

SZENT ISTVÁN EGYETEM

**Alkalmazkodó, környezetkímélő talajművelés feltételeinek
megteremtése szántóföldi körülmények között**

Doktori (PhD) értekezés

Földesi Petra

**Gödöllő
2013**

A doktori iskola megnevezése:

Növénytudományi Doktori Iskola

Tudományága:

Növénytermesztési és kertészeti tudományok

Vezetője:

Dr. Heszký László
egyetemi tanár, az MTA r. tagja
SZIE Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar
Genetika és Biotechnológiai Intézet

Témavezető:

Dr. Gyuricza Csaba
egyetemi docens, PhD
SZIE Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar
Növénytermesztési Intézet

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
A témavezető jóváhagyása

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS	1
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS.....	3
2.1. A kedvező talajállapot jellemzése.....	3
2.1.1. A talaj szerkezete.....	3
2.1.2. A talajellenállás	6
2.1.3. A talaj nedvességtartalma.....	9
2.2. A művelés minőségét befolyásoló tényezők.....	12
2.2.1. A növények talajállapot igénye és a növényzet hatása a művelés minőségére	13
2.2.2. Az állandó és változó talajtényezők hatása a művelés minőségére.....	14
2.2.2.1. Az állandó talajtényezők hatása a művelés minőségére.....	14
2.2.2.2. A változó talajtényezők hatása a művelés minőségére.....	16
2.2.3. A talajművelés hatástartama.....	18
2.3. A talajtermékenység fenntartásának fontossága	18
2.4. A hagyományos talajművelés hatása a talaj fizikai állapotára	23
2.5. A talaj- és környezetkímélő művelés hatása a talaj fizikai állapotára	28
2.6. A hagyományos, valamint a talaj- és környezetkímélő művelési rendszerek összehasonlító értékelése a talaj fizikai állapotára.....	32
2.7. A hagyományos, valamint a talaj- és környezetkímélő művelési rendszerek ökonómiai szempontú értékelése	35
2.8. Az EU környezetvédelmi elvárásai a szakszerű talajműveléssel kapcsolatban.....	37
2.8.1. A mezőgazdaság és a környezetvédelem kapcsolata az EU-ban és hazánkban	37
2.8.2. A mezőgazdaság és a környezetvédelem kapcsolata - kilátások.....	40
2.9. Összefoglaló megállapítások a vizsgált szakirodalom alapján	41
3. ANYAG ÉS MÓDSZER	43
3.1. A szántóföldi kísérleti körülmények bemutatása.....	43
3.1.1. Földrajzi elhelyezkedés	43
3.1.2. Éghajlati viszonyok	43
3.1.3. Talajadottság.....	45
3.1.4. A kísérletek termesztéstechnológiai adatai	48
3.2. Vizsgálati módszerek és eszközök.....	49
3.2.1. A talajnedvesség-tartalom vizsgálata	49
3.2.2. A talajellenállás vizsgálata	49

3.2.3. A talaj agronómiai szerkezetének vizsgálata.....	50
3.2.4. Az ökonómiai vizsgálat	51
3.3. Statisztikai értékelés	52
4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK.....	53
4.1. A talaj nedvességtartalom mérések eredményei	53
4.1.1. A nedvességtartalom eredmények a vizsgált években	53
4.1.2. A nedvességtartalom eredmények értékelése az évjárathatás szempontjából.....	56
4.2. A talajellenállás mérés eredményei	59
4.2.1. A talajellenállás mérés eredményei a vizsgált években	59
4.2.2. A talajellenállás eredmények értékelése az évjárathatás szempontjából.....	63
4.3. Az agronómiai szerkezetvizsgálatok eredményei.....	66
4.3.1. A talaj agronómiai szerkezetének vizsgálati eredményei.....	66
4.3.2. Az agronómiai szerkezetvizsgálat eredményeinek értékelése az évjárathatás szempontjából.....	70
4.4. Az ökonómiai vizsgálat eredményei	73
4.4.1. Az alkalmazott hagyományos talajművelési mód ökonómiai vizsgálata	75
4.4.2. Az ökonómiai vizsgálati eredmények összegzése	78
4.5. Új tudományos eredmények	82
5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK	83
5.1. Következtetések és javaslatok a talaj fizikai állapotának vizsgálatai alapján.....	83
5.2. Következtetések és javaslatok az ökonómiai vizsgálat alapján	85
6. ÖSSZEFOGLALÁS	87
7. SUMMARY	89
MELLÉKLETEK.....	91
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS.....	118

RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE

Rövidítés	Jelentése angolul és/vagy magyarul
AKG	agrár-környezetgazdálkodás
AKI	Agrárgazdasági Kutató Intézet
CAP/KAP	Common Agricultural Policy = Közös Agrárpolitika
CTIC	Conservation Technology Informatikon Center
ECAF	European Conservation Agriculture Federation
EU	Európai Unió
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations = Egyesült Nemzetek Élelmezésügyi és Mezőgazdasági Szervezete
KSH	Központi Statisztikai Hivatal
MVH	Mezőgazdasági és Vidékfejlesztési Hivatal
OMSZ	Országos Meteorológiai Szolgálat
SOWAP	Soil and Surface Water Protection Using Conservation Tillage in Northern and Central Europe = Talaj- és felszíni vízvédő környezetkímélő talajművelés alkalmazásával Észak- és Közép-Európában
SZD	szignifikáns differencia
ÚMVP	Új Magyarország Vidékfejlesztési Program

1. BEVEZETÉS

Az 1990-es évek elején Magyarország 9,3 millió hektár összes területének mintegy 69,6%-a volt mezőgazdasági terület, amely a 2012. évre 57,4%-ra csökkent. A mezőgazdasági területből a szántóterület mérete a több mint 4,7 millió hektárról 4,3 millió hektárra esett vissza (KSH 2012). A termőfölddel kapcsolatos kérdések – legyenek azok szakmai vagy politikai indíttatásúak – napjainkban is kardinális pontjai az agrárágazatnak.

Hazánkban a termőtalaj a nemzeti vagyon 22-23%-ára becsülhető. A talajkészletek védelme, megóvása és ésszerű használata ezért közös feladat, amely az állam, a földtulajdonos és a földhasználó kötelessége (NÉMETH 2005a).

VÁRALLYAY (2001a) még az Európai Unióhoz történő csatlakozásunk előtt rávilágított arra, hogy *„egy korszerű, új EU-konform agrár-stratégia a globális mennyiségi szemléletről teljesen eltérő gondolkodást, tevékenységet követel, amelyben a fenntarthatóság, a minőség, a nemzetközi versenyképesség, a reális ráfordítás–haszon elemzéseken alapuló tényleges hatékonyság és jövedelmezőség, valamint a környezet károsodásának megelőzése válnak fő célkitűzéssé”*. Ez a megállapítás összhangban áll azzal az elgondolással, amely szerint a mezőgazdaságban elkerülhetetlen lesz a jövőben, hogy a környezetvédelmi szempontok és az ökonómiai megfontolások miatt nagyobb teret engedjünk a talaj- és környezetkímélő művelési módok és eszközök alkalmazásának.

Néhány évtizede még a nagy termésátlagokra való törekvés, az intenzív növénytermesztés jellemezte a magyar mezőgazdálkodás növénytermesztési ágazatát, emiatt háttérbe szorult a talaj termőképességét, szerkezetét, biológiai állapotát szem előtt tartó földhasználat. Napjainkban viszont világszerte a földművelési rendszerek fenntartható alkalmazása került középpontba, mivel a mezőgazdasági termelés során a környezetet károsító egyes kémiai anyagok mellett a talajművelési rendszer szakszerűtlen megválasztása többletkiadást, talajdegradálódást, valamint a környezet károsítását eredményezheti.

A talajművelésben két alapművelési forma létezik (szántásos és szántás nélküli), amelyek közül ma hazánkban még a forgatásos (szántásos) tekinthető uralkodónak, de egyre inkább terjedőben vannak a szántás nélküli talajművelési rendszerek is. Az utóbbi évtizedekben több okból is nagyobb jelentőséget kapott az energiatakarékos termelés és a környezetbarát technológiák alkalmazása, amely a termelési költségek folyamatos revíziójával jár együtt (RÁCZ 2009). Az alkalmazkodó, a termőhelyi adottságokhoz igazodó talajművelési rendszerek használata elkerülhetetlen a jövőben a hosszútávon fenntartható és környezetkímélő mezőgazdálkodás érdekében.

Rövid és hosszú távú tartamkísérletekben világszerte számos vizsgálat folyik a különféle művelési rendszerek talajállapotra és környezetre gyakorolt hatásának összehasonlítására. Témaválasztásom aktualitását az adta, hogy jelentősen kevesebb szakirodalom ad tájékoztatást e művelési rendszerek szántóföldi körülmények közötti vizsgálatáról. Bár az „élő laboratóriumként és közgyűjteményként” (JOLÁNKAI et al. 2009) szolgáló tartamkísérletek eredményei és hasznosíthatóságuk megkérdőjelezhetetlenek, a szántóföldi vizsgálatok eredményei hozzájárulhatnak és a gyakorlat számára is fontos kiegészítő információkkal szolgálhatnak a talajművelési rendszerek fizikai talajállapotra gyakorolt hatásának pontosításához.

Kutatási munkám célkitűzései az alábbiak voltak:

- A hagyományos művelési rendszer hatásának vizsgálata és értékelése a talaj fizikai állapotára szántóföldi körülmények között, különös tekintettel a talaj agronómiai szerkezetére, ellenállására és a növénytermesztés eredményességét befolyásoló talajnedvesség-tartalomra.
- Az évjáráthatás vizsgálata, értékelése az agronómiai szerkezet, a talajellenállás és a talajnedvesség szempontjából.
- A hagyományos művelési rendszer gazdaságosságának megítélése adott éghajlati és termőhelyi viszonyok között, az alkalmazott művelési mód ökonómiai szempontú vizsgálata.

Munkámban szántóföldi körülmények között tanulmányoztam a hagyományos művelési rendszer hatását a talaj fizikai állapotára. Arra a kérdésre kerestem a választ – és egyben a dolgozat célja is annak vizsgálata – hogy adott termőhelyi és éghajlati viszonyok között a több éven keresztül alkalmazott hagyományos művelési rendszer milyen hatással van a talaj fizikai állapotára, illetve a hagyományos művelés ökonómiai szempontból jövedelmezőnek minősíthető-e. A talajállapot értékelésekor elsősorban azt vizsgáltam, hogy több éven keresztül a hagyományos talajművelés hatására hogyan változik a növénytermesztés eredményességét befolyásoló talajnedvesség-tartalom, a talaj ellenállása és agronómiai szerkezete.

A talaj fizikai állapotának pontos értékeléséhez az időjárási tényezőket is célszerű figyelembe venni. Az utóbbi években Magyarországon is egyre jellemzőbbek a szélsőséges időjárási viszonyok, ezért a talajállapot-vizsgálatok kiértékeléséhez az évjárat hatását is figyelembe vettem a talajnedvesség, a talajellenállás és az agronómiai szerkezet vonatkozásában. A dolgozat célja volt továbbá adott termőhelyi és éghajlati viszonyok között a hagyományos művelési rendszer ökonómiai szempontú értékelése.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A hazai és nemzetközi szakirodalom áttekintésekor célul tűztem ki a kedvező talajállapot jellemzését, különös tekintettel a talaj szerkezetére, ellenállására és nedvességtartalmára. Az irodalmi feldolgozás során bemutatom a művelés minőségét befolyásoló tényezőket, valamint részletezem a talajtermékenység fontosságát. Ismertetem és értékelem a hagyományos, valamint a talaj- és környezetkímélő művelési rendszereknek a talaj fizikai állapotára gyakorolt hatásait. Bemutatom az Európai Unió és Magyarország jogszabályi elvárásait, javaslatait a fenntartható talajműveléssel kapcsolatban. Végül ökonómiai szempontból is megvizsgálom a hagyományos, valamint a talaj- és környezetkímélő művelési rendszereket.

2.1. A kedvező talajállapot jellemzése

A növénytermesztés szempontjából fontos talajszelvényben bárhol kialakulhat a kedvezőtlen állapot a művelési hibák folytán (BIRKÁS 2000). RÁTONYI (1999) hangsúlyozza, hogy a talaj fizikai állapota jelentősen befolyásolja a termesztett növény növekedését, fejlődését. A kedvező talajállapotot a talaj szerkezete, a talajellenállás és a talaj nedvességtartalma egyaránt nagymértékben befolyásolja.

2.1.1. A talaj szerkezete

KEMENESY (1964) szerint *„A talaj morzsás szerkezete a talajnak nem állandó tulajdonsága, hanem csak időleges állapota, amit módjában van a mezőgazdának kellő beavatkozással kialakítani és állandósítani.”* Napjainkban az emberi tevékenységek hatására a talajpusztulás mértéke meghaladja a talajképződés mértékét, amely hosszútávon akadály a fenntartható fejlődésnek. A talajdegradáció világszerte az egyik fő környezeti probléma. A talajművelés fontos célja a talajművelési tevékenységek környezetre gyakorolt hatásának szükségszerű csökkentése, valamint a talajszerkezet pusztulásának szabályozása (PAGLIAI et al. 2004). BIRKÁS (1995) szerint a művelés legfontosabb célja a talajvédelem, a termesztendő növény igényeinek megteremtése és a nedvességveszteség csökkentésének egyidejű teljesítése.

A talaj szilárd fázisát alkotó részecskék térbeli elrendeződését talajszerkezetnek nevezzük. STEFANOVITS (1992) szerint a talajszerkezet a talajnak az az állapota, amelynek képződése folyamán az elsődleges részecskék összetapadása után nagyobb méretű, többé-kevésbé ellenálló, másod- és harmadlagos halmazok, ún. szerkezeti elemek, aggregátumok

képződnek. A talajszerkezet az egyik legfontosabb tényező a növénytermesztés szempontjából, mert meghatározza azt a mélységet, ameddig a gyökerek eljutnak a talajban és azt a vízmennyiséget, amelyet elraktározhat a talaj, ezen felül a levegő, a víz és a talaj fauna mozgását (HERMAVAN és CAMERON 1993, LANGMAACK 1999, PAGLIAI et al. 2004).

TÓTH (2001) vizsgálataival igazolja, hogy a jó talajszerkezet mellett, hogy a nagy termékek elérésének alapja, meghatározó fontosságú a növénytermesztés termelési színvonalának fenntarthatóságában is. A jó szerkezetű talajok egyúttal jobban ellenállnak a talajpusztulást kiváltó tényezőknek, hosszútávon garantálva ezzel a termelés biztonságát. A talajminőség szoros összefüggésben van a talajszerkezettel és az intenzív művelésű területeken bekövetkező környezeti károk túlnyomó többségével: az erózióval, az elsivatagosodással és a tömörödéssre való hajlammal – melyek ezzel a talajszerkezet pusztulását okozzák (DEXTER 2002, PAGLIAI et al. 2004).

RÁTONYI (2006) megfogalmazása szerint a szerkezeti elemeken belül és a szerkezeti elemek között méretüktől, alakjuktól és térbeli elrendeződésüktől függően különböző nagyságú és formájú hézagok találhatók, ezek alkotják a talaj pórusrendszerét. A pórusrendszer határozza meg a növények gyökerezését, a talaj víz-, levegő-, hő- és tápanyag-gazdálkodását, biológiai tevékenységét, és befolyásolja a kémiai folyamatok irányát. A talaj összporozitása megfelelő porozitás esetén 50-60 térfogatszázalék. WAIRIU és LAL (2006) megállapításai szerint a porozitás és a pórusméret eloszlás könnyen befolyásolható a talajműveléssel, az erózió által bekövetkezett felszíni talajpusztulással, valamint a növényi maradványok eltávolítása és elégetése által. A nem megfelelő porozitású aggregátumokból álló talajban a növényélettani szempontból kívánatos porozitás viszony csak részben vagy igen nehezen biztosítható (VIRÁG 2005).

A talajszerkezet minőségét a pórusviszonyok (az összporozitás, illetve a pórusok méret szerinti megoszlása) és az aggregátumok vízállósága alapján lehet megítélni. A vízállóság a vázrészeket összekapcsoló ragasztóanyagok (szerves és ásványi kolloidok, mikroorganizmus telepek, CaCO_3) mennyiségétől és minőségétől, a póruseloszlás a szemcseösszetételtől, a szerves anyagok mennyiségétől és a talaj fizikai állapotától (a tömörödöttség mértékétől) függ elsősorban (FILEP 1986).

A talajszerkezet értékeléséhez a tartósságot, a szerkezeti elemekben és a szerkezeti elemek között kialakult pórustér sajátosságait, valamint a morfológiai és agronómiai szerkezetet vesszük figyelembe (RÁTONYI 2006).

STEFANOVITS (1992) szerint a talaj szerkezetét a szerkezeti elemek alakja és mérete szerint is megítélhetjük. Az agronómiai szerkezet megítélésekor a különböző méretű

szerkezeti egységek százalékos mennyiségét határozzuk meg ($< 0,25$ mm porfrakció, $0,25 - 10$ mm morzsafrakció, > 10 mm rögfrakció). A talajszerkezet szempontjából az ideális az lenne, ha a talaj 80%-át a morzsafrakcióban lévő szemcsék alkotnák. A talaj leromlott szerkezetére utal a por- és/vagy a rögfrakció nagy részaránya (RÁTONYI 2006).

TÓTH (2001) vetésforgóban és monokultúrában végzett agronómiai szerkezet vizsgálatai során kedvező folyamatokat figyelt meg a műtrágyaadagok növelése révén. A nitrogén kijuttatás változatainak átlagában a tápanyagadagok fokozatos növelésének hatására a nemkívánatos rögfrakció ($10 \text{ mm} <$) arányának csökkenését tapasztalta. Kísérletei alátámasztják, hogy a talaj száraz szitálással végzett agronómiai szerkezetvizsgálata során a tápanyagellátás színvonalának növelésével – feltehetően a talaj szervesanyag-tartalom növekedésének hatására – javult a talaj agronómiai szerkezete. BLANCO-C. és LAL (2007) tartamkísérleteikben az aggregátumok tulajdonságain belül az aggregátumok stabilitását is vizsgálták. Megállapításaik szerint a talajtakarás jelentősen befolyásolja az aggregátumok stabilitását a 0-20 cm-es mélységben. A növényi maradvánnyal fedett, illetve fedetlen talaj összehasonlításakor azt tapasztalták, hogy a mulccsal fedett talajban növekedett az 5 mm, illetve az annál nagyobb méretű aggregátumok aránya, míg a 0,25 mm, illetve az ennél kisebb méretű aggregátumok aránya csökkent. A 0,25-0,5 mm közötti aggregátumok arányának csökkenését tapasztalták a mulccsal fedett talajban.

BENCSIK (2009) sík területen védőnövényes és védőnövény nélküli kísérletben, valamint lejtős területen bakhátba és hagyományosan vetett kukorica állomány talajában vizsgálta a talaj agronómiai szerkezetét, amelyet száraz szitálással határozott meg. Megállapította, hogy a lazítással kombinált tárcsázás nem csak kímélte, hanem elő is segítette a talajban a morzsaképződést. Kísérleteiben a szántás szintén talajszerkezet kímélőnek bizonyult, amely véleménye szerint a jó minőségű alpművelésnek, valamint a gyors, egy menetben történő lezárásnak tudható be. A tárcsázással sokszor bolygatott talajban a morzsafrakció arányának a csökkenését, valamint a rögök arányának növekedését tapasztalta csakúgy, mint BIRKÁS és GYURICZA (2004) agronómiai szerkezet vizsgálataik során. Gödöllői kísérletükben a szántással, tárcsázással sokszor bolygatott talajban kevesebb morzsafrakciót, viszont nagyobb por- és rögfrakció arányt tapasztaltak. Kísérletükben a kímélő művelés az alacsonyabb szerves anyag tartalmú gödöllői talajon is igazolta a jobb morzsaarányt. Mára az is bebizonyosodott, hogy a talajművelési eljárások optimális talajállapotnál történő végrehajtása fontos az optimális műveléshatás elérése érdekében. A talaj nedves állapotban történő művelése a talajszerkezet károsodását eredményezheti, és gyúrt-rögös marad a felszín, míg a talaj száraz állapotban történő művelése nagy energiát

igényel, és nagy rögök keletkezhetnek (DEXTER és BIRD 2001, BIRKÁS 2006a, KELLER et al. 2007). Az 1. táblázat a talajszerkezet jelentőségét foglalja össze.

1. táblázat: A talajszerkezet jelentősége (összefoglaló táblázat)

Jellemzők	Szerző
• a talajművelés egyik legfőbb célja a talajszerkezet pusztulásának szabályozása	PAGLIAI et al. (2004)
• meghatározó a növénytermesztés termelési színvonalának fenntarthatóságában	TÓTH (2001)
• a talajszerkezet az egyik legfontosabb tényező a növénytermesztés szempontjából: → mert meghatározza azt a mélységet, ameddig a gyökök eljutnak a talajban, → azt a vízmennyiséget, amelyet elraktározhat a talaj, → valamint a levegő, a víz és a talaj fauna mozgását.	HERMAVAN és CAMERON (1993), LANGMAACK (1999), PAGLIAI et al. (2004)
• a talajminőség szoros összefüggésben van a talajszerkezettel és az intenzív művelésű területeken bekövetkező környezeti károk túlnyomó többségével: az erózióval, az elsivatagosodással és a tömörödéssel való hajlammal, amelyek ezzel a talajszerkezet pusztulását okozzák	DEXTER (2002), PAGLIAI et al. (2004)
• az egyoldalú talajhasználat hosszútávon a talajszerkezet romlását idézi elő	BIRKÁS és GYURICZA (2004)
• a leromlott talajszerkezetre utal a por- és/vagy a rögfrakció nagy részaránya	RÁTONYI (2006)
• a talajtakarás jelentősen befolyásolja az aggregátumok stabilitását a 0-20 cm mélységben	BLANCO-C. és LAL (2007)
• a talajszerkezetre kedvező hatást gyakorol a talajkímélő művelés	KERTÉSZ (2006), BÁDONYI et al. (2008)
• a talaj nedves állapotban történő művelése a talajszerkezet károsodását eredményezheti, gyúrt-rögös marad a felszín;	DEXTER és BIRD (2001), BIRKÁS et al. (2006), KELLER et al. (2007)
• a talaj száraz állapotban történő művelése nagy energiát igényel, és nagy rögök keletkezhetnek	
• a talajszerkezet leromlása a talaj termékenységét korlátozhatja	VÁRALLYAY (2010b)

2.1.2. A talajellenállás

A talajellenállás a tömörödés relatív mértékét kifejező jelzőszám (GYURICZA et al. 1998). Hazai és külföldi szerzők vizsgálatai szerint akkor károsan tömör a talaj, ha a penetrációs ellenállása száraz (nem extrém száraz) állapotban 3,0 MPa értéknél nagyobb (HAKANSSON 1990, SOANE és VAN QUWERKERK 1994a, RÁTONYI 1999, cit. BIRKÁS és GYURICZA 2004). A tömörödés gátat szab a kedvező porozitás viszonyok, víz-

levegő arány, illetve mikrobiológiai élet kialakulásának, ami a tartós szerkezet, illetve beéredés feltétele is (SCHMIDT et al. 1998).

Az elmúlt évtizedekben és napjainkban is több hazai szerző (FENYVES 1996, SCHMIDT et al. 1998, DARÓCZI és LELKES 1999, RÁTONYI 1999, BIRKÁS 2000, GYURICZA 2000, KISS 2002, PERCZE 2002, SZÖLLŐSI 2003, GECSE 2005, BEKE 2006, UJJ 2006, LÁSZLÓ 2007, BENCSIK 2009, MIKÓ 2009) alkalmazta a talajellenállás mérését a talaj fizikai állapotának vizsgálatához, valamint a különböző talajművelési rendszerek talajállapotra gyakorolt hatásának összehasonlításához. A penetrométer segítségével a talaj ellenállása és aktuális fizikai állapota gyorsan és viszonylag pontosan meghatározható. A penetrométerrel mért talajellenállás értékek megbízhatóságát (becsült értékét) a mérőeszköz pontossága, a mérés végrehajtása és a kísérleti parcellákon belüli inhomogenitás határozza meg. A talajellenállás szórásának nagyságát jelentősen befolyásolja a szondakúp alapjának viszonylag kis területe, valamint a talajellenállással szoros kapcsolatban álló talajparaméterek (pl. nedvességtartalom) variabilitása (RÁTONYI 1999).

BEKE (2006) talajtömörödés és nedvességtartalommal kapcsolatos vizsgálatai során azt tapasztalta, hogy száraz években – a kisebb nedvesség miatt – általánosan nagyobbak a talajellenállás értékek.

UJJ (2004) köztes védőnövényekkel való vizsgálatai során megállapította, hogy a csapadék mennyisége és a gyomkorlátozás sikeressége nagymértékben befolyásolja a talaj ellenállását. Véleménye szerint csak az időben betakarításra kerülő védőnövény érvényesíti talajlazító hatását, ellenkező esetben a talaj hasznos vízkészletének felhasználásával talajtömörödésre számíthatunk.

RÁTONYI (1999) vizsgálatai szerint a talaj fizikai tulajdonságai jelentősen befolyásolják a termesztett növények növekedését, fejlődését. Vizsgálatai során a talaj penetrációs ellenállását a nedvességtartalom és a talaj tömörödöttségét tartalmazó kétváltozós lineáris regressziós egyenletekkel jellemezte. Megállapította, hogy a vizsgált nedvességtartományban, a nedvességtartalom csökkenésével a talajellenállás növekedett.

FABRIZZI et al. (2005) Argentínában vizsgálták a talaj fizikai tulajdonságait csökkentett és direktvetéses művelési rendszerekben. 1997 és 1999 között zajló kísérleteikben azt tapasztalták, hogy a talaj ellenállása és térfogattömege direktvetésnél (no-till) nagyobb volt, mint a csökkentett művelés esetén (minimum tillage). Ellenben SZALAI et al. (1995) a talajellenállási mérések alapján a direktvetés esetén tapasztalták a legtömödtebb állapotot a tenyészidő során. GYURICZA et al. (2004) ugyancsak direktvetés esetén mérték a legnagyobb térfogattömeg és talajellenállás értékeket a talaj felső 10-20 cm mélységében.

Nyolc éves ausztriai talajművelési kísérleteik alapját a bakhátas művelési rendszer, a hagyományos, forgatásos és a művelés nélküli direktvetéses technológiák összehasonlítása adta. LÁSZLÓ (2007) eltérő művelési rendszerek vizsgálata során azt tapasztalta, hogy direktvetésben egyedül a felszíni, 0-10 cm rétegben volt tömörebb a talaj a talajellenállás alapján, a művelt kezelésekkel összehasonlítva. A művelési mélység alsó határán a hagyományos művelésben mért talajellenállás érték jóval kisebb volt, mint a bakhátas kezelésben. 20 cm alatt a művelés nem okozott különbséget a talajellenállás értékek között. A direktvetés felszíni rétege alatt jelentkezett kis talajellenállás értékeket a bolygatatlan talajban kialakult kedvező körülményekkel magyarázta. A bakhátas művelésben a talajellenállás érték is utalt a művelőtalp réteg kialakulására. A hagyományos művelés a talajellenállás profilja alapján egyenletesen kedvező talajellenállást mutatott a talajszelvényben.

MIKÓ (2009) zöldtrágyanövényekkel folytatott vizsgálataival kimutatta, hogy a korábban mért nagyobb talajellenállás érték a bedolgozás után 2-3 hónap elteltével megszűnt, vagyis kifejezetten érvényesült a zöldtrágyázás pozitív hatása, és kedvezőbbé vált a talajállapot. A nagy és dús gyökérzetet adó növények talajba dolgozása után tapasztalta a legtömörebb talajállapotot a kontrol százalékában, viszont a bedolgozás után 3 hónappal e növények után vált legkedvezőbbé a talajállapot.

GYURICZA et al. (1998) öt talajművelési változatnál (lazítás+szántás, lazítás+tárcsázás, szántás, direktvetés, tárcsázás) penetrométerrel vizsgálták a talaj ellenállását. Azt tapasztalták, hogy adott kísérleti körülmények között a talajellenállás nagyságát elsősorban a művelési mélység és az alkalmazott művelőeszköz befolyásolta. Kísérletükben a leginkább szerkezetromboló eljárásnak a tárcsázás bizonyult.

A talajok fizikai állapotának romlását, a talajtömörödést, a természeti tényezők és az ember tevékenysége egyaránt kiválthatják, kialakulásáért elsősorban a gépesítés és a szakszerűtlen talajművelés felelős (RÁTONYI 1999). Hasonló megállapításra jutott BEKE (2006) is, véleménye szerint a tömődöttség a talajban természetes és mesterséges tényezők hatására alakulhat ki. A mesterséges tényezők közül több a nem megfelelő körülmények között és a nem megfelelő minőségben végrehajtott műveléssel függ össze (VIRÁG 2005, BEKE 2006). RADFORD et al. (2000), valamint HAMZA és ANDERSON (2005) szerint számos fontos talajtényezőre (pl. térfogattömeg stb.) káros hatással van a gépek által előidézett talajtömörödés. Mindezen tényezők potenciálisan csökkenthetik a gyökér lehatolását, a vízfelvételt és a növények növekedését (KIRKEGAARD et al. 1992, PASSIOURA 2002).

A talaj ellenállását leginkább befolyásoló tényező a talaj lazultsága, vagy tömörsége mellett az aktuális nedvességtartalma (RÁTONYI 1999, GYURICZA 2001b). A hazai és nemzetközi szakirodalom alapján a talajellenállás vizsgálatával kapcsolatos tapasztalatokat, észrevételeket a 2. táblázat foglalja össze.

2. táblázat: A talajellenállás vizsgálatával kapcsolatos eredmények (összefoglaló táblázat)

Tapasztalatok, észrevételek	Szerző
• károsan tömör a talaj, ha a penetrációs ellenállása száraz (nem extrém száraz) állapotban 3,0 Mpa-nál nagyobb	HAKANSSON (1990), SOANE és VAN QUWERKERK (1994a), RÁTONYI (1999), BIRKÁS és GYURICZA (2004)
• adott kísérleti körülmények között a talajellenállás nagyságát elsősorban a művelési mélység és az alkalmazott művelőeszköz befolyásolta	GYURICZA et al. (1998)
• a tenyészidő során direktvetéskor legtömődöttebb az állapot és legnagyobb a talajellenállás értéke	SZALAI et al. (1995), GYURICZA et al. (2004)
• a talajellenállás szórását jelentősen befolyásolja → a szondakúp alapjának viszonylag kis területe, → valamint a talajparaméterek (pl. nedvességtartalom) variabilitása • a vizsgált nedvességtartományban a nedvességtartalom csökkenése növelte a talajellenállás értékeket • száraz években a kisebb nedvesség miatt általánosan nagyobbak a talajellenállás értékek	RÁTONYI (1999), BEKE (2006)
• befolyásoló tényezők: a csapadék mennyisége és a gyomkorlátozás sikeressége	UJJ (2004)
• a talaj ellenállása és térfogattömege direktvetésnél (no-till) nagyobb, mint a csökkentett művelés esetén (minimum tillage)	FABRIZZI et al. (2005)
• a bakhátas művelésben a talajellenállás érték utal a művelőtalp réteg kialakulására	LÁSZLÓ (2007)
• a korábban mért nagyobb talajellenállás érték a bedolgozás után 2-3 hónap elteltével csökkent → kifejezetten érvényesült a zöldtrágyázás pozitív hatása, és kedvezőbbé vált a talajállapot	MIKÓ (2009)

2.1.3. A talaj nedvességtartalma

A talaj nedvességtartalma térben és időben egyaránt jelentős mértékben változik (STEFANOVITS 1992). SOANE és OUWERKERK (1994b) szerint a talajtömörödést leginkább befolyásoló tényező a talaj nedvességtartalma. A csapadék a talaj

nedvességtartalmán keresztül befolyásolja a taposás és a tömörödés kialakulását. A sok csapadék által átnedvesedett talaj könnyen és mélyrehatóan tömörödik. Ha a betakarítási és művelési időben hullott csapadék (hazai viszonyok között) a sokévi átlagnál $\geq 50\%$ -kal több, a tömörödés kialakulásának veszélye igen nagy (VIRÁG 2005).

BIRKÁS és GYURICZA (2004) a talajhasználatra jellemző nedvességtartalmat Gödöllőn 12 év, Hatvanban 3 év átlaga alapján hasonlították össze. Azt tapasztalták, hogy ahol a szántott talajok felszínét nem fedte tarlómaradvány, ott a nedvességtartalom alakulását a felszín elmunkáltsága vagy nyitva hagyása befolyásolta. Véleményük szerint a nedvességtartalom és a talajállapot a nedvesség veszteség mértékét illetően is kölcsönhatásban van. A kedvezőtlen talajállapot a csapadék talajba jutását, és a talajban lévő nedvesség hasznosulását is akadályozza. A talaj nedvességveszteségét enyhítő tényezők közé sorolják a talaj nedvességforgalmának javítását és fenntartását a megfelelő talajállapot révén, a bolygatott talaj felületének a csökkentését, a felszín takarását, valamint a talajbolygatások számának az optimalizálását. MULUMBA és LAL (2008) is azt tapasztalták kísérleteik során, hogy a talajtakarás (mulcs) növelte a talaj nedvességtartalmát. GYURICZA et al. (2004) szerint a talajművelés egyik legfontosabb célja a talajban lévő nedvesség megőrzése, illetve a veszteség csökkentése a fizikai, kémiai és biológiai folyamatok zavartalan működése érdekében.

RÁTONYI (1999) a talaj fizikai állapotának vizsgálatához nedvességmérővel kombinált penetrométert használt. Vizsgálatai során azt tapasztalta, hogy a vizsgált nedvességtartományban, a nedvességtartalom csökkenésével a talajellenállás növekedett.

BEKE et al. (2007) talajállapot-vizsgálataik során azt a következtetést vonták le, hogy adott termőhelyen, azonos művelés esetén a penetrációs ellenállás szoros összefüggést mutat a felszínre érkező csapadék mennyiségével és ezzel összefüggésben a talaj nedvességtartalmával.

LÁSZLÓ (2007) úgy véli, hogy a csapadék mennyisége nagymértékben befolyásolja a művelési rendszerek talajtulajdonságokra kifejtett hatását. A talajművelési rendszerek és a felső talajréteg nedvességforgalma között szoros összefüggést mutatott ki. Azt tapasztalta, hogy a felszínközei rétegben a nedvességveszteség a direktvetésben a legkevesebb. Véleménye szerint a kedvező eredmény a növényi maradványoknak köszönhető.

Hasonló eredményre jutottak KARLEN et al. (1994), akik 12 éves tartamkísérletben vizsgálták a direktvetéses, a forgatás nélküli (kultivátoros) és forgatásos talajművelési rendszereket. Megállapították, hogy a gravimetriás talajnedvesség mértéke a felszín közeli

rétegében (5 cm) a direktvetésnél bizonyult a legnagyobbnak, a legkevesebb talajnedvességet pedig a hagyományos művelés során tapasztalták.

A hazai szakirodalomban már a XX. század közepe táján megoszlottak a vélemények azzal kapcsolatban, hogy a sekély vagy a mélyművelés alkalmasabb-e a talajban lévő nedvesség megőrzésére. MANNINGER et al. (1940) a szántás és a sekély művelés összehasonlításakor arra a következtetésre jutottak, hogy száraz időben az őszi vetésű növények talaj-előkészítésekor, amennyiben kellő időben és megfelelő talajféleségen a sekély talajművelés eszközeit a henger tömörítő hatásával kombinálják, akkor az őszi kalászosok termésének növekedése mellett előnyösen befolyásolhatóak a termőtalaj vízgazdálkodása és anyagcsere körfolyamatai is.

PUSZTAI (1961) a talajnedvesség- és vetésmélység vizsgálatai alapján cáfolta, hogy a Manninger-féle művelés után a talaj nagyobb nedvességtartalma miatt egyenletesebb és gyorsabb az őszi búza kelése. Véleménye szerint ennek oka, hogy az így előkészített talajban egyenletesebb a vetés és a szemek mélyebbre kerülnek. Kétéves modellkísérlet eredménye alapján azt is megállapította, hogy a talaj nedvességtartalmát, kultúrnövény nélküli területen, elsősorban a gyomok csökkentik. A talajfelszín sekély lazításának – véleménye szerint – nincsen hatása, a talaj mélyebb művelése viszont hozzájárul az alsóbb szintek nedvességtartalékának a megőrzéséhez.

Több szerző (BEKE 2006, LÁSZLÓ 2007, MIKÓ 2009) talajállapot-vizsgálataik során arra a következtetésre jutott, hogy a talajnedvesség értékét nagymértékben befolyásolja az évjárat. A 3. táblázat összefoglalja a talajnedvesség-vizsgálatokkal kapcsolatos eredményeket.

3. táblázat: A talajnedvesség vizsgálatával kapcsolatos eredmények (összefoglaló táblázat)

Tapasztalatok, észrevételek	Szerző
• az őszi vetésű növények talaj-előkészítésekor a sekély talajművelés eszközei hengerrel kombinálva → növelhetik a termést és javíthatják a termőtalaj vízgazdálkodását és anyagcsere körfolyamatait	MANNINGER et al. (1940)
• a talaj nedvességtartalmát kultúrnövény nélküli területen elsősorban a gyomok csökkentik • a talajfelszín sekély lazításának nincsen hatása, viszont a talaj mélyebb művelése hozzájárul az alsóbb szintek nedvességtartalmának a megőrzéséhez	PUSZTAI (1961)
• talajvédő művelésnél a felszín közelében nagyobb a nedvességtartalom, mint hagyományos művelésnél	LAL (1976), KLADIVKO et al. (1986)
• a talaj nedvességtartalma térben és időben egyaránt jelentős mértékben változik	STEFANOVITS (1992)
• a talajtömörödést leginkább a talaj nedvességtartalma befolyásolja	SOANE és OUWERKERK (1994b)
• a gravimetriás talajnedvesség mértéke a felszín közeli rétegében (5 cm) a direktvetésnél a legnagyobb, • a talajnedvesség a hagyományos művelésben a legkevesebb	KARLEN et al. (1994)
• a vizsgált nedvességtartományban a nedvességtartalom csökkenésével növekedett a talajellenállás	RÁTONYI (1999)
• a csapadék a talaj nedvességtartalmán keresztül befolyásolja a taposás és a tömörödés kialakulását	VIRÁG (2005)
• a tarlómaradvány nélküli szántott talaj nedvességtartalmát a felszín elmunkáltsága vagy nyitva hagyása befolyásolta	BIRKÁS és GYURICZA (2004)
• a talajban lévő nedvesség megőrzése, illetve a veszteség csökkentése fontos talajművelési cél	GYURICZA et al. (2004)
• a talajnedvességhez alkalmazkodás elmaradása porosodáshoz vezethet	BIRKÁS (2005)
• a penetrációs ellenállás szoros összefüggést mutat a felszínre érkező csapadék mennyiségével és ezzel összefüggésben a talaj nedvességtartalmával	BEKE et al. (2007)
• a talajművelési rendszerek és a felső talajréteg nedvességforgalma között szoros az összefüggés	LÁSZLÓ (2007)
• direktvetésnél a kisebb mértékű evaporáció nagyobb mennyiségű talajnedvességet eredményezett	VITA et al. (2007)
• a talajtakarás (mulcs) növelte a talaj nedvességtartalmát	MULUMBA és LAL (2008)
• a művelési rendszerek szignifikánsan befolyásolják a talaj változó fizikai tulajdonságait, különösen a talaj nedvességtartalmát	CZYZ és DEXTER (2008)
• az évjárat nagymértékben befolyásolja a talajnedvesség értékét	BEKE (2006), LÁSZLÓ (2007), MIKÓ (2009)

2.2. A művelés minőségét befolyásoló tényezők

A talajművelés megkezdése előtt a növénytermesztés eredményessége érdekében célszerű néhány tényezőt figyelembe venni. A talajművelés minőségét nagymértékben

befolyásolja a növények talajállapot igénye, a növényzet, az állandó és változó talajtényezők, valamint a talajművelés hatástartama.

2.2.1. A növények talajállapot igénye és a növényzet hatása a művelés minőségére

A növények megfelelő fejlődéséhez olyan, az adott növény szempontjából kellő mélységig lazult, és tömör rétegektől mentes talajállapot kialakítására van szükség, ahol a magvak csírázása és kelése jól aprózódott, nyirkos állapotú magágyban biztosított. A növény magágy igényének kialakításakor tekintettel kell lenni a növényfajra jellemző gyökérnövekedésre, a művelés során alkalmazott mélyítés módjára és nem utolsósorban a talajvédelemre (BIRKÁS 1996).

A növények talajállapot igénye fizikai paraméterekkel jól kifejezhető, ezek alapján a növényekre és a környezetre gyakorolt hatás előre jelezhető (4. táblázat).

4. táblázat: A növények talajállapot igénye fizikai paraméterek megadásával (BIRKÁS 2001b)

Talajállapot	Talajfizikai paraméterek			Hatás a	
	Térfogattömeg (g.cm ⁻³)	Összes pórustérfogat (%)	Talajellenállás (Mpa)	növényekre	környezetre
Kedvező	1,20-1,50	47-52	1,50-2,50	kedvező	kedvező
Túlzottan laza	0,65-0,95	60-65	< 1	kedvezőtlen	el/lehordható
Művelőtalp tömörödés, taposás	≥ 1,55	≤ 36-38	≥ 3 (4,0-6,0)	gátlás	vízpangás a réteg felett
Hántatlan tarló	1,50-1,58	38-40	3,0-3,50	kedvezőtlen	talajvédő
Lazítás (a lazítás mélységéig)	1,0-1,30	48-52	1,15-1,25	jobb gyökerezés	kedvező vízforgalom
A növények magágy igénye	1,15-1,35	47-52	1,15-1,45	kedvező	függ a felszíni fedettségtől
A növények igénye (10-30 cm)	1,30-1,45	46-48	1,85-2,85	kedvező	kedvező vízforgalom

A termesztett növények és a gyomok a talaj vízkészletének felhasználása, a gyökerezésük mélysége, gyökérzetük tömege és minősége, illetve a föld feletti részek tömege és apríthatósága révén befolyásolják a talaj állapotát.

A tarló- és gyökérmaradványok szerkezetképzésre alkalmas anyagok, ezért célszerű azokat a talajba juttatni. A tarlómaradványok a talaj takarására is felhasználhatóak a

nedvességveszteség csökkentésének, a biológiai tevékenységek előmozdításának és fenntartásának, valamint a művelhetőség javításának az érdekében (BIKRÁS 2006). A talaj tarlómaradványokkal történő takarása (mulcs) – a kímélő műveléssel összhangban – a talaj védelmét szolgálja. SCHMIDT (2011) úgy véli, hogy a növényzet szerepe különösen jelentős, mert csökkenti az esőcseppek becsapódási (kinetikai) energiáját, és jelentős mennyiségű vizet fog fel, tárolja, vagy késlelteti részvételét az erodálás folyamatában.

A tarlómaradványok égetése több szempontból is káros volta miatt nem ajánlott és az Európai Unió tagországaiban néhány növényvédelmi ok kivételével alkalmazása tilos is.

2.2.2. Az állandó és változó talajtényezők hatása a művelés minőségére

STEFANOVITS (1992) szerint a talajtulajdonságok és a talajban bekövetkező változások jelentős hatást gyakorolnak a művelés módjára, idejére és eredményességére. A talajművelés minőségét állandó és változó talajtényezők egyaránt befolyásolják. Az állandó tényezők csak hosszú időszak alatt változnak. Ide sorolható: a talaj sűrűsége, a talaj kötöttsége, fizikai félesége, a talaj konzisztencia jelenségei (szilárdság, képlékenység, viszkozitás, tapadás), a talaj szerves anyaga és a talaj biológiai, kémiai tulajdonságai.

A talaj térfogattömege, pórustérfogata, ellenállása, nedvességtartalma, szerkezete, a talaj agronómiai (kultúr-) állapota és hordképessége a művelést befolyásoló, változó talajfizikai tényezők közé sorolható (BIRKÁS 1996, 2001b, 2006a, SCHMIDT 2011).

2.2.2.1. Az állandó talajtényezők hatása a művelés minőségére

A talaj sűrűsége hézagmentes, egységnyi térfogatú, abszolút száraz talaj tömege. Határértékei: 2,40-2,70 g.cm⁻³ (BIRKÁS 1996, 2001b). Ha nem áll módunkban meghatározni a talaj sűrűségét, akkor jó közelítéssel alkalmazhatjuk az átlag sűrűséget, amelynek értéke: 2,65 g.cm⁻³ (GYŐRI et al. 1990). A talaj sűrűségének meghatározása közvetlen méréssel nem megoldható, mert a „teljesen tömör”, hézagmentes talaj még nagyobb nyomás alkalmazásával sem valósítható meg. A talajok sűrűség értékei – ellentétben a térfogattömeggel – nem nagyon térnek el egymástól. A talaj sűrűségét a nagyobb humusztartalom csökkenti (GYŐRI et al. 1990).

A talaj kötöttsége (K_A), fizikai félesége a talajrészecskék közti kohézió és a talaj agyagtartalma szerint befolyásolja a művelhetőséget (BIRKÁS 2006a). Általában annál nehezebb a talaj művelése és nagyobb energiát igényel a talajművelő eszközök működtetése, minél nagyobb a talaj agyagtartalma (STEFANOVITS 1992).

STEFANOVITS (1992) hangsúlyozza, hogy a kötöttség a talajnak az a tulajdonsága, amely megszabja a művelhetőséget, a műveléshez szükséges vonóerőt, de a kötöttség nem azonos a fizikai talajféleséggel, csupán a kötöttség egyik tényezője.

GYŐRI et al. (1990) szerint a talajok kötöttsége, vagyis a művelő eszközökkel szembeni ellenállása a talaj szerkezetétől, a talaj nedvességi állapotától, valamint a talajban lévő kolloidok mennyiségétől és minőségétől függ.

STEFANOVITS (1992) is hangsúlyozza a talajkolloidok közötti nagy különbséget és véleménye szerint fontos azok talajban található aránya. Amíg a montmorillonitos talajokra a nagy tapadás jellemző, addig a kaolinites vagy a több vas-oxihidrárt tartalmazó talajok kevésbé tapadnak a munkaeszközökön.

Az 5. táblázat hazai szerzők osztályozása szerint mutatja be az Arany-féle kötöttségi szám értékét az egyes fizikai talajféleségeknél.

5. táblázat: Az Arany-féle kötöttségi szám értéke az egyes fizikai talajféleségeknél Győri et al., Stefanovits és Michéli et al. szerint (GYŐRI et al. 1990, STEFANOVITS 1992, MICHÉLI et al. 2006)

GYŐRI et al. féle osztályozás		STEFANOVITS féle osztályozás		MICHÉLI et al. féle osztályozás	
Fizikai talajféleség	Kötöttségi szám (K_A)	Fizikai talajféleség	Kötöttségi szám (K_A)	Fizikai talajféleség	Kötöttségi szám (K_A)
Homok	< 30	Durva homok	< 25	Durva homok	< 25
Könnyű vályog	30-37	Homok	25-30	Homok	25-30
Vályog	37-42	Homokos vályog	31-37	Homokos vályog	30-38
Nehéz vályog	42-50	Vályog	38-42	Vályog	38-42
Agyag	50-60	Agyagos vályog	43-50	Agyagos vályog	42-50
Igen kötött agyag	60 <	Agyagos	51-60	Agyagos	50-60
		Nehéz agyag	61-80	Nehéz agyag	60 <

A **konzisztencia** azokat a jelenségeket foglalja magában, amelyek alakváltozással járnak a talaj-víz rendszerben (STEFANOVITS 1992). A konzisztencia jelenségek hatása kedvező, ha túlzott energiaráfordítás és szerkezetkárosítás nélkül változtatható meg a talaj állapota (BIRKÁS 1996). A talaj szervesanyag- és nedvességtartalma befolyásolja a talaj konzisztencia jelenségeket (BIRKÁS 2001b). Ha növekszik a talaj nedvességtartalma, a talaj tapadóssá majd pépessé válik, ha csökken a nedvességtartalom a talajban, akkor szilárdabb, rögzesebb lesz (BIRKÁS 2006a).

A **talaj szervesanyag-tartalmának** növekedése előnyösen hat a talaj fizikai tulajdonságaira (SCHMIDT 2011), amely pozitívan befolyásolja a hordképességet, a művelhetőséget és a művelés hatástartamát. A szerves anyag mennyiségének növekedésével

nagyobb lesz a művelhetőség nedvességtartománya, ezáltal tágabb nedvességtartomány között érhető el a jobb művelési minőség (BIRKÁS 1993).

A talaj biológiai élete meghatározó a művelés minősége szempontjából. BIRÓ (2005) szerint a mikro-, mezo- és makroméretű élőlények fontos szerepet töltenek be a talajban lezajló lebontási és építő folyamatok során. A körfolyamat a növényi részek aprításától és a talajszemcsékkel való keverésétől kezdve a nyálkaanyagok által stabilizálódott, és így erózióknak jobban ellenálló talajszemcséken át a mikrobák enzimatisz aktivitása által meghatározott ásványosítási, dekompozíciós folyamatokig tart. A talajélet fontos alkotóit a talajflórája (baktériumok, sugárgombák, mikroszkopikus gombák, algák) és a talajlakó állatok, a talajfauna-elemek jelentik. Több hazai (STEFANOVITS 1992, GYURICZA 2000, GYURICZA 2001b, BIRKÁS és GYURICZA 2004, GYURICZA et al. 2004, LÁSZLÓ 2007, KERTÉSZ et al. 2010) és külföldi szerző (TEBRÜGGE és DÜRING 1999, WOLTERS 2000, STOATE et al. 2001, HOLLAND 2004) felhívja a figyelmet a földigiliszták talajállapotr gyakorolt kedvező hatására.

A talaj egyes kémiai tulajdonságai a művelhetőségre közvetett hatással vannak (BIRKÁS 1993, 1996, 2001b, 2006a). MICHÉLI et al. (2006) megállapítják, hogy a vízben oldható sók mennyisége és minősége, a kolloidkémiai reakciók, a kémhatás és a redoxi feltételek nem csak a talaj kémiai tulajdonságait határozzák meg, hanem ezek jelentősen befolyásolják a talaj vízzel szembeni viselkedését, szerkezetét és a talajba került különféle anyagok (pl. tápanyagok, szennyezőanyagok) sorsát is. A talaj kémhatása nem csak a talajon élő növények életére, hanem a talajban élő mikroszervezetek tevékenységére is nagy hatással van, ezért nagymértékben befolyásolja a szerkezetképződést.

STEFANOVITS (1992) szerint a kémhatás azt jelenti, hogy valamely oldatban vagy szuszpenzióban milyen a hidrónium- és hidroxilionok aránya. A pH-érték a kémhatás kifejezésére szolgál és az oldat hidrogénion-koncentrációja logaritmusának negatív értéke. A növények megfelelő tápanyagfelvételéhez és a zavartalan mikrobiológiai tevékenységhez a semleges körüli kémhatás a legmegfelelőbb (MICHÉLI et al. 2006).

2.2.2.2. A változó talajtényezők hatása a művelés minőségére

A változó talajtényezők természetes (pl. időjárás) és mesterséges (pl. alkalmazott agrotechnika) körülmények hatására pozitív és negatív irányban egyaránt módosíthatják a talaj fizikai állapotát.

A térfogattömeg és a talaj pórustérfogata (összporozitás, P%) a talaj lazult vagy tömör állapotát mutatja. A térfogattömeg és a pórustérfogat határértékeit, jellemzőit a 6.

táblázat szemlélteti. BIRKÁS (2006a) szerint a talaj térfogattömege növekedhet, pórustérfogata csökkenhet:

- természetes úton,
- művelési hibából vagy művelés céljából
- és degradáció miatt.

6. táblázat: *A térfogattömeg és pórustérfogat határértékei és jellemzői* (BIRKÁS 2001b nyomán)

	Térfogattömeg határértékei (0,80-1,80 g.cm ⁻³)	A talaj tömörebb vagy lazult állapota befolyásolja:	Pórustérfogat határértékei (25-70 %)	A talaj pórustérfogata befolyásolja:
Tarló:	≥ 1,50 g.cm ⁻³ (tömör állapot)	A porozitást, a légjárhatóságot, a víz- és hőgazdálkodást, a biológiai folyamatokat és a növények fejlődését.	≤ 40 %	A vízáteresztést, vízvisszatartást, vízforgalmat, a levegőtartalmat, a levegő- és hőforgalmat, a mikroflóra tevékenységét és a gyökér (növény) fejlődését.
Művelés:	0,80-1,20 g.cm ⁻³ (laza állapot)		50-70 %	
Magágy:	1,15-1,35 g.cm ⁻³ (közepesen laza állapot)		48-52 (54) %	

TEBRÜGGE és DÜRING (1999) Németországban három művelési rendszer (hagyományos, csökkentett, direktvetés) hatását vizsgálták a talaj állapotára. Vizsgálataik során azt tapasztalták, hogy a talaj felsőbb rétegének térfogattömege hagyományos művelésnél kisebb volt, mint csökkentett művelésnél és direktvetésnél. Ezzel megegyezően KLADIVKO et al. (1986) és MORENO et al. (1997) is nagyobb térfogattömeget tapasztaltak talajkímélő művelés során, mint hagyományos művelésnél. RASMUSSEN (1999) megállapítása szerint közvetlenül a forgatás (szántás) nélküli talajművelés mélysége alatt a talaj térfogattömege növekszik, porozitása csökken – különösen a 10-15 cm mélységben.

A talaj agronómiai (kultúr-) állapota meghatározó a művelés minősége szempontjából. Amikor a talaj fizikai, biológiai és kémiai állapota harmóniában van egymással, a művelés kevesebb energiával és talajkárosítással hajtható végre (javul a művelhetőség). SCHMIDT (2011) szerint a jó kultúrállapotú talajra jellemző tulajdonságok az alábbiak:

- kedvező levegő, víz- és hőforgalom,
- morzsás szerkezet (kivétel a homok és a szikes talaj),
- nem fordulnak elő a talajban tömör rétegek,
- aktív biológiai élet,
- kedvező a biokémiai folyamatok hatása a növényekre,

- a szerves anyag gyarapodása, valamint a bomlás egyensúlyban van,
- megfelelő szintű a kémiai anyagokkal szembeni pufferképesség,
- a művelőgépek mechanikai károsítása gyengén érvényesül.

A **talaj hordképességét** szintén a változó talajtényezők között tartják számon, befolyásolja többek között a talaj szerves anyaga (SCHMIDT 2011) és biológiai tevékenysége (SULYOK 2005, LÁSZLÓ 2007).

A **talaj nedvességtartalma, ellenállása és szerkezete**, mint változó talajfizikai tényezők a 2.1. *A kedvező talajállapot jellemzése* c. fejezettrészben kerültek bővebb kifejtésre.

2.2.3. A talajművelés hatástartama

A művelés hatástartamát a talaj fizikai, kémiai tulajdonságai, a műveléskori talajállapot, a művelés mélysége, módja, minősége, a talajhasználat és a termesztési technológiák, valamint az időjárás befolyásolják (BIKRÁS 2006a). Laza, kötött és közép-kötött talajok művelésének hatástartama jelentősen eltérő:

- A kolloidban szegény laza talajokon a tartós szerkezet és a szerves anyag hiánya miatt rövid a hatástartam (BIRKÁS 2001b).
- Közép-kötött talajokon a művelés optimális nedvességtartománya már szélesebb, ezért hosszabb a művelés hatástartama (BIRKÁS 2006a).
- A kötött talajok művelésének hatástartamát az agyagtartalom, a talaj adott időpontban való állapota és a művelés módja befolyásolja (BIRKÁS 2001b, 2006a).

A hatástartam megőrzése érdekében fontos a talaj- és terepviszonyokhoz alkalmazkodó munkagépek helyes megválasztása, valamint a művelési beavatkozások kifogástalan minősége (SCHMIDT 2011), amelyre a talajművelés során a környezet védelme érdekében és az ökonómiai költségek csökkentése miatt is célszerű törekedni. Az időjárási tényezők közül a művelés hatástartamát leginkább befolyásoló tényezők a csapadék, a hő, a szél, a termőhely hidrológiai viszonyai és a talajvíz felszíntől való távolsága.

BIRKÁS (2006a) tömör és egyben összefoglaló megfogalmazása szerint a művelés hatástartama a talaj- és időjárási tényezőktől, az alkalmazott eszközök és módszerek hatékonyságától, valamint a tényleges mélység és minőség összhangjától függ.

2.3. A talajtermékenység fenntartásának fontossága

„Őrizd meg a talaj termékenységét, és ha lehet, még növeld tovább!” – olvashatjuk a stefanovitsi „talajtani tízparancsolat” egyikét (VÁRALLYAY 2001b, 2005, 2010c).

VÁRALLYAY (1981) még az 1980-as évek elején felhívta a figyelmet a talaj vízgazdálkodását szabályozó beavatkozások megkülönböztetett jelentőségére. Úgy vélte, hogy a talajtermékenység megőrzésének és fokozásának, a növényi terméshozamok növelésének ez lesz az egyik kulcskérdése. A talajok termékenységét gátló tényezők többsége a talajok vízháztartásához kötődik (MAKÓ és TÓTH 2007). A talaj termékenységének egyik legfontosabb tényezője a talaj vízgazdálkodása (VÁRALLYAY 1973). A talaj sokoldalú funkcióinak zavartalanságában, termékenységében megkülönböztetett szerepe van a talaj vízgazdálkodásának. A talaj vízháztartása meghatározza a talaj levegőgazdálkodását, hőgazdálkodását, biológiai tevékenységét és tápanyag-gazdálkodását is (VÁRALLYAY 2005).

A talaj három specifikus tulajdonsággal rendelkezik (VÁRALLYAY 2010a): megújuló képessége és multifunkcionalitása mellett termékenysége az egyik legfontosabb tulajdonsága. A talajtermékenység SCHMIDT (2011) megfogalmazása szerint a talaj belső, potenciális képessége, amely annak színvonalától függően különböző mértékben hasznosítja az alkalmazott termesztéstechnikai ráfordításokat és egyéb külső befolyásokat. PUSZTAI (1961) szerint a termékeny talaj alapvető jellemvonása az a tulajdonság, hogy a növény életében állandóan és megszakítás nélkül biztosítja víz- és tápanyagigényének maximális kielégítését.

A talaj fizikai és kémiai tulajdonságai, különösen a víztartalom, továbbá a szervesanyag-mennyiség, kötöttség, pH-viszonyok és a mikrobiológiai aktivitás, valamint a talajtermékenység között szoros összefüggés mutatható ki. Azokban a talajokban, amelyek vízzel kellőképpen ellátottak, a kiegyensúlyozottabb nedvesség- és tápanyagellátás miatt fokozódik a talajok mikrobiális tevékenysége, biológiai aktivitása és a fajok közötti, populáción belüli sokfélesége is, amely különösen fontos a talajok sokirányú működőképességének a fenntartásához (BIRÓ 2005).

A talajok termékenységét minden olyan tényező leronthatja, amely túlzott vagy nem elegendő mértékben jelenik meg. Ezek lehetnek fizikai, kémiai és biológiai jelenségek vagy ezek együttese: túl kötött talaj, tömődöttség, túl laza talaj, fölösleges víz, levegőtlen viszonyok, vízhiány, nagy mennyiségű kő jelenléte, túlzott savanyúság, szikesedés, sekély termőréteg, talajszennyezés (FÜLEKY és RAJKAINÉ 1999).

VÁRALLYAY (2010b) szerint a talaj termékenységét különböző talajdegradációs folyamatok korlátozhatják úgy, mint a víz vagy szél okozta erózió, a savanyodás, a szikesedés, a talajszerkezet leromlása, a tömörödés, a nedvességhorgalom szélsőségessé válása, a növényi tápanyagok és szennyező anyagok biogeokémiai körforgalmának

kedvezőtlen irányú megváltozása, a pufferkapacitás csökkenése vagy a biodiverzitás és talajélet csökkenése.

A korábbi földművelési rendszerekben a talajtermékenység helyreállítását a természeti folyamatokra bízták, ma viszont főleg emberi tevékenység – trágyázás, műtrágyázás, öntözés, talajjavítás, stb. – révén történik a talaj termékenységének helyreállítása (SCHMIDT 2011).

A talajok termékenységéhez a szerves anyagok védelme és megóvása elengedhetetlen. Természetes viszonyok között a talajok szerves anyag tartalmának 1-2%-a bomlik le évente, de ez a szám a gyakori művelési eljárásokkal, talajbolygatással fokozódik, mivel az aerob mikrobiális aktivitás is intenzívebb lesz (BIRÓ 2005).

A talaj termékenységét szántóföldön elsősorban a szervesanyag-tartalom határozza meg (KISMÁNYOKY 2010). A talaj szerves anyaga – a humusz – a biológiai folyamatok anyag- és energiatartaléka, salakanyaga és mellékterméke. A termékeny talaj kalciummal telített, humusza jó minőségű, morzsás szerkezetű, és tápanyagokban ellátott. A humuszanyagok a talajok szerkezetének kialakulását, a talaj tápanyag-gazdálkodását, valamint a talaj hő- és nedvességforgalmát döntően befolyásolják (BIRKÁS és SZEMŐK 2002). A talaj szerves anyaga egy stabil és egy labilis részre osztható. Amíg a stabil rész csak kismértékben változik, addig a talaj művelésbe vonásával a szerves anyagot a labilis rész lebomlásán keresztül nagymértékű csökkenés éri. A lebontható frakció mennyisége közvetlenül utal a talaj termékenységére (BANKÓ 2008).

STEFANOVITS (1992) hangsúlyozza, hogy a szerkezetképződés szempontjából fontos a szerves anyag minősége is. Véleménye szerint, ha a talajba jutó szerves anyag minőségét a szerkezetképződést elősegítő hatás szempontjából rangsoroljuk, akkor az alábbi növekvő sorrendet állíthatjuk fel: tarló- és gyökérmaradványok, zöldtrágya, istállótrágya, komposzt. A talaj szerves anyag tartalmának megfelelő szintje biztosítja a termőképességet, és a szén (C) megkötése által minimalizálja a mezőgazdaság környezetre gyakorolt hatását – csökkentve a talajeróziót és megőrizve a biodiverzitást (SIX et al. 2002).

ÁNGYÁN és MENYHÉRT (1988) úgy vélik, hogy azok a beavatkozások, amelyek javítják a talaj humuszháztartását, meghatározó szerepet játszanak a talajtermékenység kialakulásában és fenntartásában. A 7. táblázat foglalja össze a szerves anyagoknak a talaj termékenységére gyakorolt hatását.

7. táblázat: A humusz hatása a talajtermékenységre (KOEPP et al 1980 nyomán ÁNGYÁN és MENYHÉRT 1988)

1. A talaj szerves anyagai:	Növényi maradványok ↓ Állati melléktermékek ↓ Talajélet / \	
	Táphumusz, szervestrágyák	Tartóshumusz
	Táplálja a talajéletet.	Állandó, a talajásványokhoz kötődik.
2. Hatása a növények tápanyagellátására:	A talajélet nitrogént köt meg a levegőből, a táphumusz a mineralizálódás során ásványi agyagokat bocsát ki, az ásványokból tápanyagokat tár fel.	Tartalékokat képez, lassan feltáródva tápanyagokat ad le. Felvehető tápanyagokat tárol, megakadályozza azok kimosódását.
3. Hatása a talaj és a növény egészségi állapotára és minőségére:	Hatóanyagokat, növényi hormonokat, antibiotikumokat szállít, növeli a biológiai aktivitást, ez visszaszorítja a kártevőket és kórokozókat.	Sokoldalú hatóanyagkaraktere van, növeli a biológiai aktivitást, a fajgazdag mikrobiális tevékenység helye, ez visszaszorítja a kártevőket és kórokozókat.
4. Hatása a talaj szerkezetére:	A talajélet hozzájárul a talajszerkezet kialakulásához és stabilizálódásához.	A laza talajokat kötöttebbé teszi, javítja vízgazdálkodásukat, a kötött talajokat fellazítja, javítja levegő- és hőgazdálkodásukat, morzsalékos szerkezetet képez.

DICKEY et al. (1994) hosszú távú kísérletben vizsgálták eltérő művelési rendszerek hatását a talajtényezőkre és a termésmennyiségre. A talaj szerves anyag tartalmára vonatkozóan megállapították, hogy a tíz éven keresztül alkalmazott direktvetés esetén nagyobb volt a szerves anyag mennyisége, mint a hagyományos, szántásos művelési rendszerben.

HUISZ et al. (2006) a SZABÓ (1992) által megfogalmazottak alapján összefoglalták a talajművelési eljárások hatását a talaj szerves anyagára vonatkozóan. Összegzésükben hangsúlyozzák, hogy a különböző művelési eljárások eltérő mértékben módosítják a talaj szerves anyagát befolyásoló fizikai körülményeket. Szántás során a talajrétegek cseréjével a felszíni, jól átlevégőzt, oxigénben gazdag talajréteg a barázda aljára, oxigénben szegényebb környezetbe kerül. A korábbi felszíni réteg aerob mikrobaközössége számára kedvezőtlen, anaerob körülmények közé kerül és elpusztul, így a szerves anyag bomlása lassul. A lazítás, mivel intenzíven nem levegőzteti át a talajt, nem okozza a szerves anyag gyors bontását, kíméli a talaj szerves anyagát. A szakszerűen végzett tárcsázás során sem következik be gyors

szerves anyag bontás, mivel az aerob mikrobák serkentése visszafogott marad. Szántóföldi kísérletükben igazolták a fentieket, amely szerint a hagyományos sokmenetes, intenzív művelés során az aerob mikrobiális légzési folyamatok következtében csökken a talaj szerves anyag mennyisége. SZEGLI et al. (2004) is hasonló eredményre jutottak: reológiai mérésekkel igazolták, hogy a szerves anyag által kialakított szerkezet nagyon érzékeny a bolygatásra. BIRKÁS (2005) szerint a szerves anyagban elszegényedett talaj művelhetőségi nedvességtartománya szűk, amely a művelési hibák elkerülésének esélyét, valamint az alkalmazkodás lehetőségeit csökkenti.

A kémhatás a talaj termékenységét ugyancsak nagymértékben meghatározó tulajdonság (BANKÓ 2008), amely természetes körülmények között is változik. A pH növekszik a sekély talajvízű és lúgosan hidrolizáló sókat tartalmazó rendszerekben, és csökken a nagy csapadékú hegy- és dombvidékek erdei alatt (SZŰCS és SZŰCS Mné 2003).

TÓTH (2001) kísérleti eredményei alapján – amennyiben a talajtermékenység fenntartása a cél – vetésforgók alkalmazását javasolja. Kísérleteiben a keszthelyi Ramann-féle barna erdőtalajon a vetésforgók talajának szerves anyag (humusz) tartalma jelentősen meghaladta a kukorica monokultúra talajának szerves anyag (humusz) tartalmát.

KISMÁNYOKY (1993) és GYURICZA (2006) szerint a talajtermékenység fenntartásakor figyelembe kell venni azt is, hogy az egyes növények által felvett tápanyagokból mennyi és milyen formában kerül vissza a talajba. A takarmánynövények után a felvett tápanyagok nagyobb része kerül vissza a talajba, mint például a gabonafélék vagy az ipari növények maradványaival. A pillangós és nem pillangós növények váltásos termesztésével csökkenthető a nitrogéntrágya-igény. GYURICZA (2006) szerint a tarlómaradványokat nem a művelést vagy a növényvédelmet nehezítő, hanem a talajok szerves anyag utánpótlási forrását jelentő anyagként kell minősíteni és hasznosítani.

KISMÁNYOKY (2010) a fenntarthatóságot szem előtt tartva úgy véli, hogy a jelenlegi kemizált és magas szintű műszaki technológiát alkalmazó gyakorlat miatt szükségszerű a csökkentett energiaigényű, valamint a víztakarékos, talajtermékenységet megőrző talajművelési rendszerek fejlesztése.

BANKÓ (2008) kísérleti eredményei alapján a kémiai paraméterekkel és a terméseredményekkel képzett szignifikáns, szoros korreláció alapján a talajtermékenység vizsgálatára a HWC (hot water carbon = forróvíz-oldható szerves anyag) meghatározását javasolja. Véleménye szerint a talaj termékenységére legszorosabban a terméseredmények utalnak. A tápanyag-ellátottság és a termésszint között szoros kapcsolatot igazoltak. Vizsgálatai során azt tapasztalta, hogy az emelkedő hatóanyagszintek szignifikáns hatással

voltak a talaj felvehető foszfor és kálium koncentrációjára, így a terméseredmények növekedésére. Nézete szerint a talajtermékenységre a humusz mennyisége is utal, azonban ez önmagában nem eredményez nagy termés hozamot. Mivel a talaj szerves anyagában bekövetkező változások lassúak, emiatt így ez nem alkalmazható a talajtermékenység változásának nyomon követésére, ezért javasolja inkább a HWC meghatározását, amellyel a humusz csökkenése vagy növekedése már azelőtt jelezhető, mielőtt az magában a humusz-mérésekben realizálódna.

Összességében elmondható, hogy a talaj termékenységének megőrzése a fenntartható mezőgazdasági rendszerek elengedhetetlen követelménye, mivel a talaj a növénytermesztés nélkülözhetetlen erőforrása és eszköze, egyúttal a természeti környezet pótolhatatlan része (SCHMIDT és SZAKÁL 2001).

2.4. A hagyományos talajművelés hatása a talaj fizikai állapotára

Hagyományos talajműveléskor a teljes felszínt megmunkálják. A növények fejlődéséhez kedvezőnek vélt talajállapotot sokszor az ésszerűnél több menettel, nagy idő-, energia-, és költség felhasználásával érik el (BIRKÁS 2001a, 2002, 2006a). BIRKÁS et al. (2011) megfogalmazása szerint az ún. hagyományos szemléletű, „szokásos” talajművelés előnyöket is kínál, de egyszersmind sok hátránnyal jár. Az előnyök között említik a tarlómaradványok és gyomok alászántását, a gyökérzóna lazítását, a szerves- és műtrágyák aláforgatását, a talajnedvesség-gyűjtést nagy felvevő (szántott) felületen őszi és téli időszakban, valamint a kórokozók és kártevők korlátozását. A művelési és a taposás eredetű tömörödést, a humusztartalom csökkenését, a stabil talajszerkezet leromlását, a talajélet hanyatlását és az eróziót viszont a talajművelést kísérő negatív irányba ható változások közé sorolják.

A hagyományos felfogás szerint a több művelettel biztonságosabbá tehető a kívánt termésmennyiség elérése, ugyanis egy következő beavatkozás javíthatja a korábban elért gyenge művelési minőséget (STINGLI 2007). BIRKÁS (2001a) úgy véli, a hagyományos talajművelést a környezetre gyakorolt hatásai (erózió, defláció, tömörödés, szerves anyag fogyás, talaj-, levegő- és vízszennyeződés), és költségei miatt éri a legtöbb kifogás. A többnyire egyoldalú talajhasználat, a sokmenetes művelés, a talaj gyakori mozgatása következtében felerősödnek a pusztulási folyamatok, és romlik a talaj szerkezete (GYURICZA 2001a). Hasonlóképpen vélekednek HUZSVAI et al. (2003), akik szerint a gyakori talajmozgatással járó műveletek hatására a hagyományos, sokmenetes talajművelés

(alapművelés őszi szántással) a talaj szerkezetének degradációjával, tömörödésével (szerkezetleromlás), a szerves anyag csökkenésével jár együtt.

RÁTONYI (1999) megállapította, hogy a talajművelési technológiákra a hagyományos sokmenetes talaj-előkészítés volt a jellemző. Véleménye szerint a gépi menetszámot csökkentő korszerű gépkombinációkat ritkábban alkalmazták. Gazdaságossági megfontolásból mellőzték a talajok mélyművelését, gyakran alkalmazták a több éven keresztül, azonos mélységben végzett tárcsás, sekély alapművelésre épülő művelési rendszert, amely miatt már az első években károsan tömörödött a feltalaj.

Hagyományos talajműveléskor a talaj fizikai állapotában bekövetkező változást több tényező is okozhatja. Az alkalmazott erő és munkagép megválasztása elsősorban a talajtömörödés szempontjából fontos tényező. Az intenzív művelés során a traktorkerék okozta többszöri tömörítés súlyosbíthatja a talajtömörödést (ENTRY et al. 1996, ALAKUKKU 1999).

A talaj fizikai degradációjának egyik leggyakoribb formájaként a talajtömörödést említik, amely a gyökér növekedésére, a termés minőségére és mennyiségére is negatív hatással lehet (FELDMAN és DOMIER 1970, GERIK et al. 1987, UNGER és KASPAR 1994, FLOWERS és LAL 1998). A gépek által előidézett talajtömörödés káros hatással van számos fontos talajtényezőre, mint pl. a térfogattömegre, a talajellenállásra, a porozitásra és a hidraulikus vezetőképességre (RADFORD et al. 2000, HAMZA és ANDERSON 2005). A tömörödött talajban a nedvesség- és a levegőforgalom gátlása miatt lassul a talómaradványok és a tápanyagok feltáródása.

Az intenzíven bolygatott talajokban a szerves anyag tartalmának csökkenése révén romlik a talajok hordképessége, művelhetősége (BIRKÁS 2005). TARDY et al. (2005) a szerves anyagok bomlási feltételeinek romlásával, valamint a talaj biológiai aktivitásának csökkenésével magyarázzák a szervesanyag-tartalom fogyását. Véleményük szerint döntő szerepet játszik a folyamatban az elszegényedő növényyszerkezet és vetésforgó, a vetésváltás háttérbe szorulása, a folyamatos növényborítottság csökkenése, a fedetlen talajfelszín és az egyre mélyebb és gyakoribb szántás. A talajok szervesanyag-tartalmának csökkenése mellett, az intenzív művelésre jellemző a sok menetszám, amely károsíthatja a talaj szerkezetét, rontva ezzel a szerkezeti stabilitást, amelynek következtében növekszik a talaj erózióra való hajlama (ZHANG et al. 2007).

BIRKÁS (2006a) úgy véli, hogy az alapművelés módja, mélysége és minősége döntő jelentőségű a művelési rendszerben, mivel nagymértékben befolyásolja az összes beavatkozás költségét. A szántás agronómiai előnyei a forgatásból következnek, ugyanakkor felhívja a

figyelmet, hogy kockázatosnak tekinthető, ha fokozza az eróziót és a talajszerkezet degradálódását, továbbá hozzájárul a szerves anyag tartalmának a csökkenéséhez, a nagy szén-dioxid emisszióhoz, valamint a földigiliszták életterének lerontásához. Hangsúlyozza, hogy a különböző idejű szántásokhoz kapcsolódó előnyöket célszerű kihasználni, a kockázatokat pedig csökkenteni kell (8. táblázat).

8. táblázat: A szántás ideje, agronómiai előnyei és kockázata (BIRKÁS 2006a)

		Szántás	
	nyári	ősz	tavaszi
Előny	– forgatás – időnyerés őszi vetés előtt	– forgatás	– forgatás – gyomkorlátozás
		– időnyerés tavaszi vetés előtt	
		– csapadék befogadás és tárolás	
		– könnyebb művelhetőség, jobb magágymínőség tavasszal	
Hátrány	– rögzösödés	– nedves talaj esetén taposási károk; eketalp-tömörödés kialakulása	– taposási károk
	– nedvességvesztés	– csapadékhiány esetén a nagy rögök nem áznak át	– nedvességvesztés
	– gyom- és árvekelés késleltetése	– degradált talaj fagymorzsáit a csapadék eliszapolja,	– kiegyenlítetlen magágymínőség, kelési hibák
	– száraz magány, kelési hibák	szárazságban a szél elhordja	– idővesztesség

ÁNGYÁN és MENYHÉRT (1988) úgy vélik, a talaj állandó forgatása, illetve annak teljes elhagyása egyaránt káros következményekkel járhat. A talaj gyakori forgatásakor a folyamatos szellőztetés hatására fokozódik az aerob mikroorganizmusok mineralizációs tevékenysége, a szerkezetképző poliszaharidok és humuszanyagok mennyisége csökken, így romlik a talaj szerkezete, porosodik és eltömődik. A forgatás teljes elhagyása viszont azért lehet kedvezőtlen, mert a mineralizációs folyamatok háttérbe szorulásával csökken a talaj tápanyag-szolgáltató és tápanyag-közvetítő képessége.

Hagyományos műveléskor a talaj biológiai aktivitása is csekélyebb (RADFORD et al. 1995, HOLLAND 2004) az élőlények életterébe való gyakori beavatkozás következtében, mint a talaj- és környezetkímélő művelési rendszerek alkalmazása során. A talajművelés általában károsan befolyásolja a talajéletet, a talajban élő növényi és állati szervezetek természetes életközösségeinek degradációját eredményezi (LÁSZLÓ 2007). A talajélőlények életterének kímélése hozzájárulhat a talajállapot javulásához. Például a földigiliszták

tevékenységével javulhat a csapadékvíz felszívódása, a fel- és altalaj átlevégőzése és a felszínen csökkenhet az erózióvesztés (GYURICZA 2000).

Az éghajlati és talajtényezőknek egyaránt fontos szerepe van a hagyományos művelés talajállapotra gyakorolt hatásának vizsgálatakor. Fontos hangsúlyozni a művelési eljárás talajállapotnak megfelelő, optimális nedvesség-tartománynál történő alkalmazását. BIRKÁS (2005) szerint a talajnedvességhez alkalmazkodás elmaradása a rögzösödést és a mechanikai aprítást követően porosodáshoz vezethet. A porosodást követően a talaj el- és lehordható, eliszapolódik, száraz körülmények között cserepesedik.

Napjainkban a globális klímaváltozás hatásaival is számolnunk kell. Hagyományos műveléskor a sokmenetes művelés, a gyakori forgatás miatt emelkedik a szántóföldek széndioxid emissziója azáltal, hogy a művelés hatására nő a lazultság, és a megváltozott levegőellátottság miatt gyors gázcseré indul meg. A megnövekedő oxigéntartalom fokozza a mikrobiális tevékenységet, és a szerves anyag lebomlásakor keletkező CO_2 a légkörbe távozik (GYURICZA 2004).

TÓTH (2011) hangsúlyozza, hogy a mezőgazdaság CO_2 kibocsátása elsősorban az erdőirtásokból és a mezőgazdasági gépek üzemanyag felhasználásából tevődik össze. Véleménye szerint nem elhanyagolható a talajból a légkörbe jutó CO_2 mennyisége sem, amely a talajlégzéskor következik be a talajban lévő gyökök és a talajban élő mikrobiológiai közösségek légzése során. A talajból a légkörbe jutó CO_2 mennyiségét nagymértékben befolyásolja a talajok művelésének mikéntje.

EXNEROVÁ és CIENCIALA (2009) cseh szerzők arról számoltak be tanulmányukban, hogy a mezőgazdaság az egyik legnagyobb metán (CH_4) és dinitrogén-oxid (N_2O) kibocsátó szektor. Világviszonylatban az összes üvegházhatású gázok kibocsátásának mintegy 8%-a származik a mezőgazdaságból. A mezőgazdaságban az üvegházhatású gázkibocsátás csökkentésének lehetőségei között szerepel a termelés energiatakarékos megoldásainak fejlesztése, köztük a vonóerő igény, valamint a művelési- és menetszám-csökkentés (BOZÓ 2010).

PERCZE (2002) szerint minden művelhető talajtípusra létezik egy olyan technológia, amely figyelembe veszi a talaj állapotát, a növény igényeit és a gyomviszonyokat. Véleménye szerint a hagyományos eljárásokat nem kell teljes mértékben mellőzni, mert alkalmazhatóságuk korlátai mellett számos előnyük is van. Emellett kiemeli, hogy az új művelési rendszerek és a gazdag eszközválaszték hozzájárulhat a termesztés kockázatának mérsékléséhez, valamint csökkentheti a talaj és a környezet terhelését.

A több éven keresztül alkalmazott hagyományos művelés hatására kialakult fizikai talajállapot-hibák hosszútávon olyan mértékű talaj- és környezetkárosítást eredményezhetnek, amely hibák javítása (amennyiben az még lehetséges) súlyos ökonómiai vonzatuk mellett évtizedekbe is telhet. BIRKÁS (2005) ugyanakkor hangsúlyozza, hogy a degradáció oka általában nem a szántás, hanem a talaj állapotához nem alkalmazkodó bármely alaptermés, a kiegészítő eljárások nagy száma és azok gyakori ismétlése. Véleménye szerint a 21. században a hagyományos művelés a környezet és a gazdálkodás minőségének a javítása érdekében a modern talajhasználati rendszerek (modern intenzív, modern extenzív, integrált és ökológiai) valamelyikévé fejleszteni. A 9. táblázat a hagyományos művelés hatását foglalja össze a talaj fizikai állapotára.

9. táblázat: A hagyományos művelés hatása a talaj fizikai állapotára (összefoglaló táblázat)

	Jellemzők	Szerző
Előny	• a tarlómaradványok és gyomok alászántása,	BIRKÁS et al. (2011)
	• a gyökérzóna lazítása,	
	• a szerves- és műtrágyák aláforgatása,	
	• a talajnedvesség gyűjtése nagy feltevő (szántott) felületen őszi és téli időszakban,	
	• a kórokozók és kártevők korlátozása	
Hátrány	• művelési és taposás eredetű tömörödés, a humusztartalom csökkenése, a stabil talajszerkezet leromlása, a talajélet hanyatlása, erózió	BIRKÁS et al. (2011)
	• felerősödő pusztulási folyamatok, romló talajszerkezet a többnyire egyoldalú talajhasználat, a sokmenetes művelés és a talaj gyakori mozgása miatt	GYURICZA (2001), HUZSVAI et al. (2003)
	• az intenzív művelés során a traktorkerék okozta többszöri tömörítés fokozza a talajtömörödést, • a gépek által előidézett talajtömörödés káros hatással van pl. a térfogattömögre, a talajellenállásra, a porozításra és a hidraulikus vezetőképességre	ENTRY et al. (1996), ALAKUKKU (1999), RADFORD et al. (2000), HAMZA és ANDERSON (2005)
	• a talaj állandó forgatása miatt fokozódik az aerob mikroorganizmusok mineralizációs tevékenysége és a szerkezetképző poliszaharidok, humuszanyagok mennyisége csökken → így romlik a talaj szerkezete, porosodik és eltömődik	ÁNGYÁN és MENYHÉRT (1988)
	• a hagyományos műveléskor a talaj biológiai aktivitása is csekélyebb, amely a talaj fizikai tulajdonságainak a romlásához vezethet	RADFORD et al. (1995), HOLLAND (2004), GYURICZA (2000)

2.5. A talaj- és környezetkímélő művelés hatása a talaj fizikai állapotára

A talajvédő művelés irányzatainak kialakulása Észak-Amerikában az 1960-1970-es évektől, Európában az 1970-es évek közepétől figyelhető meg (BIRKÁS 1999, GYURICZA 2001a, BIRKÁS 2005, LÁSZLÓ 2007). Az 1950-es években a minimális művelés (*minimum tillage*) irányzata a művelési ráfordítások csökkentése céljából alakult ki (BIRKÁS 2006a), a *conservation tillage* irányzata a minimális művelés továbbfejlesztett (BIRKÁS 1993), az eróziós és deflációs károk mellett a környezet védelmét és a gazdaságossági szempontokat is figyelembe vevő változata (BIRKÁS 2005). A talajvédő művelési rendszerek kidolgozásakor a talajvédelem (főként erózió elleni védelem) és az üzemanyag költségek csökkentése volt a közös fő cél (LÁSZLÓ 2007).

Talajvédőnek tekintik a művelési és vetési rendszert akkor, ha a felszín védelmi célból, vetés után is legalább 30%-kal fedett tarlómaradványokkal (DICKY et al. 1991, DICKY et al. 1994, JASA et al. 1999, URI 1999, BIRKÁS 2005, BIRKÁS 2006a) a talaj el- és lesodrása pedig legalább 50%-kal kisebb, mint a hagyományos műveléskor (BIRKÁS 2006a). Az észak-amerikai talajvédő művelési rendszerek közé az alábbiakat soroljuk (BIRKÁS 1993, 2006a):

- No tillage/zero tillage (művelés nélküli direktvetés): betakarítástól a vetésig, illetve a vetéstől a betakarításig bolygatatlan marad a talaj. Bolygatás csak vetéskor történik - a talaj felszínének legfeljebb 10%-án.
- Slot-planting (hasítékba vetés): a vetéssel azonos időben és egy menetben 5-15 cm mélységig lazítják a vetősor alatt a talajt, majd visszatömörítik.
- Strip-till (sávós művelés és vetés): a szárzúzás a vetés előtt történik. Lazítják a vetősor talaját és a tarlómaradványok a sorközbe kerülnek.
- Ridge-till (bakhátas művelés és vetés): a tarlómaradványok zúzása vetés előtt történik. A zúzott tarlómaradványokat letolják a bakhátak tetejéről, ezek képezik a vetősorokat. A tarlómaradványok védik a talajt az eróziótól, a kiszáradástól, csökkentik a traktorkerekek tömörítő hatását.
- Forgatás nélküli talajművelési rendszerek: a talajművelés során a tarlómaradványok részben a talaj felső rétegébe kerülnek, részben a felszínen hagyhatók.

BIRKÁS (2006b) szerint a forgatás hiánya néhány kivételes körülménytől eltekintve nem hátrányos a növénytermesztésre, és különösen nem a környezetvédelemre. Hazánkban a szántás (forgatás) nélküli módszerek alábbi változataival érhető el talaj- és környezetkímélő hatás (BIRKÁS 2002):

- Középmélylazításra alapozott művelési rendszer. Legfontosabb előnye: a mélyebb talajrétegek állapotának javítása.
- Kultivátoros művelés, amely alkalmazásával a talajszerkezet kímélhető.
- Tárcsázás, amelynek előnye egyszerűségében és gyorsaságában rejlik.
- Talajmarás, amely alkalmazásával a talaj felső, sekélyebb rétegének a fizikai állapota változik meg.

BIRKÁS (2005) megfogalmazása szerint javító és fenntartó műveléssel olyan talajállapot elérésére és megőrzésére kell törekedni, amely adott termőhelyen a leggazdaságosabb növénytermesztés mellett a környezetet is kíméli.

HOLLAND (2004) arról számol be, hogy a talajvédő művelést (*conservation tillage*) 45 millió hektáron alkalmazzák világszerte, leginkább Észak- és Dél-Amerikában, Ausztráliában és Dél-Afrikában. A FAO AQUASTAT (2012) adatai szerint ez a szám mára már több mint 124 millió hektárra növekedett és az alkalmazó országok köre is bővült (pl. Közép-Ázsia). Magyarországon a legutóbbi felmérések szerint 2012-ben a szántóterület legalább 52%-án folyt talajvédő művelés, amely magában foglal minden olyan művelési eljárást, amely nem árt a talajnak (BIRKÁS M., szóbeli közlés, 2013. január).

KISMÁNYOKY (2010) megállapítása szerint a talajvédő művelés lényege a termőföld minél kevesebb mozgatása, a növénymaradványok kezelésének olyan mikéntje, amely fenntartja a talajok jó fizikai állapotát, szinten tartja a szén (C) körforgalmat, megőrzi a talajok nedvességtartalmát és pozitív irányba befolyásolja a talajéletet.

Elegendő mennyiségű növényi maradvány és talajkímélő művelés együttes alkalmazásakor csökkenthető a talajerózió, és fokozható a talajban megőrzött nedvesség mértéke. A nedvesség megőrzése a terméshozam mennyisége szempontjából fontos a szemiárid, azon belül is különösen az öntözés nélküli területeken (UNGER et al. 1991). NÉMETH (2005b) is a növényi maradványok fontosságára hívja fel a figyelmet. Álláspontja szerint a talajkímélő művelési móddal az üvegházhatású gáz emisszió mérsékelhető, amelynek alapja, hogy a hazánkban évente képződő növényi maradványok mennyisége 20 millió tonnára tehető. Ha e mennyiség közel fele a talajon hagyható lenne, akkor mintegy 2,8 millió hektáron 4 t/ha mennyiség kerülhetne a talaj felszínére, amellyel jelentősen csökkenteni lehetne az erózió mértékét. Ilyen mennyiségű növénymaradványnak a tápelem-tartalma elérheti az 1 millió tonnát (megközelítőleg 336 000 t nitrogén, 47 000 t foszfor, 452 000 t kálium, 111 000 t kalcium, 56 000 t magnézium). A növényi tápelemeken kívül ez a növényi maradvány mennyiség 8-10 millió tonna szenet is tartalmaz, amelynek egyik része megfelelő agrotechnikával a talajban maradhat, míg másik része lebomlás útján az atmoszférába kerül.

A talajvédő és kímélő művelésre áttérés környezeti és gazdasági előnyökkel is jár. A talajok fizikai és biológiai állapota javul, ezáltal a szélsőséges időjárási körülmények káros hatásai enyhülnek, mivel kevesebb kár keletkezik, összességében a környezet minősége is javul (BIRKÁS 2005, 2006a). A talajkímélő művelési megoldások a kedvező fizikai és biológiai állapot létrehozása és megőrzése mellett többnyire az ökonómiai mutatók (menetszám, idő- és hajtóanyag szükséglet) alakulását is kedvezően befolyásolják (GYURICZA 2000).

VÁRALLYAY (2005) összefoglalta, miként kell befolyásolni a talaj változó tulajdonságait és a környezeti tényezőket a fenntartható fejlődés, valamint a környezetkímélő talajhasználat érdekében. Véleménye szerint a felszínre jutó csapadékvíz minél nagyobb hányadának kell a talajba jutnia (a felszíni lefolyás és párolgás csökkentése érdekében), a talajba jutó víz minél nagyobb hányada tárolódjon a talajban (a vízraktározó képesség növelés érdekében) és végül a talajban tárolt víz minél nagyobb hányada hasznosíthatóvá váljon a termesztett növény számára.

A talajvédő művelést elsősorban a talaj eróziótól és tömörödéstől való védelmi eszközöként használják azért, hogy megőrizzék a talajnedvességet és csökkentsék a termelési költségeket. Az USA-ban az 1980-as években erősítették meg a talajvédő művelés környezetre gyakorolt jelentőségét (HOLLAND 2004).

Nemzetközi szinten több szervezet is kiemelt céljai között említi a talajvédő mezőgazdaság előmozdítását. A római székhelyű FAO¹ (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*) szervezet megfogalmazásában a talajvédő mezőgazdálkodás megőrzi és javítja az erőforrásokat és a környezetet. Három alapelvvvel jellemezhető, amelyek:

- folyamatosan minimális szinten alkalmazott talajbolygatás;
- a talaj szerves anyaggal történő borítása; valamint
- az egymást követően és/vagy társulásban termesztett szántóföldi növényfajták diverzifikálása.

Az agronómiai előnyökkel bíró talajvédő gazdálkodás alkalmazása a talajtermékenység-kímélés irányába hat azáltal, hogy növekszik a talaj szervesanyag-tartalma, amely a talajban igen fontos szerepet tölt be. A növényi maradványok folyamatos talajba juttatása segíti elő a szerves anyag növekedését. Kezdetben ez a talaj felső rétegére korlátozódik, de idővel a mélyebb talajrétegekre is kiterjed.

¹ FAO (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*), http://www.fao.org/index_en.htm

Az 1982 januárjában az USA-ban létrehozott CTIC² (*Conservation Technology Informatikon Center*) intézménye szerint talajkímélő művelésnek minősül bármely olyan talajművelési és vetési rendszer, amelynél a talajfelszínt 30%-ban, vagy ennél nagyobb mértékben borítják növényi maradványok a vetést követően, hogy csökkentsék a víz által okozott talajeróziót.

1999-ben az Európai Unión belül létrejött az ECAF³ (*European Conservation Agriculture Federation*). Az ECAF általános megfogalmazása szerint a talajvédő mezőgazdálkodás magában foglal bármilyen gyakorlatot, amely csökkenti, megváltoztatja vagy kiküszöböli a talajművelést és kerüli a növényi maradványok égetését, hogy az év folyamán elegendő növényi maradvány borítsa a felszínt. A talajvédő gazdálkodás a környezet számára jelentős előnyöket, ugyanakkor a gazdálkodó számára gazdasági hasznot biztosít.

THOMAS et al. (2007) kísérletei során azt tapasztalták, hogy a talajvédő művelés előnyei a száraz időszakban és tartósan szárazabb területeken mutatkoznak meg leginkább.

BÁDONNYI et al. (2008) úgy vélik, hogy mind a talajerózió, mind a tápanyagveszteség nagymértékben csökkenthető talajkímélő művelés alkalmazásával. Ha a talajkímélő művelés mellett még másodvetésű védőnövényt is alkalmaznak, nagy valószínűséggel tovább csökkenthető az erózió mértéke. A szerzők véleménye szerint a talajkímélő művelés jelentősége abban rejlik, hogy alkalmazásával nemcsak csökkenthető a talajerózió, hanem maga a lefolyás megindulása is megakadályozható. A környezetkímélő gazdálkodás fő előnye a talajra gyakorolt hatás szempontjából az, hogy a talaj többé-kevésbé természetes állapotában marad, mivel a művelés-forgatás által történő talajrombolás, a talajból történő anyageltávozás és a fizikai-kémiai anyagkivétel minimális. Más szóval kismértékű a talajpusztulás, talajveszteség, illetve a tápanyagveszteség és a vegyszer eltávozás. A talajszerkezet, a talaj porozitása, adszorpciós kapacitása és szerkezetállandósága, a talaj vízgazdálkodása egyaránt kedvező marad. Minimálisra csökken a talajtömörödés, mivel csekély mértékű a talajművelő eszközök tömörítő hatása, a talajfelszínt pedig növényi maradványok borítják – védelmet nyújtva a talajerózió ellen (KERTÉSZ 2006). A 10. táblázat a talaj- és környezetkímélő művelés hatását foglalja össze a talaj fizikai állapotára.

² CTIC (*Conservation Technology Informatikon Center*), <http://www.ctic.purdue.edu/CRM/>

³ ECAF (*European Conservation Agriculture Federation*), <http://www.ecaf.org/>

10. táblázat: A talaj- és környezetkímélő művelés hatása a talaj fizikai állapotára (összefoglaló táblázat)

Jellemzők	Szerző
• a termőföld minél kevesebb mozgatása,	KISMÁNYOKY (2010)
• a növénymaradványok kezelésének mikéntje, amely fenntartja a talajok jó fizikai állapotát, a szén körforgalmat, megőrzi a talajok nedvességtartalmát, pozitív irányba befolyásolja a talajéletet	
• elegendő mennyiségű növényi maradvány + talajkímélő művelés együttes alkalmazásakor csökkenthető a talajerózió,	UNGER et al. (1991)
• és fokozható a talajban lévő nedvesség mértéke	
• javul a talajok fizikai és biológiai állapota → ezáltal a szélsőséges időjárási körülmények káros hatásai enyhülnek	BIRKÁS (2005, 2006)
• a talajvédő művelés a talajerózió és a talajtömörödés védelmi eszköze	HOLLAND (2004)
• a talajkímélő művelés alkalmazásával a talajerózió és a tápanyagveszteség nagymértékben csökkenthető	BÁDONYI et al. (2008)
• kismértékű a talajpusztulás, talajveszteség, illetve a tápanyagveszteség és a vegyszer eltávozás	KERTÉSZ (2006)
• jó marad a talajszerkezet, a talaj porozitása, adszorpciós kapacitása és szerkezetállandósága, kedvező a talaj vízgazdálkodása	
• minimálisra csökken a talajtömörödés	

2.6. A hagyományos, valamint a talaj- és környezetkímélő művelési rendszerek összehasonlító értékelése a talaj fizikai állapotára

Az utóbbi évtizedekben egyre gyakrabban állt a talajállapottal kapcsolatos tudományos kutatások középpontjában a hagyományos, valamint a talajvédő és kímélő művelés hatásának vizsgálata a talaj fizikai állapotára. Számos hazai (pl. GYURICZA 2000, BIRKÁS 2002, PERCZE 2002, LÁSZLÓ 2007, BENCSIK 2009) és külföldi szerző (pl. HILL és CRUSE 1985, KLADIVKO et al. 1986, BRANDT 1992, SCHWAB et al. 2002, TURTOLA et al. 2007, ALVAREZ és STEINBACH 2009, COCIU 2011) vizsgálta és vizsgálja napjainkban is e művelési rendszerek talajra és környezetre gyakorolt hatásait.

LAL (1976) még az 1970-es évek közepén Nyugat-Nigériában vizsgálta a direktvetéses és hagyományos művelési rendszerek hatását a talajtényezőkre. A direktvetéses és hagyományos művelési rendszert összehasonlítva azt tapasztalta, hogy a talajfelszín közelében lévő szerves anyag mennyisége és a talajnedvesség tartalom a direktvetés esetén bizonyult nagyobbak. Direktvetésnél a nagyobb földigiliszták aktivitás csökkentette a tömörödést és kérgesedést. Ezzel megegyezően LÁSZLÓ (2007) is hasonló következtetésre jutott. Véleménye szerint a földigiliszták száma a minél kisebb talajbolygatás és taposás

esetén volt a legkedvezőbb. Kísérleteiben a földigiliszták tevékenysége mérsékelte a természetes ülepedés és taposás nyomán kialakuló tömörödést. TEBRÜGGE és DÜRING (1999) a hagyományos, a csökkentett és a direktvetéses művelési rendszerek vizsgálatakor szignifikánsan nagyobb giliszta populációt tapasztaltak a direktvetéses és csökkentett művelési rendszereknél, mint hagyományos művelés esetén. Hangsúlyozzák, hogy az intenzív talajművelés jelentősen befolyásolja a földigiliszta populációkat, aktivitásukat és a biopórusok számát.

Olaszországban VITA et al. (2007) két kísérleti területen (Vasto és Foggia) mérték a talajkímélő és hagyományos művelési rendszerek talajra gyakorolt hatását. Vizsgálataik során azt tapasztalták, hogy direktvetéskor a kisebb mértékű evaporáció nagyobb mennyiségű talajnedvességhez való hozzáférést eredményezett, mint hagyományos műveléskor.

FERRERAS et al. (2000) argentínai kísérletük során a direktvetés és a hagyományos művelés hatását vizsgálták a talaj fizikai állapotára. A térfogattömeg tekintetében nem találtak statisztikai eltérést a két művelési rendszer között. FABRIZZI et al. (2005) – szintén argentin szerzők – ezzel szemben arról számoltak be, hogy direktvetés esetén nagyobb térfogattömeg és talajellenállás értékeket tapasztaltak, mint hagyományos művelés esetén. GYURICZA et al. (2004) nyolc éves ausztriai talajművelési kísérleteik során – adott termőhelyi viszonyok mellett – a bakhátas művelési rendszert, a hagyományos, forgatásos és a művelés nélküli direktvetéses technológiákat hasonlították össze. A legnagyobb térfogattömeg és talajellenállás értékeket a direktvetés esetén mérték a felső 10-20 cm mélységben – megegyezően FABRIZZI et al. eredményeivel. Méréseik azonban a kritikus tömörödöttségi szintet egyik esetben sem érték el. Azt tapasztalták, hogy a nyolc éven keresztüli rendszeres szántás hatására sem alakult ki tömör záróréteg a művelési mélység határán, ami véleményük szerint részben a kedvező kiindulási talajállapotnak, másrészt a megfelelő talajnedvességtartományban történő alpművelésnek tudható be. Lengyelországban CZYZ és DEXTER (2008) ugyancsak direktvetésnél tapasztalták a legnagyobb térfogattömeg-értéket a 0-25 cm talajrétegben, és hagyományos művelésnél a legkisebb értéket. A 2006/2007. évben beállított kísérleteikben két eltérő talajtípusnál vizsgálták a művelési rendszerek hatását a talaj fizikai állapotára. Azt tapasztalták, hogy a művelési rendszerek szignifikánsan befolyásolják a talaj változó fizikai tulajdonságait, különösen a talaj nedvességtartalmát. Véleményük szerint a csökkentett és a direktvetéses művelési rendszerek sikere a növényfajtól, a talajtípustól és az éghajlati adottságoktól függ.

HUSNJAK et al. (2002) úgy vélik, hogy az ökológiai és ökonómiai szempontokra tekintettel a hagyományos, a talajvédő és a direktvetéses (no till) művelési rendszerekről való

viták egyre inkább előtérbe kerülnek. Öt eltérő (hagyományos, csökkentett, talajvédő I., talajvédő II. és direktvetéses) talajművelési rendszernél vályogtalajon vizsgálták a talaj fizikai tulajdonságait. 1997 és 2000 között végzett kísérleteik során a talaj legkedvezőbb fizikai jellemzőit (a legalacsonyabb térfogattömeget és az összporozítás legnagyobb értékét) a talajvédő művelési rendszernél tapasztalták.

A talajművelés és a szén-dioxid kibocsátás közötti összefüggést több hazai szerző is vizsgálta (GYURICZA 2004, ZSEMBELI et al. 2005, ZSEMBELI et al. 2006, SZÖLLŐSI et al. 2009, TÓTH et al. 2009). GYURICZA (2004) és SZÖLLŐSI et al. (2009) hasonló eredményre jutottak és megállapították, hogy a legnagyobb CO₂ emissziót a hagyományos művelés eredményezte, a legkisebb értékek pedig a direktvetést jellemezték. Ezzel igazolták, hogy a túlzott talajbolygatás, a gyakori forgatás, a talaj átlevégőztetése fokozza a szerves anyag lebomlását.

BÁDONYI et al. (2008) a hagyományos és a talajkímélő művelési rendszerek talajerózióra gyakorolt hatásait az ún. SOWAP projekt (Soil and Surface Water Protection Using Conservation Tillage in Northern and Central Europe – Talaj- és felszíni vízvédő környezetkímélő talajművelés alkalmazásával Észak- és Közép-Európában) keretében vizsgálták. 2004 és 2006 között végzett kísérleteik során hagyományos művelés esetén azt tapasztalták, hogy a talajpusztulás mértéke meghaladta a talajképződés mértékét (4,26 t/ha/év talajvesztés). Ezzel szemben kímélő művelés esetén 0,11 t/ha volt az évi átlagos talajvesztés.

KLADIVKO et al. (1986) tartamkísérletükben talajvédő műveléskor a felszín közelében nagyobb térfogattömeget, nedvesség- és szerves anyag tartalmat, valamint alacsonyabb talajhőmérsékletet tapasztaltak, mint hagyományos műveléskor.

NÉMETH (2005b) a talaj szerves anyag- és tápelem-tartalmának alakulásával kapcsolatban fogalmazza meg a hagyományos és talajkímélő eljárások közötti különbséget. Véleménye szerint hagyományos művelési eljárásnál a szántással homogenizálódik a szántott réteg szerves anyag és tápelem-tartalma. A talajkímélő művelési eljárás alkalmazása esetén ezeknek a paramétereknek a koncentrációja a mélységgel csökken. A hagyományos művelés során tömörödött réteg kialakulása feltételezhető a szántott réteg alatti mélységben, míg a talajkímélő művelésnél a térfogattömeg a felszíntől egy adott mélységig fokozatosan csökken.

KERTÉSZ et al. (2009) több éves kísérleti eredményeik alapján úgy találták, hogy a talajkímélő mezőgazdaság a talajpusztulás, a lefolyás, a terméseredmények, valamint az ökológiai viszonyok vonatkozásában egyaránt kedvezőbb, mint a hagyományos.

2.7. A hagyományos, valamint a talaj- és környezetkímélő művelési rendszerek ökonómiai szempontú értékelése

Napjainkban már egyértelműen állítható és a fenntartható mezőgazdálkodás alapvető elvárása, hogy a növények talajállapot igényének kielégítéséhez mellőzhetőek a gyakori beavatkozást (több menetszám), nagy idő-, energia- és hajtóanyag-felhasználást igénylő művelési rendszerek.

BIRKÁS (2002) hangsúlyozza, hogy az adott termőhelyi körülményekhez a talajművelés szempontjából elengedhetetlen mind az ökológiai (környezeti), mind az ökonómiai (gazdaságossági) viszonyokhoz való alkalmazkodás. A hagyományos talajművelés költséges, a termelés költségeinek 40%-a a talajművelésre (ebből 80%-a a szántásra fordítódik), valamint idő-, munka- és gépigényes (BIRKÁS 2011), amelyek a termelés költségeit még tovább növelik. SZÖLLŐSI et al. (2009) szerint a különböző gépkapcsolatok alkalmazásával a felső talajréteg védelme mellett a termelési költségek is mintegy 30%-kal csökkenthetőek.

A talaj- és környezetkímélő művelési rendszerek ökonómiai értékelése több szempontból is megközelíthető. Többek között alapul vehető e művelési rendszerek terméshozamban megmutatkozó pozitív hatása, amely ezáltal meghatározza az alkalmazott művelési rendszer jövedelmezőségét is. Másrészt figyelembe lehet venni a fajlagos vonóerő igényt, az üzemanyag felhasználást és az időigényt is, hogy a talaj védelmével párhuzamosan a környezetvédelmi és a gazdaságossági szempontok is érvényesüljenek.

DICKEY et al. (1994) tartamkísérletben szója és cirok növényeknél vizsgálták hat talajművelési és vetési rendszer hatását a talajtényezőkre és a termésre. Azt tapasztalták, hogy az első három év a hozammérések tekintetében nem mutatott eltérést a művelési és vetési rendszerek között. Öt év elteltével mind a szója, mind a cirok esetében direktvetésnél tapasztaltak nagyobb termést. Ezzel megegyezően RAPER et al. (2000) arról számoltak be, hogy a talajvédő művelés alkalmazása során a hozamban elért növekedés csak a kísérlet első évét követően jelentkezett, a kísérlet első évében a hagyományos művelés során értek el nagyobb terméshozamot. Az első évet követően már a direktvetés védőnövényvel történő alkalmazása eredményezett nagyobb hozamot. A hagyományos talajművelés és a védőnövény nélküli direktvetés hozama között nem tapasztaltak szignifikáns különbséget. HUSNJAK et al. (2002) öt talajművelési rendszer vizsgálatkor szintén azt állapították meg, hogy a kísérlet első évben a hagyományos művelés során volt a legnagyobb a termés. A kísérlet további éveiben viszont a talajvédő műveléssel értek el magasabb hozamot és a csökkentett művelési rendszernél tapasztalták a legalacsonyabbat.

Olaszországban VITA et al. (2007) két kísérleti területen vizsgálták a talajkímélő és hagyományos művelési rendszerek hatását a terméshozamra. A vastoi kísérleti területen nem találtak eltérést az első két évben a művelési rendszerek összehasonlításakor, a foggyai kísérleti területen viszont nagyobb terméshozamot regisztráltak direktvetés esetén, mint hagyományos műveléskor. A vizsgálat harmadik évében a vastoi kísérletben alacsonyabb volt a terméshozam direktvetéskor, amelyet a szerzők a csapadékos évjárat miatt elterjedt lisztharmat és vörös (levél-) rozsdá betegségeknek tulajdonítottak és nem az alkalmazott művelési rendszernek. A foggyai kísérleti területen a harmadik évben nem tapasztaltak eltérést a művelési rendszerek összehasonlításakor a terméshozam tekintetében.

BUSSCHER és SOJKA (1987) azonban arról számoltak be tanulmányukban, hogy már a kísérlet kezdetétől, és a kísérlet minden évében a talajvédő műveléssel nagyobb terméshozamot értek el, mint hagyományos műveléssel. MORENO et al. (1997) talajkímélő művelés esetében szintén nagyobb terméshozamot tapasztaltak, mint hagyományos műveléskor.

SULYOK (2005) a csárdaszállási üzemi kísérlet terméseredményei alapján megállapította, hogy a kukorica hozama kismértékben csökkent a környezetkímélő technológiák alkalmazásakor az őszi szántásra alapozott műveléshez képest. A napraforgó és az őszi búza termése viszont nem csökkent – esetenként nőtt a hozam – alternatív talajművelési rendszerek alkalmazásakor.

SIPOS S. (1978) szerint a talajművelési eljárások közül a szántás a leggyakoribb és egyben a legnagyobb energiát igénylő eljárás. A szántás energia- és időigényére jellemző, hogy az összes talajművelési eljárásoknak átlagosan mintegy 50-55%-át teszi ki. BIRKÁS (1999) a hagyományos (szántásos) és a forgatás nélküli talajművelési rendszerek ökonómiai mutatóit vizsgálva megállapította, hogy a szántással végzett alpműveléshez képest különböző talajokon a fajlagos vonóerő igény 50-70%-kal, az üzemanyag felhasználás 50-80%-kal, míg az időigény 55-75%-kal csökkenthető. Tárcsás alpművelésre épülő rendszerekben belül a nehéztárcsára alapozott rendszerek menetszáma a hagyományos műveléshez képest 2-3-mal, vonóerő igénye 25-30%-kal, üzemanyag felhasználása 25-36%-kal, időigénye 30-40%-kal csökkenthető. A kultivátoros alpműveléshez 25-30%-kal kevesebb vonóerő, 32-40%-kal kevesebb üzemanyag és 20-30%-kal kevesebb idő szükséges, mint a szántásos alpműveléshez. A hagyományos talajművelési rendszertől 2-3-mal kevesebb menetszámmal valósítható meg a nehézkultivátorra alapozott rendszer, attól függően, hogy milyen mértékű a tarlómaradványok talajba keverése. BOTTLIK (2009) talajművelési kísérletei során hagyományos és forgatás nélküli talajművelési módokat

hasonlított össze különböző talajtípusoknál. Eredményei bizonyítják, hogy szántás nélküli, mulcshagyó műveléssel rendszerint nem csak kedvezőbb talajállapot hozható létre, hanem a klímakárok enyhítése mellett jelentős hajtóanyag- és munkaidő megtakarítás is elérhető. Kísérletei során a forgatás nélküli talajművelési mód költséghatékonyabbnak bizonyult, mint a hagyományos.

RÁCZ (2009) a középmező lazítás előnyeinek összefoglalásakor megemlíti, hogy az egységnyi terület azonos mélységű lazításának kisebb az energiaigénye az ugyanilyen mélységben végzett szántásénál, mert a forgatás elmarad, valamint az energia-megtakarítás kimutatható, mivel a lazított talaj elmunkálása kevesebb utómunkát igényel. Megjegyzi továbbá, hogy a forgatás nélküli alpműveléskor a kisebb energiaigényből következően nő a területteljesítmény.

Összességében megállapítható, hogy a gyakori talajbolygatást, a nagy idő-, energia- és hajtóanyag-felhasználást igénylő művelési rendszerek hosszú távon többletkiadást, talajdegradálódást, valamint a környezet károsítását eredményezhetik. A fenntartható mezőgazdálkodással a talaj kímélése mellett a termelési költségek is csökkenthetőek (kevesebb menetszám, fajlagos vonóerő igény, üzemanyag-felhasználás, időigény). Az adott termőhelyi és éghajlati adottságokhoz való ökológiai-ökonómiai alkalmazkodásra a jövőben nagy hangsúlyt kell fektetni, ezért a minőségi és a szükséges mennyiségi termelésen felül a talajvédelemnek is elsődleges célként kell szerepelnie, amely termesztési, gazdasági és környezetvédelmi célból elengedhetetlen feltétele a fenntartható növénytermesztésnek.

2.8. Az EU környezetvédelmi elvárásai a szakszerű talajműveléssel kapcsolatban

2.8.1. A mezőgazdaság és a környezetvédelem kapcsolata az EU-ban és hazánkban

A Közös Agrárpolitika (*Common Agricultural Policy*, CAP) létrehozásának célját az Európai Közösséget létrehozó szerződés (Római Szerződés, 1957) 39. cikkelye fektette le, melyben a környezet védelme még nem játszott fontos szerepet. A közös agrárpolitika átalakulásának több szakasza különíthető el. Az 1950-es években egyértelműen a mezőgazdaság termelékenységének növelése volt a fő cél. A külső inputok túlzott felhasználása az 1960-as évektől mutatta meg környezetromboló hatását. Az 1970-es évektől figyeltek fel először a mezőgazdaság okozta környezeti problémákra. Az első környezetvédelmi világkonferenciát 1972-ben rendezték Stockholmban. Az Európai Közösség Párizsi csúcsán (1974) deklarálták, hogy önmagában a gazdasági növekedést nem lehet célul kitűzni. Az új politikai irányzat hatására 1972-ben kidolgozták az első

Környezetvédelmi Akcióprogramot, melyben rögzítették a környezetvédelem alapjait és céljait. A környezetvédelmi szempontok Községi szabályozásba való fokozatos bevezetése az 1980-as évek közepén indult meg, melynek szükségességét többek között az Egységes Európai Okmány (1987) is magában foglalja (TAR 2008).

BIRKÁS (1997) egy környezeti szempontú tanulmányában hívja fel a figyelmet az EU Ötödik Környezetvédelmi Akcióprogramjában tükröződő elvekre, vagyis az elővigyázatosságra (megelőzés), a szennyező, károsító fizet és a megosztott felelősség hazai érvényesítésének fontosságára (pl. a szennyező/károsító felderítése a megosztott felelősség tudatos felvállalásával).

A Hatodik Környezetvédelmi Akcióprogramról szóló 1600/2002/EK határozat (2002. július 22.) már egyértelműen megfogalmazza a fenntartható fejlődés feltételeként a természeti erőforrások körültekintő használatát és a globális ökoszisztéma védelmét. A program céljaként emeli ki a környezet és az emberi egészség magas szintű védelmét, valamint a környezet és az életminőség általános javítását. A célkitűzések és a kiemelt cselekvési területek között szerepel a talaj fenntartható használatának előmozdítása, különös figyelemmel az erózió, a talaj minőségének romlása, a szennyezés és az elsivatagosodás megelőzésére. Az éghajlatváltozás enyhítése érdekében a közös agrárpolitikában figyelembe kell venni az igényt az üvegházhatást okozó gázok kibocsátásának a csökkentésére más környezeti szempontokkal együtt.

BENCSIK (2009) szerint a mezőgazdaság is jelentős mértékben járul hozzá az üvegházgázok légköri koncentrációjának növekedéséhez. Felmérések szerint az ipari tevékenység (beleértve a fosszilis energiahordozók égetését) 77%-kal, míg a mezőgazdaság 23%-kal járul hozzá a globális felmelegedéshez. Összességében az antropogén eredetű metán és nitrogénvegyületek (NO_x) 50-75%-a és a szén-dioxid 5%-a a mezőgazdasági tevékenységből származik.

Az utóbbi pár évtizedben a közgazdasági viszonyok romlása a termelési költségek csökkentésére, a környezet állapotának romlása a kímélő, megelőző eljárások alkalmazására, vagy alkalmazkodásra készítheti a gazdálkodót (BIRKÁS 2002). A fenntartható gazdálkodás szem előtt tartása, a környezet védelme, a talaj megóvása nem új keletű dolog, a téma már klasszikus szerzőinket is foglalkoztatta. A teljesség igénye nélkül emelném ki Cserháti Sándort, aki már a XIX. század végén hangsúlyozta, hogy „a talaj okszerű művelése mezőgazdasági haladásunk elengedhetetlen feltétele” (1896). Tanítványa, Gyárfás József a XX. század első felében *Sikeressé gazdálkodás szárazságban* (1922) című munkájában a talajkímélésre, az alkalmazkodó művelés és a nedvességvesztés csökkentésének a

fontosságára hívta fel a figyelmet. Id. Manninger G. Adolf szántás nélküli rendszere (okszerű sekélyművelés) szintén hozzájárult a talaj állapotához való jobb alkalmazkodáshoz, a talaj kíméléséhez. MANNINGER et al. (1940) a sekély művelés módszereit hasonlították össze a szántással, a hengerhatás mindkét esetben való alkalmazásával, korán lekerülő elővetemények után. A vizsgálat során a növények vízgazdálkodását és fontosabb anyagszere körfolyamataikat is figyelembe vették. Kísérleteikkel igazolták, hogy a vízgazdálkodás szempontjából a legjobb eredményeket a sekély művelés eredményezte, amelyet a hengerhatással még tovább tudtak fokozni.

A környezet védelme, a talaj megóvása, a fenntartható gazdálkodás feltételeinek megteremtése a hazai mezőgazdaságban mára már mindennapos és kulcsfontosságú kérdés. A környezet védelmének általános szabályairól szóló 1995. évi LIII. törvény a mezőgazdaságra vonatkozóan nem tartalmaz speciális szabályozásokat, azonban a Törvény II. Fejezet 14. §-a (1) bekezdése tartalmazza többek között, hogy a föld védelme kiterjed a talaj védelmére is. A Törvény III. Fejezet 40. §-a előírja a Nemzeti Környezetvédelmi Program elkészítését és végrehajtását. Az első Program (1997-2002) a rendszerváltás utáni időszak fő cselekvési irányait határozta meg és feltárta a több évtizedes problémákat. A 2003-2008 közötti időszakra vonatkozó második Program elősegítette az EU-csatlakozás környezetvédelmi feltételeinek megteremtését (pl. jogharmonizáció, intézményfejlesztés stb.). A 2009-2014 közötti időszakra szóló harmadik Nemzeti Környezetvédelmi Program a környezeti szempontok és összefüggések megjelenítésével, a társadalmi és gazdasági lehetőségekkel összehangolt, szükséges intézkedések meghatározásával rendszerbe foglalja a környezet védelmére irányuló célokat és feladatokat. Az ország fenntartható fejlődési pályára való átállását kívánja sajátos eszközeivel elősegíteni (96/2009. (XII.9.) OGY határozat melléklete).

A Program szerint nem a fejlett országok iparosított mezőgazdasági technológiáinak alkalmazása lenne a megfelelő cél, hanem olyan modernizációs pálya kialakítása, amely a környezetkímélő technológiák alkalmazására, és az ország speciális adottságait és szaktudását kihasználó, magas élvezeti értékű termékek előállítására irányul (KORMOSNÉ 2008).

Hazánk Európai Unióhoz történő csatlakozását követően szükségszerűvé vált a nemzeti agrártámogatási rendszerünk átalakítása. Az EU-konform átalakítás olyan agrártámogatási rendszer kialakítását tűzte ki célul, amely megteremti az összhangot a 2007-2013-as időszak uniós forrásokra épülő támogatási rendszerével. Mind az uniós iránymutatások, jogszabályok, mind a nemzeti támogatásokat szabályozó uniós rendelkezések több területen is szigorú követelményeket határoztak meg. Az Európai Unió irányelvekben szabályozza azokat a területeket, amelyek a környezet védelme szempontjából kiemelt

fontosságúak. Az irányelveket szem előtt tartva, már a tagországok feladata a konkrétumok meghatározása, jogszabályokba foglalása.

2.8.2. A mezőgazdaság és a környezetvédelem kapcsolata - kilátások

Az EU-ban és hazánkban bevezetett agrár-környezetvédelmi intézkedések összhangban vannak a fenntartható fejlődés és a fenntartható mezőgazdasági fejlesztés döntő elveivel, a leghangsúlyosabban ez az összhang a természeti erőforrások – a talaj, felszín alatti- és felszíni vízkészletek, genetikai erőforrások, erdő, táj – hosszú távú védelme területén jelentkezik (GYARMATI 2005).

Jelenleg az Új Magyarország Vidékfejlesztési Program (ÚMVP) keretén belül kerül támogatásra az agrár-környezetgazdálkodás (AKG) intézkedés. Az intézkedés céljai között szerepel többek között a vidéki területek fenntartható fejlődésének elősegítése, a környezet állapotának megőrzése és javítása, a mezőgazdasági eredetű környezeti terhelés csökkentése, a természeti erőforrások fenntartható használatán alapuló környezettudatos gazdálkodás elősegítése, a fenntartható tájhasználat kialakítása, a minőségi termékek előállításának segítése, az élelmiszerbiztonság fokozása, a környezetkímélő gazdálkodás szellemiségének elterjesztése és a gazdálkodók jövedelembiztonságának elősegítése. Az intézkedés keretében azok a mezőgazdasági termelők és egyéb földhasználók támogathatóak, akik önkéntes alapon öt évig – a környezetvédelmi célú gyeptelepítés célprogram esetében tíz évig – AKG kötelezettségeket vállalnak. A meghatározott előírások teljesítéséért járó kifizetés terület (hektár) alapú vissza nem térítendő támogatás. Az előírások célprogramonként vállalhatóak. Az ötéves célprogramok esetében 2009. szeptember 1-től 2014. augusztus 31-ig tart a támogatási időszak.

„A KAP jövője 2020-ig”⁴ (2010) című bizottsági közlemény kiemeli annak fontosságát, hogy az élelmiszer iránti kereslet növekedése miatt nélkülözhetetlen, hogy az EU mezőgazdasága megőrizze és fokozza termelőképességét. Hangsúlyozza a természeti erőforrásokkal – úgymint víz, levegő, biológiai sokféleség és talaj – való fenntartható gazdálkodás javítását. A KAP jövőbeli kiemelt céljai között szerepel a fenntartható élelmiszertermelés és a kiegyensúlyozott területi fejlődés, valamint a természeti erőforrásokkal való fenntartható gazdálkodás és az éghajlatváltozás elleni fellépés. Ez utóbbi innováció révén kívánja elősegíteni a környezetbarát növekedést, ami új technológiák bevezetését, új termékek kifejlesztését és előállítási eljárások módosítását teszi szükségessé.

⁴ A Bizottság közleménye az Európai Parlamentnek, a Tanácsnak, az Európai Gazdasági és Szociális Bizottságnak és a Régiók Bizottságának – *A KAP jövője 2020-ig: az élelmiszer, a természetes erőforrásokat érintő és a területi kihívások kezelése* (COM(2010) 672 végleges, 2010.11.18.).

Az éghajlatváltozás következtében egyre inkább sürgető feladat az ágazat rendkívüli időjárási körülményekhez való alkalmazkodóképességének növelése. A Bizottság 2014–2020 közötti időszakra szóló javaslata⁵ (2011) szerint egyik fontos szempont a KAP általános környezetvédelmi teljesítményének javítása a közvetlen kifizetések „kizöldítése” révén úgy, hogy valamennyi mezőgazdasági termelő mindennapi tevékenységét a környezet védelme és az éghajlatváltozás mérséklése szempontjából előnyös módon végezze.

Összefoglalva tehát a jövőben az EU elvárásainak megfelelő talajművelésnek a környezeti állapot megőrzését és javítását kell szolgálnia a természeti erőforrások fenntartható használatán alapuló környezettudatos gazdálkodás által.

2.9. Összefoglaló megállapítások a vizsgált szakirodalom alapján

A témával kapcsolatos gazdag hazai és nemzetközi szakirodalom áttekintése során az alábbi következtetések vonhatók le:

- Hagyományos talajműveléskor az intenzíven bolygatott talajok szervesanyag-tartalmának csökkenésével romlik a talajok szerkezete, művelhetősége, felerősödnek a pusztulási folyamatok, csökken a talaj biológiai aktivitása és a gyakori forgatás miatt emelkedik a szántóföldek szén-dioxid emissziója, amely ezáltal hozzájárulhat az üvegházhatás fokozásához. A hagyományos gazdálkodást a környezetre gyakorolt negatív hatásai és költségei miatt éri a legtöbb kifogás.
- A talajok jó fizikai és biológiai állapotának, nedvességtartalmának megőrzéséhez és a szén körforgalmának szinten tartásához, a termelési költségek csökkentéséhez a talaj- és környezetkímélő művelési rendszerek járulnak hozzá. A talajon évente képződő növényi maradvány okszerű hasznosítása és a talajkímélő művelés együttes alkalmazása hozzájárul a talajerózió és tömörödés csökkenéséhez, az üvegházhatás mérsékléséhez, és a növénytermesztés eredményességét leginkább meghatározó talajnedvesség megtartásához, kisebb mértékű csökkenéséhez.
- A különböző talajművelési rendszerek talajállapotra gyakorolt hatásainak összehasonlítására vonatkozó kísérleti eredmények olykor ellentmondásosak. A

⁵A Bizottság közleménye az Európai Parlamentnek, a Tanácsnak, a Gazdasági és Szociális Bizottságnak és a Régiók Bizottságának – *Az Európa 2020 stratégia költségvetése* (COM(2011) 500 végleges, 2011.6.29.).

vizsgált szakirodalom alapján azonban megállapítható, hogy a szerzők többsége talaj- és környezetkímélő művelés esetén tapasztalt kedvezőbb eredményeket a szerves anyag mennyiség, a szén-dioxid kibocsátás, a talajnedvesség-tartalom, a földigiliszta aktivitás, a térfogattömeg és talajellenállás vonatkozásában.

- A talajművelés minőségét nagymértékben befolyásolja a hosszú távú talajhasználat, a növényzet, az állandó és változó talajtényezők, valamint a talajművelés hatástartama, ezért a talajművelés megkezdése előtt a növénytermesztés eredményessége érdekében ezeket a tényezőket célszerű figyelembe venni.
- A talaj a növénytermesztés nélkülözhetetlen erőforrása, eszköze, a természeti környezet pótolhatatlan része, ezért a talaj termékenységének megőrzése a fenntartható mezőgazdasági rendszerek elengedhetetlen követelménye.
- A kedvező talajállapotot számos tényező határozza meg. A talaj szerkezete, ellenállása és nedvességtartalma olyan változó talajtényezők, amelyek természetes és mesterséges körülmények hatására pozitív és negatív irányban egyaránt módosulnak, és amelyek közvetve a művelés minőségére is befolyással vannak.
- A hagyományos, valamint a talaj- és környezetkímélő művelési rendszerek ökonómiai szempontú vizsgálata során összességében megállapítható, hogy a gyakori talajbolygatást, a nagy idő-, energia- és hajtóanyag-felhasználást igénylő művelési rendszerek hosszú távon többletkiadást, talajdegradálódást, valamint a környezet károsítását eredményezhetik. Talaj- és környezetkímélő talajművelés esetén a hagyományos műveléshez képest többnyire csökkenthetők a termelési költségek (kevesebb menetszám, fajlagos vonóerő igény, üzemanyag-felhasználás, időigény).
- A mezőgazdaság fenntarthatóságához elengedhetetlen az ökológiai (környezeti) és az ökonómiai (gazdaságossági) viszonyokhoz való alkalmazkodás. A jövőben a környezet védelme és a klímakár-csökkentés enyhítése szempontjából az EU és a nemzeti elvárásoknak megfelelő talajművelésnek a környezeti állapot megőrzését és javítását kell szolgálnia a természeti erőforrások fenntartható használatán alapuló környezettudatos gazdálkodás által.

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1. A szántóföldi kísérleti körülmények bemutatása

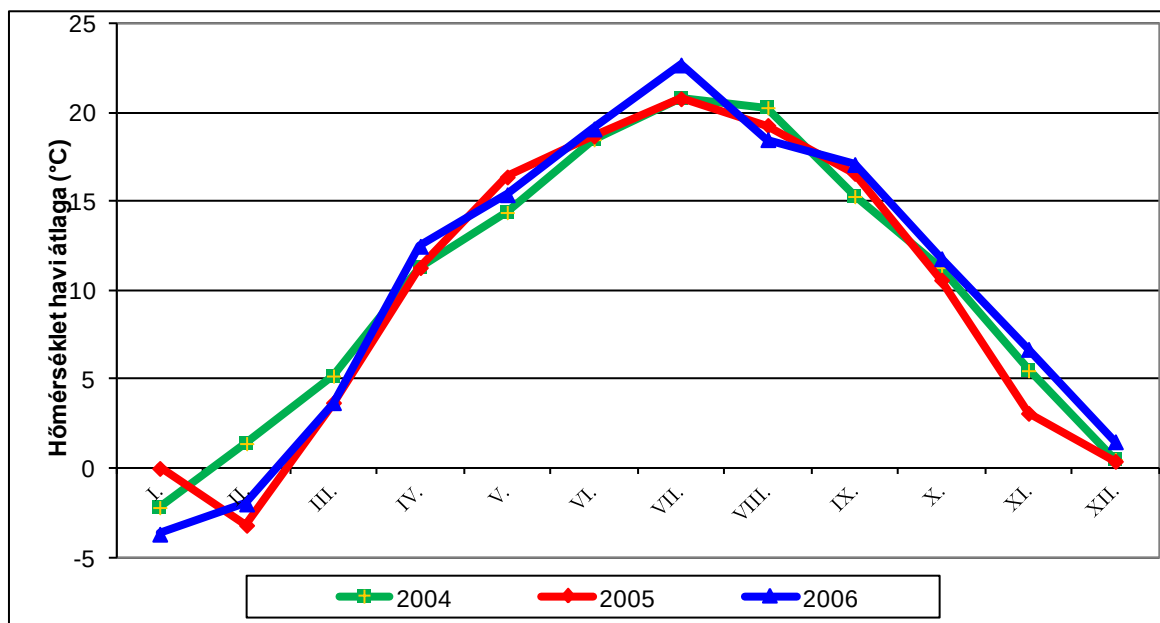
3.1.1. Földrajzi elhelyezkedés

A kísérleteket 2004-ben Közép-Magyarországon, Pest megyében Pánd (É. Sz. 47°21'01''; K. H. 19°38'00''; tengerszint feletti magasság: 129 m) és Káva (É. Sz. 47°21'04''; K. H. 19°34'44''; tengerszint feletti magasság: 157 m) települések között elhelyezkedő szántóterületeken állítottuk be hat gazdaságban (GOOGLE EARTH 2012). A völgyben fekvő tájat több domb határolja, de a beállított kísérletek sík területen helyezkednek el.

3.1.2. Éghajlati viszonyok

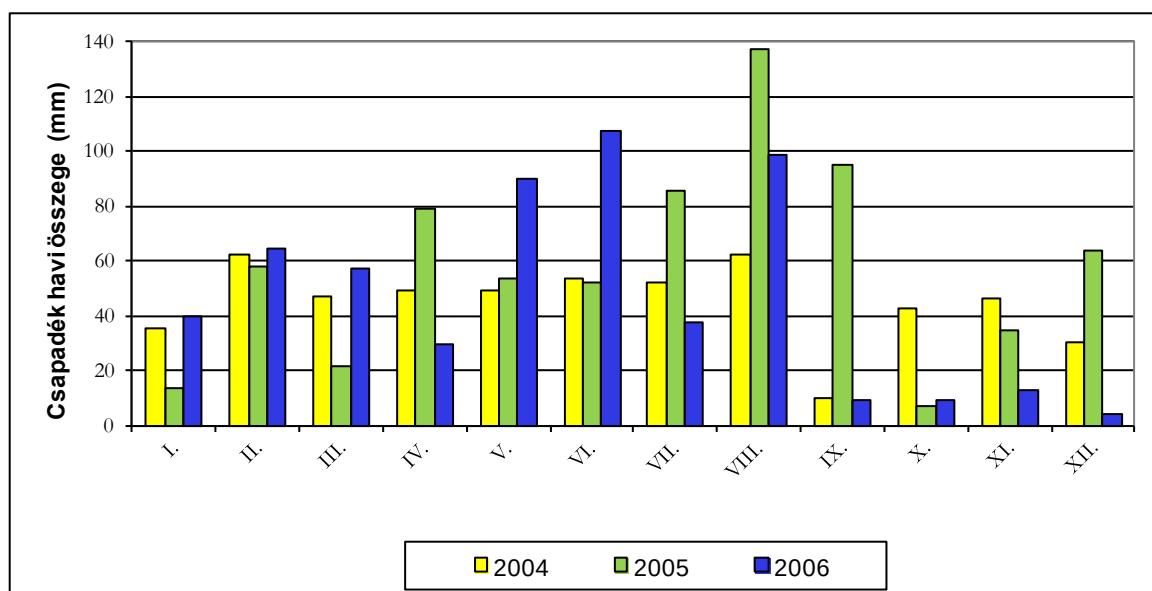
A kísérleti terület egzakt éghajlati adottságairól az Országos Meteorológiai Szolgálat Éghajlati Szolgáltató Osztálya biztosított adatokat a vizsgált évekre vonatkozóan. A havi középhőmérsékleti adatokat (*1. ábra*) a kísérleti területhez legközelebb elhelyezkedő, Tápiószelén működő automata meteorológiai állomás mérései alapján vettük figyelembe (az állomás meta adatai: Tápiószéle Agrobotanikai Intézet, hosszúság: 19°53'22'', szélesség: 47°21'18'', magasság: 96,2 m).

Az évi középhőmérséklet három éves átlaga 10,09 °C (három éves havi átlag: maximum júliusban 21,43 °C; minimum januárban -1,97 °C). Az évi középhőmérséklet a 2005. évben volt a legalacsonyabb a térségben (9,81 °C). A vizsgált évekre vonatkozó hőmérséklet havi adatait az *4. sz. melléklet* tartalmazza.



1. ábra. A havi középhőmérséklet alakulása a kísérleti területeken 2004-2006 között (°C)
(forrás: OMSZ)

A csapadékmennyiségre vonatkozó adatoknál Nagykáta térségére vonatkozóan a helyben működő csapadékmérő állomás méréseit vettük alapul (az állomás meta adatai: Nagykáta, hosszúság: 19°45', szélesség: 47°25', magasság: 116 m). A havi csapadékmennyiségek (2. ábra) három éves átlagát tekintve augusztus (99,43 mm) és június (71,20 mm) hónapokban jelentős mennyiségű csapadék hullott. A legkevesebb csapadék októberben (19,50 mm) esett. Az agrometeorológiai adatokat alapul véve megállapítható, hogy a három vizsgálati év közül a csapadék szempontjából a 2005. év bizonyult a legcsapadékosabbnak (évi csapadék: 702,1 mm) és a csapadék havi összegét tekintve is ezen év augusztusában volt legnagyobb a csapadék havi összege (137,1 mm). A három vizsgált év közül a 2004. és a 2006. évben közel azonos volt a csapadék évi mennyisége (2004. évben 540,8 mm, 2006. évben 559,3). A vizsgált évekre vonatkozó havi csapadékmennyiségeket az 5. sz. melléklet tartalmazza.



2. ábra. A havi csapadékmennyiség alakulása a kísérleti területen 2004-2006 között (mm)
(forrás: OMSZ)

3.1.3. Talajadottság

A vizsgált területek a Tápió-mente Gödöllői-dombságra eső települések (Káva és Pánd) határában találhatók, ahol a magasabban fekvő, eróziós-deráziós völgyekkel erősen tagolt löszös dombhátakon és lejtőkön közepes termőképességű csernozjom barna erdőtalaj az uralkodó (DUSEK 2007). A szántóföldi kísérletek beállításáig a vizsgált kísérleti területeken korábban sohasem került sor talajvizsgálatra, ezért 2004-2006 között a betakarítást követően átlagmintákat vettünk a talaj 0-20 és 20-40 cm-es rétegéből. A kevert talajmintákat minden egyes kísérlet esetében homogén területről gyűjtöttük úgy, hogy képzeletbeli átlók mentén haladva a vizsgált területről több ponton vettünk azonos tömegű talaj-részmintát, amelyet összekeverés után beszállítottunk a laboratóriumba. A talajvizsgálatoknak megkülönböztetett szerepe van abban, hogy a talaj természetes tápanyag-szolgáltató képességén túli tápelem-szükségletét egzakt módon tudjuk meghatározni (NÉMETH 2005b).

A begyűjtött talajminták elemzése alapján az Arany-féle kötöttség, a talajok pH-ja, a kalcium-karbonát tartalom, a humusz %, valamint a foszfor és kálium ellátottság került kiértékelésre (11. táblázat).

11. táblázat: A talajvizsgálat eredménye az A, B, C, D, E és F kísérletekben (2004-2006)

	K_A	pH_{KCL}	Humusz %	$CaCO_3$ %	AL- P_2O_5 mg/kg	AL- K_2O mg/kg
A	37	6,74	2,61	5,54	220	161
B	38	7,22	1,26	15,38	66	62
C	38	6,85	2,46	2,73	107	141
D	39	6,66	2,18	2,58	114	139
E	38	6,85	2,46	2,73	107	141
F	38	5,7	2,75	0	230	234

Az Arany-féle kötöttségi szám a talaj fizikai féleségére ad információt, annál nagyobb, minél finomabb részecskékből áll a talaj. A kisebb Arany-féle kötöttségi szám felé haladva nő a vízáteresztő képesség és csökken a talajok víz- (aszályérzékenység) és tápanyagmegtartó képessége. A pH a talaj kémhatását mutatja. Ha a talajban sok a hidrogén-ion (H^+), akkor savanyú-, ha kevés, akkor lúgos kémhatású. Ha savanyú a talaj, akkor a pH kisebb, mint 7, ha lúgos, akkor 7-nél nagyobb szám. A humusztartalom a talaj szervesanyag-tartalmát adja meg százalékban. A humusztartalom leggyakrabban 1-6 % közötti érték, és jól jellemzi a talaj nitrogén-szolgáltató képességét. A kalcium-karbonát tartalom („mésztartalom”) ismerete alapvető fontosságú. A kalcium a talaj szerkezetét morzsalékosná, kémhatását a növénynek kedvezően semlegessé vagy gyengén lúgossá teszi. A kalcium-karbonát tartalom növekedésével általában a pH is emelkedik. A P_2O_5 a talaj foszfor-szolgáltató képességének, foszfor-ellátottságának becslésére szolgál. Ha 30-60 mg/kg közötti az érték, akkor a talajféleségtől függően a talaj foszforral igen gyengén, vagy gyengén, ha 60 és 150 mg/kg közötti, akkor közepesen, és ha 150 mg/kg feletti, akkor jól vagy igen jól ellátott. A K_2O a talaj káliumszolgáltató képességének, kálium-ellátottságának becslésére szolgál. Ha 80-100 mg/kg közötti az érték, akkor a talajféleségtől függően a talaj káliummal általában igen gyengén, vagy gyengén, ha 100-170 mg/kg közötti, akkor közepesen, és ha 170 mg/kg feletti, akkor jól vagy igen jól ellátott. Az AL az ammónium-laktát rövidítése, a foszfor- és káliumellátottság vizsgálatának egyik módszere az AL-módszer, vagyis amikor ammónium-laktát kivonószert használnak (BUZÁS 2006).

A fizikai talajféleség laboratóriumi meghatározásakor az Arany-féle kötöttségi szám értéke $K_A=37-39$ volt. Mivel a talaj fizikai féleségének megállapításához további jellemzőket nem vizsgáltunk (pl. higroszkóposság, 5 órás kapilláris vízemelés), így a K_A -értékből csak megközelítőleg következtethetünk a vizsgált kísérleti területek fizikai talajféleségére, amely a fenti értékek és tapasztalataink alapján vályog. A kísérleti területek talajainak kémhatása

gyengén savanyú és semleges kémhatás között váltakozott ($\text{pH}=5,70\text{-}7,22$). A szénsavas mésztartalom jelentősen eltért a hat kísérletben (0-15,38%). Az adott termőhelyi adottságokhoz viszonyítva a humusztartalom alapján igen gyenge (B kísérlet), közepes (C, D és E kísérlet), valamint jó (A, F kísérlet) a vizsgált területek humuszellátottsága. Az oldható foszfor- és káliumtartalom szintén jelentősen eltért a kísérleti területeken. A talaj- és laborvizsgálatról készült képeket a 3. ábra szemlélteti.



a



b



c



d

3. ábra: A begyűjtött talajminták laboratóriumi vizsgálata: a.) talajdarálás, b.) talaj bemérése digitális mérlegen a különféle vizsgálatokhoz, c.) foszfor meghatározása spektrofotométerrel, d.) humuszvizsgálat

3.1.4. A kísérletek termesztéstechnológiai adatai

A beállított szántóföldi kísérletek mindegyikében hagyományos talajművelést alkalmaztak a vizsgált időszakban (2004-2006). A hagyományos művelést általában az ésszerűnél több menetszám, valamint az idő- és energiaigényes beavatkozások jellemezték. A művelés mélysége a növények igényéhez és a rendelkezésre álló eszközökhöz igazodott. A betakarítást követően a tarlómaradványokat a tenyészidőn kívüli időszakban nem használták fel a talajfelszín takarására, a talaj védelmére és a nedvességveszteség csökkentésére. A tarlómaradványoktól mentes, aprómorzsás magággy kialakítása volt az elérendő cél (4. ábra).



4. ábra: Kísérleti terület a vetést követően

A beállított szántóföldi kísérletekben a talajművelési rendszerek a növények betakarítása után mindhárom évben azonosak voltak: a feltalaj tárcsázása után az őszi szántás következett (30 cm). A műtrágya kijuttatása ősszel és tavasszal történt az előző évi növény fajtától és termésmennyiségétől függően. Tavasszal, a vetés előtt a talajt kultivátorral lazították. A vizsgált kísérleti területeken a három év alatt kukoricát és napraforgót termesztettek. Köztes védőnövények, zöldtrágyanövények, talajszerkezet-javító növények termesztése nem történt, a talajfelszínt tarlómaradványokkal nem takarták a talaj védelme és a nedvességveszteség csökkentése érdekében, továbbá a vetésforgó/vetésváltás talajtermékenység és termelékenység szempontjából történő alkalmazása nem volt tudatos. Az egyes kísérleteknél a növényi sorrend alakulását a 12. táblázat szemlélteti.

12. táblázat: A kísérleti területek növényi sorrendje 2004-2006 között

	2004	2005	2006
A kísérlet	kukorica	napraforgó	kukorica
B kísérlet	kukorica	napraforgó	kukorica
C kísérlet	kukorica	kukorica	napraforgó
D kísérlet	kukorica	kukorica	kukorica
E kísérlet	kukorica	kukorica	napraforgó
F kísérlet	kukorica	kukorica	kukorica

3.2. Vizsgálati módszerek és eszközök

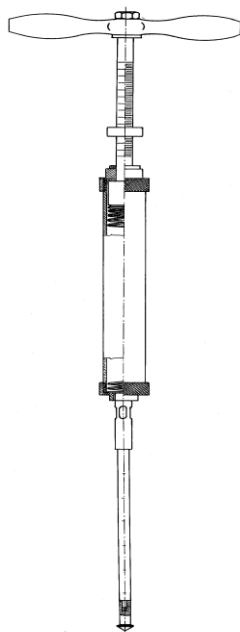
3.2.1. A talajnedvesség-tartalom vizsgálata

A talaj nedvességtartalmának meghatározása 2004-ben két alkalommal (júniusban és szeptemberben), 2005-ben és 2006-ban három alkalommal (májusban, augusztus végén és októberben) történt.

A talaj nedvességtartalmának meghatározásakor szűrőbot segítségével vettünk mintát 10 cm-enként 50 cm-es mélységig, háromszori ismétléssel. A talajminták nedvességtartalmát szárítószekrényes eljárással, 105 °C-on, tömegállandóságig történő szárítással határoztuk meg. A talajnedvesség-tartalom vizsgálatával azonos időben a talaj ellenállását is meghatároztam.

3.2.2. A talajellenállás vizsgálata

A tömörödött rétegek vizsgálatára az egyik leggyakrabban alkalmazott módszert, a talajellenállás mérését alkalmaztam. A szántóföldi kísérletekben a talajellenállás mérése mechanikus elven működő rugós penetrométerrel történt (DARÓCZI és LELKES 1999). A vegetációs időszakokban 2004-ben két (júniusban és szeptemberben), 2005-ben és 2006-ban három alkalommal (májusban, augusztus végén és októberben) háromszori ismétlésben, 10 cm-ként, 50 cm mélységig határoztam meg a talaj ellenállását. A vizsgálathoz használt műszert az 5. ábra szemlélteti.



5. ábra: Daróczy-Lelkes féle rugós talajellenállás-mérő (MIKÓ 2009)

Ahol:

erő: 0 - 150 lbf = 0 - 667,2 N

mélység 0 - 50 cm

szondacsúcs alapterület: 1 cm²

szondacsúcs kúpszög: 60 fok

szonda hosszúság: 50 cm

3.2.3. A talaj agronómiai szerkezetének vizsgálata

A kísérleti területeken a talaj agronómiai szerkezetét száraz szitálással határoztam meg. A hat gazdaságban 2004-ben két (június és szeptember), 2005-ben és 2006-ban évente három alkalommal (május, augusztus és október) háromszori ismétlésben végeztem szerkezet-vizsgálatokat. Vizsgálataimhoz a területről begyűjtött mintákat légszárazra szárítást követően 7 különböző lyukbőségű szitán (20, 10, 5, 3, 1, 0,5 és 0,25 mm) átrostálva 8 mérettartomány szerinti frakcióra osztottam. A frakciók tömegét megmértem, és mennyiségüket a minta tömegszázalékában kifejezve megállapítottam a talaj százalékos rög-, morzsa- és porösszetételét.

STEFANOVITS (1992) módszerét alkalmaztam, azaz az agronómiai szerkezet megítéléséhez nem voltam tekintettel a szerkezeti elemek alakjára, kizárólag a méretük alapján osztályoztam a szerkezeti elemeket, és a különböző mérettartományokba tartozó aggregátumok arányát határoztam meg. Így ennek alapján a 10 mm (illetve ettől nagyobb)

lyukátmérőjű szitán fennmaradt részt rögrakcióba (10 mm<), az 5 és 0,25 mm közötti lyukbőségű szitákon fennmaradt részt a morzsafrakcióba (0,25 - 10 mm), míg a 0,25 mm lyukátmérőjű szita alatti porfelfogó edényben lévő részt a porfrakcióba soroltam (0,25 mm>). A 6. ábra az agronómiai szerkezet-vizsgálatot szemlélteti.



6. ábra: Az agronómiai szerkezet vizsgálata

3.2.4. Az ökonómiai vizsgálat

A vizsgálat tárgyát képező hat családi gazdaság nem rendelkezett évekre visszamenő, teljes körű, hiteles, megbízható termelési és költség-nyilvántartásokkal, ezért a hat gazdaságra kiterjedő összehasonlító ökonómiai vizsgálat feltételei nem biztosítottak. Mivel a mikrotérségben talajkímélő művelést egyáltalán nem folytattak a vizsgált években, ezért a talajkímélő és hagyományos művelés összehasonlító ökonómiai vizsgálata szintén kivitelezhetetlen volt.

Vizsgálataimhoz ezért kiválasztottam azt a gazdaságot (B kísérlet), amely a legtöbb, az ökonómiai vizsgálat szempontjából releváns adattal rendelkezett. A kiválasztott gazdálkodóval folytatott konzultáció során adatgyűjtő lapra összegyűjtöttem a költségszámításhoz szükséges adatokat egy hektárra vetítve.

2004-2006 között a kiválasztott, mezőgazdasági szakirányú végzettséggel nem rendelkező gazdálkodó 73 hektár összterületen gazdálkodott. A mezőgazdálkodáson kívül egyéb gazdasági tevékenységet is folytatott (tűzelő- és építőanyag vállalkozás).

A jövedelem meghatározásához – a termelési érték és a termelési költség különbözetéhez – az általános költségek nem álltak rendelkezésre, ezért az ökonómiai elemzés alapjául a fedezeti hozzájárulás vizsgálatát választottam.

A fedezeti hozzájárulás – amely a termelési érték és a közvetlen változó költség különbözete – tartalmazza az ágazat nyereségét és egyben fedezetet is nyújt az állandó költségekre. A közvetlen költségeken belül az összes anyagköltséget, a segédüzemi költséget, a szántóföldi növény vizsgált évre vonatkozó egységárát (Ft/t) és hozamát (t/ha), valamint az ezek szorzataként kapott termelési értéket vettem figyelembe.

3.3. Statisztikai értékelés

A talaj nedvességtartalmát, az ellenállását és az agronómiai szerkezetét Excel program segítségével értékeltem. Statisztikai értékelésre egytényezős varianciaanalízist alkalmaztam (SVÁB 1981, BARÁTH et al. 1996). A statisztikai értékelést, valamint az ökonómiai vizsgálat eredményeit a *4. Eredmények és értékelésük* fejezetben részletesen ismertetem.

4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

4.1. A talaj nedvességtartalom mérések eredményei

4.1.1. A nedvességtartalom eredmények a vizsgált években

CSERHÁTI (1896) megállapítása a talaj nedvességtartalmára vonatkozóan – amely *Az okszerű talajművelés alapelvei* c. művében olvasható – ma is helytállónak bizonyul:

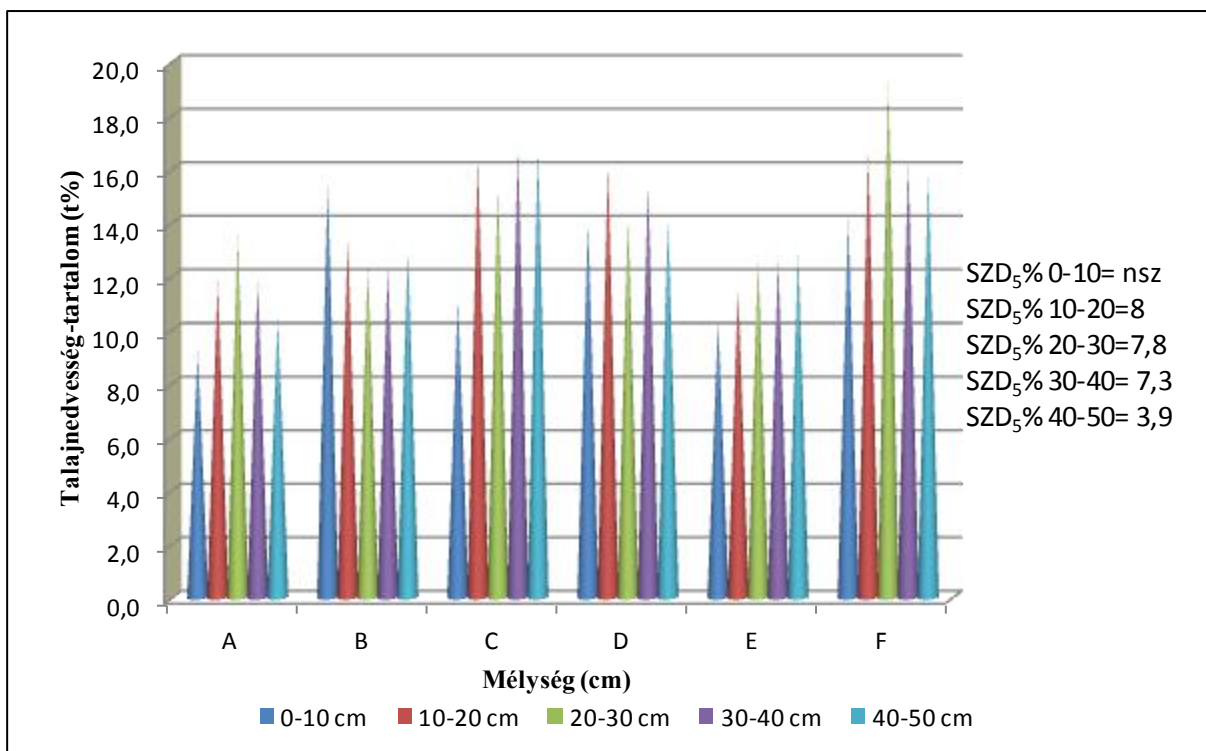
„A talaj vízmennyisége első sorban a csapadék mennyiségétől függ ugyan, azonban a gazda igen sokat tehet arra nézve, hogy a talajba került csapadékvíz ott hosszabb időn át tulságos sok ne legyen, másrészt meg a növények szükségelte mennyiségből minél több visszatartassék, vagyis hogy a talaj minél lassabban száradjon ki.”

Az eredményes növénytermesztés egyik befolyásoló tényezője a talaj nedvességtartalma, ezért a talaj fizikai állapotának vizsgálatához a talajellenállás-mérésekkel azonos időben a talaj nedvességtartalmát is meghatároztam. A talaj aktuális nedvességtartalma a talaj ellenállását leginkább befolyásoló tényező (GYURICZA 2001b).

A kísérletekben általam mért talajnedvesség-tartalom értékeket mutatja a 7-9. *ábra* az 50 cm mélységig (6-8. *sz. melléklet*). Az *ábra* vízszintes tengelye a talajmélységet (cm), a függőleges tengelye a nedvességtartalom tömegszázalékban (t %) kifejezett értékét szemlélteti. A talaj nedvességtartalma a 2004. évben mutatta a legváltozatosabb képet a kísérletek között (6. *sz. melléklet*). A három vizsgált év közül a 2004. évben volt legcsekélyebb a csapadék mennyisége (540,8 mm). A vizsgálat első évében jelentős mennyiségű csapadék esett februárban (62,2 mm) és augusztusban (62,3 mm). A legkevesebb csapadék szeptemberben hullott (mindössze 10,2 mm).

2004-ben a kísérletek között szignifikáns volt a különbség (7. *ábra*) a 10-20 ($SzD_{5\%}10-20=8$), a 20-30 ($SzD_{5\%}20-30=7,8$), a 30-40 ($SzD_{5\%}30-40=7,3$) és a 40-50 cm mélységben ($SzD_{5\%}40-50=3,9$). A 0-10 cm mélységben 9,2-15,4 t % között változott a talaj nedvességtartalma. A három vizsgált év közül 2004-ben mértem a legnagyobb talajnedvességet a 0-10 cm talajmélységben. A kísérletek között itt nem volt szignifikáns a különbség, a legnagyobb értéket a B kísérlet esetében mértem (15,4 t %). A 10-20 cm mélységben 11,5-16,6 t % között változott a talaj nedvességtartalma, ami 69%-os eltérést jelentett ebben a talajmélységben a mért legkisebb és a legnagyobb talajnedvesség értékek között. 2004-ben a talajnedvesség maximális értéke a 20-30 cm talajrétegben érte el a maximumát (19,3 t %) az F kísérlet esetében. Ebben a mélységben tapasztaltam a kísérletek közötti legnagyobb heterogenitást a talajnedvesség átlagértékei között. A 30-40 cm

mélységben a B kezelésnél volt a legkisebb a talaj nedvességtartalma (11,8 t %). A 30-40 cm és a 40-50 cm mélységben is a talajnedvesség értékek átlaga nem haladta meg a 16,8 t %-ot. Feltehetően a 30-40 és 40-50 cm mélységben mért alacsony nedvességtartalom eredményezhette a penetrációs ellenállás növekedését az egyes kísérleteknél (30-40 cm= 3,4 MPa; 40-50 cm= 3,2 MPa). Ez a megállapítás összhangban van BEKE (2006) eredményeivel is, aki vizsgálatait során azt tapasztalta, hogy száraz években a kisebb nedvesség miatt általánosan nagyobbak a talajellenállás értékek.

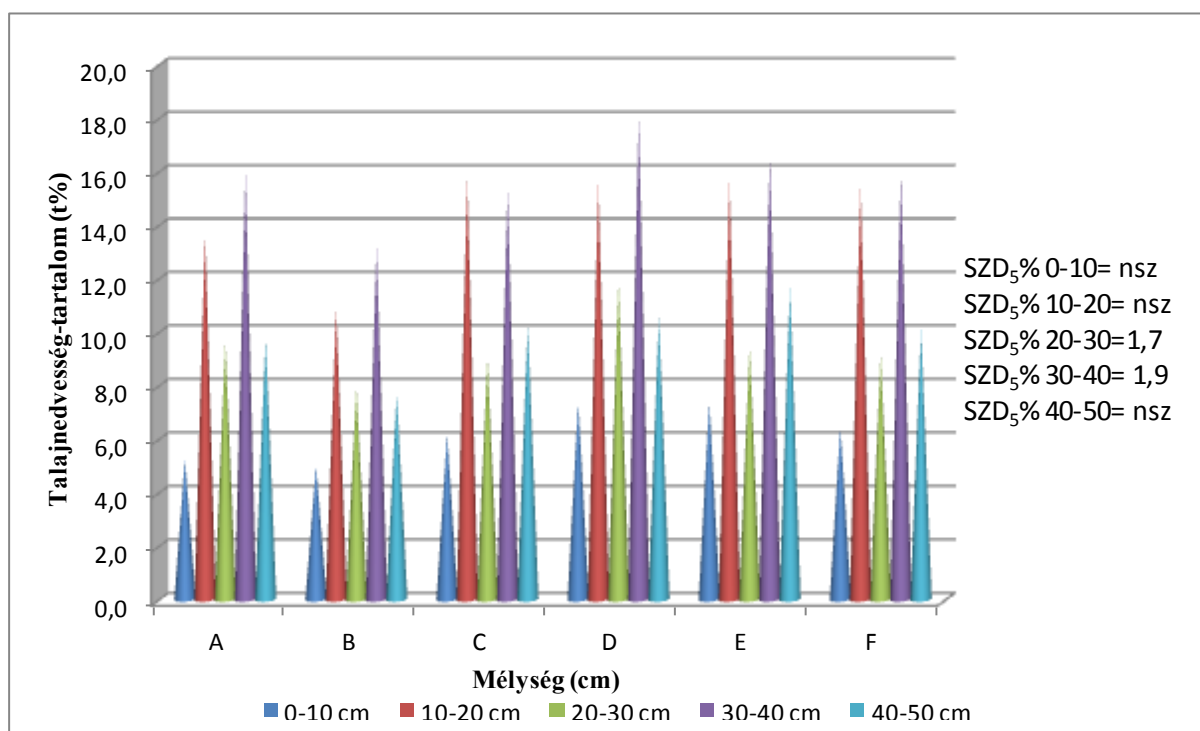


7. ábra: A talajnedvesség alakulása az egyes kísérletekben a 0-50 cm mélységben (2004)

A három vizsgált év közül a 2005. év bizonyult a legcsapadékosabbnak (702,1 mm). A csapadékelátottság szempontjából, ahogy az augusztus a legnagyobb (137,1 mm), úgy az október a legalacsonyabb csapadékmennyiséggel (6,8 mm) emelkedett ki a vizsgált évben.

A 20-30 (SzD₅%20-30=1,7) és a 30-40 cm-es (SzD₅%30-40=1,9) mélységben szignifikáns különbség tapasztalható a kísérletek között. A vizsgált év talajnedvesség értékeit a 8. ábra és az 7. sz. melléklet szemlélteti. A 0-10 cm talajmélységben a vizsgált évben egyik kísérletnél sem haladta meg a talajnedvesség átlagértéke a 7,4 t %-ot. A vizsgált évben e talajmélység maximuma még az előző év minimum talajnedvesség értékét (9,2 t %) sem érte el. Ebben a mélységben a legnedvesebbnek a D és E kísérlet talaja bizonyult. A 10-20 cm

talajmélységben 10,9-15,7 t %, a 20-30 cm mélységben 7,9-11,9 t % között változott a talaj nedvességtartalma. A kísérleteknél mért talajnedvesség átlagértékei között a legnagyobb különbséget a 30-40 cm talajmélységben regisztráltam. Ugyanebben a mélységben mértem a vizsgált év legmagasabb talajnedvesség értékét is a D kísérlet (18,1 t %) esetében. A többi vizsgált évvel összehasonlítva, a 40-50 cm talajmélységben 2005-ben voltak legalacsonyabbak a talajnedvesség átlagértékei (7,7-11,7 t %). A mérések alapján a legnedvesebbnek ebben a talajmélységben az E kísérlet talaja bizonyult. A talaj nedvességtartalma a 2005. évben a 40 cm talajmélységet elérve mindegyik kísérletben csökkent.



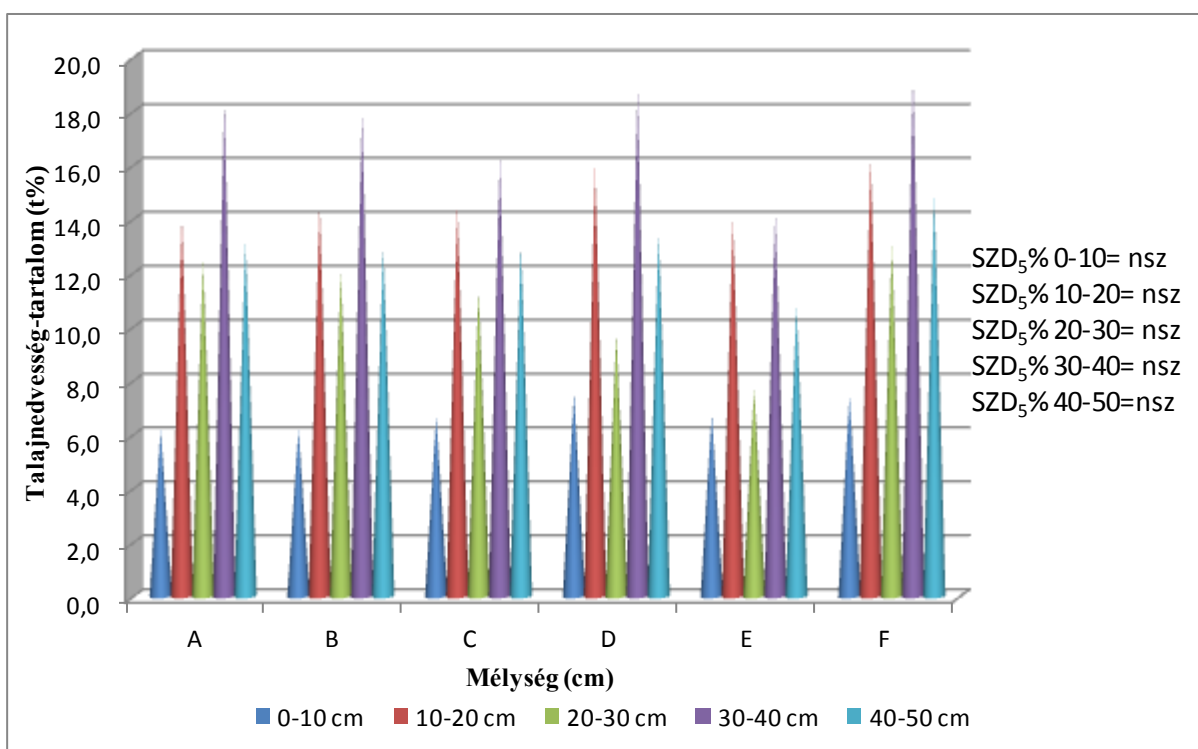
8. ábra: A talajnedvesség alakulása az egyes kísérletekben a 0-50 cm mélységben (2005)

A vizsgálat utolsó évében a csapadék évi mennyisége jelentősen kevesebb volt (559,3 mm), mint az előző évben. A csapadékelátottság szempontjából a június bizonyult a legcsapadékosabbnak (107,8 mm), a legkevesebb csapadék pedig szeptember és október hónapban hullott (mindössze 9,2 mm). A 2006. évben (9. ábra, 8. sz. melléklet) egyik mélységben sem találtam szignifikáns különbséget a kísérletek között. A legnagyobb talajnedvesség-tartalmat minden kísérletnél a 30-40 cm mélységben mértem. Ebben a mélységben az F kísérletben regisztráltam a vizsgált év legmagasabb talajnedvesség értékét

(19,2 t %), de e talajmélység legkisebb értéke is meghaladta a korábbi vizsgált évek ugyanezen mélységében mért minimum értékeit (2004-ben 11,8 t %, 2005-ben 13,2 t %).

Amíg a talaj felső 0-10 cm mélységében 6,2-7,5 t % között változott a talaj nedvességtartalma, addig a 40-50 cm mélységben 10,8-14,8 t % között alakult ez az érték. Bár a mért talajnedvesség értékek nem magasak egyik vizsgált mélységben sem, megállapítható, hogy a talaj felszínéhez képest 51-57%-kal több a nedvesség a 40-50 cm mélységben. A talajnedvesség-tartalom szempontjából a nagyfokú eltérés a talaj felszíne és a 40-50 cm-es mélység között feltehetően a növényi maradványok és a talajtakarás hiánya, valamint a szántott talaj nagyobb felülete miatti párolgás során jelentkező intenzívebb vízvesztéséből adódhat.

Hasonlóan a 2005. évhez, ebben az évben is a 40 cm mélység elérése után a nedvességértékek kiugróan alacsonyak voltak. Feltehetően ennek az az oka, hogy a 40 cm mélység alatt a nedvességforgalmat tömör réteg akadályozta.



9. ábra: A talajnedvesség alakulása az egyes kísérletekben a 0-50 cm mélységben (2006)

4.1.2. A nedvességtartalom eredmények értékelése az évjárathatás szempontjából

A talaj nedvességtartalmának vizsgálatakor a hat szántóföldi kísérletben az évjárathatás vizsgálatával egészítettem ki a statisztikai elemzést azzal a céllal, hogy

megvizsgáljam az évjárat befolyásolta-e a talajnedvesség-értékeket. A talajnedvesség évjáráthatás szempontjából történő vizsgálata a vizsgált évben mért adatok átlagának évek közötti összehasonlításával történt. A statisztikai elemzés eredményét a 13. táblázat tartalmazza.

13. táblázat: A talajnedvesség változása az egyes kísérleteknél a 0-50 cm mélységben (2004-2006)

	Talajnedvesség (t %)							
Talajmélység (cm)	Kísérlet							
0-10	Mérés éve	A	B	C	D	E	F	SzD _{5%} kísérletek között
	2004	9,2	15,4	11,1	14,0	10,3	14,2	nsz
	2005	5,2	5,0	6,2	7,4	7,4	6,4	
	2006	6,2	6,2	6,7	7,5	6,7	7,5	
	SzD _{5%} évek között	0,8						
10-20	Mérés éve	A	B	C	D	E	F	SzD _{5%} kísérletek között
	2004	11,8	13,3	16,5	16,1	11,5	16,6	1,7
	2005	13,7	10,9	15,7	15,6	15,6	15,5	
	2006	14,0	14,4	14,4	15,9	14,0	16,3	
	SzD _{5%} évek között	nsz						
20-30	Mérés éve	A	B	C	D	E	F	SzD _{5%} kísérletek között
	2004	13,5	12,4	15,3	14,2	12,6	19,3	nsz
	2005	9,6	7,9	9,0	11,9	9,4	9,1	
	2006	12,5	12,1	11,3	9,8	7,7	13,0	
	SzD _{5%} évek között	1						
30-40	Mérés éve	A	B	C	D	E	F	SzD _{5%} kísérletek között
	2004	11,8	12,3	16,8	15,4	12,6	16,2	nsz
	2005	16,0	13,2	15,3	18,1	16,6	16,0	
	2006	18,3	17,9	16,2	18,7	14,2	19,2	
	SzD _{5%} évek között	1						
40-50	Mérés éve	A	B	C	D	E	F	SzD _{5%} kísérletek között
	2004	10,4	12,9	16,8	14,1	12,8	15,8	nsz
	2005	9,8	7,7	10,2	10,6	11,7	10,1	
	2006	13,2	12,9	13,0	13,5	10,8	14,8	
	SzD _{5%} évek között	0,9						

A vizsgálatok évek közötti összehasonlításakor a 10-20 cm mélység kivételével minden mélységben szignifikáns különbséget tapasztaltam ($SzD_{5\%}0-10=0,8$; $SzD_{5\%}20-30=1$; $SzD_{5\%}30-40=1$; $SzD_{5\%}40-50=0,9$), tehát az évjáráthatás ezekben a mélységekben igazolható. A talaj nedvességtartalmát, a 10-20 cm-es mélység kivételével, az évjárat minden mélységben befolyásolta. BEKE et al. (2007) talajállapot-vizsgálataik során 3T penetrométerrel vizsgálták a talaj nedvességtartalmát és penetrációs ellenállását. Vizsgálatik során azt a következtetést vonták le, hogy adott termőhelyen, azonos művelés esetén a penetrációs ellenállás szoros összefüggést mutat a felszínre érkező csapadék mennyiségével és ezzel összefüggésben a talaj nedvességtartalmával.

A kísérletek között szignifikáns különbséget csak a 10-20 cm mélységben tapasztaltam ($SzD_{5\%}10-20=1,7$). A talaj nedvességtartalma ebben a mélységben nem az évjáráthatástól függött, hanem az alkalmazott agrotechnikától. Tehát a talajművelés hatása a nedvességtartalomra a 10-20 cm rétegben mutatkozott meg.

Eredményeink összhangban állnak a szakirodalomban közöltekkel (BEKE 2006; LÁSZLÓ 2007; MIKÓ 2009), amely szerint a talajellenállás és a talajnedvesség értékét nagymértékben befolyásolja az évjárat.

A talajnedvességgel kapcsolatos mérések összefoglalásaképpen elmondható, hogy 2004-ben a 0-10 cm mélység kivételével minden mélységben szignifikáns volt a különbség a kísérletek között. A vizsgálat első évében regisztráltam a 0-10 cm mélység legnagyobb átlagos nedvességtartalmát. A 40-50 cm mélységben is szintén a 2004. évben tapasztaltam az átlagos nedvességtartalom maximumát (16,8 t %).

A talaj nedvességtartalma a 2004. év kivételével a 2005. és 2006. évben a 40 cm mélység elérése után mindegyik kísérletben csökkent. A vizsgálat második, és egyben legcsapadékosabb évében a 20-30 és a 30-40 cm mélységben volt szignifikáns különbség a kísérletek között. Az alpművelés határán, illetve közvetlenül az alpművelés mélysége alatt a nedvességértékekben tapasztalt eltéréshez a szántás ideje és minősége is hozzájárulhatott. A kedvező nedvességtartománynál végzett szántás eredményeképpen a csapadék befogadása és tárolása nem akadályozott, a talaj kellően beázik és a növény számára biztosítja a szükséges vízfelvételt. A kedvezőtlen nedvességtartománynál végzett szántás viszont nem csak talajállapot-hibákhoz vezethet (pl. nedves talajon hantképzés, száraz talajon rögzítés), hanem nagyobb nedvességvesztés esetén a növénytermesztés eredményességét is nagymértékben befolyásolhatja.

A vizsgálat utolsó évében, 2006-ban a talaj felszínéhez képest 51-57%-kal több volt a nedvesség a 40-50 cm mélységben. Ez feltehetően a növényi maradványok, a talajtakarás

hiánya, valamint a szántott talaj nagyobb felülete miatti párolgás során jelentkező intenzívebb vízveszteségből adódhatott.

A vizsgálatok évek közötti összehasonlításakor a 10-20 cm mélység kivételével minden mélységben szignifikáns különbséget tapasztaltam, tehát az évjárathatás ezekben a mélységekben igazolható volt. A talaj nedvességtartalma a 10-20 cm mélységben nem az évjárathatástól függött, hanem az alkalmazott agrotechnikától. Tehát a hagyományos talajművelés hatása a nedvességtartalomra a 10-20 cm talajmélységben mutatkozott meg.

4.2. A talajellenállás mérés eredményei

4.2.1. A talajellenállás mérés eredményei a vizsgált években

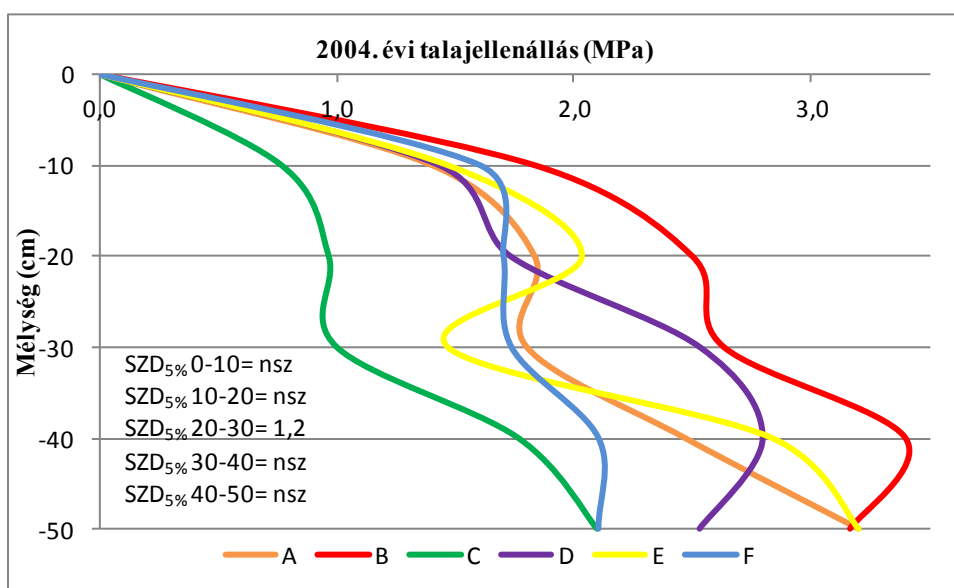
Több szerző (HAKANSSON 1990; SOANE és VAN QUWERKERK 1994a; RÁTONYI 1999; cit. BIRKÁS és GYURICZA 2004) akkor ítéli károsan tömörnek a talajt, ha a penetrációs ellenállása száraz (nem extrém száraz) állapotban meghaladja a 3,0 MPa értéket, ezért a talajellenállás eredmények értékelésekor a 3,0 MPa-t vettem határértéknek, az e feletti talajellenállás értékeknél káros tömörödést feltételeztem az adott talajmélységben.

A vizsgálat első évében mind a hat kísérletben kukoricát termesztettek. A kukoricánál talajtömörödés hatására természsökkenés következhet be. BIRKÁS (2000) vizsgálati eredményei alapján úgy véli, hogy kukorica esetében a szántással kialakítható, és legalább 21-22 cm mélységig kellően lazult állapot változó csapadékviszonyok esetén is kedvezőbb hatású a tárcsás sekélyművelésnél. A szántóföldi kísérletek első évében a talajellenállás vizsgálatokor a 20-30 cm közötti mélységben szignifikáns eltérést találtam a kísérletek között ($SzD_{5\%20-30}=1,2$). A többi mélységnél nem volt statisztikailag igazolható a különbség. A 2004. évi talajellenállás mérés eredményeit a 10. ábra szemlélteti. A talajellenállás mérések átlagai a 0-10 cm talajrétegben, a C kísérlet esetében mutatták a legkisebb talajellenállás értéket (0,8 MPa). A legnagyobb különbségek az egyes kísérletek talajellenállás átlagértékei között a 20-30 cm (1,0-2,6 MPa) és a 30-40 cm (1,8-3,4 MPa) talajmélységben mutatkoztak meg. A talajellenállás-mérések átlagai alapján 2004-ben az A, B és E kísérleteknél a penetrációs ellenállás meghaladta a 3 MPa értéket. Amíg az A és E kísérletnél csak a 40-50 cm mélységben tapasztaltam 3,0 MPa-nál nagyobb talajellenállást, addig a B kísérletnél már a 30-40 cm mélységben is meghaladta a 3,4 MPa-t a talajellenállás-mérések átlaga (9. sz. melléklet). A 2004. évben a talajellenállás mérések átlagértékei négy kísérlet esetében a mélységgel növekedtek. Két kísérlet esetében azonban a talajellenállás mérések átlagértékei – jóllehet 0,2 és 0,3 MPa-lal, de – kisebbek voltak a 40-50 cm mélységben, mint a felette lévő

talajrétegben. A maximális érték a B (3,4 MPa) és D (2,8 MPa) kísérlet esetében is közvetlenül a szántott réteg (30 cm) alatt, a 30-40 cm mélységben volt tapasztalható. RÁTONYI (1999) ugyanakkor azt tapasztalta három talajművelési változat (őszi szántás, tavaszi szántás és tavaszi tárcsás sekély művelés) vizsgálatakor, hogy a talajellenállás a művelt rétegben mindhárom kezelés esetében a mélységgel együtt növekedett.

Megállapítható, hogy a vizsgálat első évében három kísérletnél az alapművelés mélysége alatt találtunk károsan tömör réteget. Mindhárom kísérletben kukoricát termesztettek az adott évben. Száraz talajban a kukorica gyökere 2 méter mélyre is lehatolhat, de gyökérzetének főtömege a talaj 30 cm-es felszíni rétegében helyezkedik el, így a 30-40 cm mélységnél (B kísérlet) és a 40-50 cm mélységnél (A, B és E kísérlet) tapasztalt talajellenállás (>3 MPa) nem akadályozta a növény fejlődését.

A vizsgálat első évében az eredmények alapján megállapítható, hogy a szántás legalább a 30 cm mélységig minden egyes kísérletben kellően lazult talajállapotot eredményezett.



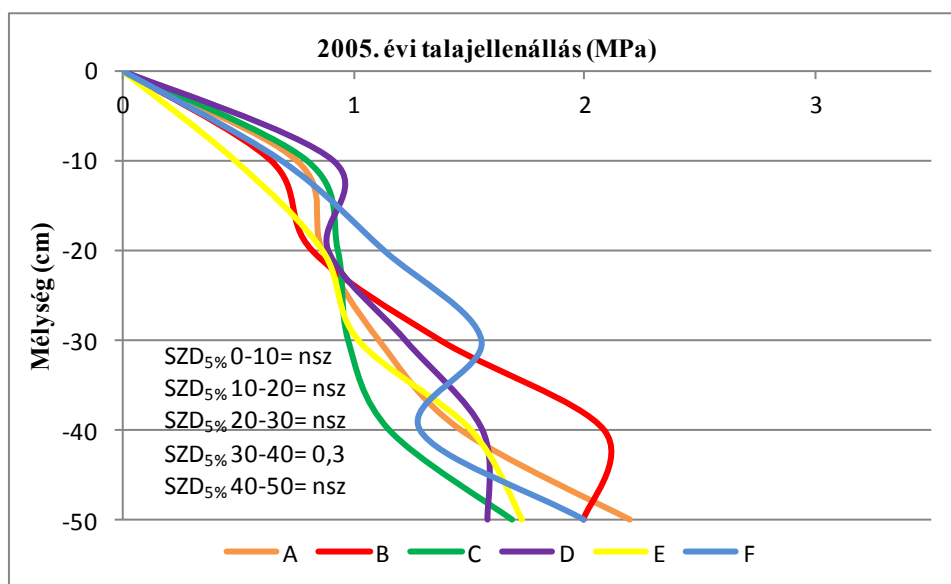
Nedvességtartalom tömegszázalékban a vizsgált mélységben:

	A	B	C	D	E	F
0-10	9,2	15,4	11,1	14	10,3	14,2
10-20	11,8	13,3	16,5	16,1	11,5	16,6
20-30	13,5	12,4	15,3	14,2	12,6	19,3
30-40	11,8	12,3	16,8	15,4	12,6	16,2
40-50	10,4	12,9	16,8	14,1	12,8	15,8

10. ábra: A talajellenállás alakulása az egyes kísérletekben a 0-50 cm mélységben adott nedvességtartalomnál (2004)

2005-ben (11. ábra) a 30-40 cm közötti mélységben ($SzD_{5\%30-40}=0,3$) találtam szignifikáns eltérést a kísérletek között. A mérések során 3 MPa vagy 3 MPa-nál nagyobb értékeket mértem ugyan (A és B kísérletek esetében), de a vizsgált évben az átlagértékeket tekintve egyik kísérletben sem érték el a mérések a határértéket. A talajellenállás-mérések átlaga 0,5-2,2 MPa között alakult (10. sz. melléklet). Az öt talajmélységet vizsgálva megállapítható, hogy a talajellenállás mérések átlagai a 0-10 cm talajrétegben mutatták a legkisebb talajellenállás értékeket (0,5-0,9 MPa). A 10-20 cm talajmélység 0,8-1,1 MPa átlagértékeinél nagyobb volt a penetrációs ellenállás a 20-30 cm talajmélységben (1,0-1,6 MPa). A 30 cm mélységig minden kísérletben a mélységgel együtt nőtt a talajellenállás. A talajellenállás átlagértékei a 30-40 cm talajmélységben mutatták a legnagyobb különbséget az egyes kísérletek között (1,2-2,1 MPa). A mérések átlagértékei a 40-50 cm mélységben nem utaltak káros tömörödéssre (1,6-2,2 MPa). 2005-ben a talajellenállás maximális átlagértékét (2,2 MPa) az A kísérlet 40-50 cm mélységében mértem.

A három vizsgált év közül a 2005. év bizonyult a legcsapadékosabbnak. Az országos átlagot tekintve hidegebb és 20 %-kal csapadékosabb volt, mint a sokévi átlag. A térségben, ahol a hat szántóföldi kísérletet beállítottuk, 702,1 mm csapadék hullott, ami 20-23%-kal jelentett többet a másik két vizsgálati évhez viszonyítva. A talajellenállás-mérések során kapott kedvező értékek feltehetően az optimális nedvességtartománynál végzett talajmunkáknak és a megfelelő minőségű művelésnek köszönhetőek. A vizsgálat második évében az eredmények alapján megállapítható, hogy a szántás minden kísérletben a 30 cm mélységig kellően lazult talajállapotot eredményezett. A vizsgált évben a talajellenállás átlagértékei a 3 MPa-t nem érték el az egyes kísérleteknél, így az értékek alapján káros tömörödés nem feltételezhető a talajban. A 11. ábrán azonban látható, hogy mely mélységnél kezdődik a rosszabb állapot. Az ábrán a művelés mélysége alatt megfigyelhető a kedvezőtlen állapot. Például az. F kísérlet esetében, ahol a talajellenállás átlagértékei egyik mélységben sem érik el a 3 MPa-t, az ábra mégis eketalp jelenlétére utal. A vizsgált évben a szántás mélysége alatt az eketalp réteg érzékelhető, csak a nedvesség miatt az értékek kisebbek, mint 3 MPa. A lazítás, valamint a talajművelési mélység időnkénti változtatása indokolt lehet a művelőtalp tömörödés elkerülése miatt.



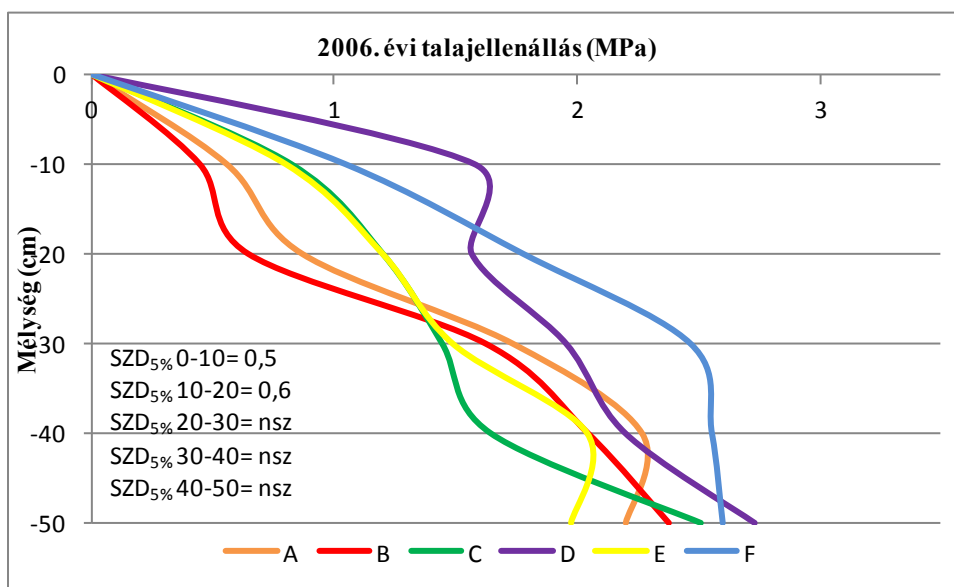
Nedvességtartalom tömegszázalékban a vizsgált mélységben:

	A	B	C	D	E	F
0-10	5,2	5	6,2	7,4	7,4	6,4
10-20	13,7	10,9	15,7	15,6	15,6	15,5
20-30	9,6	7,9	9	11,9	9,4	9,1
30-40	16	13,2	15,3	18,1	16,6	16
40-50	9,8	7,7	10,2	10,6	11,7	10,1

11. ábra: A talajellenállás alakulása az egyes kísérletekben a 0-50 cm mélységben adott nedvességtartalomnál (2005)

2006-ban (12. ábra) a 0-10 ($SzD_{5\%}0-10=0,5$) és 10-20 cm ($SzD_{5\%}10-20=0,6$) közötti mélységben szignifikáns volt az eltérés a kísérletek között. A talajellenállás-mérések átlaga 0,4-2,7 MPa között változott, tehát ebben az évben sem érte el a 3 MPa-t. Minden kísérletben voltak olyan mérések, amelyek 3 MPa vagy afeletti értéket mutattak, de az egyes mélységeknél mért talajellenállás átlagértékek nem érték el a 3 MPa-t (11. sz. melléklet). A 2006. évben a szántóföldi kísérletek 0-10 cm talajmélységében 0,4-1,6 MPa között változott a talajellenállás mérések átlaga. A három vizsgált év közül ebben az évben volt a legnagyobb különbség az egyes kísérletek 0-10 cm mélységében mért talajellenállás átlagértékei között. A 10-20 cm mélységben 0,6-1,8 MPa között változott a talajellenállás értékek átlaga, a 20-30 cm mélységben 1,4-2,5 MPa, a 30-40 cm-es rétegben 1,6-2,6 MPa, míg a 40-50 cm mélységben 2,0-2,6 MPa talajellenállás átlagértékeket regisztráltam. Az A kísérlet esetén a 30-40 cm mélységben 0,1 MPa-lal nagyobb talajellenállást mértem, mint a 40-50 cm mélységben. A többi kísérletben vagy a mélységgel növekedett (B, C, D kísérletek), vagy a 30-40 cm és a 40-50 cm mélységben a talajellenállás átlagértéke hasonló volt.

A vizsgálat harmadik, egyben utolsó évében az eredmények alapján megállapítható, hogy a több éve azonos mélységben végzett szántás hatására 30 cm alatt mindenütt nőtt a talajellenállás értéke. A 12. ábra alapján látható a kedvezőtlen talajállapot a művelés mélysége alatt. Például az F kísérlet esetében az ábra eketalp jelenlétére utal, de a talaj nedves, így az ellenállás értéke kisebb, mint 3,0 MPa.



Nedvességtartalom tömegszázalékban a vizsgált mélységben:

	A	B	C	D	E	F
0-10	6,2	6,2	6,7	7,5	6,7	7,5
10-20	14	14,4	14,4	15,9	14	16,3
20-30	12,5	12,1	11,3	9,8	7,7	13
30-40	18,3	17,9	16,2	18,7	14,2	19,2
40-50	13,2	12,9	13	13,5	10,8	14,8

12. ábra: A talajellenállás alakulása az egyes kísérletekben a 0-50 cm mélységben adott nedvességtartalomnál (2006)

4.2.2. A talajellenállás eredmények értékelése az évjárathatás szempontjából

A hat szántóföldi kísérletben az évjárathatás vizsgálatával egészítettem ki a statisztikai elemzést azzal a céllal, hogy megvizsgáljam az évjárat befolyásolta-e a talajellenállás-értékeket.

A talajellenállás évjárathatás szempontjából történő vizsgálata a vizsgált évben mért adatok átlagának évek közötti összehasonlításával történt. A statisztikai elemzés eredményét a

14. táblázat tartalmazza. Megállapítható, hogy minden mélységben szignifikáns az eltérés a vizsgált évek között ($SzD_{5\%}0-10=0,2$; $SzD_{5\%}10-20=0,2$; $SzD_{5\%}20-30=0,2$; $SzD_{5\%}30-40=0,2$; $SzD_{5\%}40-50=0,2$), tehát az évjárat nagymértékben befolyásolta a talajellenállás-értékeket. A kísérletek között ugyanakkor szignifikáns különbséget nem találtam. A mért adatok átlagát tekintve a 0-10; 10-20 és 20-30 cm mélységben mindegyik vizsgált évben kellően lazultnak bizonyult a talaj állapota, tehát a talajfelszíni rétegben a nedvességforgalmat és a növényi gyökerek növekedését tömör réteg nem akadályozta. A 30-40 cm mélységben a vizsgálat első évében (2004) egy kísérlet esetében haladta meg a talajellenállás a 3 MPa értéket (B kísérlet). A 40-50 cm mélységben a talajellenállás legnagyobb értékeit (3,2 MPa) a vizsgálat első évében három kísérletnél mértük (A, B és E kísérlet). A 2005 és 2006. évben a talajellenállás átlagértékei a 3,0 MPa-t nem érték el.

A vizsgálati eredményeket figyelembe véve megállapítható, hogy – a szakirodalmi adatokkal összhangban – a talajellenállás alakulását az évjárat nagymértékben befolyásolta. MIKÓ (2009) hasonló következtetésre jutott zöldtrágyanövényekkel történő vizsgálatairól, véleménye szerint a talajellenállás értéke szorosan függ az évjáráthatástól és a termőhelyi körülményektől. BEKE (2006) vizsgálatairól szintén arra a következtetésre jutott, hogy a terméseredményekben és a penetrációs ellenállás értékeiben is megmutatkozik az évjárat hatása.

A talajellenállással kapcsolatos mérések összefoglalásaképpen elmondható, hogy a hat vizsgált szántóföldi kísérletnél az első évben a művelés mélységében, a második évben a művelés mélysége alatt, a harmadik évben a talaj felső 0-20 cm mélységében állapítottam meg szignifikáns eltérést a kísérletek között. A vizsgálat első évében 3 MPa feletti értéket az A (40-50 cm-es mélységnél), B (30-40 és 40-50 cm-es mélységnél), valamint az E (40-50 cm-es mélységnél) kísérletnél tapasztaltam. A 2005. és 2006. évi talajellenállás-mérések átlagai egyik kísérletnél sem érték el a 3 MPa-t, azonban a tömör réteg jelenléte a művelés mélysége alatt, az ábrák alapján megfigyelhető volt.

A talajellenállás vizsgálatok eredményeiből az a következtetés vonható le, hogy a művelés mélysége alatt az ún. eketalp réteg a vizsgált években érzékelhető, de a nedvesség miatt kisebbek az értékek, mint 3 MPa.

14. táblázat: A talajellenállás alakulása az egyes kísérleteknél a 0-50 cm mélységben (2004-2006)

	Talajellenállás (MPa)							
Talajmélység (cm)	Kísérlet							
0-10	Mérés éve	A	B	C	D	E	F	SzD _{5%} kísérletek között
	2004	1,4	1,8	0,8	1,4	1,5	1,6	nsz
	2005	0,8	0,6	0,8	0,9	0,5	0,7	
	2006	0,6	0,4	0,8	1,6	0,8	1,0	
	SzD _{5%} évek között	0,2						
10-20	Mérés éve	A	B	C	D	E	F	SzD _{5%} kísérletek között
	2004	1,8	2,5	1,0	1,7	2,0	1,7	nsz
	2005	0,9	0,8	0,9	0,9	0,9	1,1	
	2006	0,9	0,6	1,2	1,6	1,2	1,8	
	SzD _{5%} évek között	0,2						
20-30	Mérés éve	A	B	C	D	E	F	SzD _{5%} kísérletek között
	2004	1,8	2,6	1,0	2,5	1,5	1,7	nsz
	2005	1,1	1,4	1,0	1,2	1,0	1,6	
	2006	1,7	1,6	1,4	2,0	1,5	2,5	
	SzD _{5%} évek között	0,2						
30-40	Mérés éve	A	B	C	D	E	F	SzD _{5%} kísérletek között
	2004	2,5	3,4	1,8	2,8	2,8	2,1	nsz
	2005	1,5	2,1	1,2	1,6	1,5	1,3	
	2006	2,3	2,0	1,6	2,2	2,0	2,6	
	SzD _{5%} évek között	0,2						
40-50	Mérés éve	A	B	C	D	E	F	SzD _{5%} kísérletek között
	2004	3,2	3,2	2,1	2,5	3,2	2,1	nsz
	2005	2,2	2,0	1,7	1,6	1,7	2,0	
	2006	2,2	2,4	2,5	2,7	2,0	2,6	
	SzD _{5%} évek között	0,2						

4.3. Az agronómiai szerkezetvizsgálatok eredményei

4.3.1. A talaj agronómiai szerkezetének vizsgálati eredményei

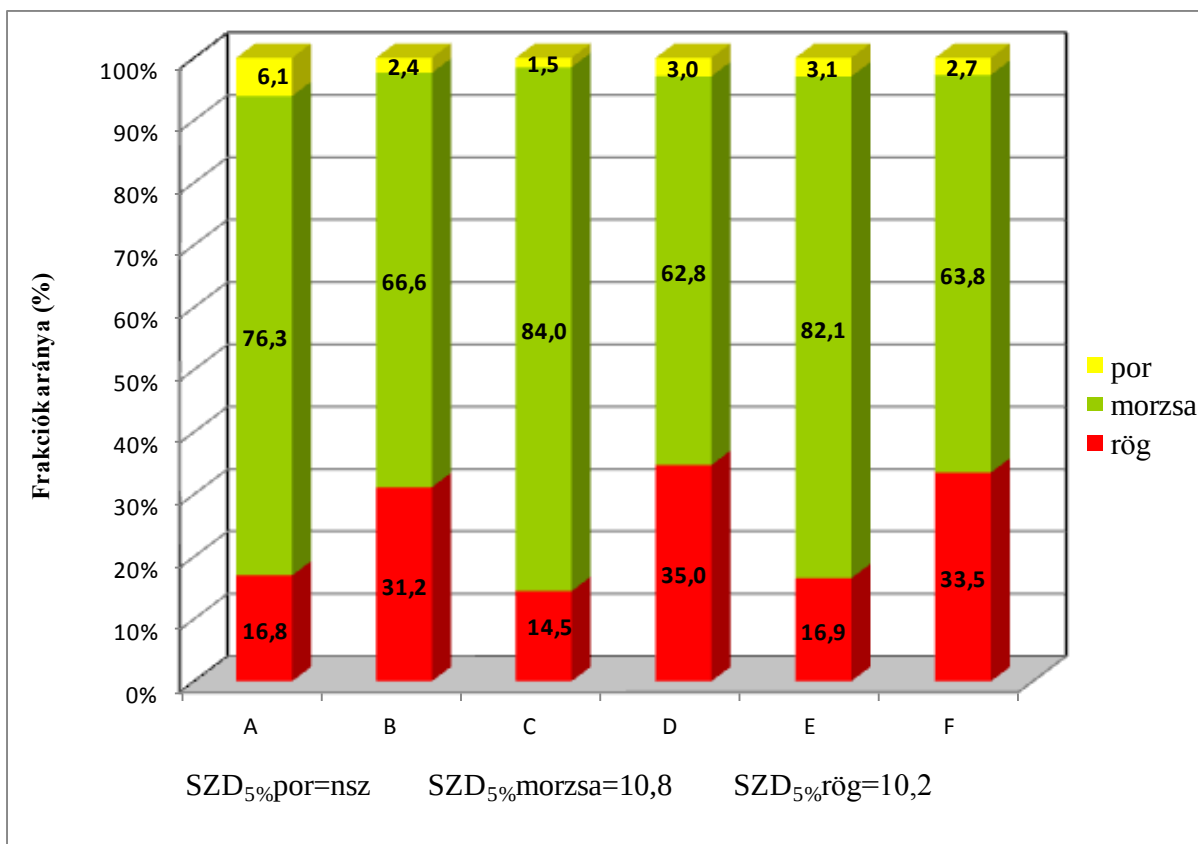
A vegetációs időszak folyamán a talaj agronómiai szerkezetét a talajellenállás- és talajnedvesség-mérésekkel azonos időben, 2004-ben két, 2005-ben és 2006-ban három alkalommal tanulmányoztam. A talaj agronómiai szerkezetét háromszori ismétlésben száraz szítással határoztam meg.

Az agronómiai szerkezet fogalmába nem tartozik a szerkezeti elemek alakja, csupán a méret alapján osztályozza a szerkezeti elemeket és a különböző mérettartományba tartozó aggregátumok arányát fejezi ki. Agronómiai szempontból a legkedvezőbb az 1-3 mm átmérőjű morzsa. Ideális szerkezetű az a talaj, amelyben a morzsafrakció legalább 80%-ot képvisel. A talaj szerkezeti elemeinek nemcsak mennyisége, hanem minősége is fontos. A minőséget elsősorban a morzsák vízellenálló képessége szabja meg. Ha a szerkezeti elemek nagy része a víz hatására nem ázik szét, a vízben áztatott szerkezeti elemek megmaradnak, tehát a talajszerkezet vízálló (SIPOS G. 1978).

Komoly szerkezetrombolás következik be, amikor az erősen kiszáradt talaj hirtelen nagy esőt kap. Ilyenkor a víz, behatolva a morzsákba, a bennük levő levegőt robbanásszerűen kiszorítja, és különösen akkor, amikor a morzsák biológiai felépítettsége veszített tartósságából, a morzsák kisebb morzsákra vagy morzsaelemekre esnek szét (KEMENESY 1959). FILEP (2012) szerint a 0,5 mm átmérőjű cseppek csak kismértékben károsítják a talajt, az 1 mm-nél nagyobb cseppeknek viszont már jelentős mechanikai romboló hatásuk van, s úgy szétiszapolják a talaj felszínét, hogy a vízbefogadó-képesség erősen lecsökken. Ugyancsak szerkezetrombolás következik be hirtelen szárazság hatására is, amikor is a morzsákból eltávozó víz levegőt szív maga után, majd robbanásszerű romlás áll elő. A robbanásszerű folyamatok során keletkező morzsaleválások eltorlaszolják a pórusokat, és így következik be fokozatosan a talaj szerkezetromlása, a talaj tömődöttsége, de mindez csak a kevésbé tartós szerkezetű talajban. A mikroeróziós jelenségekből azt a gyakorlati tanulságot vonhatjuk le, hogy megfelelő talajművelési eljárásokkal (hengerezés és porhanyó réteg kialakítása) igyekezzünk a talaj erősebb és gyorsabb kiszáradását megakadályozni abból a célból, hogy a hirtelen bekövetkező nagyobb esőzés nyomán kisebb legyen a mikroeróziós rombolás (KEMENESY 1959).

A rögfrakció vizsgálat során a szántóföldi kísérletekben évenként átlagoltam az egyes frakcióknál kapott értékeket. A három év alatt azt vizsgáltam, hogy szántóföldi körülmények

között a hagyományos talajművelés során hogyan alakul a rög-, morzsa- és porfrakció aránya a beállított kísérletek talajában. A kísérletek talajának 2004. évi agronómiai szerkezetét a 13. ábra szemlélteti.



13. ábra: Az agronómiai szerkezet alakulása az A, B, C, D, E, F kísérletekben (2004)

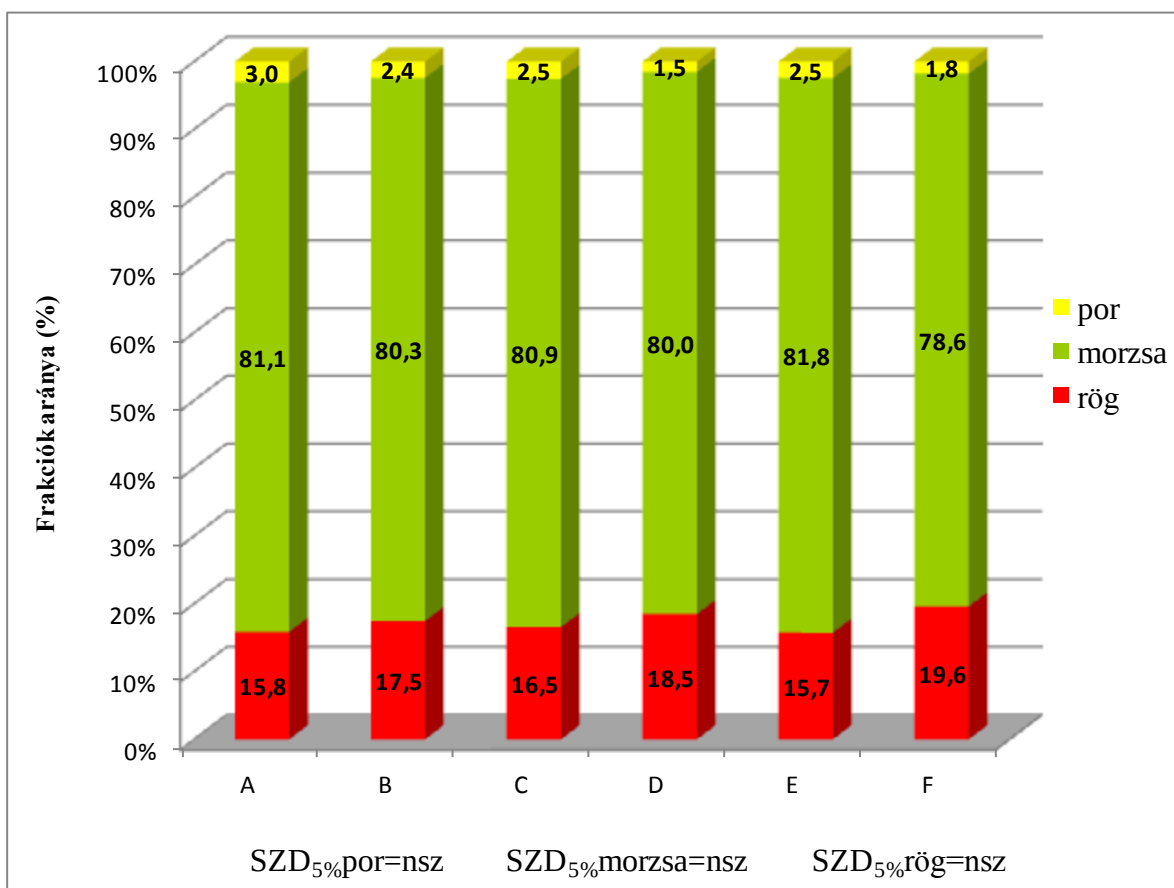
A 2004. évben (12. sz. melléklet) a talaj 62,8 - 84,0%-át alkották a morzsafrakcióban lévő szemcsék. A morzsafrakcióban szignifikáns volt az eltérés a kísérletek között (SzD_{5%}morzsa = 10,8). Ebben az évben tapasztaltam a rögfrakció legmagasabb arányát a gazdaságokban (14,5 - 35,0%), valamint a rögfrakció aránya ebben az évben mutatta a legnagyobb heterogenitást a kísérletek között. Ennél a frakciónál is igazolható a szignifikáns eltérés (SzD_{5%}rög = 10,2). Felmerül a kérdés, hogy a talajművelési eljárások az optimális talajállapotnál történtek-e. Az optimális műveléshatás elérése érdekében a szántásra alapozott művelési rendszerben különösen nagy hangsúlyt kell fektetni a talajállapot károk megelőzésére. BIRKÁS (2002) szerint a szántás agronómiai szempontból akkor minősül kockázatosnak, ha fokozza az eróziót, ha rossz minőségű (rögös, szalonnás), és emiatt utána több menetes elmunkálásra (amely óhatatlan visszatömörődéssel és a talajszerkezet elporosításával jár) van szükség.

Bár ebben az évben bizonyult a legmagasabbnak a rögrakció aránya, nagymértékű vagy a növények fejlődése szempontjából káros mértékű rögzösödést nem tapasztaltam. A laboratóriumi körülmények között kiértékelte talajminták adatait alapul véve kiugró eltérést nem találtam azokban a kísérletekben, ahol a rögrakció aránya magasabb volt (B, D és F kísérlet). A rögrakció magasabb részaránya vélhetően a hagyományos talajművelést hosszútávon alkalmazó, talajkímélő művelési módokat kerülő művelési technológiának tulajdonítható. DEXTER és BIRKÁS (2004) megfogalmazása szerint a nagy aggregátumoknak vagy rögzöknek jöllehet nincs agronómiai értéke, mégis gyakran okoznak problémát a talajművelés során. 2004. évben a porfrakció aránya a vizsgált gazdaságokban 1,5 - 6,1% között változott, szignifikáns eltérést itt nem találtam a kísérletek között.

2005-ben, a vizsgálat második évében (14. ábra, 13. sz. melléklet) a növénytermesztés szempontjából ideális volt a morzsafrakció aránya (78,6 - 81,8%). Az F kísérlet kivételével mindegyik kísérletben 80%, vagy afeletti morzsafrakció arányt regisztráltam, ami a magyarországi talajok esetében kivételesnek mondható. A kedvezően morzsás szerkezet a talajállapot és a növénytermesztés szempontjából kifejezetten előnyös – különös tekintettel a csapadék befogadása és tárolása miatt. KEMENESY (1964) megállapítása szerint, ha a talaj szerkezete kedvezően morzsás, akkor a talaj azonnal felveszi a csapadékot, mert a nagyobb hézagok lehetővé teszik annak azonnali levezetését, elnyelését. De amilyen gyorsan befogadja a morzsás szerkezetű talaj a csapadékot, éppen olyan gyorsan tárolja is azt szinte szivacs módjára, mert a morzsáknak viszont ismert okoknál fogva (kisméretű hézagok) különösen nagy a víztároló képességük. Akkor mondjuk, hogy a talaj morzsás szerkezetű, ha a talajszemcsék szemmel is látható morzsákká tömörülnek össze.

A 2005. évben a C kísérlet esetében kismértékben ugyan, de növekedett a rögrak- és porfrakció, valamint csökkent a morzsafrakció aránya. A többi kísérletnél mindenhol csökkent a talajállapot szempontjából kedvezőtlen rögrakció aránya. Az E kísérletnél bár csökkent a rögrakció aránya, kismértékben csökkent a morzsafrakció aránya is (a 2004. évihez képest kevesebb, mint 0,5%-kal). Az A és B kísérlet esetében, ahol vetésváltást alkalmaztak (mindkét gazdaságban napraforgót termesztettek a vizsgált évben), nagyobb mértékű volt a rögrakció arányának a csökkenése, mint a többi kísérletnél. Ezzel megegyezően TÓTH (2001) kísérletei azt igazolják, hogy kukorica állományban a trágyázatlan kontrollparcellák talajának kedvezőbb volt az agronómiai szerkezete vetésforgóban, mint kukorica monokultúrában. Mivel kísérleteinkben az előző évhez képest a talajművelési eljárásokban nem történt változás a két gazdaság egyikében sem, így vélhetően a vetésváltásnak is szerepe lehetett a kedvezőbb morzsafrakció arány kialakulásában. A

csapadékos év miatt az esőcseppek intenzitását, ütőhatását is célszerű figyelembe venni, amely jelentős hatással bír a talajszerkezetre (LOCH és FOLEY 1994, PAGLIAI et al. 2004, SHIPITALO és LE BAYON 2004, ZHANG et al. 2007, MULUMBA és LAL 2008). A rög-, morzsa- és porfrakció aránya ebben az évben mutatta a legkisebb eltérést az egyes kísérletek között, ebben az évben szignifikáns eltérés nem volt kimutatható.



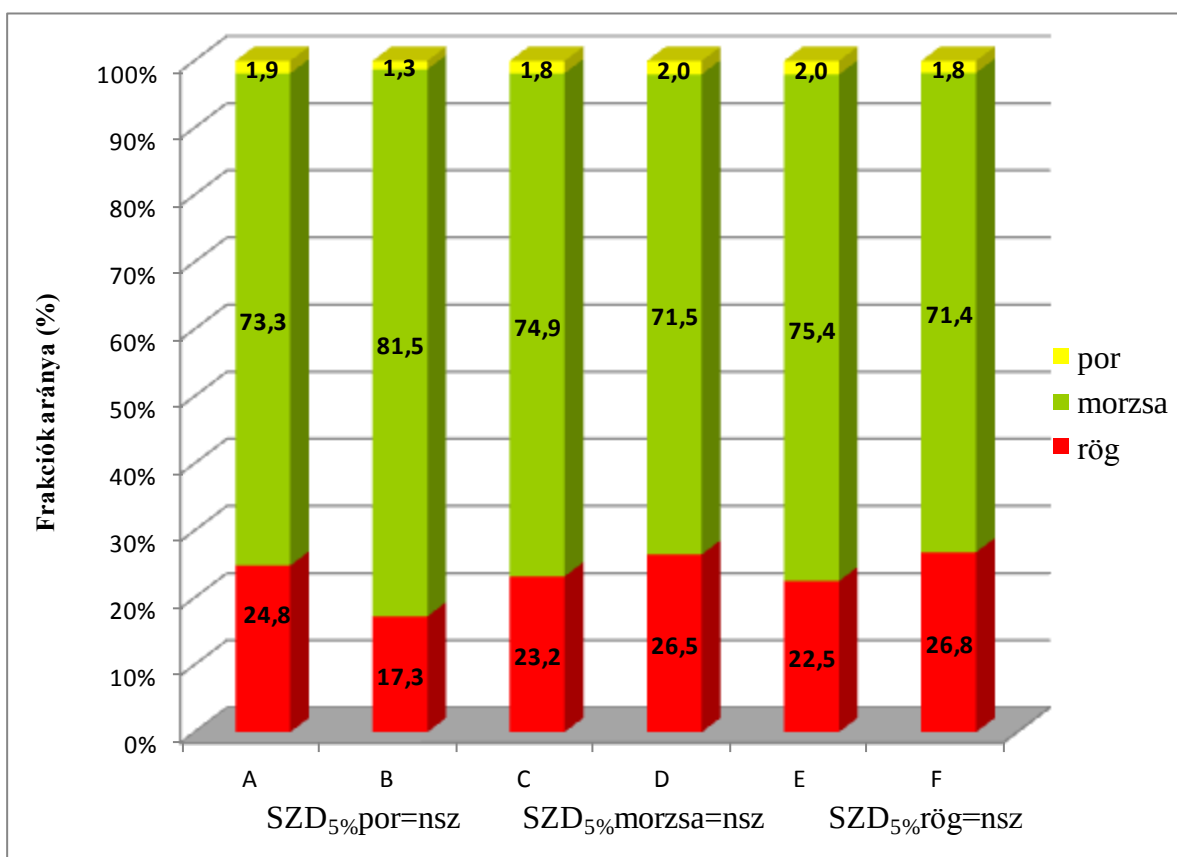
14. ábra: Az agronómiai szerkezet alakulása az A, B, C, D, E, F kísérletekben (2005)

A 2006. évben a rögfrakció aránya a 2005. évihez képest a B kísérlet kivételével mindenhol növekedett (17,3 - 26,8%). Az agronómiai szerkezet 2006. évi alakulását a 15. ábra és a 14. sz. melléklet szemlélteti. Bár az egyes kísérletek között a frakciók vizsgálatakor nem találtam szignifikáns eltérést, azonban az előző évhez képest a rög-, morzsa- és porfrakcióban különböző változások jelentkeztek az egyes kísérleteknél.

A morzsafrakció aránya már nem mutatott olyan kedvező eredményt, mint az egy évvel korábbi mérések esetében. A vizsgált kísérleteknél 2006-ban csupán a B kísérletnél volt nagyobb a morzsafrakció aránya, mint az előző évben, és egyben egyedül ennél a kísérletnél haladta meg a 80%-ot. A növekedés mértéke viszont alig haladta meg az 1%-ot. A D kísérlet

esetében történt a morzsafrakció arányának legnagyobb változása, ahol 80%-ról 71,5%-ra csökkent az aránya, amely ezáltal azt eredményezte, hogy mind a rögfrakció (18,5%-ról 26,5%-ra), mind a porfrakció aránya (1,5%-ról 2,0%-ra) növekedett az előző évhez képest.

A 2006. évi eredmények alapján megállapítható, hogy a B kísérlet kivételével – ahol az egyedüli morzsafrakció-növekedés történt – mindegyik kísérletben a rögfrakció arányában következett be a legnagyobb mértékű változás: a B kísérlet kivételével mindenhol emelkedett a rögfrakció aránya az előző évhez képest. A három vizsgált év során ebben az évben bizonyult a legkisebb mértékűnek a porfrakció aránya a kísérleteknél, egyik esetben sem haladta meg a 2%-ot (1,3 - 2,0%).



15. ábra: Az agronómiai szerkezet alakulása az A, B, C, D, E, F kísérletekben (2006)

4.3.2. Az agronómiai szerkezetvizsgálat eredményeinek értékelése az évjáráthatás szempontjából

Az agronómiai szerkezet értékelését kiegészítettem az évjáráthatás vizsgálatával, tehát az évek közötti vizsgálatok összehasonlításával. A vizsgált évek közötti különbségek

statisztikai igazolására az egytényezős varianciaanalízis szolgált, amelynek alkalmazása során az egyes frakcióméreteknél a vizsgált évben mért adatok átlagát vettem figyelembe.

A statisztikai elemzés eredményét a 15. táblázatban foglaltam össze. Egyik frakcióméreteknél sem találtam szignifikáns eltérést az évek között. A 2004. évben bizonyult a legnagyobb a rögfrakció aránya, nagymértékű rögösödést azonban nem tapasztaltam. A vizsgált években a hat kísérletet figyelembe véve az agronómiai szempontból kedvező morzsafrakció legnagyobb arányát (a kísérleteknél mért értékek átlaga) a 2005. évben tapasztaltam. Bár a három vizsgált év közül ez az év bizonyult a legcsapadékosabbnak, a vizsgált évek összehasonlítása során nem volt statisztikailag igazolható különbség az évek között. Vélhetően ennek az az oka, hogy a talajhasználat hosszabb időszak alatt befolyásolja az agronómiai szerkezetet. BIRKÁS és GYURICZA (2004) tíz éven keresztül vizsgálták a rög-, morzsa- és porfrakció arányát kisebb szerves anyag tartalmú gödöllői talajon. Megállapították, hogy az agronómiai szerkezet és a talajhasználat között összefüggés van. A szántással, tárcsázással sokszor bolygatott talajban kevesebb morzsafrakció található, ezzel szemben nagyobb a por és a rög aránya. Az egyoldalú talajhasználat hosszútávon a degradációs folyamatok felerősödéséhez vezethet, amely a talajszerkezet romlását idézi elő.

A porfrakció arányánál kis eltérés mutatkozott az egyes kísérletek között, de az évek közötti eltérés nem volt szignifikáns.

Az agronómiai szerkezetvizsgálat eredményeit összefoglalva megállapítható, hogy a 2004. évben bizonyult a legmagasabbnak a rögfrakció aránya, nagymértékű rögösödést azonban nem tapasztaltam. Az A és B kísérlet esetében, ahol vetésváltást alkalmaztak, a rögfrakció aránya csökkent.

A három vizsgált év közül a 2005. év bizonyult a legcsapadékosabbnak (20-23%-kal több csapadék hullott, mint a két másik vizsgált évben). Ebben az évben tapasztaltam a növénytermesztés szempontjából legkedvezőbb morzsafrakció arányt. A nagyobb csapadékmennyiség miatt az esőcseppek ütóhatásával is számolni kell, amely leginkább a könnyen elsodorható porfrakcióra van hatással.

A csapadékos évet követően a 2006. évben mértem a porfrakció legkisebb arányát (1,3 - 2,0%). A hagyományos művelés talaj szerkezetére gyakorolt hatásának vizsgálatakor statisztikailag igazolható különbség csak a vizsgálat első évében (2004) a rög- és morzsafrakciónál volt kimutatható. A 2005. és 2006. években egyik frakcióméreteknél sem találtam szignifikáns eltérést a hat kísérlet között.

15. táblázat: Az agronómiai szerkezet alakulása az egyes kísérleteknél a vizsgált években (2004-2006)

	Agronómiai szerkezet							
Frakciók (%)	Kísérlet							
Rög (> 10 mm)	Mérés éve	A	B	C	D	E	F	SzD _{5%} kísérletek között
	2004	17	31	14	35	17	33	nsz
	2005	16	17	17	18	16	20	
	2006	25	17	23	26	23	27	
	SzD _{5%} évek között	nsz						
Morzsa (0,25-10 mm)	Mérés éve	A	B	C	D	E	F	SzD _{5%} kísérletek között
	2004	76	67	84	63	82	64	nsz
	2005	81	80	81	80	82	79	
	2006	73	81	75	72	75	71	
	SzD _{5%} évek között	nsz						
Por (< 0,25 mm)	Mérés éve	A	B	C	D	E	F	SzD _{5%} kísérletek között
	2004	6	2	2	3	3	3	nsz
	2005	3	2	3	2	2	2	
	2006	2	1	2	2	2	2	
	SzD _{5%} évek között	nsz						

Összességében megállapítható, hogy a talaj agronómiai szerkezetének vizsgálatakor a hagyományos művelés során nem károsodott a talajszerkezet. A növénytermesztés szempontjából kedvező morzsafrakció aránya a vizsgálat harmadik évére nem csökkent 70 százalék alá. Feltehetően a jó minőségű szántás eredményeképpen nem lépett fel káros mértékű rögzösödés. Az agronómiai szerkezet vizsgálata során a talaj kitermelésekor megfigyelhető volt, hogy a szántásra alapozott művelési rendszer évről évre csökkentette a földgiliszták számát, mivel a forgatásos alpművelés során elkerülhetetlen a gilisztajáratok lerombolása. A talajtermékenység fenntartásában betöltött fontos szerepük miatt célszerű a kedvező élettér biztosítása a számukra. A 16. ábra az egyik kísérleti területen, a talaj kitermelésekor talált földgilisztát mutatja.



16. ábra: Földigiliszt a talaj kitermelésekor

4.4. Az ökonómiai vizsgálat eredményei

Kutatási munkám során azt tapasztaltam, hogy a vizsgálat tárgyát képező hat családi gazdaságra vonatkozóan nem találhatóak évekre visszamenő, teljes körű, hiteles, valamint megbízható termelési és költség-nyilvántartások. Ezért kiválasztottam azt a gazdaságot (B kísérlet), amely a legtöbb, az ökonómiai vizsgálat szempontjából releváns adattal rendelkezett.

A szakirodalmi adatokat tanulmányozva a szántóföldi növénytermesztés vonatkozásában eltérő típusú ökonómiai elemzésekkel találkozhatunk. Az Agrárgazdasági Kutató Intézet (továbbiakban: AKI) több évtizedes múltra visszatekintő ágazati költség- és jövedelemviszonyokat bemutató információs rendszereket alkalmaz, amelyek alapján a szántóföldi növények költség- és jövedelem adatai országos átlagként is meghatározásra kerülnek. Az ágazati adatgyűjtések tesztüzemi körülmények között történnek, így az eredmények megfelelő támpontként szolgálnak a gazdálkodók számára.

SULYOK (2005) eltérő agroökológiai adottságú termőhelyeken hagyományos és alternatív művelési rendszereket hasonlított össze ökonómiai szempontból. Csárdaszállási és látóképi kísérletei során különböző ökonómiai elemzéseket alkalmazott. Míg a csárdaszállási kísérlet esetében teljes ökonómiai elemzést (költség-jövedelem vizsgálatot) végzett, addig a látóképi kísérlet során a fedezeti hozzájárulás vizsgálatára helyezte a hangsúlyt. Elemzésének alapjául az anyagköltségek és segédüzemági szolgáltatások költségei szolgáltak. Az egyéb

költségeket (pl. mezei leltárból megállapításra kerülő költségek), az egyéb közvetlen költségeket (földbérleti díj, biztosítási díjak, rendszertagsági díjak) és a felosztott (általános) költségeket nem vette figyelembe, mert a vizsgálat tárgyát képező Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum Tangazdaság és Tájkutató Intézet keretein belül működő kísérleti parcelláknál e költségek meghatározása rendkívül bonyolult lett volna.

APÁTI (2007) almatermelés komplex üzemgazdasági értékeléséhez költség-haszon elemzést, beruházás-gazdaságossági elemzést, érzékenységvizsgálatokat és kritikusérték-számításokat alkalmazott.

Az ökonómiai vizsgálatához a költség- és jövedelem adatokat a három vizsgált év vonatkozásában a *16-18. táblázatok* szemléltetik. A táblázatokban a közvetlen költségen belül az anyagköltség, a segédüzemi szolgáltatás munkanemei és költségei, illetve az adott évre vonatkozó hozam (t/ha-ban kifejezve) mind a kiválasztott gazdálkodótól származó adatokat tükrözik. Az anyagköltségeken belül a vetőmag, a műtrágya és a növényvédő szer költségei szerepelnek. A segédüzemi szolgáltatáson belül azokat a gépi munkákat tüntettem fel, amelyeket a gazdálkodó a vizsgált évben elvégzett az adott területen. Az általános költség hektáronkénti mértékéről a gazdálkodó nem tudott pontos adatokkal szolgálni, elmondása alapján összege pár ezer forintos tételre tehető. Tüzelőszer- és építőanyag vállalkozása miatt az általános költségek szántóföldi gazdálkodásra vonatkoztatva nem voltak elkülönítve. A földterület a gazdálkodó saját tulajdonában állt, állandó- és idenyomunkásokat nem foglalkoztatott, földbérleti, biztosítási és öntözési díj nem terhelte a kiválasztott területet. Az ökonómiai vizsgálat során így az általános költségek – a torzítás elkerülése miatt – és az egyéb költségek nem képezték a vizsgálat tárgyát.

A szántóföldi növény egységárát a vizsgált évekre vonatkozóan az AKI egyéni gazdaságok tesztüzemi ágazati adatgyűjtése alapján vettem figyelembe. A területalapú támogatás vizsgált évre vonatkozó összege forrásául a Mezőgazdasági és Vidékfejlesztési Hivatal (továbbiakban: MVH) által jóváhagyott, a gazdálkodó részére megküldött *területalapú kifizetési határozat* szolgált.

A fentiek alapján az ökonómiai elemzéshez a közvetlen költségeken belül az összes anyagköltséget, a segédüzemi költséget, a szántóföldi növény vizsgált évre vonatkozó egységárát (Ft/t) és hozamát (t/ha), valamint az ezek szorzataként kapott termelési értéket, tehát a hektáronkénti árbevételt vettem figyelembe. Mivel a jövedelem meghatározásához, tehát a termelési érték és a termelési költség különbözetéhez az általános költségek nem álltak rendelkezésre a fent említett okok miatt, ezért a fedezeti hozzájárulás vizsgálatát választottam. A fedezeti hozzájárulás – amely a termelési érték és a közvetlen változó költség különbözete

– tartalmazza az ágazat nyereségét és egyben fedezetet is nyújt az állandó költségekre. A fedezeti hozzájárulás ismeretében mérlegelhető például, hogy kívánunk-e változtatni az alkalmazott művelési rendszeren vagy annak egyes műveleti eljárásain, továbbá a tervezett gazdasági beavatkozások a fedezeti hozzájárulás alapján eredményesnek ítéltetők-e vagy sem.

A területalapú támogatás hektáronkénti kerekített összegével nem számoltam a közvetlen költségek kalkulációjakor, de mint jövedelemkiegészítő tényezőt feltüntettem a 17. ábrán.

4.4.1. Az alkalmazott hagyományos talajművelési mód ökonómiai vizsgálata

A 2004. év vizsgálati eredményei

2004-ben a vizsgált területen kukoricát termesztettek. A 16. táblázat alapján megállapítható, hogy a közvetlen termelési költség nagyobb részét, mintegy 53%-át az anyagköltség (vetőmag, műtrágya, növényvédőszer), 47%-át a segédüzemi költségek tették ki, amely az adott terület termesztéstechnológiájához kapcsolódó gépi munkákat foglalta magában.

Az anyagköltségeken belül 2004-ben a műtrágya költsége jelentette a legmagasabb kiadást (48%). A műtrágya ára, mint változó költség, az anyagköltségek esetében az egyik leginkább meghatározó tényező. A műtrágya teljes mennyiségét megosztva szórták ki a vizsgált területre, ősszel mintegy 200 kg-ot, tavasszal pedig 250 kg-ot hektáronként.

A segédüzemi szolgáltatásokon belül a forgatásos alpművelés (szántás), valamint a betakarítás bizonyult a legköltségesebbnek. A növényvédőszer, valamint a műtrágya kijuttatása járt a legkevesebb költséggel, a tavaszi simítózás, a magágykészítés és a vetés, valamint a kultivátorozás közel azonos összeget képviseltek a segédüzemi költségeken belül.

A fedezeti hozzájárulás számításánál a termelési értéket – amely az AKI által megállapított kukorica egységárának és a gazdálkodó terméshozamának a szorzata – valamint a változó költségeket – amely az anyagköltségek és segédüzemi költségek összege – vettem figyelembe.

A fedezeti hozzájárulás összege így 2004-ben kukoricánál 100 098,5 Ft volt hektáronként, amely magában foglalta a nyereséget és fedezetet biztosított az állandó költségekre.

16. táblázat: A kukorica közvetlen költségének alakulása a vizsgált gazdaságban (2004)

* Anyagköltségek (Ft/ha):		
	vetőmag (Dekalb)	21500
	műtrágya (őszi komplex 8:21:21 200 kg/ha leszántva+ 250 kg/ha ammónium-nitrát kombinátorral tavasszal)	28500
	növényvédőszer (Merlin)	9000
Anyagköltség összesen (Ft/ha):		59000
* Segédüzemi szolgáltatás:		
	tárcsázás	4000
	szántás összrel (30 cm)	10000
	simítózás tavasszal	3500
	műtrágyaszórás	3000
	kombinátorozás	4000
	vetés	4000
	növényvédelem	3000
	kultivátorozás	3500
	betakarítás, szállítás	17000
Segédüzemi szolgáltatás költségei összesen (Ft/ha):		52000
Közvetlen költség összesen (Ft/ha):		111000
« Kukorica egységár (Ft/t):		20495
* Hozam (t/ha)		10,3
Termelési érték (Ft/ha):		211098,5
Fedezeti hozzájárulás (Ft/ha):		100098,5

Jelmagyarázat: * = gazdálkodó által szolgáltatott adatok; « = AKI tesztüzemi ágazati adatgyűjtése alapján

A 2005. év vizsgálati eredményei

A 2005. évben ugyanezen a területen napraforgót termesztettek. A 17. táblázatból kitűnik, hogy a közvetlen termelési költség nagyobb részét (58%) már nem az anyagköltségek, hanem a segédüzemi költségek képezték. Az anyagköltségek 2005-ben a közvetlen termelési költségnek mintegy 42%-át tették ki. A műtrágyára fordított kiadás már jóval csekélyebb volt, a növényvédelemre viszont nagyobb összeget fordítottak, mint az előző évben a kukoricánál. A segédüzemi költségeken belül 2005-ben is a szántás és a betakarítás képviselték a legnagyobb részarányt.

A fedezeti hozzájárulás számításánál a közvetlen termelési értéket – amely az AKI által megállapított napraforgó egységárának és a gazdálkodó terméshozamának a szorzata – valamint a változó költségeket – amely az anyagköltségek és segédüzemi költségek összege – vettem figyelembe. A fedezeti hozzájárulás összege így 2005-ben napraforgónál 41 596,4 Ft

volt hektáronként, amely magában foglalta a nyereséget és fedezetet biztosított az állandó költségekre.

17. táblázat: A napraforgó közvetlen költségének alakulása a vizsgált gazdaságban (2005)

*Anyagköltségek (Ft/ha):		
	vetőmag (Alexandra)	20000
	műtrágya (150 kg/ha ammónium-nitrát)	7500
	növényvédőszer (Racer dual)	13000
Anyagköltség összesen (Ft/ha):		40500
*Segédüzemi szolgáltatás:		
	tárcsázás	4000
	szántás összel (30 cm)	12000
	simítózás tavasszal	3500
	műtrágyaszórás	3000
	kombinatorozás	4000
	vetés	4000
	növényvédelem	3000
	kultivátorozás	3500
	betakarítás, szállítás	18000
Segédüzemi szolgáltatás költségei összesen (Ft/ha):		55000
Közvetlen költség összesen (Ft/ha):		95500
« Napraforgó egységár (Ft/t):		48963
* Hozam (t/ha)		2,8
Termelési érték (Ft/ha):		137096,4
Fedezeti hozzájárulás (Ft/ha):		41596,4

Jelmagyarázat: * = gazdálkodó által szolgáltatott adatok; « = AKI tesztüzemi ágazati adatgyűjtése alapján

A 2006. év vizsgálati eredményei

A 2006. év vonatkozásában a vizsgált területen – a 2004. évhez hasonlóan – kukoricát termesztettek. A 18. táblázat alapján megállapítható, hogy a közvetlen termelési költség nagyobb részét – az előző évhez hasonlóan - a segédüzemi költségek (52%) jelentették. Ennek oka, hogy 2006-ban kevesebb műtrágyát juttattak ki a területre, ezáltal az anyagköltség is kevesebb volt, mint 2004-ben. A vizsgálat utolsó évében is a forgatásos alpművelés és a betakarítás képviselte a legnagyobb költséget a segédüzemi költségeken belül. A fedezeti hozzájárulás számításánál a közvetlen termelési értéket – amely az AKI által megállapított kukorica 2006. évi egységárának és a gazdálkodó terméshozamának a szorzata – valamint a változó költségeket – amely az anyagköltségek és segédüzemi költségek összege – vettem figyelembe. A fedezeti hozzájárulás összege így 2006-ban kukoricánál 144 524 Ft volt

hektáronként, amely magában foglalta a nyereséget és fedezetet biztosított az állandó költségekre.

18. táblázat: A kukorica közvetlen költségének alakulása a vizsgált gazdaságban (2006)

* Anyagköltségek (Ft/ha):		
	vetőmag (Alexandra)	20000
	műtrágya (300 kg/ha ammónium-nitrát kombinátorral tavasszal)	18000
	növényvédőszer (Merlin)	10500
Anyagköltség összesen (Ft/ha):		48500
* Segédüzemi szolgáltatás:		
	tárcsázás	4000
	szántás ősszel (30 cm)	10000
	simítózás tavasszal	3500
	műtrágyaszórás	3000
	kombinátorozás	4000
	vetés	4000
	növényvédelem	3000
	kultivátorozás	3500
	betakarítás, szállítás	17000
Segédüzemi szolgáltatás költségei összesen (Ft/ha):		52000
Közvetlen költség összesen (Ft/ha):		100500
« Kukorica egységár (Ft/t):		25792
* Hozam (t/ha)		9,5
Termelési érték (Ft/ha):		245024
Fedezeti hozzájárulás (Ft/ha):		144524

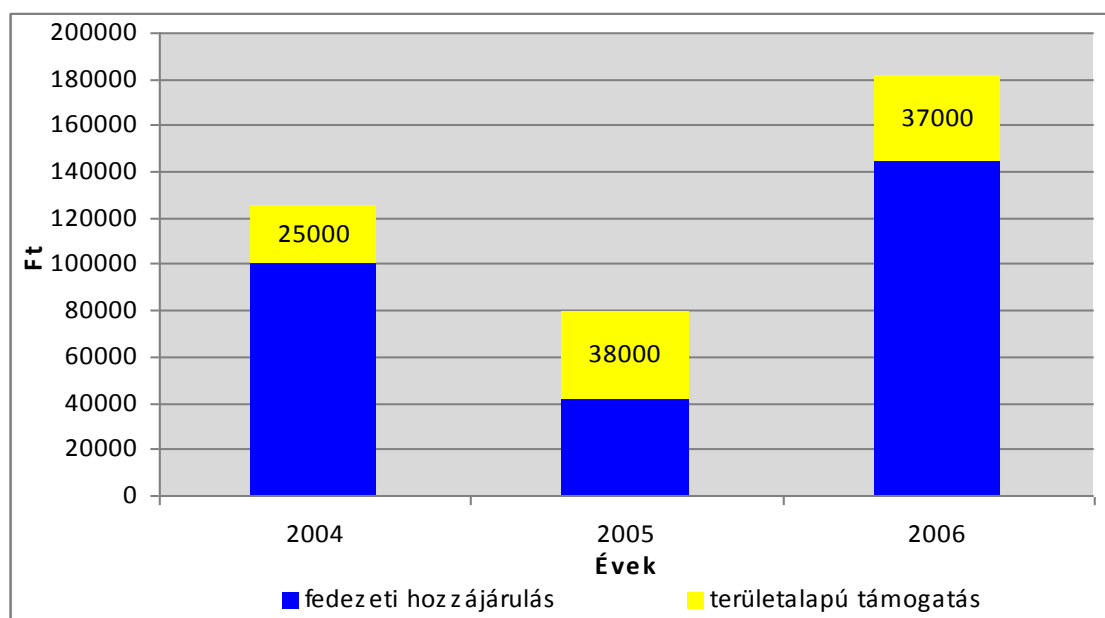
Jelmagyarázat: * = gazdálkodó által szolgáltatott adatok; # = AKI tesztüzemi ágazati adatgyűjtése alapján

4.4.2. Az ökonómiai vizsgálati eredmények összegzése

Megállapítható, hogy 2006-ban a kukorica fedezeti hozzájárulása kevesebb műtrágya kijuttatása mellett is nagyobb volt, mint 2004-ben. A segédüzemi szolgáltatások költségei megegyeztek a két vizsgált évben. 2006-ban a kukorica közvetlen termelési költsége a kevesebb műtrágyahasználat miatt kisebb volt, mint 2004-ben. Feltehetően az alacsonyabb hozam is a kevesebb műtrágyahasználattal magyarázható, de a hozam és a kijuttatott műtrágya közötti összefüggés elemzése nem képezte a vizsgálat részét. 2006-ban a kukorica egységára magasabb volt, mint 2 évvel korábban. Így a kukorica nagyobb fedezeti hozzájárulását 2006-ban a kevesebb anyagköltség, ezáltal az alacsonyabb közvetlen termelési költség, valamint a kukorica nagyobb egységára eredményezte. 2005-ben napraforgó termesztésekor a fedezeti hozzájárulás összege jelentősen kisebb volt, mint a két másik

vizsgált évben kukorica termesztésekor. A vizsgált években a fedezeti hozzájárulás összege nem csak a közvetlen termelési költségek fedezetét biztosította, hanem mindhárom évben az általános költségek kifizetése mellett még nyereséget is jelentett a gazdálkodónak.

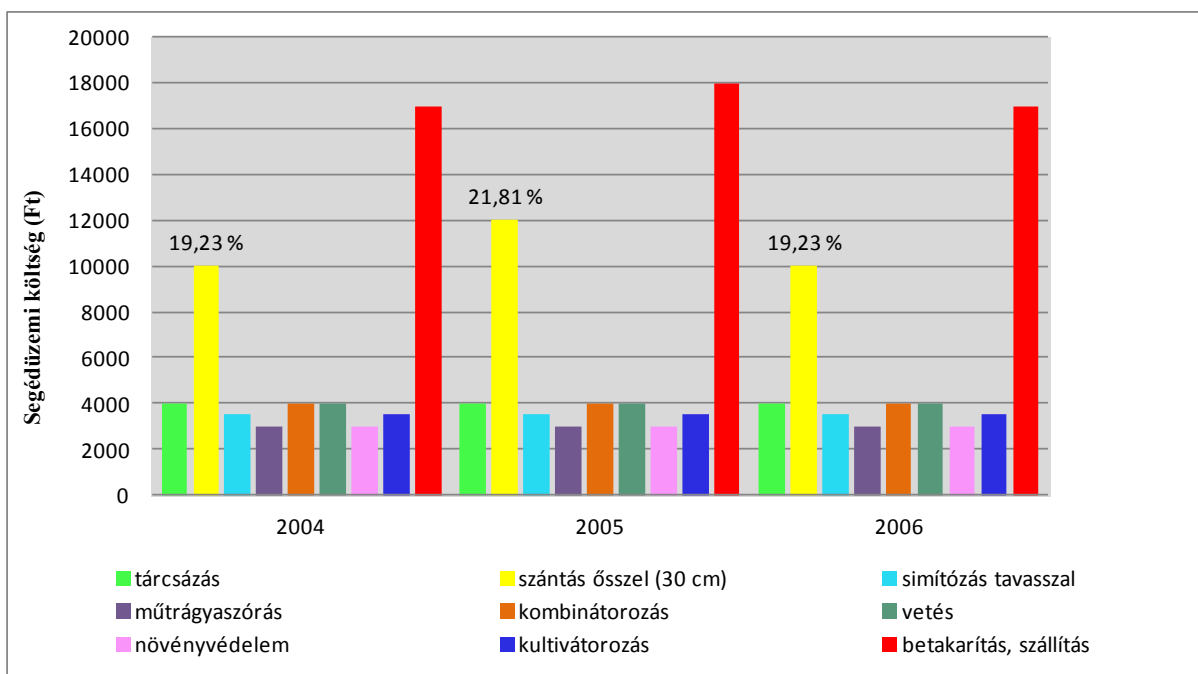
A 17. ábra a kerekített területalapú támogatással kiegészített fedezeti hozzájárulást mutatja a vizsgált években. A területalapú támogatás összegét az MVH állapítja meg a gazdálkodó összterületére vonatkozóan. A gazdálkodó a területalapú kifizetési határozatból értesül a támogatás összegéről, amely tartalmazza az egységes területalapú támogatás (SAPS) és a nemzeti kiegészítés („top-up”) összegét az adott évre vonatkozóan. A 16-18. táblázat szerinti fedezeti hozzájárulás összege egy hektárra vonatkozik, ezért a 17. ábrán a területalapú támogatás összege is hektáronként szerepel, ami a gazdálkodó részére kifizetett összes területalapú támogatás és a gazdálkodó összterületének a hányadosa. Az ábrán látható, hogy a fedezeti hozzájárulást (így a gazdálkodó jövedelmét is) milyen mértékben növeli a vizsgált évben kifizetett területalapú támogatás. Mindhárom vizsgált évben a pozitív fedezeti összeghez legalább 25 ezer Ft területalapú támogatás is járt még, növelve ezzel a gazdálkodó hektáronkénti jövedelmét. Az ábra alapján az alacsony fedezeti hozzájárulást eredményező 2005. évi napraforgó esetén nyújtott jelentős mértékű jövedelem-kiegészítést. Ökonómiai szempontból a legkedvezőbb évnek a vizsgálat utolsó éve bizonyult. 2006-ban a kukorica termesztése eredményezte a legnagyobb fedezeti összeget, amelyet még egy hektáronkénti 37 ezer Ft-os területalapú támogatás is kiegészített.



17. ábra: A fedezeti hozzájárulás és a területalapú támogatás alakulása a vizsgált években hektáronként (2004-2006)

A kísérleti területen a vizsgált években különböző szántföldi növényeket termesztettek (kukorica-napraforgó-kukorica), azonban a segédüzemi szolgáltatások mindhárom évben azonosak voltak, tehát a talajművelési technológiában nem volt eltérés, csupán a szolgáltatások díjai között adódott csekély különbség. A közvetlen költségeken belül 2005-ben és 2006-ban a segédüzemi szolgáltatás költségei voltak a legmagasabbak. Ezek a költségek 2004-ben is hasonlóképpen nagy arányt képviseltek, de a többi évhez viszonyítva a nagyobb mértékű műtrágyahasználat az anyagköltségek oldalán jelentett magasabb ráfordítást. Az eredmények megegyeznek a szakirodalomban található utalásokkal (pl. SEMBERY 1989, APÁTI 2003), amelyek szerint a növénytermesztés egyik legköltségesebb folyamata a talajművelés.

A segédüzemi költségek részletes értékeléséhez a műveletenkénti megbontást a 18. ábra szemlélteti. Mint ahogy azt az ábra is mutatja, mindhárom évben a segédüzemi szolgáltatásokon belül a forgatásra épülő alpművelés (szántás) és a betakarítás jelentették a legnagyobb költséghányadot. A tárcsázás, amelyet a betakarítást követően, de még a szántást megelőzően elvégeztek, a műtrágyaszórás, a magágykészítés és a vetés közel azonos összeget képviseltek a segédüzemi költségeken belül. A növényvédelem költsége az adott évben felhasznált növényvédőszer kijuttatását foglalja magában.



18. ábra: A segédüzemi szolgáltatások költségeinek megoszlása a vizsgált években hektáronként (2004-2006)

Az ökonómiai vizsgálat során összességében megállapítható, hogy a vizsgált években a választott növények termesztése – a hagyományos művelés során, adott termőhelyi viszonyok és időjárási tényezők mellett – biztosította azt a fedezetet, amellyel a termelési költségek kiegyenlítése mellett a termelés nyereséges volt. A talaj- és környezetkímélő művelési rendszer bevezetése már a vizsgált időszakban a gazdálkodó tervei között szerepelt, de az új művelési rendszer alkalmazásából eredő költség-jövedelem viszonyok további vizsgálatot igényelnek.

4.5. Új tudományos eredmények

1. Csernozjom barna erdőtalajon három év folyamatos mérései alapján igazoltam a szántásos művelés talpképző hatását. Mivel a tömörödés mértéke a művelt réteg alatt az egyes években, és a harmadik év végén sem érte el a kritikus szintet, megerősítem, e tipikus állapothiba kockázata hagyományos művelési rendszer alkalmazása esetén is megbízhatóan csökkenthető.
2. Talajnedvesség-vizsgálatokkal pontosítottam az eketalp réteg jelenlétét. A szántott réteg alatt lévő talaj átnedvesedésének mértéke nyomán a tömör réteg mérsékelt kedvezőtlen hatását igazoltam.
3. Agronómiai szerkezetvizsgálatokkal a hagyományos művelésről általánosan megfogalmazott előnyök pontosítását segítetttem elő. Adott talajon a vetésváltás morzsavédelemre gyakorolt kedvező hatását bizonyítottam.
4. Az évhatás vizsgálatokkal a legfelső talajréteg klíma-kitettségét igazoltam, amelyet talajnedvesség- és talajellenállás vizsgálatok eredményeivel támasztottam alá.
5. A fizikai talajállapot vizsgálati eredményeim nyomán megállapítottam, a talaj kímélése a hagyományos talajművelés szakszerű végrehajtása esetén is biztosítható a rendszerre jellemző szintig.
6. Ökonómiai vizsgálatok nyomán újjalag igazoltam a hagyományos talajművelés költség nagy vonzatát a növénytermesztési rendszeren belül. A hagyományos művelés költség igényét a vizsgált években a növények termésével összefüggő jövedelem fedezte.

5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Az értekezés alapjául szolgáló kísérleteket 2004-2006 között Pest megyében, Pánd és Káva települések körül elhelyezkedő szántóterületeken állítottuk be hat gazdaságban. A megállapításokat, következtetéseket és javaslatokat az általam elvégzett vizsgálatok alapján teszem, és a talaj fizikai állapotának vizsgálata, valamint az ökonómiai értékelés szerint csoportosítom.

5.1. Következtetések és javaslatok a talaj fizikai állapotának vizsgálatai alapján

A szántóföldi vizsgálatok a talaj fizikai állapotán belül a talaj nedvességtartalmára, ellenállására, valamint az agronómiai szerkezetre fókuszáltak. A kutatómunka egyik célja volt, hogy szántóföldi körülmények között a 2004-2006. évek fizikai talajállapot eredményeit összegezze, és azok alapján értékelje a hagyományos talajművelés hatását a talaj fizikai állapotára.

- A talaj nedvességtartalma – a kukorica és a napraforgó termesztéssel összefüggésben – a 2004. év kivételével a 2005. és 2006. évben a 40 cm mélység elérése után mindegyik kísérlet esetében csökkent. A kiugróan alacsony nedvességértékek arra engednek következtetni, hogy 40 cm alatt a nedvességforgalom akadályozva volt. A vizsgálat második, és egyben legcsapadékosabb évében a 20-30 és a 30-40 cm mélységekben volt szignifikáns különbség a kísérletek között. Az alapművelés határán, illetve közvetlenül az alapművelés mélysége alatt a nedvességértékekben tapasztalt eltéréshez a szántás ideje és minősége is hozzájárulhatott. A talajállapot-hibák elkerülése miatt fontos a szántás kedvező nedvességtartománynál történő végrehajtása, hogy a csapadék befogadása és tárolása ne legyen akadályozott. Ha a szántást nyirkos talajállapotnál végzik, elkerülhető a hantképzés és a rögzítés. A vizsgálat utolsó évében, 2006-ban a talaj felszínéhez képest 51-57%-kal több volt a nedvesség a 40-50 cm mélységben. Ez feltehetően a növényi maradványok, a talajtakarás hiánya, valamint a szántott talaj nagyobb felülete miatti párolgás során jelentkező intenzívebb vízvesztéséből adódott. Célszerű lenne egy tarlómaradványokkal (mulcs) fedett réteg kialakítása, amely a felszíni erózió csökkentése mellett a párolgást és a szén-dioxid kibocsátást is mérsékli. A jövőben egyre nagyobb jelentősége lesz a mulcs-technológiának, amely talajvédő és környezetkímélő funkciói mellett a nedvesség megőrzésében is fontos szerepet játszik. A talaj nedvességtartalmának az évjáráthatás

szempontjából történő vizsgálatok megállapítottam, hogy az a 10-20 cm mélységben nem az évjáráthatástól függött, hanem az alkalmazott agrotechnikától. Tehát a hagyományos talajművelés hatása a nedvességtartalomra a 10-20 cm mélységben mutatkozott meg.

- A talajellenállás vizsgálatok 2004-ben három kísérletnél tapasztaltam károsan tömör réteget az alapművelés mélysége alatt. A vizsgálat második évében a művelés mélysége alatt (30-40 cm közötti mélységben) szignifikáns eltérést igazoltam a kísérletek között a talajellenállás tekintetében, ugyanakkor károsan tömör réteget az ellenállási átlagértékek szerint egyetlen mélységben és egyetlen kísérletben sem tapasztaltam. A vizsgálat utolsó évében szignifikáns különbség volt a 0-10 és 10-20 cm közötti mélységekben, de káros talajtömörödést az ellenállási átlagértékek szerint ebben az évben sem tapasztaltam a kísérleteknél. Az ábrák alapján azonban megállapítható, hogy a művelés mélysége alatt érzékelhető a tömör réteg (eketalp), csak a nedvesség miatt a talajellenállás értéke kisebb, mint 3 MPa. A három éven keresztül alkalmazott hagyományos művelés – amely során a forgatásos alapművelést (szántás) minden évben 30 cm mélyen végezték – a vizsgált időszak végére csak kisebb mérvű tömörödést idézett elő. A lazítás, valamint a talajművelési mélység időnkénti változtatása indokolt lehet a művelőtalp tömörödés elkerülése miatt. A szántás hatása - adott termőhelyi és éghajlati viszonyok között – a talajellenállás vizsgálatok szempontjából kedvezőnek bizonyult a művelés mélységéig. A jó talajállapot feltehetően az optimális nedvességtartománynál végzett talajmunkáknak és a talaj kedvező fizikai tulajdonságainak volt köszönhető. A talajellenállás vizsgálatok minden mélységben szignifikáns eltérést találtam az évek között. Kimutattam és megállapítottam, hogy az évjárat nagymértékben befolyásolta a talajellenállás-értékeket. Hasonló következtetésre jutott BEKE (2006), LÁSZLÓ (2007) és MIKÓ (2009) is.
- Az agronómiai szerkezetvizsgálat során megállapítottam, hogy amelyik kísérletnél vetésváltást alkalmaztak, ott a rögfракció aránya csökkent, a növénytermesztés szempontjából kedvező morzsafrakció aránya pedig növekedett. A vetésváltás kedvezőbb rögfракció arányt eredményezett, mint a monokultúras termelés.
- Mérési eredményeim alapján megállapítottam, hogy a morzsafrakció aránya a vizsgálat harmadik évére egyik kísérletben sem csökkent 70 százalék alá, amelyből az a következtetés vonható le, hogy a hagyományos művelés során káros mértékű rögfösödés nem lépett fel. Ezt vélhetően a kedvező nedvességtartománynál elvégzett

szántás eredményezte. Mivel az alkalmazott talajhasználat hosszabb időszak alatt befolyásolja a talajszerkezetet, a több éven keresztül azonos mélységben végzett művelés növeli a kockázatát a tömör rétegek kialakulásának, ezért célszerű a talajszerkezet kímélő művelési módok alkalmazása és a művelési mélység évenkénti változtatása.

- Az agronómiai szerkezet vizsgálata során tapasztalható volt a szántás kedvezőtlen hatása. A talaj kitermelésekor megfigyelhető volt, hogy a szántásra alapozott művelési rendszer évről évre csökkentette a földigiliszták számát, mivel a forgatásos alapművelés során elkerülhetetlen a gilisztajáratok lerombolása. A talajtermékenység fenntartásában betöltött fontos szerepük miatt a kedvező élettér biztosításához javasolható a forgatás nélküli alapművelésre épülő rendszerek alkalmazása.

5.2. Következtetések és javaslatok az ökonómiai vizsgálat alapján

A vizsgálat tárgyát képező hat családi gazdaságra vonatkozóan nem találhatók évekre visszamenő, teljes körű, hiteles, megbízható termelési és költség-nyilvántartások, ezért kiválasztottam azt a gazdaságot, amely a legtöbb, az ökonómiai vizsgálat szempontjából releváns adattal rendelkezett. Az ökonómiai elemzéshez a fedezeti hozzájárulás vizsgálatát választottam alapul, mivel az általános költségekről pontos adatok nem álltak rendelkezésre.

- A fedezeti hozzájárulás vizsgálatakor megállapítottam, hogy a vizsgált években annak összege nem csak a közvetlen termelési költségek fedezetét biztosította, hanem mindhárom évben az általános költségek kifizetése mellett még nyereséget is biztosított a gazdálkodónak. Ökonómiai szempontból a hagyományos művelés adott termőhelyi és éghajlati viszonyok között a termesztett növények esetében kedvezőnek bizonyult.
- A segédüzemi szolgáltatások vizsgálatakor megállapítottam, hogy mindhárom évben a forgatásra épülő alapművelés (szántás) és a betakarítás jelentették a legnagyobb költséghányadot. A vizsgált években a segédüzemi költségek 19-22%-át fordították a szántásra. A növénytermesztés jövedelmezőségét a talajművelés energia- és költségigénye nagymértékben befolyásolja. A fizikai talajállapot-vizsgálatokat figyelembe véve kérdésként merül fel, hogy szükséges-e a költséges, kevésbé környezetkímélő, forgatásra épülő alapművelés több éven keresztül alkalmazása.

- A hagyományos művelési rendszer fizikai talajállapotra gyakorolt hatása, valamint az ökonómiai vizsgálat eredményei alapján – figyelembe véve a talajkímélési és a gazdaságossági szempontokat – kijelenthető, hogy a kiválasztott kísérleti területen nagy valószínűséggel eredményes lehet a forgatás nélküli alapművelésre épülő rendszer alkalmazása. Célszerű olyan talajművelési technológiát választani, amely továbbra is fenntartja és javítja a talaj szerkezeti állapotát, a hagyományos műveléssel ellentétben tarlómaradványokat hagy a felszínen, amely egyben hozzájárul a nedvességveszteség csökkentéséhez is. Mindezek alapján a kultivátorra épülő alapművelési rendszer alkalmas lehet a kiválasztott mintaterület művelésére. Alkalmazása bár több odafigyelést, szakértelmet kíván, a talajszerkezet kímélése mellett kellően lazítja, porhanyítja, keveri a talajt – ezáltal ideális körülményeket teremtve a termesztett növény számára. A talajművelési mód megválasztása előtt azonban ajánlatos a forgatás nélküli talajművelési rendszerekre is gazdaságossági számítást végezni annak érdekében, hogy az adott termőhelyre adaptálandó talaj- és környezetkímélő művelési rendszer – figyelembe véve a piaci viszonyokat is – jövedelmezőbbnek bizonyul-e a hagyományos művelésnél.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

Néhány évtizede a nagy termésátlagokra, az intenzív növénytermesztésre való törekvés miatt háttérbe szorult a talaj termőképességét, fizikai, biológiai, kémiai állapotát szem előtt tartó földhasználat. Napjainkban a földművelési rendszerek fenntartható alkalmazása került középpontba, mivel a mezőgazdasági termelés során a talajt és környezetet károsító kémiai anyagok mellett a talajművelési rendszer szakszerűtlen megválasztása többletkiadást, talajdegradálódást, valamint a környezet károsítását eredményezheti. Világszerte számos kísérlet folyik a különféle művelési rendszerek talajállapota, környezetre és ökonómiai viszonyaira gyakorolt hatásainak összehasonlítására. A termőhelyi és éghajlati körülményekhez jól megválasztott, alkalmazkodó talajművelés biztosítja a fenntartható növénytermesztés feltételeit.

Kutatási munkám során szántóföldi körülmények között tanulmányoztam a hagyományos talajművelés hatását a talaj fizikai állapotára. Arra a kérdésre kerestem a választ, hogy a több éven keresztül alkalmazott hagyományos művelési rendszer milyen hatással van a talaj fizikai állapotára, illetve annak milyen ökonómiai vonzata van.

A hazai és nemzetközi szakirodalom áttekintésekor célul tűztem ki a kedvező talajállapot jellemzését, bemutattam a művelés minőségét befolyásoló tényezőket, valamint részleteztem a talajtermékenység fontosságát. Ismertettem és értékeltem a hagyományos, valamint a talaj- és környezetkímélő művelési rendszerek hatásait a talaj fizikai állapotára. Bemutattam az Európai Unió és Magyarország jogszabályi elvárásait, javaslatait a fenntartható talajműveléssel kapcsolatban. Végül ökonómiai szempontból is megvizsgáltam a hagyományos, valamint a talaj- és környezetkímélő művelési rendszereket.

Az értekezés alapjául szolgáló kísérleteket 2004-2006 között Pest megyében, Pánd és Káva települések körül elhelyezkedő szántóterületeken állítottuk be hat gazdaságban. A szántóföldi kísérletek során adott termőhelyi és éghajlati körülmények között tanulmányoztam a hagyományos talajművelés hatását a talaj fizikai állapotára. A vizsgálatok a talaj fizikai állapotán belül a talaj nedvességtartalmára, ellenállására és az agronómiai szerkezetre fókuszáltak. Az eredményeket az évjáráthatás szempontjából is értékeltem.

A talaj nedvességtartalmát a 10-20 cm mélységben nem az évjárat befolyásolta, hanem az alkalmazott agrotechnika. Tehát ebben a mélységben igazoltam a hagyományos talajművelés hatását a talaj nedvességtartalmára. A talajellenállás-vizsgálatok eredményei alapján a vizsgálat harmadik évére a művelés mélységében nem volt kimutatható súlyos ún. eketalp vagy tárcsatalp réteg. A növénytermesztés eredményességét befolyásoló csapadék

talajba, és mélyebb rétegekbe történő jutását azonban befolyásolta adott réteg ülepedettsége. Kimutattam, hogy az évjárat nagymértékben befolyásolta a talajnedvesség- és talajellenállás-értékeket.

A talaj agronómiai szerkezetének vizsgálatakor káros mértékű rögzösödést nem tapasztaltam, ez feltehetően a jó minőségű szántásnak köszönhető, amely a művelés szempontjából optimális nedvességtartománynál történt. Mivel azonban az alkalmazott talajhasználat hosszabb időszak alatt befolyásolja a talajszerkezetet, a több éven keresztül azonos mélységben végzett művelés növeli a kockázatát a tömör rétegek kialakulásának. Ezért célszerű a talajszerkezet kímélő művelési módok alkalmazása és a művelési mélység évenkénti változtatása.

A hagyományos művelési módot ökonómiai szempontból is értékeltem. Vizsgálataim során kiválasztottam azt a gazdaságot, amely a legtöbb, az ökonómiai vizsgálat szempontjából releváns adattal rendelkezett. Az ökonómiai elemzéshez a közvetlen költségeken belül az összes anyagköltséget, a segédüzemi költséget, a szántóföldi növény vizsgált évre vonatkozó egységárát (Ft/t) és hozamát (t/ha), valamint ez utóbbi kettő szorzataként kapott termelési értéket vettem figyelembe. Mindhárom évben a forgatásra épülő alapművelés (szántás) és a betakarítás jelentették a segédüzemi szolgáltatásokon belül a legnagyobb költséghányadot. Az ökonómiai vizsgálat alapján megállapítható, hogy a vizsgált években a választott növények termesztése – a hagyományos művelés során, adott termőhelyi viszonyok és időjárási tényezők mellett – biztosította azt a fedezetet, amellyel a termelési költségek kiegyenlítése mellett a termelés nyereséges volt.

A fizikai talajállapot-vizsgálatokat és az ökonómiai elemzést összegezve megállapítható, hogy az alkalmazott hagyományos talajművelés a vizsgált talaj- és termőhelyi viszonyok között nem eredményezte a talaj fizikai állapotának leromlását. A pozitív eredmények alakulásához minden bizonnyal a talaj kedvező fizikai tulajdonságai és a kedvező kiindulási talajállapot is hozzájárulhatott. Hosszú távon azonban a fenntartható mezőgazdálkodás érdekében ökológiai és ökonómiai szempontból még kedvező talajállapotnál is javasolt az adott termőhelyi adottságokhoz igazodó talaj- és környezetkímélő módszerek adaptálása.

7. SUMMARY

Due to the ever increasing strive for higher yields and more intensive crop production, tillage operations that respect soil fertility, structure, biological- and chemical condition, have been neglected over the past few decades. Nowadays the sustainable application of land use systems is in focus, since - along with the environment- and soil polluting chemicals that are applied in cropping - the improperly chosen tillage systems may bring on extra expenses, soil degradation and environmental damage. Several experiments have been launched worldwide to compare the effects of different tillage systems on soil condition, environment and economic relations. Adaptable tillage - that is properly chosen for the growing site- and climate circumstances - guarantee the conditions of sustainable cropping.

During my research the impact of conventional tillage was investigated on some physical soil parameters in field circumstances. The main objective was to get information on the effect of the continually (several years) applied conventional tillage on the physical soil properties and its economic relations.

When reviewing the Hungarian- and international literature, it was aimed to describe the optimal soil condition. The factors, influencing tillage quality, were also demonstrated, furthermore a detailed description was provided on the importance of soil fertility. I also evaluated the effect of conventional and conservation tillage systems on the physical condition of the soil. The relevant EU- and Hungarian legal background, their expectations and suggestions were presented in reference to sustainable land use. Eventually conventional tillage, furthermore soil conservation- and environment capable tillage systems were compared from an economic aspect.

The land experiments – that form the basis of the present thesis - were set up between 2004 and 2006 in Pest-county, at six farmlands around Pánd and Káva settlements. In the field experiments, under the growing site and climate circumstances, the impact of conventional tillage on physical soil condition was investigated. Within the physical condition of the soil, the experiments focused on moisture content, penetration resistance and agronomic structure. The results were also evaluated from a seasonality point of view.

I was not the seasonality that affected soil moisture content at the depth of 10-20cm, but the agrotechnique applied. Consequently the effect of conventional tillage operations on soil moisture content was verified at this depth. Based on the results of the penetration value experiment, it could be concluded that no serious plough pan could be detected at tillage depth by the end of the third examined year. The infiltration of water to the soil and its deeper

layers - that is vital for cropping efficiency - was, however, affected by the settlement of the examined soil layer. It was also concluded that seasonality was greatly influenced soil penetration resistance and moisture content.

When examining the agronomic structure of soil, no adverse clod formation was detected. This may be a consequence of a good quality of ploughing, carried out at a moisture content that was ideal for the tillage operations. Since land use practice affects soil structure on the long run, a practice, where tillage operations are done at the same depth from year-to-year, increases the risk of compact layer formation. That is why it is advisable to apply soil structure saving tillage operations, and alter tillage depth from year-to-year.

The conventional tillage was also evaluated from an economic aspect. For this one of the farms was selected that had the most relevant data for the economic survey. For the economic survey – within the direct costs - the total material costs, the auxiliary costs, the unit-price of the crop for the year concerned (HUF/t), the yield (t/acre) and the production value (as the product of the latter two) were considered. In all the three years the plough-based primary tillage and the harvest represented the biggest share within the auxiliary costs. Based on the economic examination, it can be concluded that in the examined years the growing of the selected crops – with conventional tillage, under the growing site-and climate circumstances - guaranteed such a cover that not only compensated for the production costs, but made the cropping profitable.

Summing up the results of the physical soil condition- and economic examinations, it can be concluded that the conventional tillage – under the growing site- and climate circumstances - did not result in the degradation of the physical condition of the soil. It is likely that the positive results may be a consequence of the favourable physical soil properties and the initially optimal soil condition. On the long run, however, – in the interest of sustainable agriculture that is conform to the local growing site-conditions - from ecologic and economic aspects it is advisable to adapt soil conservation- and environment capable tillage systems, even at favourable soil conditions.

MELLÉKLETEK

1. Irodalomjegyzék
2. Az értekezésben megtalálható táblázatok jegyzéke
3. Az értekezésben megtalálható ábrák jegyzéke
4. A vizsgált évekre vonatkozó hőmérséklet havi adatai (°C)
5. A vizsgált évekre vonatkozó havi csapadékmennyiségek (mm)
6. A talajnedvesség-tartalom értékei 2004-ben a 0-50 cm mélységben (tömeg %)
7. A talajnedvesség-tartalom értékei 2005-ben a 0-50 cm mélységben (tömeg %)
8. A talajnedvesség-tartalom értékei 2006-ban a 0-50 cm mélységben (tömeg %)
9. A talajellenállás mérések átlagai 2004-ben (MPa)
10. A talajellenállás mérések átlagai 2005-ben (MPa)
11. A talajellenállás mérések átlagai 2006-ban (MPa)
12. Az agronómiai szerkezetvizsgálat mérési eredményei 2004-ben (%)
13. Az agronómiai szerkezetvizsgálat mérési eredményei 2005-ben (%)
14. Az agronómiai szerkezetvizsgálat mérési eredményei 2006-ban (%)

M1. IRODALOMJEGYZÉK

1. **ALAKUKKU, L.** (1999): Subsoil compaction due to wheel traffic (Review). *Agricultural and food science in Finland*. 8: 333-351. p.
2. **ALVAREZ, R. – STEINBACH, H.S.** (2009): A review of the effects of tillage systems on some soil physical properties, water content, nitrate availability and crops yield in the Argentine Pampas. *Soil & Tillage Research* 104: 1-15. p.
3. **ÁNGYÁN J. – MENYHÉRT Z.** (1988): Integrált alkalmazkodó növénytermesztés. Ésszerű környezetgazdálkodás. GATE-KSZE Gödöllő-Szekszárd 164 p.
4. **APÁTI F.** (2003): A magyar rizságozati technológiai és ökonómiai elemzése. *Agrártudományi közlemények=Acta Agraria Debreceniensis* 10: 226-233. p.
5. **APÁTI F.** (2007): A jó színvonalú magyar és német almatermesztés összehasonlító gazdasági elemzése. Doktori (PhD) értekezés, Debrecen
6. **BANKÓ L.** (2008): A talajtermékenység egyes tényezőinek vizsgálata szerves és műtrágyázási tartamkísérletben. Doktori (PhD) értekezés, Keszthely
7. **BARÁTH CS.NÉ – ITTÉS A. – UGRÓSDY GY.** (1996): *Biometria*. Mezőgazda Kiadó, Budapest
8. **BÁDONYI K. – MADARÁSZ B. – KERTÉSZ Á. – CSEPINSZKY B.** (2008): A talajművelési módok és a talajerózió kapcsolatának vizsgálata zalai mintaterületen. *Földrajzi Értesítő* LVII. (1-2) 147-167. p.
9. **BEKE D.** (2006): Talajtömörödés és nedvességtartalom vizsgálat szántóföldi tartamkísérletekben. Doktori (PhD) értekezés. Keszthely
10. **BEKE D. – SCHMIDT R. – SZAKÁL P.** (2007): Talajállapot-vizsgálat kukorica monokultúra tartamkísérletben. In: *Acta Agronomica Óváriensis* 49. (2) 575-579. p.
11. **BENCsik K.** (2009): Talajhasználati módszerek értékelése talajvédelmi szempontból. Doktori (PhD) értekezés. Gödöllő
12. **BIRKÁS M.** (1993): Talajművelés. 96-195. p. IN: NYIRI L. (Szerk.) (1993): *Földműveléstan*. (2. javított kiadás). Mezőgazda Kiadó, Budapest. 438 p.
13. **BIRKÁS M.** (1995): Energiatakarékos, talajvédő és kímélő talajművelés. GATE KTI Egyetemi jegyzet, Gödöllő
14. **BIRKÁS M.** (1997): A talajhasználat és talajművelés EU-konform fejlesztésének területei, rövid és hosszú távú teendői, "Zöld Belépő: EU-csatlakozásunk környezeti szempontú vizsgálata", MTA Stratégiai kutatási program, Budapest, 34 p.
15. **BIRKÁS M.** (1999): Talajművelés – Talajvédelem – Soil tillage – Soil conservation. IN: BIRKÁS M. (Szerk.): *Földművelés és földhasználat*. Elméleti és gyakorlati jegyzet, Gödöllő. 72-168. p.

16. **BIRKÁS M.** (2000): A talajtömörödés helyzete Magyarországon. Következményei és enyhítésének lehetőségei. MTA Doktori Értekezés, Budapest
17. **BIRKÁS M.** (2001a): Talajművelés a fenntartható gazdálkodásban. 121-161. p. IN: BIRKÁS M. (Szerk.): *Talajművelés a fenntartható gazdálkodásban*. Akaprint Nyomdaipari Kft. Budapest. 292 p.
18. **BIRKÁS M.** (2001b): Talajművelés és talajvédelem. 33-89. p. In: GYURICZA CS. (Szerk.): *A szántóföldi talajhasználat alapjai*. Akaprint Nyomdaipari Kft. Budapest. 197 p.
19. **BIRKÁS M.** (Szerk.) (2002): Környezetkímélő és energiatakarékos talajművelés. Akaprint Nyomdaipari Kft.
20. **BIRKÁS M. – SZEMŐK A.** (2002): Termőhelyi-, talaj- és biológiai tényezők. IN: BIRKÁS M. (Szerk.): *Környezetkímélő és energiatakarékos talajművelés* 86-122. p.
21. **BIRKÁS M. – GYURICZA CS.** (2004): A talajhasználat és a klimatikus hatások kapcsolata. 10-46. p. IN: BIRKÁS M. – GYURICZA CS. (Szerk.): *Talajhasználat – Műveléshatás – Talajnedvesség*. Quality-Press Nyomda & Kiadó Kft.
22. **BIRKÁS M.** (2005): A talaj minőségének javítása, fenntartása. 245-266. p. IN: STEFANOVITS P. – MICHÉLI E. (Szerk.): *A talajok jelentősége a XXI. Században*. Marosi-Print Kft. Budapest, 403 p.
23. **BIRKÁS M.** (Szerk.) (2006a): Földművelés és földhasználat. Mezőgazda Kiadó, Budapest
24. **BIRKÁS M.** (2006b): A környezetkímélő, takarékos művelés gyakorlati alkalmazhatósága. 197-283 p. IN: BIRKÁS M. (Szerk.): *Környezetkímélő alkalmazkodó talajművelés*. Akaprint Nyomdaipari Kft. ISBN 963 06 0259 8
25. **BIRKÁS M. – JUG, D. – KISIC, I. – SEREMESIC, S.** (2011): A talajművelés helyzete és kilátásai. Agrofórum. XXII. (10) 24-29. p.
26. **BIRÓ B.** (2005): A talaj mint a mikroszervezetek élettere. 141-169. p. IN: STEFANOVITS P. – MICHÉLI E. (Szerk.): *A talajok jelentősége a XXI. Században*. Marosi-Print Kft. Budapest, 403 p.
27. **BLANCO-C., H. – LAL, R.** (2007): Soil structure and organic carbon relationships following 10 years of wheat straw management in no-till. *Soil & Tillage Research* 95: 240-254. p.
28. **BOTTLIK L.** (2009): A mulcshagyó talajművelési rendszerek alkalmazkodóképességének és fenntarthatóságának vizsgálata. 128-137. p. IN: NÉMETH Á. CS. (Szerk.): *„Lokalizáció - megoldás a fenntarthatóságra?”* 51. Georgikon Napok, Keszthely. Pannon Agrártudományi Egyetem Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar. ISBN 978-963-9639-34-8

29. **BOZÓ L.** (Szerk.) (2010): Köztisztületi Stratégiai Programok. Környezeti jövőkép – Környezet- és klímabiztonság. Magyar Tudományos Akadémia, Budapest. 64 p.
30. **BRANDT, S. A.** (1992): Zero vs. Conventional tillage and their effects on crop yield and soil moisture. *Can. J. Plant Sci.* 72: 679-688. p.
31. **BUSSCHER, W. J. – SOJKA, R. E.** (1987): Enhancement of subsoiling effect on soil strength by conservation tillage. *American Society of Agricultural Engineers* 30: (4) 888-892. p.
32. **BUZÁS I.** (2006): Segédlet a talajtermékenység megóvásának helyes gyakorlatához. FVM Képzési és Szaktanácsadási Intézet, Budapest. 47 p.
33. **COCIU, A. I.** (2011): Soil properties, winter wheat yield, its components and economic efficiency when different tillage different tillage systems are applied. *Romanian Agricultural Research*, 28: 121-130. p.
34. **CZYZ, E. A. – DEXTER, A. R.** (2008): Soil physical properties under winter wheat grown with different tillage systems at selected locations. *International Agrophysics*. 22: 191-200. p.
35. **CSERHÁTI S.** (1896): Az okszerű talajművelés alapelvei. Pátria Rt. Nyomdája, Budapest
36. **DARÓCZI S. – LELKES J.** (1999): A szarvasi PENETRONIK talajvizsgáló nyomószonda alkalmazása. *Gyakorlati Agrofórum*. 10: (7) 16–18. p.
37. **DEXTER, A. R.** (2002): Soil structure: the key to soil function. *Adv. GeoEcology* 35: 57-69. p.
38. **DEXTER A. R. – BIRD, N. R. A.** (2001): Methods for predicting the optimum and the range of water contents for tillage based on the water retention curve. *Soil & Tillage Research* 57: 203-212. p.
39. **DICKEY, E. C. – JASA, P. J. – SHELTON, D. P.** (1991): A Conservation Tillage Educational Program. *Journal of Agronomic Education*, 20: 102-107. p.
40. **DICKEY, E. C. – JASA, P. J. – GRISSE, R. D.** (1994): Long Term Tillage Effects on Grain Yield and Soil Properties in a Soybean/Grain Sorghum Rotation, *Journal of Production Agriculture*. 7: 465-470. p.
41. **DUSEK L.** (2007): A Tápió-mente. Pende Print Nyomdaipari Kft.
42. **ENTRY, J. A. – REEVES, D. W. – MUDD, E. – LEE, W. J. – GUERTAL, E. – RAPER, R. L.** (1996): Influence of compaction from wheel traffic and tillage on arbuscular mycorrhizae infection and nutrient uptake by *Zea mays*. *Plant and Soil* 180: 139-146. p.
43. **EXNEROVÁ, Z. – CIENCIALA, E.** (2009): Greenhouse gas inventory of agriculture in the Czech Republic. *Plant Soil Environment* 55: (8) 311-319. p.

44. **FABRIZZI, K.P. – GARCÍA, F.O. – COSTA, J.L. – PICONE, L.I. P.** (2005): Soil water dynamics, physical properties and corn and wheat responses to minimum and no-tillage systems in the southern Pampas of Argentina. *Soil & Tillage Research* 81: 57-69. p.
45. **FELDMAN, M. – DOMIER, K. W.** (1970): Wheel traffic effects on soil compaction and growth of wheat. *Canadian Agricultural Engineering*, 12: (1) 8-11. p.
46. **FENYVES T.** (1996): A fenntartható gazdálkodás néhány agronómiai feltétele, különös tekintettel a művelés hatásra, a gyomosságra és a trágyázásra. Doktori (PhD) értekezés. Gödöllő
47. **FERRERAS, L. A. – COSTAB, J. L. – GARCIB, F. O. – PECORARI, C.** (2000): Effect of no-tillage on some soil physical properties of a structural degraded Petrocalcic Paleudoll of the southern "Pampa" of Argentina. *Soil & Tillage Research* 54: 31-39. p.
48. **FILEP GY.** (1986): A talajszerkezet fenntartása és javítása. IN: DALOCSA I. (Szerk.): *Talajtermékenység javítása*. Nemzetközi Tudományos Tanácskozás, Szolnok. 263-283. p.
49. **FILEP GY.** (2012): Talajtani alapismeretek II. Talajrendszertan és alkalmazott talajtan. Debreceni Agrártudományi Egyetem. Mezőgazdaságtudományi Kar. Debreceni Egyetemi Kiadó. 183 p
50. **FLOWERS, M.D. – LAL, R.** (1998): Axle load and tillage effects on soil physical properties and soybean grain yield on a mollic ochraqualf in northwest Ohio. *Soil & Tillage Research* 48: 21-35. p.
51. **FÜLEKY GY. – RAJKAINÉ V. K.** (1999): A talaj tápelem-szolgáltató képessége. 91-139. p. IN: FÜLEKY GY. (Szerk.): *Tápanyag-gazdálkodás*. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 714 p. ISBN 963 286 104 3
52. **GECSE M.** (2005): Művelés-hatások értékelése fizikai paraméterekkel tartamkísérletekben és szántóföldi körülmények között. Doktori (PhD) értekezés. Gödöllő
53. **GERIK, T. J. – MORRISON, J. E. – CHICHESTER, F. W.** (1987): Effects of Controlled-Traffic on Soil Physical Properties and Crop Rooting. *Agronomy Journal* 79: (3) 434-438. p.
54. **GYARMATI Á.** (2005): A fenntartható fejlődés fogalmától az agrár-környezetgazdálkodási támogatásokig. *Agrártudományi Közlemények* 16. (különszám) 354-361. p.
55. **GYÁRFÁS J.** (1922). Sikeres gazdálkodás szárazságban. Magyar dry farming. Pátria Nyomdai Rt. Budapest

56. **GYÓRI D. – PALKOVICS MNÉ – MATUSNÉ S. K.** (1990): Helyszíni és laboratóriumi talajvizsgálatok. Gyakorlati jegyzet. Keszthely. 150. p.
57. **GYURICZA CS. – FARKAS CS. – BARÁTH CSNÉ – BIRKÁS M. – MURÁNYI A.** (1998): A penetrációs ellenállás vizsgálata talajművelési tartamkísérletben gödöllői barna erdőtalajon. *Növénytermelés*, 47: (2) 199-212. p.
58. **GYURICZA CS.** (2000): Az értékörző és hagyományos talajművelés egyes fizikai és biológiai hatásainak értékelése. Doktori (PhD) értekezés. Gödöllő
59. **GYURICZA CS.** (2001a): A szántóföldi talajhasználat környezetvédelmi vonatkozásai. 175-190. p. IN: GYURICZA CS. (Szerk.): *A szántóföldi talajhasználat alapjai*. Akaprint Nyomdaipari Kft. 197 p.
60. **GYURICZA CS.** (2001b): A fenntartó talajművelés talajfizikai és biológiai alapjai. 71-98. p. IN: BIRKÁS M. (Szerk.): *Talajművelés a fenntartható gazdálkodásban*. Akaprint Nyomdaipari Kft. Budapest. 292 p.
61. **GYURICZA CS.** (2004): A szántóföldi talajhasználat és az üvegházhatás összefüggései mért adatok alapján. 47-60. p. IN: BIRKÁS M. – GYURICZA CS. (Szerk.): *Talajhasználat – Műveléshatás – Talajnedvesség*. Quality-Press Nyomda & Kiadó Kft.
62. **GYURICZA CS. – LIEBHARD, P. – ROSNER, J.** (2004): Talajökológiai tényezők vizsgálata talajművelési tartamkísérletben. 96-112 p. IN: BIRKÁS M. – GYURICZA CS. (Szerk.): *Talajhasználat – Műveléshatás – Talajnedvesség*. Quality-Press Nyomda & Kiadó Kft.
63. **GYURICZA CS.** (2006): Vetésforgó és vetésváltás. 316-355. p. IN: BIRKÁS M. (Szerk.) (2006): *Földművelés és földhasználat*. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 414 p.
64. **HAKANSSON, I.** (1990): A method for characterizing the state of compactness of the plough layer. *Soil & Tillage Research* 16: 105–120. p.
65. **HAMZA, M. A. – ANDERSON, W. K.** (2005): Soil compaction in cropping systems. A review of the nature, causes and possible solutions. *Soil & Tillage Research* 82: 121–145. p.
66. **HERMAVAN, B. – CAMERON, K. C.** (1993): Structural changes in a silt loam under long-term conventional or minimum tillage. *Soil & Tillage Research* 26: 139-150. p.
67. **HILL, R. L. – CRUSE, R. M.** (1985): Tillage effects on bulk density and soil strength of two Mollisols. *Soil Science Society of America Journal* 49: 1270-1273. p.
68. **HUISZ A. – SLEUTEL, S. – TÓTH T. – HOFMAN, G. – DE NEVE, S. – NÉMETH T.** (2006): Talajművelési rendszerek hatása a szervesanyag eloszlásra a talaj különböző szemcseméretű frakcióiban három év tapasztalatai alapján. *Agrártudományi Közlemények* 22. (különszám) 22-30. p.

69. **HOLLAND, J. M.** (2004): The environmental consequences of adopting conservation tillage in Europe: reviewing the evidence. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 103: 1–25. p.
70. **HUSNJAK, S. – FILIPOVIC, D. – KOSUTIC, S.** (2002): Influence of different tillage systems on soil physical properties and crop yield. *Rostlinná Vyroba*. 48: (6) 249–254. p.
71. **HUZSVAI L. – RÁTONYI T. – NAGY J. – MEGYES A.** (2003): A talajkímélő művelés hatása a talaj fizikai tulajdonságaira és a szervesanyag-körforgalmára. *Debreceni Agrártudományi Közlemények – Acta Agraria Debreceniensis* 12: 42-45. p.
72. **JASA, P. J. – GRISSE, R. D. – HUNTER, C. C. – DICKEY, E. C.** (1999): Conservation Tillage Influences on Grain Yield in a Dryland Soybean/Grain Sorghum Rotation. *ASAE/CSAE-SCGR Annual International Meeting*, 15 p.
73. **JOLÁNKAI M. – NYÁRAI H. F. – KASSAI K.** (2009): A tartamkísérletek szerepe a növénytermesztési kutatásban és oktatásban. 31-35. p. IN: *Tartamkísérletek jelentősége a növénytermesztés fejlesztésében*. Jubileumi tudományos konferencia, Magyar Tudományos Akadémia Mezőgazdasági Kutatóintézete, Martonvásár. 304 p.
74. **KARLEN, D. L. – WOLLENHAUPT, N. C. – ERBACH, D. C. – BERRY, E. C. – SWAN, J. B. – EASH, N. S. – JORDAHL, J. L.** (1994): Long-term tillage effects on soil quality. *Soil & Tillage Research* 32: 313–327. p.
75. **KISMÁNYOKY T.** (1993): Vetésforgó és vetésváltás. 294-329. p. IN: NYIRI L. (Szerk.) (1993): *Földműveléstan*. (2. javított kiadás). Mezőgazda Kiadó, Budapest, 438 p.
76. **KELLER, T. – ARVIDSSON, J. – DEXTER, A. R.** (2007): Soil structures produced by tillage as affected by soil water content and the physical quality of soil. *Soil & Tillage Research* 92: 45-52. p.
77. **KEMENESY E.** (1959): Talajerőgazdálkodás. (Második javított kiadás.) Akadémiai Kiadó, Budapest. 308 p.
78. **KEMENESY E.** (1964): Talajművelés. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 164 p.
79. **KERTÉSZ Á.** (2006): A környezetkímélő mezőgazdálkodás hatása a tájra. 783-792. p. IN: KISS A. – MEZŐSI G. – SÜMEGHY Z. (Szerk.): *Táj, környezet és társadalom. Ünnepi tanulmányok Keveiné Bárány Ilona professzor asszony tiszteletére*. SZTE Éghajlattani és Tájföldrajzi Tanszék. SZTE Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék. Szeged
80. **KERTÉSZ Á. – MADARÁSZ B. – CSEPINSZKY B. – BÁDONYI K. – BENKE SZ.** (2009): A talajkímélő mezőgazdaság szerepe a talajerózió elleni védekezésben és a biodiverzitás megőrzésében. 500-507. p. IN: NÉMETH Á. CS. (Szerk.) „*Lokalizáció – megoldás a fenntarthatóságra?*” 51. Georgikon Napok Keszthely. ISBN:978 963 9639 34 8

81. **KERTÉSZ Á. – MADARÁSZ B. – CSEPINSZKY B. – BENKE SZ.** (2010): The role of conservation agriculture in landscape protection. *Földrajzi Értesítő – Hungarian Geographical Bulletin* 59: (2) 167-180. p.
82. **KIRKEGAARD, J. A. – SO, H. B. – TROEDSON, R. J. – WALLIS, E. S.** (1992): The effect of compaction on the growth of pigeonpea on clay soils. I. Mechanisms of crop response and seasonal effects on a Vertisol in a sub-humid environment. *Soil & Tillage Research* 24: 107–127. p.
83. **KISMÁNYOKY A.** (2010): Agrotechnikai tényezők hatása a kultúrnövényekre és a gyomosodásra. Doktori (PhD) értekezés, Keszthely
84. **KISMÁNYOKY T.** (1993): Vetésforgó és vetésváltás. 294-329. p. IN: NYIRI L. (Szerk.): *Földműveléstan* (2. javított kiadás). ISBN 963 7362 495 438 p.
85. **KISS ZS. P.** (2002): Mezőgazdasági gumiabroncsok talajfizikai hatásainak vizsgálata. Doktori (PhD) értekezés. Debrecen
86. **KLADIVKO, E. J. – GRIFFITH, D. R. – MANNERING, J. V.** (1986): Conservation tillage effects on soil properties and yield of corn and soya beans in Indiana. *Soil & Tillage Research* 8: 277-287. p.
87. **KOEPE, H., H-PETTERSSON, B. D.-SCHAUMANN, W.** (1980): Biologisch-dynamische Landwirtschaft (Biodinamikus mezőgazdálkodás) Ulmer Verlag, Stuttgart, 248 p.
88. **KORMOSNÉ K. K.** (2008): Környezettudatosság és a támogatások szerepe az ökológiai gazdálkodást folytató egyéni gazdaságokban. Doktori (PhD) értekezés, Debrecen.
89. **LAL, R.** (1976): No-tillage Effects on Soil Properties under Different Crops in Western Nigeria. *Soil Science Society of America Journal* 40: (5) 762-768. p.
90. **LANGMAACK, M.** (1999): Earthworm communities in arable land influenced by tillage, compaction, and soil. *Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz* 8: 11-21. p.
91. **LÁSZLÓ, P.** (2007): A direktvetéses és bakhátas gazdálkodási rendszerek hatása a talaj fizikai és biológiai állapotára. Doktori (PhD) értekezés. Gödöllő
92. **LOCH, R. J. – FOLEY, J. L.** (1994): Measurement of aggregate breakdown under rain: comparison with tests of water stability and relationships with field measurements of infiltration. *Australian Journal of Soil Research* 32: 701-720 p.
93. **MAKÓ A. – TÓTH B.** (2007): A talajok vízgazdálkodása és a talajtermékenység. *Agronapló*. (11). 2: 46-47. p.
94. **MANNINGER G. A. – FEHÉR D. – MELANIE, F.** (1940): Talajbiológiai vizsgálatok a hengernek, különösen mint nyári talajművelő eszköznek a jelentőségéről. Különlenyomat a Tiszántúli Öntözésügyi Közlemények V-VIII. füzetéből. 28 p.

95. **MICHÉLI E. – SIMON B. – SZEGI T. – STEFANOVITS P.** (2006): Talajtani alapismeretek. Egyetemi jegyzet. Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar. 61 p.
96. **MIKÓ P.** (2009): A zöldtrágyázás talajállapotra és utóveteményre gyakorolt hatásainak vizsgálata. Doktori (PhD) értekezés. Gödöllő.
97. **MORENO, F. – PELEGRÍN, F. – FERNÁNDEZ, J. E. – MURILLO, J. M.** (1997): Soil physical properties, water depletion and crop development under traditional and conservation tillage in southern Spain. *Soil & Tillage Research* 41: (1-2.) 25-42. p.
98. **MULUMBA, L. N. – LAL, R.** (2008): Mulching effects on selected soil physical properties. *Soil & Tillage Research* 98: 106-111. p.
99. **NÉMETH T.** (2005a): Tápanyag-gazdálkodás és talaj a precíziós mezőgazdaságban. 77-96. p. IN: STEFANOVITS P. – MICHÉLI E. (Szerk.): *A talajok jelentősége a XXI. Században*. Marosi-Print Kft. Budapest, 403 p.
100. **NÉMETH T.** (2005b): A hatékony tápanyag-gazdálkodás tényezői. IN: NÉMETH T. – MAGYAR M. (Szerk.): *Üzemi szintű tápanyagmérleg számítási praktikum*. MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet, Budapest. 9-16. p.
101. **PAGLIAI, M. – VIGNOZZI, N. – PELLEGRINI, S.** (2004): Soil structure and the effect of management practices. *Soil & Tillage Research* 79: 131-143. p.
102. **PASSIOURA, J. B.** (2002): Soil conditions and plant growth. *Plant Cell Environ.* 25: 311–318. p.
103. **PERCZE A.** (2002): A művelési rendszerek hatása a talajállapotra és a gyomosodásra őszi búzában. Doktori (PhD) értekezés. Gödöllő
104. **PUSZTAI A.** (1961): A talajművelés hatása a talaj nedvességtartalmára és hőmérsékletére. 293-306. p. A Magyar Tudományos Akadémia Mezőgazdasági Kutató Intézete Martonvásár Jubileumi Tudományos Konferenciája Kiadványából.
105. **RÁCZ P.** (2009): Középmély lazítók munkájának agrotechnikai, talajfizikai és energetikai jellemzői. Doktori (PhD) értekezés, Gödöllő
106. **RADFORD, B. J. – KEY, A. J. – ROBERTSON, L. N. – THOMAS, G. A.** (1995): Conservation tillage increases soil water storage, soil animal populations, grain yield and response to fertiliser in the semiarid subtropics. *Aust. J. Exp. Agric.* 35: 223-232. p.
107. **RADFORD, B. J. – BRIDGE, B. J. – DAVIS, R. J. – MCGARRY, D. – PILLAI, U. P. RICKMAN, J. F. – WALSH, P. A. – YULE, D. F.** (2000): Changes in the properties of a Vertisol and responses of wheat after compaction with harvester traffic. *Soil & Tillage Research* 54: 155–170. p.

108. **RAPER, R. L. – REEVES, D. W. – BURMESTER, C. H. – SCHWAB, E. B.** (2000): Tillage depth, tillage timing, and cover crop effects on cotton yield, soil strength, and tillage energy requirements. *American Society of Agricultural Engineers* 16: (4) 379-385.
109. **RASMUSSEN, K. J.** (1999): Impact of ploughless soil tillage on yield and soil quality: A Scandinavian review. *Soil & Tillage Research* 53: 3-14. p.
110. **RÁTONYI T.** (1999): A talaj fizikai állapotának penetrométeres vizsgálata talajművelési tartamkísérletben. Doktori (PhD) értekezés. Debrecen
111. **RÁTONYI T.** (2006): Termőhelyi tényezők szerepe a szántóföldi növénytermesztésben. 22-74. p. IN: **BIRKÁS M. (Szerk.)** (2006): *Földművelés és földhasználat*. Mezőgazda Kiadó, Budapest
112. **SCHMIDT R. – SZAKÁL P. – KEREKES G. – BENE L.** (1998): A talajtömörödöttségi viszonyok vizsgálata művelőutas cukorrépa termesztési technológia alkalmazása esetén. *Cukorrépa* 16: (1) 8-14. p.
113. **SCHMIDT R. – SZAKÁL P.** (2001): Trágyázás és talajjavítás a fenntartható növénytermesztési rendszerekben. 189-230. p. IN: **BIRKÁS M. (Szerk.)** *Talajművelés a fenntartható gazdálkodásban*. Akaprint Nyomdaipari Kft. Budapest. 292 p.
114. **SCHMIDT R.** (2011): Földműveléstan. Agrármérnöki MSc szak. TÁMOP-4.1.2-08/1/A-2009-0010 projekt 118 p
115. **SCHWAB, E. B. – REEVES, D. W. – BURMESTER, C. H. – RAPER, R. L.** (2002): Conservation Tillage Systems for Cotton in the Tennessee Valley. *Soil Science Society of America Journal*, 66: 569-577. p.
116. **SHIPITALO, M. J. – LE BAYON, R.-C.** (2004): Quantifying the Effects of Earthworms on Soil Aggregation and Porosity. *Earthworm Ecology* 10: 183-200. p.
117. **SEMBERY P.** (1989): Energiatakarékosság a mezőgazdaságban. Műszaki Könyvkiadó-Mezőgazdasági Könyvkiadó, Budapest. 166 p.
118. **SIPOS G.** (1978): A mezőgazdasági növények növekedési és fejlődési feltételei 15-50 p. IN: **LŐRINCZ J. (Szerk.)**: *Földműveléstan*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest 330 p. ISBN: 963 230 406 3
119. **SIPOS S.** (1978): Talajművelés 156-267 p. IN: **LŐRINCZ J. (Szerk.)**: *Földműveléstan*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest 330 p. ISBN: 963 230 406 3
120. **SIX, J. - FELLER, C. – DENEFF, K. – M. OGLE, S. – DENEFF, K. – MORAES SA, J. C. – ALBRECHT, A.** (2002): Soil organic matter, biota and aggregation in temperate and tropical soils – Effects of no-tillage. *Agronomie* 22: 755–775. p.
121. **SOANE, B. D. – VAN OUWERKERK, C.** (1994a): Soil compaction problems in world agriculture. IN: **SOANE, B. D. – VAN OUWERKERK, C. (Szerk.)**: *Soil compaction in crop production*. Elsevier Sci, 1-21. p.

122. **SOANE, B. D. – VAN OUWERKERK, C. (Szerk.) (1994b):** Soil compaction in crop production. Developments in Agricultural Engineering 11. Elsevier Sci, Amsterdam, Netherlands, 662 p.
123. **STEFANOVITS P. (1992):** Talajtan. Mezőgazda Kiadó, Budapest
124. **STINGLI A. (2007):** A talajhasználat hatása a mikrotermőhely egyes élőlényeire. Doktori (PhD) értekezés. Gödöllő
125. **STOATE, C. – BOATMAN, N. D. – BORRALHO, R. J. – RIO CARVALHO, C. – SNOO, G. R. – EDEN, P. (2001):** Ecological impacts of arable intensification in Europe. Journal of Environmental Management 63: 337-365. p.
126. **SULYOK D. (2005):** Az alternatív talajművelési rendszerek eredményességének vizsgálata, Doktori (PhD) értekezés, Debrecen
127. **SVÁB J. (1981):** Biometriai módszerek a kutatásban. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
128. **SZABÓ I. M. (1992):** A mikroorganizmusok aktivitásának szabályozása. A talajművelési eljárások, trágyázási és növénytermesztési rendszerek célszerű kombinációjával. 325-335. p. IN: SZABÓ I. M.: *Az általános talajtan biológiai alapjai*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest,
129. **SZALAI T. – NYÁRAI H. F. – HOLLÓ S. – BIRKÁS M. (1995):** Különböző növénytermesztési és talajművelési rendszerek hatása a talaj néhány kémiai és mechanikai jellemzőjére. Agrokémia és Talajtan 44: (3-4). 374-380. p.
130. **SZEGI T. – MICHÉLI E. – GÁL A. – TOMBÁCS E. (2004):** Művelt mezőségi talajok szerkezeti stabilitásának jellemzése a reológia módszerével. Agrokémia és Talajtan 53: (1-2.) 239-250. p.
131. **SZŐLLŐSI I. (2003):** Talajok tömörödöttségi állapotának jellemzése penetrométeres vizsgálatokkal. Doktori (PhD) értekezés. Debrecen
132. **SZŐLLŐSI N. – JUHÁSZ CS. – ZSEMBELI J. – KOVÁCS GY. (2009):** A fenntartható növénytermesztés megvalósulása különböző talajművelési rendszerekben. 923-929. p. IN: NÉMETH Á. CS. (Szerk.): *„Lokalizáció - megoldás a fenntarthatóságra?”* 51. Georgikon Napok, Keszthely. Pannon Agrártudományi Egyetem Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar ISBN:978 963 9639 34 8
133. **SZŰCS M. – SZŰCS MNÉ (2003):** Talajtulajdonságok hosszú idő alatt bekövetkezett változásai a Dunántúlon. Agrokémia és Talajtan 52: (3-4.) 293-304. p.
134. **TAR F. (2008):** Fenntartható földhasználati stratégia kialakítása Magyarországon, Doktori (PhD) értekezés. Gödöllő
135. **TARDY J. – CSÚZDI CS. – KERTÉSZ Á. – SZENDREI G. – ZÁMBÓ L. (2005):** Talajok mint védendő természeti értékek (Gondolatok a talajtakaró és a természetvédelem kapcsolatához) 291-306. p. IN: STEFANOVITS P. – MICHÉLI E. (Szerk.): *A talajok jelentősége a XXI. Században*. Marosi-Print Kft. Budapest, 403 p.

136. **TEBRÜGGE, F. – DÜRING, R.-A.** (1999): Reducing tillage intensity – a review of results from a long-term study in Germany. *Soil & Tillage Research* 53: 15-28. p.
137. **THOMAS, G. A. – TITMARSH, G. W. – FREEBAIRN, D. M. – RADFORD, B. J.** (2007): No-tillage and conservation farming practices in grain growing areas of Queensland – a review of 40 years of development. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 47: 887–898. p.
138. **TÓTH E.** (2011): Talaj szén-dioxid emissziójának mérése eltérő talajhasználati rendszerekben. Doktori (PhD) értekezés. Budapest
139. **TÓTH E. – FARKAS CS. – KOÓS S. – NÉMETH T.** (2009): A művelés hatása a talaj szén-dioxid kibocsátására. I. Laboratóriumi módszertan tesztelése bolygatatlan talajoszpokon. *Agrokémia és Talajtan*. 58: (2). 215-226. p.
140. **TÓTH Z.** (2001): A talajtermékenység vizsgálata vetésforgóban és monokultúrában. Doktori (Ph.D) értekezés. Keszthely
141. **TURTOLA, E. – ALAKUKKU, L. – UUSITALO, R. – KASEVA, A.** (2007): Surface runoff, subsurface drainflow and soil erosion as affected by tillage in a clayey Finnish soil. *Agricultural and food science*. 16: 332-351. p.
142. **UJJ A.** (2004): A rozs köztes védőnövényként történő termesztése és hatása a talajállapotra. 113-125. p. IN: **BIRKÁS M. – GYURICZA CS.** (Szerk.): *Talajhasználat – Műveléshatás – Talajnedvesség*. Quality-Press Nyomda & Kiadó Kft.
143. **UJJ A.** (2006): A talajállapot- és az elővetemény-hatás javítása köztes védőnövényekkel és kímélő műveléssel. Doktori (PhD) értekezés. Gödöllő
144. **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 & Tillage Research* 20: 219-240. p.
145. **UNGER, P. W. – KASPAR, T. C.** (1994): Soil Compaction and Root Growth: A Review. *Agronomy Journal* 79: (5) 759-766. p.
146. **URI, N. D.:** (1999): Conservation tillage in U.S. agriculture, 130 p.
147. **VÁRALLYAY GY.** (1973): A talaj nedvességpotenciálja és új berendezés annak meghatározására az alacsony (atmoszféra alatti) tenziótartományban. *Agrokémia és Talajtan* 22: (1-2.) 1-22. p.
148. **VÁRALLYAY GY.** (2001a): Szemléletváltozások a magyarországi talajjavítás történetében. *Agrokémia és Talajtan* 50: (1-2.) 119-135. p.
149. **VÁRALLYAY GY.** (2001b): Stefanovits Pál 80 éves. *Agrokémia és Talajtan* 50: (1-2.) 11-14. p.
150. **VÁRALLYAY GY.** (2005): Jubileumi tudományos ülés Stefanovits Pál 85. születésnapja tiszteletére. *Agrokémia és Talajtan* 54: (3-4.) 547-550. p.

151. **VÁRALLYAY GY.** (2010a): Talajkészleteink és a kor új kihívásai. Talajvédelem különszám. 293-306. p.
152. **VÁRALLYAY GY.** (2010b): A talaj, mint víztározó, talajszárazodás. „KLÍMA-21” FÜZETEK: KLÍMAVÁLTOZÁS – HATÁSOK – VÁLASZOK 59: 3-25. p.
153. **VÁRALLYAY GY.** (2010c): Stefanovits Pál 90 éves. Agrokémia és Talajtan 59: (2.) 215-216. p.
154. **VÁRALLYAY GY.** (2005): A talaj és a víz. 61-76. p. IN: STEFANOVITS P. – MICHÉLI E. (Szerk.): *A talajok jelentősége a XXI. Században*. Marosi-Print Kft. Budapest, 403 p.
155. **VIRÁG S.** (2005): A művelés hatása a talajok rögzépződésére és a rögzítés energetikai összefüggései. Doktori (PhD) értekezés. Debrecen
156. **VITA, P. De – PAOLO, E. Di – FECONDO, G. – FONZO, N. Di – PISANTE, M.** (2007): No-tillage and conventional tillage effects on durum wheat yield, grain quality and soil moisture content in southern Italy. *Soil & Tillage Research* 92: 69-78. p.
157. **WAIRIU, M. – LAL, R.** (2006): Tillage and land use effects on soil microporosity in Ohio, USA and Kolombangara, Solomon Islands. *Soil & Tillage Research* 88: 80-84. p.
158. **WOLTERS, V.** (2000): Invertebrate control of soil organic matter stability. *Biol Fertil Soils* 31: 1–19. p.
159. **ZHANG, G.S. – CHAN, K. Y. – OATES, A. – HEENAN, D. P. – HUANG, G. B.** (2007): Relationship between soil structure and runoff/soil loss after 24 years of conservation tillage. *Soil & Tillage Research* 92: 122-128. p.
160. **ZSEMBELI J. – TUBA G. – JUHÁSZ CS. – NAGY I.** (2005): CO₂-measurements in a soil tillage experiment. *Cereal Research Communications*. 33: (1) 137-140. p.
161. **ZSEMBELI J. – TUBA G. – KOVÁCS GY.** (2006): Development and extension of CO₂-emission measurements for different soil surfaces. *Cereal Research Communications*. 34: 359-362. p.
162. <http://www.ctic.purdue.edu/CRM/> (2013. 01. 22.)
163. <http://www.ecaf.org/> (2013. 01. 22.)
164. <http://www.fao.org/ag/ca/6c.html> (2013. 01. 22.)
165. http://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_omf001a.html (2013. 01. 22.)

EURÓPAI UNIÓS ÉS HAZAI JOGFORRÁSOK:

166. **1600/2002/EK határozat** (2002): Az Európai Parlament és a Tanács 1600/2002/EK határozata (2022. július 22.) a hatodik közösségi környezetvédelmi cselekvési program megállapításáról.
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32002D1600:HU:NOT>
167. **1995. évi LIII. törvény** a környezet védelmének általános szabályairól.
http://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=99500053.TV
168. **96/2009. (XII.9.) OGY határozata** a 2009-2014 közötti időszakra szóló Nemzeti Környezetvédelmi Programról
http://www.kvvm.hu/cimg/documents/96_2009_OGY_hatarozat_NKP_3.pdf
169. **EURÓPAI BIZOTTSÁG** (2010): A Bizottság közleménye az Európai Parlamentnek, a Tanácsnak, az Európai Gazdasági és Szociális Bizottságnak és a Régiók Bizottságának – A KAP jövője 2020-ig: az élelmezési, a természetes erőforrásokat érintő és a területi kihívások kezelése (Brüsszel, 2010. 11. 18. COM(2010) 672 végleges).
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2010:0672:FIN:hu:PDF>
170. **EURÓPAI BIZOTTSÁG** (2011): A Bizottság közleménye az Európai Parlamentnek, a Tanácsnak, a Gazdasági és Szociális Bizottságnak és a Régiók Bizottságának – Az Európa 2020 stratégia költségvetése (COM(2011) 500 végleges, 2011.6.29.).
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:52011DC0500:HU:NOT>

M2. Az értekezésben megtalálható táblázatok jegyzéke

- | | |
|---------------------|---|
| 1. táblázat | A talajszerkezet jelentősége (összefoglaló táblázat) |
| 2. táblázat | A talajellenállás vizsgálatával kapcsolatos eredmények (összefoglaló táblázat) |
| 3. táblázat | A talajnedvesség vizsgálatával kapcsolatos eredmények (összefoglaló táblázat) |
| 4. táblázat | A növények talajállapot igénye fizikai paraméterek megadásával |
| 5. táblázat | Az Arany-féle kötöttségi szám értéke az egyes fizikai talajféleségeknél |
| 6. táblázat | A térfogattömeg és pórustérfogat határértékei és jellemzői |
| 7. táblázat | A humusz hatása a talajtermékenységre |
| 8. táblázat | A szántás ideje, agronómiai előnyei és kockázata |
| 9. táblázat | A hagyományos művelés hatása a talaj fizikai állapotára (összefoglaló táblázat) |
| 10. táblázat | A talaj- és környezetkímélő művelés hatása a talaj fizikai állapotára (összefoglaló táblázat) |
| 11. táblázat | A talajvizsgálat eredménye az A, B, C, D, E és F kísérletekben (2004-2006) |
| 12. táblázat | A kísérleti területek növényi sorrendje 2004-2006 között |
| 13. táblázat | A talajnedvesség változása az egyes kísérleteknél a 0-50 cm mélységben (2004-2006) |
| 14. táblázat | A talajellenállás alakulása az egyes kísérleteknél a 0-50 cm mélységben (2004-2006) |
| 15. táblázat | Az agronómiai szerkezet alakulása az egyes kísérleteknél a vizsgált években (2004-2006) |
| 16. táblázat | A kukorica közvetlen költségének alakulása a vizsgált gazdaságban (2004) |
| 17. táblázat | A napraforgó közvetlen költségének alakulása a vizsgált gazdaságban (2005) |
| 18. táblázat | A kukorica közvetlen költségének alakulása a vizsgált gazdaságban (2006) |

M3. Az értekezésben megtalálható ábrák jegyzéke

1. ábra	A havi középhőmérséklet alakulása a kísérleti területeken 2004-2006. év között (°C)
2. ábra	A havi csapadékmennyiség alakulása a kísérleti területen 2004-2006. év között (mm)
3. ábra	A begyűjtött talajminták laboratóriumi vizsgálata: a.) talajdarálás, b.) talaj bemérése digitális mérlegen a különféle vizsgálatokhoz, c.) foszfor meghatározása spektrofotométerrel, d.) humuszvizsgálat
4. ábra	Kísérleti terület a vetést követően
5. ábra	Daróczi-Lelkes féle rugós talajellenállás-mérő
6. ábra	Az agronómiai szerkezet vizsgálata
7. ábra	A talajnedvesség alakulása az egyes kísérletekben a 0-50 cm mélységben (2004)
8. ábra	A talajnedvesség alakulása az egyes kísérletekben a 0-50 cm mélységben (2005)
9. ábra	A talajnedvesség alakulása az egyes kísérletekben a 0-50 cm mélységben (2006)
10. ábra	A talajellenállás alakulása az egyes kísérletekben a 0-50 cm mélységben adott nedvességtartalomnál (2004)
11. ábra	A talajellenállás alakulása az egyes kísérletekben a 0-50 cm mélységben adott nedvességtartalomnál (2005)
12. ábra	A talajellenállás alakulása az egyes kísérletekben a 0-50 cm mélységben adott nedvességtartalomnál (2006)
13. ábra	Az agronómiai szerkezet alakulása az A, B, C, D, E, F kísérletekben (2004)
14. ábra	Az agronómiai szerkezet alakulása az A, B, C, D, E, F kísérletekben (2005)
15. ábra	Az agronómiai szerkezet alakulása az A, B, C, D, E, F kísérletekben (2006)
16. ábra	Földigilisza a talaj kitermelésekor
17. ábra	A fedezeti hozzájárulás és a területalapú támogatás alakulása a vizsgált években hektáronként (2004-2006)
18. ábra	A segédüzemi szolgáltatások költségeinek megoszlása a vizsgált években hektáronként (2004-2006)

M4. A vizsgált évekre vonatkozó hőmérséklet havi adatai (°C)

	jan.	feb.	márc.	ápr.	máj.	jún.	júl.	aug.	szept.	okt.	nov.	dec.	A hőmérséklet évi átlaga (mm)
2004	-2,2	1,4	5,2	11,3	14,4	18,5	20,8	20,3	15,3	11,3	5,5	0,5	10,2
2005	0	-3,2	3,7	11,3	16,4	18,7	20,8	19,3	16,6	10,6	3,1	0,4	9,8
2006	-3,7	-2	3,7	12,5	15,4	19,1	22,7	18,5	17,1	11,8	6,7	1,5	10,3
Átlag:	-1,97	-1,27	4,20	11,70	15,40	18,77	21,43	19,37	16,33	11,23	5,10	0,80	

M5. A vizsgált évekre vonatkozó havi csapadékmennyiségek (mm)

	jan.	feb.	márc.	ápr.	máj.	jún.	júl.	aug.	szept.	okt.	nov.	dec.	A csapadék évi mennyisége (mm)
2004	35,4	62,2	47,2	49,3	49,1	53,4	52,4	62,3	10,2	42,5	46,4	30,4	540,8
2005	13,7	58,1	21,5	79,4	53,9	52,4	85,6	137,1	94,8	6,8	34,9	63,9	702,1
2006	39,7	64,2	56,9	29,2	90	107,8	37,6	98,9	9,2	9,2	12,5	4,1	559,3
Átlag:	29,6	61,5	41,9	52,6	64,3	71,2	58,5	99,4	38,1	19,5	31,3	32,8	

M6. A talajnedvesség-tartalom értékei 2004-ben a 0-50 cm mélységben (tömeg %)

	A					B					C					D					E					F				
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50
Talajnedvesség (tömeg %)																														
2004. 1. mérés	7,4	16,7	14,8	18,2	14,3	11,1	12,0	15,4	16,0	18,8	12,9	13,6	15,4	26,3	20,0	12,9	16,7	16,7	20,7	18,5	11,1	15,0	15,6	12,9	15,6	16,7	17,4	20,0	17,7	22,9
2004. 1. mérés	14,8	11,1	16,0	14,3	16,7	31,8	19,1	19,2	22,2	17,7	12,0	18,8	14,8	18,2	19,4	18,2	21,7	13,8	15,2	16,7	5,3	14,8	16,7	16,7	15,2	6,9	20,0	17,2	17,9	19,4
2004. 1. mérés	7,1	16,7	13,3	10,3	14,8	16,0	14,3	13,3	14,3	15,2	18,5	18,2	17,2	17,4	20,6	13,0	10,7	20,0	15,6	19,1	15,0	17,2	12,9	15,6	10,0	22,2	20,0	18,9	17,7	
2004. 2. mérés	9,5	8,7	10,7	6,7	4,0	10,0	10,7	9,4	5,3	6,3	3,2	14,8	14,3	11,1	14,3	12,5	16,7	14,8	15,4	10,7	10,3	7,7	6,9	12,0	8,3	16,1	8,6	10,3	12,5	10,3
2004. 2. mérés	5,7	11,1	16,7	12,1	9,4	10,3	11,1	6,9	9,7	8,6	11,1	15,4	14,8	13,3	14,3	12,5	16,7	9,1	10,3	11,1	8,8	9,4	12,1	10,3	11,5	16,0	17,7	25,0	16,7	12,9
2004. 2. mérés	10,3	6,5	9,7	9,1	3,3	13,3	12,9	10,0	6,5	11,1	8,7	18,2	15,4	14,3	12,0	14,8	14,3	10,7	11,1	12,0	7,1	7,1	6,9	10,7	19,2	13,6	23,1	13,8	11,5	
Átlag:	9,2	11,8	13,5	11,8	10,4	15,4	13,3	12,4	12,3	12,9	11,1	16,5	15,3	16,8	16,8	14,0	16,1	14,2	15,4	14,1	10,3	11,5	12,6	12,6	12,8	14,2	16,6	19,3	16,2	15,8

M7. A talajnedvesség-tartalom értékei 2005-ben a 0-50 cm mélységben (tömeg %)

		A					B					C					D					E					F				
		0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50
Táladatvesség (tömeg %)																															
2005. 1. májús		5,7	24,3	12,1	20,7	11,4	3,6	10,7	4,3	13,6	7,1	7,9	15,7	10,7	20,0	10,0	7,1	17,1	14,3	27,1	17,1	12,9	27,9	10,7	23,6	18,6	5,0	15,7	9,3	18,6	16,4
2005. 1. májús		7,9	23,6	10,7	22,1	12,1	8,6	14,3	12,1	20,0	7,1	9,3	20,0	7,9	17,9	7,1	10,7	25,0	14,3	24,3	13,6	9,3	25,0	15,0	25,0	17,1	9,3	22,9	6,4	15,7	7,1
2005. 1. májús		4,3	10,0	13,6	24,3	15,7	5,7	12,9	7,9	18,6	12,9	5,7	20,0	7,1	15,0	11,4	10,7	22,9	18,6	29,3	15,7	4,3	8,6	10,0	18,6	13,6	6,4	25,7	7,1	18,6	12,1
2005. 2. májús		2,9	10,0	10,0	15,7	11,4	2,1	10,0	5,7	7,9	6,4	2,1	9,3	6,4	10,0	7,9	3,6	10,0	8,6	12,9	6,4	2,9	8,6	5,0	10,7	7,9	4,3	10,0	8,6	12,1	6,4
2005. 2. májús		2,9	6,4	8,6	12,9	7,9	2,9	8,6	5,0	7,9	4,3	2,9	12,9	10,0	15,7	8,6	2,9	8,6	10,0	12,1	7,1	4,3	10,0	7,1	11,4	6,4	3,6	7,9	6,4	10,7	5,7
2005. 2. májús		4,3	11,4	8,6	13,6	5,7	5,7	9,3	5,0	7,9	4,3	5,0	12,1	12,9	15,7	13,6	4,3	8,6	10,0	12,1	5,7	3,6	8,6	6,4	10,0	6,4	5,0	10,7	7,1	11,4	5,7
2005. 3. májús		6,4	14,3	10,0	13,6	10,7	4,3	9,3	10,7	14,3	8,6	7,9	15,7	11,4	12,9	10,7	8,6	14,3	10,0	16,4	9,3	10,7	15,7	12,9	20,0	14,3	8,6	17,1	12,1	17,9	11,4
2005. 3. májús		5,7	10,7	6,4	10,7	6,4	5,7	10,7	9,3	13,6	8,6	7,9	18,6	7,9	14,3	11,4	8,6	17,9	12,9	15,0	11,4	10,7	17,1	10,0	15,0	10,0	7,1	14,3	12,9	19,3	12,9
2005. 3. májús		7,1	12,1	6,4	10,0	6,4	6,4	12,1	11,4	15,0	10,0	7,1	17,1	7,1	16,4	11,4	10,0	15,7	8,6	13,6	8,6	7,9	19,3	7,9	15,0	10,7	8,6	15,0	12,1	19,3	12,9
Átlag:		5,2	13,7	9,6	16,0	9,8	5,0	10,9	7,9	13,2	7,7	6,2	15,7	9,0	15,3	10,2	7,4	15,6	11,9	18,1	10,6	7,4	15,6	9,4	16,6	11,7	6,4	15,5	9,1	16,0	10,1

M8. A talajnedvesség-tartalom értékei 2006-ban a 0-50 cm mélységben (tömeg %)

	A					B					C					D					E					F				
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50
Talajnedvesség (tömeg %)																														
2006. 1. mérés	5,7	23,6	12,1	17,9	14,3	5,7	10,7	8,6	14,3	12,1	10,7	18,6	12,1	20,0	22,1	6,4	17,1	8,6	14,3	15,7	8,6	16,4	7,1	15,0	14,3	12,1	22,9	15,7	23,6	19,3
2006. 1. mérés	4,3	10,7	10,0	16,4	12,1	5,0	10,0	7,9	12,1	8,6	5,0	11,4	17,9	20,0	14,3	11,4	16,4	8,6	14,3	12,9	2,9	8,6	7,9	14,3	11,4	10,0	20,0	12,9	17,9	17,1
2006. 1. mérés	6,4	12,1	8,6	16,4	11,4	4,3	10,7	14,3	20,7	13,6	12,1	18,6	14,3	20,0	17,1	6,4	12,1	8,6	15,0	12,1	8,6	14,3	7,1	10,0	12,9	5,0	14,3	11,4	20,7	17,9
2006. 2. mérés	7,1	15,7	8,6	17,9	14,3	9,3	17,1	10,7	20,0	12,9	7,1	13,6	8,6	15,7	5,7	12,9	22,9	10,0	23,6	12,1	7,1	17,9	7,9	22,9	8,6	8,6	15,7	10,7	18,6	10,0
2006. 2. mérés	7,1	12,9	15,0	20,0	15,7	7,9	20,7	10,0	18,6	8,6	6,4	15,7	7,9	17,1	7,1	10,0	24,3	10,0	29,3	12,1	10,7	17,1	7,9	11,4	9,3	7,1	15,0	10,0	18,6	10,0
2006. 2. mérés	7,1	13,6	10,0	13,6	10,7	7,9	20,0	9,3	25,0	12,9	6,4	10,0	7,9	10,7	7,9	8,6	25,0	12,9	27,1	13,6	7,9	22,9	7,9	17,1	9,3	7,9	17,1	11,4	19,3	11,4
2006. 3. mérés	5,7	14,3	13,6	20,7	17,1	4,3	12,9	10,7	12,9	15,0	2,9	14,3	6,4	8,6	15,0	3,6	7,9	9,3	14,3	12,9	6,4	10,7	12,9	19,3	15,7	7,1	17,1	23,6	18,6	17,1
2006. 3. mérés	6,4	10,0	18,6	22,1	15,0	4,3	13,6	18,6	20,7	20,7	3,6	13,6	20,0	22,1	15,0	5,7	10,0	11,4	18,6	15,7	3,6	7,9	6,4	8,6	10,0	3,6	13,6	15,0	18,6	12,1
2006. 3. mérés	5,7	13,6	15,7	20,0	7,9	7,1	14,3	18,6	17,1	12,1	5,7	14,3	7,1	11,4	12,9	2,9	7,1	8,6	12,1	14,3	5,0	10,0	4,3	9,3	5,7	5,7	10,7	6,4	17,1	18,6
Átlag:	6,2	14,0	12,5	18,3	13,2	6,2	14,4	12,1	17,9	12,9	6,7	14,4	11,3	16,2	13,0	7,5	15,9	9,8	18,7	13,5	6,7	14,0	7,7	14,2	10,8	7,5	16,3	13,0	19,2	14,8

M9. A talajellenállás mérések átlagai 2004-ben (MPa)

	A					B					C					D					E					F				
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50
Talajellenállás (MPa)																														
2004. 1. mérés	1,0	1,6	1,4	0,8	1,6	1,0	1,2	1,8	2,0	1,0	0,2	0,4	1,0	0,8	1,0	1,0	1,8	2,4	2,0	1,8	1,2	2,0	2,2	2,0	2,0	2,6	2,4	1,8	1,0	
2004. 1. mérés	0,8	0,6	0,8	1,2	1,2	1,0	1,8	1,8	3,2	3,4	1,0	1,0	0,8	1,4	1,8	1,4	1,0	1,8	1,8	1,8	1,0	2,0	2,6	2,0	1,0	1,0	1,2	1,4	1,8	
2004. 1. mérés	1,2	1,8	1,8	3,0	5,0	0,2	0,2	0,6	1,0	1,4	0,4	0,4	0,8	1,4	1,2	1,6	1,2	1,6	2,0	1,8	1,8	1,6	1,2	2,0	2,0	1,8	1,6	1,2	1,4	
2004. 2. mérés	0,4	0,8	1,0	2,6	3,0	3,8	4,0	3,2	4,2	3,2	0,4	1,0	1,0	1,2	2,0	1,6	3,0	3,2	4,0	3,6	1,6	2,0	1,4	5,0	1,2	1,0	1,0	1,2	2,0	
2004. 2. mérés	2,0	2,4	3,6	2,4	3,4	1,2	3,2	3,4	5,0	5,0	2,4	2,6	2,0	4,0	3,2	0,8	1,0	3,6	4,0	3,2	2,4	3,0	1,0	2,8	2,2	1,8	2,0	4,0	3,2	
2004. 2. mérés	3,0	3,8	2,2	4,8	5,0	3,8	4,6	5,0	5,0	5,0	0,2	0,4	0,4	1,8	3,4	2,2	2,4	2,6	3,0	3,0	0,8	1,0	1,4	3,2	1,2	2,0	2,2	3,0	3,2	
Átlag:	1,4	1,8	1,8	2,5	3,2	1,8	2,5	2,6	3,4	3,2	0,8	1,0	1,0	1,8	2,1	1,4	1,7	2,5	2,8	2,5	1,5	2,0	1,5	3,2	1,6	1,7	1,7	2,1	2,1	
Jelmagyarázat: piros számok: ahol a talajellenállás 3 MPa vagy a feletti																														
sárga kitöltés: ahol a talajellenállás átlag az adott évben 3 MPa vagy a feletti																														

M10. A talajellenállás mérések átlagai 2005-ben (MPa)

	A					B					C					D					E					F				
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50
Talajellenállás (MPa)																														
2005. 1. mérés	0,4	0,4	1,0	1,6	2,4	1,0	1,2	2,4	1,8	1,2	0,4	0,8	1,0	0,8	1,0	1,8	0,8	1,6	2,0	1,2	0,8	1,0	0,8	0,8	0,8	1,0	2,0	1,0	1,2	2,0
2005. 1. mérés	1,0	0,8	1,0	1,2	1,8	0,4	0,4	1,2	1,2	0,8	1,2	1,0	1,2	1,0	1,0	0,8	1,0	0,4	1,0	1,0	0,6	0,8	0,8	1,0	1,0	0,8	1,0	1,8	1,0	2,8
2005. 1. mérés	1,0	0,8	0,6	1,2	1,2	1,0	1,0	0,8	1,6	1,2	1,0	1,0	1,4	1,0	1,4	1,4	1,0	1,0	1,0	1,2	0,4	1,0	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,8	1,2	2,4
2005. 2. mérés	0,4	1,0	1,4	1,8	2,8	0,4	0,4	1,0	1,8	2,8	3,0	1,0	1,4	1,4	1,6	0,6	0,6	1,0	1,0	1,2	0,4	0,6	1,0	1,2	1,8	1,2	1,8	1,8	1,2	2,0
2005. 2. mérés	1,4	1,2	1,0	2,0	3,0	0,6	0,6	1,0	1,2	2,6	3,0	0,8	0,8	0,6	0,8	2,2	0,8	1,2	2,0	2,0	0,4	0,6	0,6	1,8	2,0	0,4	0,6	1,4	2,0	2,8
2005. 2. mérés	0,4	0,4	1,8	1,8	2,2	0,6	1,4	0,8	3,2	3,4	0,6	0,8	0,8	1,0	2,4	0,8	1,2	1,6	2,2	2,4	0,6	1,0	1,0	1,4	2,0	0,6	1,2	1,6	1,6	2,0
2005. 3. mérés	0,2	1,0	1,0	1,2	2,2	0,8	0,4	2,2	1,8	1,6	0,8	1,0	1,0	1,2	1,6	0,8	1,0	1,0	0,8	1,4	0,2	1,0	1,2	2,0	2,4	0,2	0,6	1,8	1,4	1,0
2005. 3. mérés	1,0	1,2	0,8	1,4	2,0	0,8	0,8	1,0	1,8	2,2	1,0	1,2	1,0	1,8	1,2	0,4	0,6	1,4	1,8	1,4	0,2	1,0	1,2	2,4	2,6	0,8	1,4	1,8	1,2	2,0
2005. 3. mérés	1,0	1,0	1,4	1,0	2,2	0,2	0,2	1,0	2,0	1,6	0,4	0,4	0,4	1,2	1,4	0,8	0,6	1,8	2,2	2,4	0,8	0,8	1,8	2,0	2,0	0,2	0,6	1,0	0,8	1,0
Átlag:	0,8	0,9	1,1	1,5	2,2	0,6	0,8	1,4	2,1	2,0	0,8	0,9	1,0	1,2	1,7	0,9	0,9	1,2	1,6	1,6	0,5	0,9	1,0	1,5	1,7	0,7	1,1	1,6	1,3	2,0
Jelmagyarázat: piros számok: ahol a talajellenállás 3 MPa vagy a feletti																														

M11. A talajellenállás mérések átlagai 2006-ban (MPa)

	A					B					C					D					E					F				
	0 - 10	10 - 20	20 - 30	30 - 40	40 - 50	0 - 10	10 - 20	20 - 30	30 - 40	40 - 50	0 - 10	10 - 20	20 - 30	30 - 40	40 - 50	0 - 10	10 - 20	20 - 30	30 - 40	40 - 50	0 - 10	10 - 20	20 - 30	30 - 40	40 - 50	0 - 10	10 - 20	20 - 30	30 - 40	40 - 50
Talajellenállás (MPa)																														
2006. 1. mérés	0,2	1,2	1,4	1,0	1,0	0,2	0,2	0,8	0,8	1,8	0,2	0,2	1,0	1,0	1,4	3,2	3,5	2,8	1,2	1,0	0,2	1,0	0,4	1,2	0,4	1,0	1,0	2,4	2,2	1,0
2006. 1. mérés	0,2	0,8	1,4	2,2	1,4	0,2	0,4	1,4	1,8	1,8	0,2	1,0	1,0	0,6	0,8	2,8	1,0	0,4	1,0	3,2	0,2	0,4	1,8	0,6	1,0	0,8	1,0	2,2	2,0	1,2
2006. 1. mérés	0,6	0,4	0,4	0,6	0,8	0,2	0,2	1,0	1,2	1,8	0,2	0,2	0,4	0,2	0,2	3,0	2,8	2,6	2,2	3,6	2,0	1,6	0,6	1,8	1,0	0,2	2,0	1,6	1,4	2,0
2006. 2. mérés	0,2	0,2	0,8	3,2	3,4	0,8	0,6	2,4	3,0	4,0	1,0	1,0	1,4	2,0	2,8	0,8	0,8	0,8	2,0	2,4	0,4	1,0	1,0	2,0	2,8	1,6	1,6	2,0	2,4	3,0
2006. 2. mérés	0,6	0,8	2,4	2,0	2,8	0,4	0,6	1,0	2,2	2,8	0,4	1,0	1,8	2,2	3,8	0,4	0,8	1,0	1,2	2,0	0,4	1,0	2,0	2,2	2,4	0,8	1,4	2,2	2,6	3,2
2006. 2. mérés	0,4	0,8	1,8	2,6	2,6	0,4	1,0	2,2	2,4	2,8	0,4	1,0	2,0	3,4	4,0	0,6	0,6	1,0	2,2	2,4	0,8	1,0	1,0	1,8	2,0	0,8	1,2	2,2	3,0	3,4
2006. 3. mérés	0,8	1,8	2,6	3,0	2,4	0,4	0,6	1,8	2,4	2,0	1,0	1,2	1,8	1,8	3,0	1,2	1,8	3,8	4,0	3,2	1,0	2,2	3,0	3,0	3,0	2,2	3,2	4,2	5,0	5,0
2006. 3. mérés	1,0	1,2	3,0	3,6	3,0	0,6	1,2	2,0	2,4	2,0	2,0	2,2	1,8	1,8	3,4	1,2	1,2	2,6	3,0	4,2	1,2	1,4	2,2	2,8	2,4	1,0	1,6	2,4	2,0	2,0
2006. 3. mérés	1,0	1,6	2,0	1,8	2,4	0,8	1,0	2,0	2,2	2,4	2,0	3,0	1,8	1,8	3,2	1,0	1,6	2,6	3,0	2,6	1,0	1,2	1,4	3,0	2,8	1,0	3,0	3,0	2,4	2,6
Átlag:	0,6	0,9	1,7	2,3	2,2	0,4	0,6	1,6	2,0	2,4	0,8	1,2	1,4	1,6	2,5	1,6	1,6	2,0	2,2	2,7	0,8	1,2	1,5	2,0	2,0	1,0	1,8	2,5	2,6	2,6
Jelmagyarázat: piros számok: ahol a talajellenállás 3 MPa vagy a feletti																														

M12. Az agronómiai szerkezetvizsgálat mérési eredményei 2004-ben (%)

Agronómiai szerkezetvizsgálat	A			B			C			D			E			F		
	> 10 mm	0,25 - 10 mm	< 0,25 mm	> 10 mm	0,25 - 10 mm	< 0,25 mm	> 10 mm	0,25 - 10 mm	< 0,25 mm	> 10 mm	0,25 - 10 mm	< 0,25 mm	> 10 mm	0,25 - 10 mm	< 0,25 mm	> 10 mm	0,25 - 10 mm	< 0,25 mm
2004. 1. mérés	22,39	74,85	2,76	39,8	57,8	2,4	8,5	91,16	0,33	17,89	81,43	0,68	19,95	79,51	0,54	9,54	89,85	0,61
2004. 1. mérés	14,2	79,95	5,86	47,02	51,62	1,62	12,31	87,39	0,3	58,79	40,89	0,32	29,09	69,82	1,09	19,34	80,1	0,56
2004. 1. mérés	11,27	81,99	6,74	28,71	70,89	0,4	3,92	95,75	0,3	34,06	65,15	0,79	10,83	89,02	0,16	37,34	62,24	0,42
2004. 2. mérés	13,4	76,98	5,04	16,47	80,46	3,07	15,61	82,57	1,82	30,06	62,7	7,28	15,98	81,61	2,41	46,98	42,05	10,97
2004. 2. mérés	20,55	68,57	10,88	24,66	73,56	2,45	24,41	73,19	2,4	41,42	57,38	5,81	10,21	82,81	7,03	44,42	54,24	1,34
2004. 2. mérés	19,26	75,54	5,2	30,37	65,1	4,53	22,01	74,09	3,91	27,52	69,49	2,99	15,07	90,01	7,19	43,33	54,2	2,47
Átlag:	16,8	76,3	6,1	31,2	66,6	2,4	14,5	84,0	1,5	35,0	62,8	3,0	16,9	82,1	3,1	33,5	63,8	2,7

M13. Az agronómiai szerkezetvizsgálat mérési eredményei 2005-ben (%)

Agronómiai szerkezetvizsgálat	A			B			C			D			E			F		
	> 10 mm	0,25 - 10 mm	< 0,25 mm	> 10 mm	0,25 - 10 mm	< 0,25 mm	> 10 mm	0,25 - 10 mm	< 0,25 mm	> 10 mm	0,25 - 10 mm	< 0,25 mm	> 10 mm	0,25 - 10 mm	< 0,25 mm	> 10 mm	0,25 - 10 mm	< 0,25 mm
2005. 1. mérés	15,9	80,06	4,05	24,92	73,02	2,06	25,01	73,46	1,48	27,02	71,1	1,84	21,83	77,31	0,81	20,52	79,15	0,29
2005. 1. mérés	20,07	78,35	1,58	26,54	72,65	0,8	17,58	78,75	3,63	28,56	69,87	1,52	11,22	87,77	0,97	19,84	77,68	2,44
2005. 1. mérés	18,29	80,84	0,86	23,66	75,44	0,9	13,83	84,46	1,67	17,79	77,7	4,47	16,39	82,93	0,66	18,58	81,14	0,23
2005. 2. mérés	20,89	71,18	7,93	24,47	72,33	4,1	14,86	81,16	3,97	17,09	81,45	1,44	13,23	84,37	2,39	28,44	69,02	2,52
2005. 2. mérés	12,43	86,91	0,66	15,25	78,48	6,83	10,61	83,23	6,14	7,68	90,49	1,82	21,1	77,41	1,47	17,7	76,94	5,35
2005. 2. mérés	16,39	82,08	1,54	17,84	77,28	4,89	16,59	78,83	4,56	11,85	86,96	1,17	15,83	75,74	8,41	21,55	75,43	3,01
2005. 3. mérés	9,34	87,51	3,15	7,34	91,97	0,69	23,02	76,33	0,63	23,04	76,66	0,28	13,67	80,82	5,69	14,78	84,02	1,18
2005. 3. mérés	14,84	83,41	1,75	9,78	89,5	0,72	12,76	86,77	0,45	17,42	81,73	0,83	12,36	86,86	0,76	16,73	82,5	0,76
2005. 3. mérés	14,48	79,62	5,9	7,44	92,02	0,55	14,63	85,06	0,29	15,73	84,1	0,16	15,89	83,2	0,89	18,28	81,4	0,3
Átlag:	15,8	81,1	3,0	17,5	80,3	2,4	16,5	80,9	2,5	18,5	80,0	1,5	15,7	81,8	2,5	19,6	78,6	1,8

M14. Az agronómiai szerkezetvizsgálat mérési eredményei 2006-ban (%)

Agronómiai szerkezetvizsgálat	A			B			C			D			E			F		
	> 10 mm	0,25 - 10 mm	≤ 0,25 mm	> 10 mm	0,25 - 10 mm	≤ 0,25 mm	> 10 mm	0,25 - 10 mm	≤ 0,25 mm	> 10 mm	0,25 - 10 mm	≤ 0,25 mm	> 10 mm	0,25 - 10 mm	≤ 0,25 mm	> 10 mm	0,25 - 10 mm	≤ 0,25 mm
2006. 1. mérés	38,82	60,43	0,7	13,12	86,31	0,54	12,56	86,73	0,7	48,94	50,08	0,96	20,08	79,32	0,58	23,79	74,07	2,13
2006. 1. mérés	26,99	72,66	0,31	12,36	86,96	0,63	30,94	68,48	0,57	32,81	66,52	1,65	24,03	75,32	0,64	40,36	59,01	0,62
2006. 1. mérés	19,23	80,35	0,37	21,39	78,26	0,32	22,46	77,04	0,49	26,97	72,28	0,73	34,77	64,45	0,76	24,56	73,53	1,9
2006. 2. mérés	25,3	74,31	0,4	20,64	79,03	0,33	21,37	78,5	0,11	24,08	75,68	0,22	16,25	83,58	0,16	18,71	80,67	0,61
2006. 2. mérés	24,89	74,87	0,22	14,94	84,91	0,14	27,85	72,06	0,07	11,75	87,03	1,21	14,63	85,07	0,28	20,91	78,1	0,98
2006. 2. mérés	11,92	85,49	2,59	17,16	81,17	1,68	22,08	77,31	0,59	17,52	79,69	2,78	14,55	83,83	1,6	16,62	82,58	0,79
2006. 3. mérés	26,8	71,73	1,47	15,41	82,01	2,59	23,52	73,11	3,36	21,46	74,59	3,93	28,67	66,34	4,97	36,6	61,26	2,13
2006. 3. mérés	27,86	67,36	4,78	24,14	74,11	1,76	25,12	70,26	4,61	28,67	68,32	2,99	25,57	69,36	5,05	30,73	65,32	3,94
2006. 3. mérés	21,5	72,46	6,03	16,12	80,38	3,5	22,9	70,95	6,13	26,05	70,4	3,53	23,96	71,74	4,29	28,93	68,01	3,05
Átlag:	24,8	73,3	1,9	17,3	81,5	1,3	23,2	74,9	1,8	26,5	71,5	2,0	22,5	75,4	2,0	26,8	71,4	1,8

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Szeretném köszönetemet kifejezni *Mindazoknak*, akik értekezésem elkészítésében fizikailag, szellemileg és lelkileg egyaránt támogattak, segítettek.

Köszönetemet fejezem ki:

Dr. Gyuricza Csabának, témavezetőmnek, aki szakmai iránymutatásával, támogatásával, biztatásával folyamatosan segítette munkámat.

Dr. Birkás Mártának, hogy nem csak az egyetemi évek alatt, hanem az elmúlt években is bármikor fordulhattam hozzá szakmai tanácsért.

Kálmán János, Gál János, Lőrincz Benjamin, Lőrincz Sándor, Molnár Sándor és Dr. Pick Róbert gazdálkodóknak, akik lehetővé tették, hogy szántóterületeiken a különféle vizsgálatokat három éven keresztül elvégezzem.

Az Országos Meteorológiai Szolgálat Éghajlati Szolgáltató Osztályának, hogy rendelkezésemre bocsátotta a kísérleti területekre vonatkozó 2004-2006. évek hőmérséklet- és csapadékadatait.

Dr. Mikó Péternek az értekezés statisztikai részében, és *Vejzer Tibornénak* a laboratóriumi vizsgálatok során nyújtott segítségükért.

Breznay Balázsnak tudományos cikk fordításában nyújtott segítségéért.

Jancsó Andrásnak, aki a fordításokban nyújtott segítsége mellett a disszertáció nyelvezetére is figyelemmel volt.

Dr. Birkás Mártának és Dr. Zsembeli Józsefnek, akik a műhelyvitára alaposan áttekintették és bírálták a dolgozatomat.

Végül, de nem utolsósorban, köszönettel és hálával tartozom *Családomnak*, különösen *Testvéreimnek*, akik a fizikai talajállapot-vizsgálatokban segítettek és *Édesanyámnak*, aki a kezdetektől fogva minden téren támogatott és a végsőkéig biztatott annak érdekében, hogy ez a dolgozat elkészülhessen.