezkedése, a tömör réteg nagy kiterjedése, a talajszerkezet romlás, valamint a felszínvédelem hiánya sorolható.

2. A talajminőség javulásának alapvető talajhasználati tényezőit kísérleti úton igazoltuk: 1) A lazult réteg optimális mélysége. 2) Morzsakímélés. 3) Jó nedvesség mérleg fenntartása. 4) Felszínakarás kritikus időszakban. 5) Szénkímélés. 6) Aktív földigiliszta tevékenység. 7) A növények igényének megfelelő tápanyag ellátottság. 8) Egészséges növényi termék előállítását garantáló védelem.

3. Bizonyítottuk a kémelő talajhasználat és művelés jótékonyágát a szervesanyag és szénkímélésben.

- A szervesanyag gyarapodását elősegíti a szén- és vízkímélő művelés, a szervesanyag reciklikáció, a hő-stessz csökkentés a nyári időszakban.

- A szénkímélés feltételeinek teljesülése szántott talaj szervesanyag gyarapodását is elősegíti.

- Az eredetileg jó szerkezetű talajon megindult leromlás visszafordítható. A morzsaképzés- és védelem feltételei a talaj kéméletes bolygatása, a víz- és szénvesztés kerülése, a felszín takarása kritikus időszakban legalább 40-45% arányban, továbbá kedvező biológiai hatású növények termesztése.

- A felszínakarás szerepe a talajminőség és klímavédelemben egyaránt kimutatható.

4. Meghatároztuk az élő növényvel, a holt anyaggal való talajtakarás előnyeit és kockázatát.

5. A talajminőség romlás megelőzésére, 12+1 pontban víz- és szénkímélő művelési és termesztési fogásokat dolgoztunk ki.

6. Összefüggést találtunk a szerkezet-, a lazultság-, a szén- és a nedvesség védelem (minőség védelem), valamint a klímakár alacsony szintje között. A szerkezet romboló és vízvesztő talajhasználat esetén bármely termőhelyen súlyos klímakár prognosztizálható.

Új fogalmak alkotása a kutatás keretében

Az OTKA kutatás keretében alkotott új fogalmak: hő-stressz, csapadék stressz, klíma stressz, klíma kockázat, klímakár, klímakár csökkentő talajművelés, víz-és szénvesztő művelés, víz- és szénkímélő művelés

Terjedő, korábbi OTKA kutatások során alkotott fogalmak: művelőtalp tömörödés, mulcshagyás/mulcshagyó művelés, alkalmazkodó/fenntartó művelés, kímélő talajművelés. A felsoroltakat publikációkban, tudományos és szakmai előadásokon tettük közzé.

Az elért eredmények terjesztése

Lektorált cikk angol nyelven: **13**
Lektorált cikk magyar nyelven: **6**
Külföldi konferencia proceedings: **8**
Előadás külföldi konferencián: **6**
Előadás hazai konferencián: **6**
PhD disszertáció: **3**
Szakmai tudományos cikk: **27**
Tudományos diákköri és diplomadolgozatok: **6/9**
Szakmai előadások: **67**
Összes IF: 13,83
OTKA hivatkozás nélküli vonatkozó publikációk:
Lektorált cikk angol nyelven: **3**
Könyv/fejezet: **5**
Összes IF: 15,493

A felsoroltakból a fontosabbakat rögzítettem az OTKA rendszerében.

Fontosnak tartottuk az elért eredmények gyakorlati megméretését. Ezt a feladatot a szakmai előadásokat (67) követő konzultációkon, a kísérleteink bemutatásakor (évente 2 alkalommal), továbbá a monitorozott talajok tulajdonosai/bérlői előtt láttuk el. A talajminőség kímélő művelés és talajhasználat iránt, az erőfeszítések nyomán, érdeklődés, és alkalmazási igény is van.

A projekt pénzügyi támogatása

Hatékonyan segítette a szakmai feladatok megvalósítását, az eredmények megmérettetését. Takarékosagra volt szükség az egyéni kutatói megbízás, a hallgatói alkalmazás, a napidíjak terén. Több talaj- és növény mintavétel és vizsgálat volt indokolt. Eredményeinket hazai és nemzetközi szinten publikáltuk, így erre többet fordítottunk (136 eFt). A készletbeszerzés területén megtakarításra volt módunk (gazdaságok támogatása révén), ezt a kísérlet vitelére fordítottuk a tanüzem elvárása nyomán (e kérésünket az OTKA iroda 2008-ban jóváhagyta).