

DEBRECENI EGYETEM

**KERPÉLY KÁLMÁN NÖVÉNYTERMESZTÉSI, KERTÉSZETI ÉS
REGIONÁLIS TUDOMÁNYOK DOKTORI ISKOLA**

Doktori iskola vezető:

Prof. dr. Nagy János
az MTA doktora

Témavezetők:

Dr. habil Juhász Csaba
PhD.

**KÖRNYEZETI TELJESÍTMÉNYÉRTÉKELÉS TALAJINDIKÁTOROK
ALAPJÁN**

Készítette:
Szóllósi Nikolett
doktorjelölt

Debrecen
2014

KÖRNYEZETI TELJESÍTMÉNYÉRTÉKELÉS TALAJINDIKÁTOROK ALAPJÁN

Értekezés a doktori (PhD) fokozat megszerzése érdekében
a növénytermesztési és kertészeti tudományok tudományágban készült

Írta: Szöllősi Nikolett okleveles gazdasági agrármérnök

Készült a Debreceni Egyetem **Kerpely Kálmán Doktori Iskolája**
Növénytermesztés és kertészeti tudományok doktori programja keretében

Témavezető: Dr. habil Juhász Csaba PhD., egyetemi docens

A doktori szigorlati bizottság:

	név	tud. fokozat
elnök:	Dr. Thyll Szilárd	CSc
tagok:	Dr. Tamás János	DSc
	Dr. Szabó József	PhD

A doktori szigorlat időpontja: 2011. január 07.

Az értekezés bírálói:

név	tud. fokozat	aláírás
_____	_____	_____
_____	_____	_____

A bírálóbizottság:

	név	tud. fokozat	aláírás
elnök:	_____	_____	_____
tagok:	_____	_____	_____
	_____	_____	_____
	_____	_____	_____
titkár:	_____	_____	_____

Az értekezés védésének időpontja: 20... ..

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS.....	1
1.1 AZ ÉRTEKEZÉS CÉLKITŰZÉSEI	3
2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS	4
2.1 KÖRNYEZETPOLITIKA ÉS AZ AGRÁR-KÖRNYEZETGAZDÁLKODÁS MEGJELENÉSE	4
2.2 KÖRNYEZETI INDIKÁTOR RENDSZEREK	6
2.3 A MEZŐGAZDASÁG AGRÁR-KÖRNYEZETI TELJESÍTMÉNY INDIKÁTOR RENDSZEREI	10
2.3.1 A DPSIR agrár-környezeti indikátor keretrendszer	10
2.3.2 IPCC Útmutató a Jó Gyakorlat a Földhasználatra, a Földhasználat Változásra és az Erdőgazdálkodásra	12
2.3.3 A talajállapot jellemzésére szolgáló környezetállapot értékelési módszerek	13
2.4 A NÖVÉNYTERMESZTÉS POTENCIÁLIS KÖRNYEZETTERHELESE.....	16
2.4.1. Talajművelési rendszerek hatása a talaj állapotára	18
2.4.2 A talaj állapotának jellemzésére használt főbb jelzőszámok	21
2.4.3. A talaj különböző nedvesség állapotai	26
2.5 AZ INDIKÁTOROK TEREPI MÉRÉSEINEK MEGVALÓSÍTÁSA	28
2.5.1. A talaj CO ₂ gázkoncentrációjának mérése, illetve az emisszió meghatározása	28
3. ANYAG ÉS MÓDSZER.....	32
3.1. KÍSÉRLETI TERÜLETEK BEMUTATÁSA.....	32
3.1.1. A debreceni mintaterület agrár-környezeti adottságai	32
3.1.2. Karcag és térségének agrár-környezeti adottságai	33
3.2. AZ AGRÁR-KÖRNYEZETI INDIKÁTOROKHOZ KAPCSOLÓDÓ KEZELÉSEK	36
3.2.1. A növényborítás hatása a talaj állapotindikátorainak napi dinamikájára tenyészedényes kísérlet kezelései	36
3.2.2. A talajművelés és a tápanyagellátás hatásainak kimutatására irányuló kisparcellás kísérlet kezelései	37
3.2.3. Szántóföldi kísérlet kezelései	37
3.3. AZ ALKALMAZOTT VIZSGÁLATI MÓDSZERTAN AZ AGRÁR-KÖRNYEZETI INDIKÁTOROK MEGHATÁROZÁSÁRA	39
3.3.1. A talajélet aktivitás indikátor mérése	39
3.3.2. Főbb abiotikus indikátorok mérése	41
3.3.3. Belvizes folt geodéziai felmérése	42
3.4. A MEZŐGAZDASÁGI NÖVÉNYTERMESZTÉS TÉRSÉGRE GYAKOROLT HATÁSÁNAK ÉRTÉKELÉSI MÓDSZERTANA	43
3.4.1. A táj talajának szénkészlet változása IPCC módszer alapján.....	43
3.4.2. A táj elemek mérésére alkalmazott fizikai mutatók	46
3.4.3. A digitális domborzatmodellre alapozott térinformatikai műveletek és elemzések módszertana.....	47
3.4.4. LANDSAT TM felvételekre, CORINE CLC földhasználati adatbázisra és Agrotopo térképekre alapozott vegetáció elemzés módszertana	50
3.4.5. DPSIR indikátor keret indikátor rendszer összeállításának módszertana	53
4. VIZSGÁLATI EREDMÉNYEK ÉS AZOK ÉRTÉKELÉSE	56
4.1 A NÖVÉNYBORÍTÁS HATÁSA A TALAJ ÁLLAPOTINDIKÁTORAINAK NAPI DINAMIKÁJÁRA TENYÉSZEDÉNYES KÍSÉRLETBEN	56
4.1.1 Talaj hőmérsékleti dinamikája.....	56
4.1.2 A talaj vízellátottsága.....	56
4.1.3 A talajélet aktivitása	57
4.2 A TALAJMŰVELÉS ÉS A TÁPANYAGELLÁTÁS HATÁSA KISPARCELLÁS KÍSÉRLETBEN	60
4.2.1 A talaj hőmérsékleti dinamikája	60
4.2.2 A talaj nedvességállapota	61
4.2.3 A talajélet aktivitása	61
4.3 A HAGYOMÁNYOS ÉS REDUKÁLT TALAJMŰVELÉSŰ NÖVÉNYTERMESZTÉSI RENDSZEREK HATÁSAI AGRÁR-KÖRNYEZETI INDIKÁTOROK ALAPJÁN	70
4.3.1 A vizsgált növénytermesztési rendszerek antropogén eredetű agrár-környezeti hatótényezői	70

4.4. A NÖVÉNYTERMESZTÉSI RENDSZEREK HELYSZÍNÉNEK AGRÁR-KÖRNYEZETI	
ÁLLAPOTÉRTÉKELÉSE A SZÁNTÓFÖLDI KÍSÉRLETEK PÉLDÁJÁN KERESZTÜL	78
4.4.1. <i>Talaj szerkezeti állapota különböző talajművelési rendszerekben</i>	<i>80</i>
4.4.2. <i>A káros víztöbblet hatása a talaj felszínére és a talaj tápanyagainak kimosódására</i>	<i>84</i>
4.4.3. <i>Talajélet aktivitásának értékelése hagyományos és redukált talajművelési rendszerekben .</i>	<i>88</i>
4.5. A MEZŐGAZDASÁGI NÖVÉNYTERMESZTÉS TÉRSÉGRE GYAKOROLT HATÁSÁNAK ÉRTÉKELÉSE	
AGRÁR-KÖRNYEZETI INDIKÁTOROK ALAPJÁN	94
4.5.1. <i>A térség talajfelszínének értékelése DEM alapján</i>	<i>94</i>
4.5.2. <i>Szénkészlet változás prognózisok Karcag térségének szántó területeire az IPCC metodika</i>	
<i>alapján</i>	<i>96</i>
4.5.3. <i>A talaj nedvességállapota talajvíz figyelő kutak elemzésére alapozva Karcag térségében</i>	<i>100</i>
4.5.4. <i>A térség értékelése földhasználatok szerint NDVI állapotindikátorok segítségével</i>	<i>105</i>
4.5.5. <i>Az NDVI értékelése eltérő talajadottságú területeken</i>	<i>110</i>
4.6 A KAPOTT EREDMÉNYEK ALAPJÁN ÖSSZEÁLLÍTOTT DPSIR INDIKÁTOR RENDSZER	114
5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK	119
6. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK	122
7. AZ EREDMÉNYEK GYAKORLATI HASZNOSÍTHATÓSÁGA	123
8. ÖSSZEFOGLALÁS.....	124
9. ÖSSZEFOGLALÁS (ANGOL NYELVEN)	126
10. PUBLIKÁCIÓS JEGYZÉK	128
11. MEGJELENT SAJÁT TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK.....	138
12. MELLÉKLETEK	.

1. BEVEZETÉS

Az elmúlt 50 év alatt a KAP (Közös Agrár Politika) az egyik legerősebb és legeredményesebb közösségi vívmánnyá vált az Európai Unióban. 1992-ben került sor a McSharry-reformra, aminek köszönhetően a környezetvédelmi szempontok bekerültek a közös mezőgazdasági politikába (Fodor, 2012). A Bizottság 1997-ben az „*Agenda 2000*” nevű átfogó tervének részeként a mezőgazdaság támogatása összekapcsolódott a vidékfejlesztéssel, valamint a környezetvédelemmel. 2003 júniusában a kifizetéseket a mezőgazdasági területek jó mezőgazdasági és környezetvédelmi állapotban tartásához kötik (keresztmegfelelés - „cross-compliance”). Így, az agrár-környezetvédelmi programok kulcsfontosságú szerepet töltenek be a mezőgazdasággal összefüggő környezetvédelmi tevékenységekben, ösztönözve a gazdákat a fenntartható gazdálkodási gyakorlatra való átállásra (Jámbor és Harvey, 2010).

Mivel a mezőgazdaság közvetlen kölcsönhatásban van a környezettel, így jelentős hatást gyakorol arra, ugyanakkor a környezet összetevői, illetve azok állapota is alapvetően meghatározza a mezőgazdasági tevékenységet, annak jellegét, eredményességét. A mezőgazdasági tevékenységhez mindig is társult valamiféle környezetalakító hatás, ugyanakkor a változásokat eredményező folyamatok intenzitása és hatásterületei mind időben, mind térben igen változóak (Kreybig, 1946). Az agrárium igen széles körben jelentkezik szennyezőként, azonban mindezeknek a káros hatásoknak az ellenére a környezet megóvásához is hozzájárulhat (Horváth, 1999). Ezen hatások kimutatásához jelzőszámokra, illetve indikátorokra van szükség. Több szervezet is célul tűzte ki az környezeti jelzőszámok megalkotását.

Az OECD (Organisation for Economical CO-operation and Development – Gazdasági Együttműködési és Fejlesztési Hivatal) megalkotta saját indikátor rendszerét (PSR – Pressure-State-Response), mely az emberi beavatkozások okozta környezeti terhelésekre és válaszokra helyezi a hangsúlyt. 1994-ben készült el a már továbbfejlesztett – kutatók és döntéshozók által egyaránt elfogadott – DPSIR modell (Driving forces-Pressure-State-Impact-Response), ami a Hatótényezők – Terhelés – Állapot – Hatás – Válasz rendszerben vizsgálja az antropogén eredetű környezetre ható ok-okozati összefüggéseket.

A vállalati szférában alkalmazott zárt rendszerekben az indikátorok használatára számos szakirodalom áll rendelkezésre. A környezeti teljesítményértékelés során a környezeti teljesítmény számszerű mérésére kidolgozott mutatószám rendszereket alkalmazzák. A környezetvédelmi megfontolások előtérbe kerülésével, általánossá vált a környezetet érő antropogén hatások vizsgálata, sőt a hatások előzetes felmérése a mezőgazdaságban is (preventív intézkedések). Azonban a mezőgazdaság, nyílt rendszereinek köszönhetően sajátos vizsgálatokat kíván meg. A környezeti vizsgálatok komplexitása szinte lehetetlenné teszi a teljes körű, egzakt és mért adatokon nyugvó elemzéseket. Éppen ezért a legtöbb a természetes, környezetünkben lejátszódó folyamat csak a modellezés eszközével közelíthető meg. Mindazonáltal, ahol csak lehet, méréseket kell végeznünk a folyamatok jobb megértése, az adott helyre ténylegesen vonatkozó adatok nyerése céljából, illetve a modellparaméterek validitásának ellenőrzése érdekében. Az analitika és a mérés technika rohamos fejlődése ma már olyan helyszíni mérések kivitelezését is lehetővé teszi, melyekkel gyorsan, viszonylag pontosan, reprodukálhatóan és egyszerűen juthatunk adatokhoz. Minden egyes így nyert adat eleme lehet lokális vagy globális léptékű elemzéseknek.

A környezeti elemek és rendszerek között lejátszódó folyamatok, és a szerkezet alapvető fontosságú a környezetben bekövetkező változások megértéséhez.

Dolgozatomban agrár-környezeti indikátorok segítségével meghatároztam a vizsgált növénytermesztési rendszerek hatótényezőit a DPSIR modell szerint, majd feltártam a hatásfolyamatokat. Megvizsgáltam a növénytermesztés várható környezeti hatásait a környezeti elemekre (talajra, levegőre, vízre, élővilágra, környezeti elemek rendszereire) és a vizsgált tájra. Majd becsültem és értékeltem a lehetséges termesztéstechnológiai változatok és művelési ág változatok hatásait.

Ez a kutatás elősegíti a vizsgált terület részletes megismerését, feltárja a főbb gondokat, és alapul szolgálhat a térség vízgazdálkodási, mezőgazdasági, környezetvédelmi fejlesztési munkálataihoz a 2014-től kezdődő időszakra.

A fentiek vezéreltek az értekezés háttérében álló kutatómunka célkitűzéseinek meghatározásakor.

1.1 Az értekezés célkitűzései

Az értekezés átfogó célkitűzése:

A kutatás általános célja a növénytermesztés technológiájának értékelése néhány kiemelt agrár-környezeti indikátorokra alapozva, hogy információt kapjak a talaj-talaj nedvesség-növényi biomassza rendszer állapotáról és megoldást találjak az agrár-környezeti terhelések mérséklésére, a terhelések kiküszöbölésére.

Az értekezés részletes célkitűzései:

- A növénytermesztés környezeti elemekre gyakorolt hatásainak értékelése
 - a talajállapot,
 - a talaj-vízkészlet,
 - biomassza termelés aspektusain, kapcsolatrendszerén keresztül.
- A hatásfolyamatok összefüggéseinek értékelése agrár-környezeti indikátorok felhasználásával
 - tenyészedényes,
 - fél-laboratóriumi és
 - szántóföldi kísérletekben.
- A növénytermesztés, mint agrár-környezeti hatótényező táj szintű értékelése különböző évjáratokban térinformatikai eszközökkel.
- Vizsgálataimra alapozottan elemezni a DPSIR keret indikátor rendszer szerepét és gyakorlati alkalmazhatóságát a döntéstámogatás rendszerében.
- Javaslattétel az agrár-környezetgazdálkodási támogatási rendszer gyakorlatának továbbfejlesztésére.

2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1 Környezetpolitika és az agrár-környezetgazdálkodás megjelenése

Az 1970-es évektől figyeltek fel először a mezőgazdaság okozta környezeti problémákra. 1972-ben kidolgozták az első Környezetvédelmi Akcióprogramot, melyben rögzítették a környezetvédelem alapjait és céljait.

A Környezet és Fejlődés Világbizottsága (Brundtland Bizottság) 1984. és 1987. között ülésezett. Az ENSZ közgyűlési határozat alapján létrehozott testület a jelentését az „Our Common Future” című könyvben publikálta (Láng et al., 2007).

Az 1987-ben hatályba lépett Egységes Európai Okmány (Single European Act) a Római Szerződés módosításával beemelte a Közösség céljai közé a környezetvédelmet, így közvetlen jogalapot teremtett a közös környezetpolitikai intézkedések számára (Szabó és Kuti, 2007).

Az Éghajlat-változási Kormányközi Testületet (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC) az ENSZ Környezeti Programja (UNEP) és a Meteorológiai Világszervezet (WMO) 1988-ban közösen hívta életre. Az IPCC legfontosabb kiadványai széleskörűen szintetizálják a globális felmelegedéssel, illetve az éghajlatváltozással kapcsolatos tudományos ismereteket.

A mezőgazdasági eredetű nitrát-szennyezések problémáinak kezelésére 1991-ben megszületett az ún. Nitrát Irányelv (676/91/EK), amely kötelezi a tagállamokat a trágyakezelés és használat vonatkozásában a *jó mezőgazdasági gyakorlat* (Good Agricultural Practice, GAP) definiálására, a nitrát-érzékeny területek lehatárolására, és a kijelölt területeken akciótervek végrehajtására (Tar, 2008).

A 2078/92 EK Tanácsi rendelet lefekteti az uniós agrár-környezeti politika alapjait (Tar, 2008).

Az Európa Tanács 1996-ban elfogadta a Vidéki Térségek Európai Kartáját. A sokfunkciós mezőgazdaság koncepciója itt jelenik meg először.

1998 júniusában az EU Tanács ülésén Cardiff-ban megfogalmazzák a környezetvédelem uniós szakpolitikákba integrálásának stratégiáját (EU Bizottság, 1998).

Az AGENDA 2000 dokumentumban már kimondták, hogy az európai mezőgazdaságnak multifunkcionálisnak, fenntarthatónak és versenyképesnek kell lennie. A vidékfejlesztési intézkedéseket és szabályozásokat egységesítették, egy

rendeletbe foglalták, melybe az agrár-környezetvédelem kérdéseit kötelező érvényűként illesztették be (Szabó, 2003).

A 1257/99/EK Tanácsi rendelet, az ún. Vidékfejlesztési rendeletben lehetővé válik a természetvédelmi célokat szolgáló nem produktív területek agrár-környezetgazdálkodási támogatása. A 1257/99 valamint a 445/02 EK Tanácsi rendeletek együttesen előírták, hogy az agrár-környezetgazdálkodási kötelezettségeket felvállaló gazdálkodóknak követniük kell a Helyes Gazdálkodási Gyakorlatot (Good Farming Practice, GFP), és csak az ezen túlmenő intézkedések vállalásáért jár agrár-környezeti kifizetés (Tar, 2008).

A 1259/99-es ún. horizontális rendelet a tagállamokat kötelezi a közvetlen támogatások környezetvédelmi feltételrendszerének kidolgozására. 1999 decemberében az EU Tanács helsinki-i ülésére elkészült a KAP környezetvédelmi integrációs stratégiája és felmerült ezen integrációs folyamat értékelésére egyfajta indikátor rendszer kidolgozásának az igénye (COM (2001)144). A Bizottság kezdeményezésére, a Mezőgazdasági Főigazgatóság (DG Agri), a Környezetvédelmi Főigazgatóság (DG Environment), az Eurostat és a JRC részvételével az IRENA (Indicator reporting on the integration of environmental concerns into agricultural policy) elnevezésű indikátor rendszert az Európai Környezetvédelmi Ügynökség fejleszti 2002 szeptemberétől (Balázs, 2005).

A 2002-es Párizsban megtartott Mezőgazdaság és Biodiverzitás Pán-Európai Konferencia (Európa Tanács, 2002) is megerősítette a környezetvédelem ágazati politikákba való integrálásának a szükségességét.

A 2003. júniusi luxembourgi megállapodások új szabályozási elemként jelent meg a mezőgazdasági terület ún. Helyes Mezőgazdasági és Környezetvédelmi Állapotban (Good Agricultural and Environmental Condition, GAEC) tartása. A reform keretében bevezetésre kerül a minimum előírásoknak való megfelelés rendelet, amely a közvetlen támogatásokat a környezetvédelmi előírások teljesítéséhez köti (Halmai, 2008).

A 6. Európai Környezetvédelmi Akcióprogram prioritásként tartalmazza a talaj védelméről szóló stratégia elkészítését. A stratégia prioritásai a talajt érő olyan negatív hatások csökkentése, megszüntetése, mint a szervesanyag tartalom csökkenése vagy a talajszennyezés (Láng, 2007).

A 2012-ben megrendezett Rio+20 nemzetközi konferencia a negyedik Föld-csúcs keretében került megrendezésre. A Rio+20 konferencia a zöld gazdaság lehetőségeire helyezte a hangsúlyt a fenntartható fejlődéssel összefüggésben (I1).

2.2 Környezeti indikátor rendszerek

A környezeti elemek és rendszerek (ökoszisztémák, települési környezet) között lejátszódó folyamatok, és a szerkezet alapvető fontosságú a környezetben bekövetkező változások megértéséhez. A leggyakoribb hatótényezők a természetes és mesterséges szennyezők. Fel kell tárni ezek mennyiségi és minőségi paramétereit. Erre a célra szolgálnak az indikátorok.

Meadows (1998) szerint „az indikátoroknak sok formája van. Nem kell feltétlenül számoknak lenniük. Lehetnek jelek, szimbólumok, képek, színek.” Számos definíció született az indikátorokra vonatkozóan, melyekből néhányat emelek ki. Az indikátor olyan paraméter vagy érték, amely rámutat, információt vagy leírást nyújt valamilyen kapcsolódó jelenségre, a környezet vagy a terület állapotáról, helyzetéről. Az indikátorok közvetítők a statisztikai megfigyelések és a gazdasági, társadalmi jelenségek között. A jelzőszámokkal kapcsolatban az egyik legfontosabb szempont az időbeli vagy a különböző gazdasági, társadalmi aggregátumok, csoportok közötti összehasonlítás, összehasonlíthatóság (Bukodi, 2001). Az indikátorok összefoglaló mérőszámok, amelyek a vizsgálni kívánt jelenség kulcskérdéseire kapcsolódva képesek a jelenségek pozitív és negatív változásainak bemutatására. Indikátorok a társadalom, gazdaság, környezet, projekt stb. mérhető aspektusai a jelenségek fejlődését és irányát monitoringozzák. Fő funkciójuk, hogy csökkentsék a figyelembe veendő információk mennyiségét a döntéshozók számára (Új-Zélandi Statisztikai Hivatal, 2007).

Az indikátor „olyan változó, vagy változókból származtatott érték, amely a vizsgált jelenséget jellemzi és értelmezi, arról információkkal szolgál és leírja és leírja annak állapotát, mégpedig olyan módon, hogy az a változó értékeivel való közvetlen kapcsolaton jelentősen túlmutat” (Szabó, 2009).

Pechmann (2005) szerint az indikátorok olyan dimenzió nélküli mutatók, melyek úgy mérik az adott tevékenység környezeti terhelését, hogy azzal közérthető információt adnak a környezet jelen állapotáról és az alapján a várható.

Emellett az adatokból képzett mutatókat is indikátoroknak nevezzük, mert indikálnak, jeleznek egy adott állapotot, tulajdonságot és lehetővé teszik az adat értelmezését és összehasonlítását. Amikor a környezet valamely vizsgálandó eleméről vagy környezeti hatótényezőről nincsenek közvetlen adataink, közvetett úton kell megoldanunk a jellemzést. A környezeti mutatók előnye, hogy a környezeti hatékonyságot, illetve a környezeti teljesítményt viszonysszámként mérik, azaz

információt kapunk arról, hogy az egyes meghatározott gazdasági tevékenységek milyen mértékben okoznak kedvezőtlen környezeti hatásokat.

Az indikátorokat több csoportra oszthatjuk attól függően, hogy azokat milyen adatokból képezzük, illetve mit jeleznek, vagy miről szolgáltatnak információt. Képzésüket tekintve megkülönböztetünk közvetlen, közvetett illetve aggregált indikátorokat (Konkolyné et al., 2003):

- A közvetlen indikátorok a rendelkezésre álló adatokból képzett egyszerű mutatók, pl. az ariditási index, a népesség vándorlási különbözete, a területhasználat százalékaránya.
- A közvetett indikátorok valamely jellemző adottság révén adnak információt egy terület vagy környezeti elem állapotáról, pl. a bioindikátorok, az egyes növényfajok (ecetfa, kanadai aranyvessző) terjedése, valamely vízfolyásban bizonyos halfajok jelenléte vagy eltűnése.
- Az aggregált indikátorok az értékelés szempontjából releváns részindikátorokból képezhetők, pl. az élőhely természetességi foka, amely több tényező függvénye, továbbá az ökológiai lábnyomat, amely egy adott népességcsoport által a létezéshez felhasznált, különböző funkciójú térségek - mezőgazdasági, erdő, energiatermelési, lakóterület - összessége.

Ahhoz, hogy a nem kifejezetten környezeti érdekeltiségű társadalmi- és gazdasági irányítási rendszerekben megfelelő politikai súlyt kapjon a környezeti és természeti értékek védelme, továbbá ehhez valós intézkedések társuljanak, tényszerűen meg kell tudni állapítani a környezetterhelést, a károsodásokat, veszélyeket és mindezek mértékét (Konkolyné et al., 2003).

Ott (1978) környezeti mutatószámokról készült könyve óta a környezeti indexek használata széles körben elterjedt. Hoag et al. (2005) a környezeti mutatók fejlődési szakaszait négy elkülönült részre osztja az alábbiak szerint: 1. egyszerű mutatók, 2. több ismerv keverékét tartalmazó mutatószámok, 3. hatásmátrix, 4. különböző érintettek elvárásainak kezelése.

A legfejlettebb országokat tömörítő, 1961-ben alapított, OECD Környezetpolitikai Bizottsága 1971 óta foglalkozik környezeti problémákkal. E bizottságon belül – többek között – környezeti mutatók kidolgozásával és harmonizálásával külön szakértői csoport foglalkozik. Az OECD Környezeti Információ és Előretétekintés Munkacsoportja (és jogelődje: a Környezetállapot Munkacsoport) az 1980-as évek végétől meghatározó szerepet játszott a nemzeti és nemzetközi szintű környezeti mutatók kialakításában és

fejlesztésében (Szabó, 2009). Az OECD három alapvető kritériumot alkalmaz a mutatók kiválasztása során: 1. a politikai relevanciát és használhatóságot, 2. az elemzési megalapozottságot és 3. a mérhetőséget (Pomázi és Szabó, 2006).

A környezeti információk és nemzetközileg harmonizált mutatók alkalmazásával az OECD célja, hogy minél jobban megfeleljen a politikakészítés szükségleteinek és a társadalmi tájékoztatás igényeinek. Ehhez az kell, hogy növekedjék a tagállamok számonkérhetősége, és annak értékelhetősége. Erre a célra a környezeti mutatók hasznos és költséghatékony eszköznek bizonyulhatnak. Az OECD tevékenysége a tagállamokkal folytatott szoros együttműködésben zajlik. A környezeti mutatóknak „köbevésett” készlete, különböző készletek különböző célokat és közönséget szolgálhatnak (OECD [1994]).

A fejlett országok sokféle környezeti jelzőszámot alakítottak ki egyrészt saját igényeiknek megfelelően, másrészt az ENSZ, az OECD, illetve az Európai Unió keretében végzendő nemzetközi összehasonlítások céljaira. Az eltérő nemzeti környezeti statisztikák miatt szükség volt azok közös nevezőre hozása. Ennek eredményeként legelőször az ENSZ statisztikai hivatalának vezetésével született meg 1984-ben a FDES modell (Framework for the Development of Environmental Statistics – Modell a Környezeti Mutatók Fejlesztésére) mely a környezeti elem és a terhelés-válasz szempontú megközelítési módot kombinációjában közelíti meg a környezetállapot értékelés kérdését (Katonáné, 2004).

Az Európai Hivatal közleménye szerint is a környezeti mutatóknak alapvető szerepe a kommunikációban van. Ezáltal teszik lehetővé, vagy mozdítják elő az információcserét azon a témán belül, amire vonatkoznak (Smeets és Weterings, 1999).

A környezet állapotának felmérésének felmérésével párhuzamosan indult meg a környezeti mutatók rendszerének kidolgozása, melynek keretében a környezeti problémákat négy szempontból közelítik meg (Shah, 2000):

- Környezeti elem szempontú megközelítés: a főbb környezeti elemek állapotáról gyűjt adatokat (pl. levegő, víz, föld stb.).
- Terhelés-válasz szempontú megközelítés: az emberi beavatkozások hatásait és az ebből következő változásokat vizsgálja.
- Forrás felmérő megközelítés: a természeti erőforrások áramlását próbálja nyomon követni a kiaknázástól a feldolgozáson keresztül a végső használatig és végül a környezetbe való visszakerülésig.

- Ökológiai megközelítés: a környezet állapotát az élőlények (növény, állat fajok) megjelenésében felismerhető mintázatok értékelése révén próbálja meg elemezni. Ökológiai indexeket és modelleket alkalmaz.

A Fenntartható Fejlődés Bizottsága (FFB, CSD) 1995-ben tette közzé a fenntartható fejlődés jelző-számai munkaprogramját. Ebben az a cél szerepel, hogy 2001-ig álljon rendelkezésre a nemzetközileg elfogadott és minden országban alkalmazható jelzőszámrendszer. 1996-ban 134 indikátort tartalmazó rendszert tett közzé, mely a hatótényezők-állapot-válasz (DSR: Driving Forces-State-Response) keretrendszer szerint épült fel. Ez az OECD által 1994-ben kiadott PSR (Pressure-State-Response) környezeti indikátor készlet keretrendszer egyik változata volt, melyet továbbra is használnak. Ezzel szemben a FFB 2001-ben felhagyott a DSR keretek alkalmazásával, amikor felülvizsgálta a környezeti irányultságú indikátor készleteket.

Az Európai Környezeti Ügynökség (EEA) és az OECD is kísérletet tett agrár-környezeti indikátorok kidolgozására, azonban csak ágazati szinten, és egy-egy ország környezeti hatékonyságát, de a táj- vagy farmszintű változások már nem regisztrálhatók. 1995-ben adta ki a Dobris-bizottság vizsgálatainak első eredményeit „The Dobris assessment” címmel. 1998-ban a vizsgálatok második szakaszának eredményei „Europe’s environment: The second assessment. Dobris 2-report” címmel jelentek meg. 1999-ben értékelés jelent meg „Environment in the European Union at the turn of the century. Environmental assessment Report No. 2.” címmel. Az EEA 2000-től rendszeresen megjelenteti az európai szakmai politikák szerint csoportosított környezeti jelzőszámokat. Ezek a kiadványok közreadják a politikai döntéshozók és az Európai Unió tagországai szempontjából lényeges jelzőszámokat, és jól áttekinthető, összegzett képet adnak a környezet állapotáról.

Az OECD miniszteri tanácsa 1998 áprilisában kiadott állásfoglalása nagyfokú prioritást rendelt ahhoz, hogy a tagországok fenntartható fejlődést érjenek el. Ennek megfelelően adták ki az OECD munkaprogramját a fenntartható fejlődésre. A munkaprogram (OECD Work Programme on Sustainable Development) része egy megfelelő megfigyelési, mérési rendszer kialakítása, a szükséges jelzőszámokkal. A módszertani fejlesztések célja, hogy a jelzőszámok alapján koherens kép legyen alkotható a fenntartható fejlődésről.

2.3 A mezőgazdaság agrár-környezeti teljesítmény indikátor rendszerei

2.3.1 A DPSIR agrár-környezeti indikátor keretrendszer

Az OECD Friend és Rapport (1979) stressz-válasz (stress-response, SR) modelljének felhasználásával kezdte el alkalmazni, a széles körben elfogadott „terhelés–állapot–válasz” (pressure-state-response – PSR). A rendszer figyelembe veszi, hogy az emberi tevékenység („terhelés”) hatással van a környezetre, és befolyásolja a természeti erőforrások minőségét és mennyiségét („állapot”). A társadalom környezeti, általános gazdasági és ágazati politikákkal, valamint a tudatosság és viselkedés módosításával válaszol ezekre a változásokra („válasz”).

A PSR-rendszer előnye, hogy bemutatja ezeket a kapcsolatokat, továbbá segít a döntéshozóknak és a nyilvánosság előtt feltárni a környezeti és más témakörök összekapcsoltságát (Pomázi és Szabó, 2006).

A terhelés–állapot–válasz rendszer egyik változata az ENSZ Fenntartható Fejlődés Bizottsága által alkalmazott hatótényezők–állapot–válasz (DSR) modell (CSD, 2001), amelyben a terhelést felváltó hatótényezők lehetnek pozitív és negatív hatásúak a fenntartható fejlődésre vonatkozóan.

A PSR modell továbbfejlesztése nyomán, a terhelés–állapot–hatás–válasz modellt (pressure-state-impact-response, PSIR) vezették be az 1990-es évek első felében (Jesinghaus, 1995).

Az Európai Környezetvédelmi Ügynökség (EEA) a PSIR-rendszert tovább bővítette a hatótényezők és hatások beiktatásával, és kialakította a maga hatótényezők–terhelés–állapot–hatás–válasz (DPSIR) modelljét (Smeets és Weterings, 1999). Így 1994-ben elkészült a kutatói és döntéshozói körökben egyaránt elfogadott DPSIR (Driving forces – Pressure – State – Impact – Response : Ható tényezők – Terhelés – Állapot – Hatás – Válasz) indikátor készlet keretrendszer (Katonáné, 2003). Ezt a legtöbb tagország elfogadta, és azt használják a nemzetközi szervezetek, akárcsak az OECD, melyben az ágazatok külön-külön szerepelnek, így a mezőgazdaság is (Nádudvari, 2003).

Az Európai Tanács 1998-ban, Cardiffban hozott határozata alapján minden egyes szakmai tanácsnak a saját hatáskörében integrálnia kellett a politikájába a fenntartható fejlődés, valamint a környezet sajátos intézkedéseit. Ezért az Európai Bizottság 1999-ben felkérte az agrárügyekkel foglalkozó Tanácsot is, hogy készítsen jelentést az ágazat integrációs stratégiájának környezeti jelzőszámaira vonatkozó fejlesztései helyzetéről. A Bizottság ezeknek a jelzőszámoknak az alkalmazásával kívánja minősíteni a Közös

Agrárpolitika megvalósulását, ezen belül a környezeti hatásokat. A fő cél az volt, hogy megvalósítsák a fenntartható mezőgazdaság megvalósulásához vezető intézkedéseket.

Az OECD is kidolgozta a mezőgazdaság ágazati jelzőszámait, melyeket „Environmental indicators for agriculture: Methods and results” címmel adott ki 2000-ben. Az alábbiak szerint csoportosíthatóak az indikátorok:

- I. A mezőgazdaság szélesebb (gazdasági, társadalmi, környezeti) összefüggései.
- II. Az agrárvállalkozások menedzselése és a környezet.
- III. Az agrárgazdaságok inputja, erőforrásigénye.
- IV. A mezőgazdaság környezeti hatásai.

Az FDES modell alapján az OECD (Organisation for Economical Co-operation and Development – Gazdasági Együttműködési és Fejlesztési Hivatal) is kidolgozta a saját indikátor rendszerét, mely az ENSZ-hez hasonlóan szintén a fenti négy szemléletmódból a hangsúlyt a környezeti elemek állapotára, valamint az emberi beavatkozás okozta terhelésre és válaszokra helyezte.

Az indikátor által nyújtott információ jellege alapján az alábbi indikátor csoportok különíthetők el (OECD, 2001):

- a hatótényezők indikátorai (driving force indicators): azon tevékenységek, folyamatok mutatóinak gyűjtőcsoportja, melyek közvetve, vagy közvetlenül felelőssé tehetők a környezet állapotában bekövetkezett változásokért. Pl. közvetlen: növényvédőszer-, műtrágya-, vízhasználat stb.; közvetett: megváltozott agrártámogatási rendszer.
- állapot indikátorok (state indicators): olyan mutatók, melyek a környezet állapotában bekövetkezett változások eredményeit jelzik, azaz „mezőgazdaság-természeti környezet választát”. Pl. termés minőség romlás, ráfordítások emelkedése.

A hajtóerők/hatótényezők lehetnek pl. a gazdasági, a politikai, a kulturális, a jogi folyamatok, azok szabályai. Jelentős hajtóerő pl. az agrárpiac, mind a beszerzés, mind az értékesítés folyamataival.

A környezeti állapot jellemzése során leggyakrabban az abiotikus és biotikus tényezők mennyiségi és minőségi paramétereit, indikátorait vizsgálják meg. A leggyakrabban vizsgált abiotikus tényezők: a talaj fizikai, kémiai, biológiai indikátorait, a felszíni és felszín alatti vizek fizikai, kémiai, biológiai indikátorait, levegő összetételére vonatkozó indikátorokat, fényviszonyok, valamint zajterhelést használják a vizsgált terület állapotának jellemzésére. Emellett fontos a klíma adottságok feltárása idősoros meteorológiai adatok értékelése alapján. Továbbá a domborzati viszonyok

feltérképezése és értékelési is legalább ilyen fontos területi jellemzőket foglal magába, amik komplettebbé tehetik a környezeti minőség értékelését. Leginkább alkalmazott biotikus indikátorok a flóra, fauna, ezek összetétele és kapcsolatrendszere, termesztett növény. Pontosabbá tehető a vizsgálat a talaj mikroflórájának, mikrofaunájának értékelésével, a gyom és kártevők feltérképezésével. Az ember tudatos beavatkozása is ide sorolható, ami jelen esetben a növénytermesztési technológia.

A „hatás” mindazokat a környezeti tényezőket figyelembe veszi, amelyekkel a mezőgazdaság (pozitív és negatív értelemben) javítja vagy terheli a többi környezeti részrendszert. Főbb hatás indikátorok lehetnek az ökológiai- (fajok és populációk, tartózkodási helyek és közösségek, vízi és ökológiai rendszerek), környezetszennyezés- (talaj, víz, levegő, zaj), esztétikai- (terület, levegő, víz, növényzet és állatvilág, összetétel) és humán érdekek (neveléstudomány, kultúra, életvitel) hatás indikátorai. A hatás indikátorokat közvetlen és közvetett hatásuk alapján is gyakran elkülönítik.

Az OECD tanácsa 2011-ben elfogadta a zöld növekedés stratégia című dokumentumot, melyhez indikátorokat is rendeltek (OECD, 2010).

Az ECNC a mezőgazdasági termelés szempontjából releváns indikátorokat az OECD által 1990-es évek elejétől alkalmazott DPSIR modell alapján vázolta fel terhelés, állapot, válasz indikátorait kifejezetten a mezőgazdasági termelésre, mégpedig természetvédelmi prioritással az alábbi környezeti elemekre és rendszerekre:

Környezeti elem: talaj, levegő, víz.

Környezeti rendszer: ökoszisztémák-biodiverzitás, táj.

2.3.2 IPCC Útmutató a Jó Gyakorlat a Földhasználatra, a Földhasználat Változásra és az Erdőgazdálkodásra

Az Éghajlatváltozási Kormányközi Testületet 1988-ban alapította meg a Meteorológiai Világszervezet (WMO) és az ENSZ Környezeti Programja (UNEP), mely a klímaváltozással az ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezménye hatálya alatt 1992 óta próbál megküzdeni. Ennek általános szabályait, melyek minden egyéb szabályozástól függetlenül továbbra is érvényesek, egyes országok 1997-ben konkrét vállalásokkal egészítették ki. E vállalásokat az ún. Kiotoi Jegyzőkönyvben fogalmazták meg. A Kiotoi Jegyzőkönyvet (KJ) ratifikáló országok vállalták, hogy a 2008-2012-es időszakra összességükben 5,2%-kal csökkentik üvegház hatású gáz kibocsátásukat 1990-hez képest. E csökkentés szabályait számos konferencián lezajlott tárgyalások

eredményeképpen dolgozták ki. Maga a Kiotoi Jegyzőkönyv 2005-ben lépett hatályba. Fontos tudni, hogy mind a Keretegyezményre, mind a Kiotoi Jegyzőkönyvre vonatkozó szabályok egyik fontos része az, hogy az országoknak évente üvegház hatású gáz leltárt kell benyújtania az ENSZ-hez. Ennek a követelménynek Magyarország is megfelel. A leltárok megtalálhatók a www.unfccc.int honlapon, National Inventory Report (NIR) néven. Az útmutató tartalmazza a talaj szénkészletének változásra vonatkozó számításokat (I2).

A KVVM jelentést minden évben április 15-ig elküldi az ENSZ-nek. A leltárok készítésének módszerét a világ egyik legrangosabb tudományos testülete, a Klímaváltozási Kormányközi Panel (Intergovernmental Panel on Climate Change) dolgozta ki. Pontosabban: 1996-ban, majd 2003-ban jelent meg módszertani útmutató, amit az IPCC Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry – továbbiakban IPCC Útmutató – (Jó Gyakorlat Útmutató a Földhasználatra, a Földhasználat változására és az Erdészetre vonatkozóan) publikáltak (I3).

2.3.3 A talajállapot jellemzésére szolgáló környezetállapot értékelési módszerek

1982-ben fogadták el a Világ Talaj Charta című dokumentumot, mely a talajok ésszerű használata és a talajok védelme érdekében nemzetközi együttműködést szorgalmazott. Az általános talajvédelemre vonatkozó megállapítások mellett hangsúlyozza, hogy a talajok védelme szükséges a biztonságos élelmiszertermelés érdekében.

1992-ben írták alá a „Convention on Biological Diversity by the European Union” c. dokumentumot, amelyben megállapították, hogy a talaj biodiverzitása védelemre szorul: belső értékei és feladatai, valamint rendeltetése miatt.

Az Európai Tanács 2006. szeptemberében elfogadta a Bizottság talajvédelemről szóló tematikus stratégiáját (COM(2006) 231). Az ENVASSO (Environmental Assessment of Soil for monitoring) talajvédelmi stratégia célul tűzte ki Európa talajainak egységes jellemzésére alkalmas indikátor és kritériumrendszer kidolgozását, valamint azok felmérésére és nyomon követésére alkalmazott eljárások és módszerek rögzítését, amely alapjául szolgál egy európai talajinformációs és monitoring rendszerhez (Káta, 2011). A biodiverzitás csökkenésének monitorozásához három fő indikátor használatát javasolja az ENVASSO.

1. A földigilisza (ISO 23611-1:2006) és

2. a Collembola (ugróvillások) egyedszámának a vizsgálatát (ISO 23611-2:2006),
3. a talajrespirációs méréseket (ISO 16072:2006).

A harmadik javaslatához kapcsolódik a munkám.

Az Európai Bizottság 2006-ban javaslatot terjesztett elő egy olyan talajvédelmi keretirányelvre (COM(2006) 232), amely a talajromlás országhatárokon átnyúló természetét is figyelembe veszi. A globális környezetvédelmi és biztonsági megfigyelés (GMES: Global Monitoring for Environment and Security) elnevezésű program információkat szolgáltat a talajfelszín lezárása tekintetében.

„A talaj állapota Európában” (The State Of Soil In Europe) című tudományos jelentést (JRC, EEA, 2012) az Európai Bizottság Közös Kutatóközpontja (JRC) tette nyilvánossá az Európai Környezetvédelmi Ügynökséggel (EEA) együttműködésével. A jelentés átfogó képet nyújt az európai szintű helyzetről a talajok állapota és a talajromlási folyamatok tekintetében.

A talajállapot felmérésére alkalmas európai szintű környezetállapot értékelés az Európai Környezetvédelmi Ügynökség (EEA, 2001) Hajtóerők – Terhelés – Állapot – Hatás – Válasz (DPSIR: Driving forces – Pressure – State – Impacts – Response) modellje. Komplex talajállapot értékeléskor fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságok együttes vizsgálatára van szükség (OECD, 2003), mivel a talajállapot különböző fizikai (térfogattömeg, pórustérfogat, talajellenállás, nedvesség, hőmérséklet stb.), kémiai (kémhatás, só, tápanyag, szennyezés stb.) és biológiai (talajlakó állatok: mikro-, mezo-, makrofauna; mikrobiológia, mikrobák stb.) indikátorokkal jellemezhető.

A művelés szempontjából a talaj fizikai állapotának meghatározásához a következő értékelési módszerek alkalmasak (Birkás, 2006):

- a talajok fizikai féleségének meghatározása (helyszíni érzékszervi, laboratóriumi mechanikai összetétel vizsgálat),
- a talajok tömödött állapotának jellemzése (helyszíni érzékszervi vizsgálat, térfogattömeg és talajellenállás mérés),
- a talaj szerkezeti állapotának vizsgálata (a szerkezetesség fokának és a szerkezet típusának helyszíni megállapítása, illetve a talajszerkezeti elemek vízállóságának laboratóriumi meghatározása),
- a talajok vízgazdálkodási tulajdonságainak meghatározása (a talaj nedvességtartalmának mérése, a talaj vízkapacitásának meghatározása).

Számos hazai kutató vizsgálta a talajjellenállást a talaj fizikai állapotának értékeléséhez, valamint a különböző talajművelési rendszerek talajállapotra gyakorolt hatásának összehasonlításához (Birkás, 2000; Bencsik, 2009; Mikó, 2009).

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. A talajjellenállást nagymértékben befolyásoló tényezők: a talaj lazultsága, vagy tömörsége, valamint a talaj aktuális nedvességtartalma (Rátonyi, 1999).

Az állandó talajtényezők csak hosszú időszak alatt változnak. Ide sorolható: a talaj sűrűsége, a talaj kötöttsége, fizikai félesége, a talaj konzisztencia jelenségei (szilárdság, képlékenységi, 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, 2006; Schmidt, 2011).

A talajszerkezet az egyik legfontosabb tényező a növénytermesztés szempontjából. 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. Ezen felül döntően a gyökerek befolyásolják a talajban azt a vízmennyiséget, amelyet elraktározhat a talaj, ezen felül a levegő, a víz és a talaj fauna mozgását (Pagliai et al., 2004), valamint hő- és tápanyag-gazdálkodását, biológiai tevékenységét, és befolyásolja a kémiai folyamatok irányát (Rátonyi, 2006). Így a talajminőség szoros összefüggésben van a talajszerkezettel, valamint az intenzív művelésű területeken bekövetkező környezeti károkkal: az erózióval, az elsivatagosodással és a tömörödéssel való hajlammal, melyek a talajszerkezet leromlását okozzák (Dexter, 2002).

A talajszerkezet értékeléséhez a tartósságot, a szerkezeti elemekben és a szerkezeti elemek között kialakult pórustér sajátosságait, valamint a morfológiai és agronómiai szerkezetet vesszük figyelembe. Az agronómiai szempontjából az ideális az lenne, ha a talaj 80%-át a morzsafrakcióba tartozó részecskék alkotnák. (Rátonyi, 2006).

A talaj tömörödöttségének helyszíni érzékszervi vizsgálati módszerei lehetnek: talajréteg szondázás, Görbing-féle ásópróba (felső 0-25 cm talajréteg fizikai és biológiai

állapotának tapasztalati elbírálása), Manninger féle tömörségi próba (érzékszervi szelvényvizsgálat) (László, 2007).

A talaj aktuális nedvességtartalmának kifejezésére a tömeg- és térfogat-százalékos nedvesség értékeket használjuk leggyakrabban (Várallyay, 1989).

2.4 A növénytermesztés potenciális környezetterhelése

A XX. század közepén alakult ki az iparszerű mezőgazdasági termelés a termésátlagok növelése érdekében. A termelési rendszer jellemzője az iparszerű, energiaintenzív, nagy mesterséges ipari eredetű anyag- és energiafelhasználás és az ipar logikája (Schuhmacher, 1974) (zárt, ember által szabályozott tér, funkcionális kapcsolatokon alapuló, kívülről vezérelt, pontosan kiszámított és kiszámítható folyamatok, stb) jelenik meg a mezőgazdálkodásban. Azonban mindez olyan önmagát gerjesztő folyamat, amely már a termésátlagok növekedése időszakában is káros tendenciákat indított el a környezetben (Ángyán és Menyhért, 2004).

Az ipari eredetű, illetve feldolgozású anyagok felhasználásának részaránya (műtrágyák, növényvédőszer) az összes anyagfelhasználása az 1980-as évek közepére megközelítette a 60 %-ot. A gyors ütemű iparosodó fejlődés hatására 25 év alatt a területegységre jutó hozamok megkétszereződtek. Ugyanakkor megváltozott az évszázadok alatt kialakult hagyományos, a természeti folyamatokhoz közelálló életmódja, a termelési módszerek, az alkalmazott fajták, a tápanyagellátás, a növényvédelem egész rendszere (Madas, 1985).

A növényvédelmi beavatkozások csökkentése érdekében fontos, hogy a fajta megfelelő termés- és minőségstabilitással rendelkezzen, valamint az adott körülmények között előforduló betegségekkel szemben rezisztens vagy toleráns legyen (Pepó és Ruzsányi, 1990).

Tápanyaggazdálkodás során a kedvező agronómiai hatások mellett a rendszeres nitrogén trágyázás a talaj savanyodását vonhatja maga után. Ezért kulcsfontosságú a trágyázási technológiák továbbfejlesztése (Zsigrai és Szabó, 2008). A trágyázás talajra és növényre gyakorolt hatásai agrár-környezeti szempontból kiemelt jelentőséggel bír (Zsigrai, 2001; Blaskó és Zsigrai, 2003; Blaskó, 2006; Csathó et al., 2007; Kádár et al., 2007). A szakirodalmak szerint a rendszeres műtrágyahasználat közvetlenül, illetve közvetett folyamatoknak köszönhetően, nagymértékben befolyásolja a tápelemek felvehetőségét, így a termesztett növények tápanyagellátását.

A negatív jelenségek többségükben az energiaintenzív földhasználat és az ezzel együtt járó növekvő közvetlen (üzemanyag) és közvetett (műtrágya, növényvédőszer, gép, stb.) energiabevitel környezetterhelő és az élőmunkát, az embert kiszorító hatásának tulajdoníthatók (Ángyán, 1991). Mindezek következménye a növényi és állati genetikai alapok beszűkülése, pusztulása, a biodiverzitás csökkenése, a gyomosodás, fajspektrum-beszűkülés, rezisztencia, a termőtalaj pusztulása (szervesanyag-tartalmának, biológiai életének csökkenése, savanyodása, vizenyősödés, láposodás, szikesedés, illetve sivatagosodás, kiszáradás, talajvízszint süllyedés, a talajszerkezet romlása, porosodás, tömörödés), vagy a mezőgazdasági területek és termékek szennyeződése (Ángyán és Menyhért, 2004).

Magyarországon az intenzív talajművelésnek köszönhetően megnövekedett a felszíni és a művelés alsó határán kialakuló tömör zárórétegek aránya (Rátonyi, 1999; Birkás, 2000), és az erózióknak kevésbé ellenállni tudó termőtalajok biológiai állapota leromlott (Gyuricza, 2000; Zsembeli, 2006). Emellett ezeken a helyeken a talajok jelentős része eróziótól, deflációtól veszélyeztetett, romlott a talajok szerkezete és szervesanyag mérlege. A talajok állapotára az időjárási szélsőségek (csapadék többlet, aszály) is kedvezőtlen hatással vannak, ugyanakkor a rossz talajállapot is súlyosbítja a klimatikus szélsőségekkel összefüggő gazdasági károkat. A talajok szervesanyag tartalma az intenzív gazdálkodás következtében mintegy 50%-kal csökkent, ami a természetes talajtermékenység leromlását vonta maga után (Harrod, 1994). Továbbá Kinsella (1995) kimutatta, hogy az elmúlt 20 évben, mintegy 50 %-kal csökkent a mezőgazdasági művelés alatt álló talajok C készlete.

Az intenzív növénytermesztés magas fokú gépesítésen alapul. A művelés során a felső talajréteget kiemeljük, megfordítjuk – ekével, vagy ehhez hasonló eszközzel. A hagyományos talajművelés jelentős talajpusztulást és egyéb környezeti károkat okoz, úgy, mint a biológiai sokféleség csökkenését, alacsony hatásfokú energiaszolgáltatást és a globális felmelegedéshez is hozzájárul (Kertész, 2004). Emellett a talaj ekével történő rendszeres forgatása a szántóföldek szén-dioxid emisszióját nagymértékben megnöveli (Reicosky, 1998, Percze, 2002). A talaj- és a környezetvédelem szigorodása a peszticidek használatának csökkentése révén az agrotechnikai és a talajművelési lehetőségek újra felértékelődését segíti elő (Lehoczky és Percze 2006).

2.4.1. Talajművelési rendszerek hatása a talaj állapotára

A földművelés - Cato nyelvén (latinul) agri cultura. A kultúra egyik jelentése művelt állapot. A kultiváció (vagyis a művelés) valaminek a rendszeres gyakorlása, végzése, folytatása, nevelése, és fenntartása. Tehát magában foglalja a beavatkozást, a jobbítást és a fenntartást is (Birkás, 2001). Célja a talaj szerkezetének és felszínének védelme, biológiai tevékenységének, nedvesség- levegő- és hőforgalmának kedvező befolyásolása, szabályozása (Birkás, 1993). A talajvédelem szükségessége Magyarországon először Manninger (1936) meghatározásában jelenik meg.

A talajművelés szakszerűnek tekinthető, amennyiben a talaj képes a csapadékbőségek esetén a vízfelesleg befogadására és csapadékhány esetén a nedvességveszteség csökkentésére (Kerpely; 1910; Gyárfás, 1922; Várallyay, 1993; Ruzsányi és Pepó 1999; Birkás 2006).

A termesztés színvonala, gazdasági és környezeti hatása alapján korai extenzív, hagyományos, korai intenzív, integrált, modern intenzív, modern extenzív és ökológiai talajhasználati rendszerek különíthetők el (Birkás et al., 1999; Birkás, 2001).

A talajművelés következtében jelentősen megváltozik a talaj szerkezete, porozitása, ennek következtében a levegő- és vízviszonyok és a talajhőmérséklet is. Mivel ezek az abiotikus tényezők befolyásolják leginkább a mikrobiális biomassza, valamint a fauna minőségi és mennyiségi összetételét, a talajszerkezet romlása a fajszám csökkenéshez vezet (Ángyán és Menyhért, 1997).

Az agrotechnikai műveletek nemcsak a talaj biodinamikájának megzavarása miatt járnak szén-dioxid kibocsátással, hanem közvetett módon is a szén mobilizációjához vezetnek. A közvetve előidézett folyamatok közül a talajpusztulást (defláció, erózió), s a vizes területek lecsapolását kell megemlíteni, mint az időlegesen raktározott szén mobilizációjának a forrását (Gyulai, 2006).

A szántás előtti felszíni réteg aerob mikrobaközössége a szántás következtében a számára kedvezőtlen alsó réteg anaerob körülményei közé fordítva elpusztul, így a szervesanyag bomlása lelassul. Ezzel egyidőben a szántás előtti alsóbb rétegben megtalálható anaerob mikrobák az oxigéndús környezetben elpusztulnak, ellenben a felszaporodó aerob mikrobák intenzív szervesanyag-bontásba kezdenek, csökkentve annak mennyiségét (Szabó, 1992).

Az elmúlt évtizedekben szinte Közép-Európa teljes területén, köztük Magyarországon is jelentős mértékben romlott a művelt talajok fizikai és biológiai

állapota. Soane (1985) megállapítása szerint a talajállapot romlása és a szervesanyag csökkenés egyik kísérő jelenségeként a tömörödési és a porosodási hajlam is növekszik.

Sembery (1989) és Linke (1996) rámutat, hogy a növénytermesztési tevékenység egyik leginkább költségigényesebb folyamata a talajművelés. Addig ameddig a tápanyagvisszapótlás és a növényvédelem területén további költségmegtakarítások nem, vagy csak a termesztés minőségének és mennyiségének csökkenésével érhető el, addig a talajművelés racionalizálásában komoly költségmegtakarítások érhetők el. A talajművelés költségcsökkentésének és a talajvédő eljárások alkalmazásának kutatása párhuzamosan folyt. Ebben a két témában szoros pozitív korrelációt állapítottak meg a témával foglalkozó kutatók mind az Amerikai Egyesült Államokban, mind Nyugat-Európában. Az USA Mezőgazdasági Kutatószolgálat (Agricultural Research Service) (1981) értelmezésében talajvédőnek minősül minden olyan művelési rendszer, amely után a tarlómaradványok legalább 30%-a vetés után is a felszínen marad. Talajvédő rendszerek közé sorolandó a minimális művelés, a csökkentett művelés, a művelés nélküli direkt vetés, a mulcsos művelés és a bakhátas művelés (Manninger és Fenster, 1983). Kemenes (1964) rámutatott, hogy Magyarországon a talajvédő eljárások, és az energiatakarékos művelés szorosan összetartoznak, egymástól elválaszthatatlan fogalmakat jelentenek.

A környezet minőségét lerontó károk – a talaj tömörödése, visszatömörödése, elporosodása, cserepesedése, szervesanyagban elszegényedése, nagy széndioxid kibocsátása, hordképességének romlása – a hagyományos művelés olyan nemkívánatos kísérő jelenségei, amellyel szembe mindössze néhány agronómiai előny állítható (Birkás, 2002). Talajvédelmi szempontból is igen fontos tehát, hogy korszerű, a talajt kímélő, az adott klimatikus és edafikus tényezőkhöz igazodó művelési rendszerek váltsák fel a forgatáson alapuló hagyományos rendszereket (Nyiri, 1997).

Gazdálkodási és környezetvédelmi szempontból egyaránt fontos, hogy a talaj mikrobiológiai tevékenységének tudatos szabályozásával előnyösen befolyásolhatók a humuszgyarapító- és bontó folyamatok, egyúttal a talajmaradványok feltáródása, fenntartható a talaj kultúrállapota és művelhetősége (Birkás, 2002).

Gyuricza (2000) a talajművelés és a széndioxid kibocsátás között keresett összefüggéseket. Ennek vizsgálatára kísérletben tanulmányozta a különböző talajművelési eljárások széndioxid-emisszióra gyakorolt hatását. A különböző kezelések hatására a CO₂-kibocsátás minden esetben nőtt. Kiugróan magas értéket kapott a lazítás

(35-40 cm) + szántás (22-25 cm) együttes elvégzésének eredményeként, ez a művelet ugyanis 119,8 %-kal növelte az eredeti légköri CO₂-koncentrációt a talajfelszín felett.

Ehhez hasonlóan Cole (1996) is kimutatta, hogy talajművelés intenzitása és a szén-dioxid kibocsátás között közvetlen összefüggés figyelhető meg: minél nagyobb a pórustérfogaton belül a levegőfázis aránya és mélyebben lazított a talaj, annál élénkebb a mikrobiológiai tevékenység, amely a szén-dioxid emisszió fokozódásában nyilvánul meg. A talajok intenzív művelése a szénkészlet 30-50 %-os csökkenését idézi elő, amely elsősorban a talaj feltörésével hozható összefüggésbe. A szerves anyag fokozott mineralizációja révén felszabaduló szén-dioxid ilyen módon könnyen a légkörbe távozik (Cole, 1996). Talajművelés hatására nő a lazultság, megváltozik a levegőellátottság, gyors gázcsere indul meg. A talaj megnövekedő oxigéntartalma intenzív mikrobiális tevékenységet indukál. A szerves anyag lebomlásakor keletkező szén-dioxid pedig a légkörbe távozik, aminek következtében a globális klímaváltozás egyik közvetlen előidézője lehet.

A környezetkímélő mezőgazdaság (conservation agriculture) a talajkímélő művelésen alapul. Ennek lényege, hogy a talajt csak minimális mértékben bolygatjuk meg, csökkentve ezzel a környezeti kockázatokat. Ennek következtében a talajból minimális mennyiségű anyag (talaj, víz, tápanyag és kemikáliák) távozik, a szerves anyag a talajban marad, a növényi maradványok pedig a talajfelszínen. A vegyszerek használatát tekintve pedig az mondhatjuk, hogy olyan keveset használunk, amilyen keveset lehet és csak annyit, amennyi feltétlenül szükséges (Kertész, 2004).

Kutatási eredmények (Ángyán, 1991; Nyiri, 1997; Birkás et. al., 1999; Ruzsányi és Pepó, 1999; Gyuricza, 2000; Birkás, 2004) és gyakorlati tapasztalatok igazolják, hogy kímélő műveléssel a talajszerkezet pusztulás lassítható, megelőzhető, és a kedvezőtlené vált talajállapot javítható.

A környezetkímélő gazdálkodás mindenekelőtt az energiafelhasználás és a mechanikai munka csökkentését jelenti, ezáltal csökken a CO és CO₂ gázok emissziója. A csökkentett géphasználat miatt a NO_x kibocsátás is kevesebb, így a légkör savasodása is mérséklődik. A mikroorganizmusok, földi giliszták és rovarok kiváló élelmet és élőhelyet találnak, más szóval nagyobb lesz a biológiai aktivitás és gazdagabb a biodiverzitás. További előnye, hogy marad a talajszerkezet, a talaj porozítása, adszorpciós kapacitása és szerkezetállandósága, kedvező a talaj vízgazdálkodása. Minimálisra csökken a talajtömörödés, hiszen csekély mértékű a talajművelő eszközök tömörítő hatása, a talajfelszínt pedig növényi maradványok borítják a talajerózió ellen

védelmet nyújtva (Quemada és Cabrera, 1995; Harrold és Edwards, 1974; Langdale et al., 1979). Mindez jelentősen csökkenti a talajnedvesség-veszteséget (Buchele et al., 1955; Mielke et al., 1986; Unger, 1984). A szerves anyag jelentős része a talajban marad, nem távozik el. Közismert hogy a szerves anyag a talaj szerkezetét, stabilitását, puffer kapacitását, vízvisszatartó képességét, biológiai aktivitását és a tápanyagegyensúlyt jelentős mértékben befolyásolja – mindez kihat a talajerózió kockázatára is (Holland, 2004). A talajt védő művelési módszerekkel jelentős mértékben javítható a talaj kémiai, fizikai és biológiai állapota. Ezt a tényt a világon sok helyen tapasztalták (Beare et al., 1994; Bruce et al., 1995). A talajvédő technológiák (forgatás nélküli eljárások, direktvetés stb.) alkalmazása révén Houghton et al (1990) szerint néhány esetben a talaj szerves szén tartalma emelkedik. Holland (1994) a talajkímélő művelés környezeti előnyeit mutatja be a növényvédelem, tápanyag felhasználás szemszögéből, illetve ezek pozitív környezeti hatásait a talajminőségre, biodiverzításra, levegőminőségre.

2.4.2 A talaj állapotának jellemzésére használt főbb jelzőszámok

A talaj, mint termőhely nemcsak gazdasági célokat szolgál, hanem a biológiai sokféleség, a biodiverzitás megőrzését is (Várallyay és Láng, 2000). A fenntartható fejlődés egyik alapeleme Magyarországon legfontosabb feltételeken megújuló (megújítható) természeti erőforrásunkat képező talajkészleteink ésszerű hasznosítása, minőségének megóvása és sokoldalú funkcióképességének fenntartása, ami a környezetvédelem és a mezőgazdaság egyik legfontosabb közös feladata (Várallyay, 2000).

Amennyiben a talaj állapotában negatív minőségi, illetve mennyiségi változás lép fel talajerózió következik be. Az erózió latin eredetű szó, valamilyen élő vagy élettelen anyagnak rongálódását, más anyagnak, erőnek, vagy közegnek a hatására bekövetkezett szétrágását, esetenként pusztulását jelenti (Stefanovits, 1977). Talajtani értelemben Stefanovits (1977) szerint az erózió „azon pusztító jellegű folyamatok összegzése, amelyek hatására a talaj felső rétege vagy fokozatosan elvékonyodik, vagy gyorsan pusztul, ezáltal termékenysége leromlik, esetleg mezőgazdasági művelésre alkalmatlanná válik.”

A talajpusztulás számos okkal magyarázható (Egerszegi, 1951; Erődi et al., 1965; Antal et al., 1966; Láng, 1983; Erdősi és Lehmann., 1984; Karácsony, 1990). Többek között domborzati, éghajlati és gazdálkodási, agrotechnikai tényezőktől, mint a

szerkezetképző szervesanyagok és a szervesanyag pótlás elmaradása, a talajművelés hibái (célszerűtlen bolygatás, az időpont rossz megválasztása, az eredeti növényzet felszaggatása, stb.), a mezővédő erdősávok, fasorok kiirtása, nagy táblák, tömbök kialakítása céljából, a művelés irányának helytelen megválasztása.

A talaj leromlásának mértéke, aktuális minőségi állapota indikátorokkal jellemezhető. A talajminőség fizikai (szerkezet, hordképesség, művelhetőség, levegő-, hő- és nedvességforgalom), biológiai (aerob/anaerob folyamatok, beéredés, gyomosság stb.) és vességforgalom) és kémiai jellemzők összessége. A felsorolt tényezők harmóniája esetén a talajminőség jó, ellenkező esetben gyenge. A jó kondícióban tartott talaj kevesebb kárral, energiával, jobb minőséggel művelhető (Birkás et al, 2007). Birkás et al. (2004), Dexter (2004), Jolánkai et al. (2005), Pepó (2006) egyetértenek abban, hogy talajminőség romlás esetén nem tartható fenn a növénytermesztés stabilitása sem. A talaj lehetséges állapotindikátorait és jelzőszámait Pechmann (2005) publikálta.

A talajszerkezeti elemek fizikailag és kémiailag védik a bennük található szervesanyagot a lebontással szemben; így meghatározzák a talaj termékenységét, hő- és vízgazdálkodó képességét, szennyező anyagokkal szembeni pufferkapacitását és fizikai szerkezetességét. Az aggregátumok belsejében és a közöttük lévő tér alkotja a talaj pórusrendszerét. A talajszerkezeti elemek stabilitása biztosítja a pórustér viszonylagos állandóságát, amely alapfeltétele a talajbeli nedvesség és levegő áramlásának (Stefanovits et al., 1999).

A talaj szerves anyagai (humuszanyagai) sokoldalúan befolyásolják a biogeocönózisok működési és szabályozási folyamatait, a talaj szerkezetét, hő és vízháztartását, a felvehető tápanyagok mennyiségét és a talajlégzést, mely egyik forrása a növények számára felvehető szén-dioxidnak is (Mielnick és Dugas, 2000).

A szerves C-tartalom általában emelkedik a talaj magasabb agyagtartalmával (Bauer et al., 1987).

A talajt termékenysége teszi a földi élet nélkülözhetetlen, megújuló természeti erőforrásává. A talajtermékenység a talajnak az a specifikus tulajdonsága, hogy lehetővé teszi a víz, a levegő és a felvehető tápanyagok egyidejű jelenlétét, és képes a természetes vagy termesztett növények talajökológiai igényét kielégíteni (Thyll, 1996).

A talajrendszer élő frakciójának a növények gyökérrendszere alapvetően fontos összetevője, amely lényegesen befolyásolja a talajban a víz és a tápelemek áramlási arányát, a mikroorganizmusok helyi tömegviszonyait, ill. aktivitását, a talajenzimek

menyiségi és minőségi megoszlását (Ángyán és Menyhért, 1997). Tagjai a katalizátor szerepét töltik be. A talaj anyagának részecskéin, nagyrészt adszorbeált állapotban lévő, inaktív mikroorganizmusok (baktériumok, gombák, élesztők, protozoonok, algák stb.) aktivitása csak rövid ideig tart, minthogy az energiaforrások fogytával újra nyugalmi állapotba térnek (Szabó, 1986).

A különböző méretű pórusokat kitöltő levegőben a széndioxid tartalom 6% körüli (levegőben: 0,037 tf%). A talaj szénháztartását illetően elmondható, hogy összességében csökkenti a szerves szén mennyiségét, s növeli a talaj széndioxid leadását. A növekvő szén-dioxid koncentráció is limitáló tényező lehet a talajban, mert gátolja a növények víz-, kálium-, nitrogén-, foszfor-, kalcium- és magnézium-felvételét (Gyulai, 2009).

Ezért a termőhely alapos ismerete minden mezőgazdasági beavatkozás elvégzése előtt elengedhetetlen, hiszen a globális problémákat is csak a lokálisak megértésével együtt tudjuk értékelni (Tamás, 2001).

A talajlégzés jelzőszámának szerepe a talaj állapotának jellemzése során

A Föld talajában kb. $1,58 \times 10^{18}$ g szerves kötésű szén található, amely 2-3-szor nagyobb a vegetáció szén tartalmánál (Cardon et al., 2001; Reiners, 1968; Schlesinger, 1990). A talaj állapotára a szén-dioxid értékéből is lehet következtetni (Birkás és Gyuricza, 2004). Világviszonylatban az összes szén-dioxid kibocsátás 5%-áért tehető felelőssé a mezőgazdasági tevékenység (Cole, 1996). A nemzetközi kutatási eredmények (Tracy et al., 1990; Reicosky et al., 1997; Reicosky et al., 1999; Etana et al., 2001; Giuffré et al., 2003) egyaránt azt mutatják, hogy a legjelentősebb szén-dioxid veszteséget – talajművelés tekintetében – a talaj rendszeres szántása idézi elő.

Tóth (2011) hangsúlyozza, hogy a világ egészét tekintve a mezőgazdaság CO₂ kibocsátása elsősorban az erdőirtásokból és a mezőgazdasági gépek üzemanyag felhasználásából tevődik össze. Nálunk az előbbi nem jellemző. Véleménye szerint nem elhanyagolható a talajból a légkörbe jutó CO₂ mennyisége sem, amely a talajlégzéskor következik be a talajban lévő gyökerek és a talajban élő mikrobiológiai közösségek légzése során. A talajból a légkörbe jutó CO₂ mennyiségét nagymértékben befolyásolja a talajok művelésének mikéntje.

A talajlégzés általi széndioxid kibocsátás 10-szer nagyobb a fosszilis tüzelőanyagok elégetéséből származó CO₂-mennyiségnél, éppen ezért minden olyan változás, amely a talaj szervesanyag forgalmát érinti, jelentősen befolyásolhatja a légkörbe jutó

széndioxid mennyiségét, valamint az üvegházhatáson keresztül Földünk hőmérsékletének, klímájának alakulását is (Fóti, 2009).

A talajból származó CO₂ forrásának tekinthető szén-raktárak közé tartoznak a talaj szerves anyaga (SOM), a föld feletti és földalatti elhalt növényi maradványok, az élő gyökerek által termelt szerves anyagok, a gyökér felületén kiválasztott gyökérsavak, az elhaló gyökérsejtek és a különböző szekrétumok. A különböző szénraktárakból történő CO₂ kibocsátás elsősorban a felszabadulás sebességében különbözik (Kuzjakov, 2006).

Az ökoszisztémák szénmérlegét két nagy (különböző előjelű) áramlás, a bruttó primer produkció és a különböző eredetű légzések összege alakítja. Az utóbbi komponens nagyobbik hányada a talajhoz köthető. A talaj CO₂-termelése – amit Lundegard (1923-1924) talajlélegzésnek nevezett el – nagyrészt gyökérlégzésből, mikrobiális tevékenységből, szerves anyagok lebomlásából és karbonátok bontásából származik.

A talajlélegzésen belül az adott légzési komponens eredete szerint megkülönböztetünk az aktuális asszimilációs rátához erősen kapcsolt gyökér- és rizomikrobiális légzést, továbbá a talaj egyéb szervesanyag tartalmának bomlásához köthető egyéb mikrobiális légzést (Kröel et. al., 2008; Hanson et al. 2000, Kuzjakov 2006).

A talajlélegzés mérése viszonylag egyszerű, jóval problematikusabb annak felbontása gyökér-, rizoszféra- és mikrobiális légzésre (Hanson et al., 2000, Kelting et al., 1998).

Mindössze néhány százaléknyira tehető a talaj makro- és mezofaunájának CO₂ kibocsátása (Ke et al. 2005). Nagyságrendjét tekintve a talajlélegzés évi összegének területi eloszlása Magyarországon 380–470 g C·m⁻²·év⁻¹ értékek között változik (Ács et al., 2005). A talajnak, mint a légköri szén-dioxid pufferének elnyelő vagy kibocsátó szerepe nagyban függ a talaj széntartalmának eredetétől, formájától és stabilitásától. Lényeges a kibocsátott szén eredetének (növényi eredetű CO₂, vagy a talaj szervesanyagából (Soil Organic Matter, SOM) származó CO₂, megállapítása a talaj, illetve az ökoszisztéma szénkészletének jövőbeni sorsát illető előrejelzések szempontjából is (Trumbore, 1997).

A komponensek abszolút mennyisége és egymáshoz való aránya is változhat térben és időben (napi időjárástól függően és szezonálisan is). A mikrobiális közösségen belül is eltérő a CO₂ kibocsátás intenzitása és térbeli-időbeli mintázata (Schimel és Gulledge, 1998). Így, amikor CO₂ kibocsátást mérünk, számos különböző tér- és időléptékű folyamat együttes eredményét mérjük. Mértéke függ a talaj hőmérsékletétől (Ziska, 1998), a talajtípustól, a nedvességtartalomtól (Szegi, 1962), a növényzettől, az elhalt

növényi maradványoktól, a mikroorganizmusok mennyiségétől, a talajszinttől (Pántos-Derimova, 1983), a kemikáliáktól és a mintavétel időpontjától (Zelles, 1984). A talajlélegzésből származó CO₂ mennyiségét az istállótrágyázás (Müller, 1991), a műtrágyázás (Káta, 1992; Káta, 1997a), a monokultúras termesztés, a meszezés (Káta, 1997b) növeli. Ezzel szemben a műtrágyázás melletti meszezés (Káta, 2000), monokultúrában a műtrágyázás (Káta, 1999; Káta és Helmeczi 1995), valamint az öntözés (Müller, 1991) csökkentheti. Ezt a hatást erősíti a kemikáliák kényszerűen növekvő felhasználása a növényvédelemben, amelyek nemcsak a kártevőket és kórokozókat, de a hasznos talajlakó szervezeteket is erősen károsítják, szaporodásukat, működésüket gátolják (Ángyán, 1991).

A talaj szén-dioxid emisszió mértéke késő tavasszal és őszi elején a legerőteljesebb, amikor a hőmérséklet és a nedvesség a biológiai folyamatokra a legkedvezőbb. Mértéke és intenzitása egyenes összefüggésben van a talaj szerkezeti állapotával és szervesanyag-tartalmával (Zsembeli és Nagy, 2004). Így a talaj szén-dioxid emisszió a talaj termékenységének egyik mutatója, mérésével így közvetlenül a talaj mezőgazdasági szempontból legfontosabb jellemzőjét számszerűsíthetjük (Zsembeli et al., 2005).

A bolygatott talajba kerülő szervesanyagok széntartalmának 2/3 része széndioxiddá oxidálódva a levegőbe kerülve fokozza a globális felmelegedést. Az ilyen talajok CO₂-kibocsátása jelentősen meghaladja azokat, amelyeket kevésbé bolygatnak (Gyuricza, 2000). Minden egyes tonna szerves szén lebomlásával 3,7 t CO₂ kerül a légkörbe, ugyanakkor kímélő talajhasználat eredményeként 0,77 t/ha-ral növekedhet a széntartalom, ami a szén-dioxid emisszió 2,8 t/ha éves csökkenését jelenti (Brian et al., 1999).

A talajhőmérséklet szerepe a talaj állapotának jellemzése során

A művelés utáni lebontó folyamatokat a talaj legfelső 10 cm-es rétegének hőmérséklete befolyásolja leginkább (Birkás és Gyuricza, 2004). Amennyiben a hőmérséklet 10°C alá süllyed az eltérő műveletek emissziós értékei között nincs lényeges különbség (Caf, 2007). A levegő-, illetve a talajhőmérséklet változása pozitívan korrelál a talaj CO₂ kibocsátásával, a mikroorganizmusokra és a gyökéraktivitásra gyakorolt hatásuk révén (Wildung et al., 1975; Smith et al., 2003), majd egy maximumot elérve stagnál. Egyéb tényezők is befolyásolják a CO₂ emissziót,

melyek a talaj pH értéke, a tápanyagok mennyisége illetve a vegetáció aktivitása, azaz a gyökérlégzés és a heterotrofikus élőlények légzése (Fehér, 1954).

2.4.3. A talaj különböző nedvesség állapotai

Az Alföld szélsőségekre hajlamos természeti adottságai között megkülönböztetett jelentősége van annak a ténynek, hogy a talaj hazánk legnagyobb kapacitású potenciális természetes víztározója (Várallyay, 2005, 2006; Várallyay et al., 1980).

A térben és időben változatos nedvességforgalom sajátos talajnedvesség-szabályozást igényel (Ligetvári, 2006; Pálfi, 2000; Somlyódy, 2002; Várallyay, 2006): a felesleges vizek elvezetését, a hiányzó víz pótlását.

A talajvízháztartás szabályozásának lehetőségeit és módszerei, illetve annak környezeti hatásait Várallyay (2007) összefoglalta.

A talaj respirációs rátája szoros, közvetlen összefüggést mutat a talaj nedvességtartalmával (Orchard és Cook 1983). Ez az összefüggés a textúrájukban különböző talajokra is igaz (Thomsen et al. 1999). A talaj széndioxid kibocsátása a nedvességtartalom növekedésével szignifikánsan nő, majd egy maximum értéket elérve stagnál. A nedvességtartalom és a mikrobiológiai aktivitás összefüggését mutatja az is, hogy számos tanulmány foglalkozik a száraz talajban a gyors benedvesedés után a széndioxid termelés hirtelen bekövetkező növekedésével (Franzluebbers et al. 2000, Soulides és Allison 1961). A benedvesítés után a széndioxid termelődés gyakran 500 %-kal is megnövekedhet a folyamatosan nedvesen tartott talajállapothoz képest. Ez a megnövekedett CO₂-termelés általában 2-6 napig tart. Mivel a felszín közeli talajrétegek nedvességtartalma szezonális dinamikát mutat, ezek a rövid tartamú impulzusok nagyon sokféle talajra jellemzőek (Fierer és Schimel, 2003).

A talaj nedvességtartalom és a mikrobiológiai aktivitás összefüggését elemezve Skopp et al. (1990) megállapítják, hogy az aerob mikrobiológiai aktivitásnak számos fizikai korlátozója van. E két paraméter összefüggését optimum (haranggörbével) lehet jellemezni. A nedvességtartalom növekedésével a mikrobiológiai aktivitás maximumának elérése után éppen az oxigén diffúziójának csökkenése jelenti a legfőbb korlátot.

Időszakos felületi vizek

A talaj vízbefogadó képességét akkor lehet agronómiailag kielégítőnek nevezni, ha a felszínre érkező valamennyi esőcsepp a talaj érintkezési helyén raktározódik a

gyökérzónában, vagyis a víz az eső alatt és utána csak vertikálisan mozog. Így az időszakos felületi vizek kialakulásáért. Ravasz (1976) szerint elsősorban a talaj a felelős és nem az éghajlat. Lipták (1980) megállapítása szerint a csapadékvizek helyben történő beszivárgása szempontjából a télvégi, kora tavaszi időszak tekinthető kritikusnak, mivel ekkor a talajszelvény felszín közeli rétegei rendszerint a szabadföldi vízkapacitásig telítettek.

A belvíz-veszélyeztetettség alapvetően kétféle módon határozható meg. Egyrészt a belvíz előtések gyakorisági értékének nagyságaként (Pálfai, 1994), másrészt a belvizet kiváltó – időben és térben viszonylag állandó – tényezők együttes hatásának mértékeként (Bíró és Thyll, 1999). A belvíz kialakulását befolyásoló tényezők kategóriarendszerét Bíró et al., 2002-ben publikálták.

A mezőgazdasági művelés alatt álló szántó területeken megvalósuló felszíni vízmozgások kialakulásnak megakadályozásában, illetve az elfolyó vizek mennyiségének, valamint az elfolyás sebességének mérséklésében rendkívül nagy szerepet játszik az okszerű, megfelelő eszközökkel és időpontban végzett szakszerű talajművelés (Kemenesy, 1972; Ravasz, 1976; Nyiri, 1993; Tamás, 2013).

A művelés megváltoztatja a talajban a vizet visszatartó és vissza nem tartó pórusok arányát. A talajművelés egyben a hőgazdálkodást is szabályozó beavatkozás, mivel a talajok hőgazdálkodása és vízgazdálkodása között szoros kapcsolat áll fenn (Szász, 1988).

A párolgási veszteség mérséklése

Vannak olyan talajművelési beavatkozások, amelyeknek elsődleges célja a talaj nedvességforgalmának befolyásolása, a talaj vízfelvevő és víztartó képességének növelése. Nyiri (1997) a nedvességmegőrzés szempontjából két fontos alapműveletre hívja fel a figyelmet:

- a nyáron és kora ősszel betakarítandó növények tarlójának meghántása,
- a tavaszi vetésű növények talajának őszi szántása.

A párolgási veszteségek, illetve az aszálykár mérséklésére irányuló törekvések egyik sarkalatos pontja a talaj nedvességforgalmának befolyásolása az evaporáció csökkentésén keresztül. A talajfelszín evaporációja a hőforgalmon, a talajnedvességen, a levegő páratartalmán és a felszín feletti légmozgáson kívül a talaj fizikai tulajdonságaitól is függ (Wijk, 1963).

2.5 Az indikátorok terepi méréseinek megvalósítása

A talaj szén-dioxid koncentrációjának mérése során a térbeli- és az időbeli lehatárolás kiemelkedő fontossággal bír. A gázemisszió meghatározására Barótfi (1991) és Zsembeli et al., (2008) két megoldást említ a kibocsátott gázok mennyiségi (kvantitatív) meghatározására. Az első az emisszió meghatározása műszaki számításokkal. A másik lehetőség a gázemisszió mérése.

A műszaki számításokkal végzett gázemisszió-meghatározás a méréseknél egyszerűbb, ugyanakkor a kapott eredmények jóval pontatlanabbak. Három fő csoportba sorolhatjuk a műszaki méréseket: anyagmérlegek, fajlagos, empirikus adatok, gyors elemzések.

A gázelemző rendszerek lehetnek fix telepítésűek és mobil rendszerek. Működési elvük szerint több csoportba sorolhatjuk ezeket: hővezetési elven működő gázanalizátorok, paramágneses elven működő gázanalizátorok, infravörös elven működő gázanalizátorok, ultraibolya sugárzás elve alapján működő gázanalizátorok, elektrokémiai elven működő gázelemzők, villamos vezetőképesség elvén működő gázanalizátorok. Kisléptékű térbeli variabilitás nyomon követésére elsősorban különböző méretű és alakú, nyílt vagy zárt rendszerű kamrás technikával (Angell és Svejcar 1999; Pumpanen et al., 2004), esetenként mikrometeorológiai módszerrel (Verma, 1990), de talajminták laboratóriumi elemzésével is.

2.5.1. A talaj CO₂ gázkoncentrációjának mérése, illetve az emisszió meghatározása

Vannak olyan mérőműszerek, mérőállomások folyamatos monitoring tevékenységet tesznek lehetővé, ezekkel valósul meg leginkább az optimálisához közeli időbeli keret kiválasztása. A talaj CO₂ gázcseréjének folyamatos mérése komoly metodikai probléma, annak ellenére, hogy évek óta végeznek ilyen jellegű vizsgálatokat.

CO₂-emisszió meghatározása oxigénfogyasztás elvén

1975-ben Wilson és Griffin a mikroorganizmusok oxigénfogyasztásának mérésével becsülték a CO₂ keletkezését egy elektronikus respirométer és a hozzá csatlakozó nyomáskompENZÁTOR segítségével.

Alkáli abszorpciós módszer

Másik módszer az alkáli abszorpciós módszer, amely esetében egy lúgos oldatban vagy anyagban (általában NaOH, KOH vagy szódamész) elnyeletik a CO₂-ot, amely adott idő alatt fejlődik egy statikus kamrában. A keletkezett mennyiséget az oldat súlygyarapodásából (Singh és Gupta, 1977; Rochette és Flanagan, 1997) vagy a maradék lúg sósavas titrálásával (Wildung et al. 1975) számítják ki.

CO₂-kibocsátás meghatározása gázkromatográfias módszerrel

Emmett et al. (2004) gázkromatográfias módszerrel mérték a kamrában keletkezett CO₂ mennyiségét. Ugyanezt a módszert alkalmazta Orchard és Cook (1983).

Kamrás módszer

Szántóföldi körülmények között a gázemisszió meghatározására a legelterjedtebb technika a hagyományos kamrás módszerrel történő mérések (Ambrus et al. 1993). Azonban a CO₂ gázcsere mérésére többféle kamrás módszer ismeretes (Oechel et al., 1998; Angell és Svejcar, 1999; Steduto et al., 2002; Pavelka et al., 2004). Ekkor a gázcserét a kamra alapterületére vonatkoztatva a benne időegység alatt végbement CO₂-fogyásból (nyelő aktivitás) vagy –dúsulásból (forrás aktivitás) határozzuk meg. Már régóta használatosak (Reicosky és Peters, 1977), azonban számos kritika jelent meg az alkalmazásuk során tapasztalható problémákról („kamra-hatás”: megváltozott hőmérséklet, radiáció és légáramlás a kamrán belül, nem folytonos adatgyűjtés (Leuning és Foster, 1990; Dugas et al., 1997). Ezzel szemben a módszer előnyei a következők:

- pontosan tudjuk, a mért áram eredetét, illetve, hogy hová irányul (Rayment és Jarvis, 2000), míg a mikrometeorológiai módszerek esetében ennek meghatározása nehézségekbe ütközik (Pintér et al., 2006);
- a mikrometeorológiai módszereknél lényegesen olcsóbbak, és
- alkalmasak a vegetáció kisléptékű működésének vizsgálatára.
- biztosítja a folyamatos mérés lehetőségét, így a napi dinamika meghatározását.

A szabadföldi körülmények között a mintavételi és analitikai korlátok miatt sokkal jellemzőbbek a heti vagy havi intervallumokra meghatározott emissziós értékek (Moiser, 1989).

Jelenleg a szabadföldi gázemissziós mérések legkorszerűbb technikai megoldását az automatikus, folyamatosan mérő, analitikai egységgel felszerelt, nagyméretű kamrákkal

ellátott berendezések jelentik. Egy ilyen berendezésről számol be Ambrus és Robertson (1998). A műszer két és félpercenkénti gyakorisággal méri a CO₂- és N₂O-koncentrációt fotoakusztikus infravörös spektrométeres analitikai egységének segítségével.

Talajemissziós mérőmódszerek közül főleg erdei körülmények között széles körben alkalmazták Lotfield et al. (1992) a duplafalú kerettel ellátott kamrát, ők a Hutchinson és Moiser (1981) által kifejlesztett eszközt fejlesztették tovább, úgy hogy erdei körülmények között is alkalmas legyen a mérésekre. A szerkezet inzertációja kisebb, így a gyökerek kisebb mértékben károsodnak, valamint a kettős keret által létrehozott pufferezóna jobb szigetelést biztosít.

Hengeres módszer

A Debreceni Egyetem Karcagi Kutatóintézetének OMTK kísérleti területein Nagy (2004) a hengeres (cilinderes) módszert alkalmazta, melyet Zsembeli et al. (2005) fejlesztettek ki. Kísérletünk során mi is ezt a megoldást használtuk. Az eltérés a két mérési módszer között, hogy mi a növény gyökérlégzéséből származó szén-dioxid-kibocsátásának kiszűrését a vizsgált terület növénytakarójának mechanikai eltávolításával értük el.

Keretes módszerek

Ma ez a legelterjedtebb módszer. Lehet nyílt és zárt rendszerű (Iritz et al., 1997, Pumpanen et al. 2004). A piacon jelen lévő automata rendszerek (ADC; LICOR; Pavelka et al., 2004; Luo és Zhou, 2006) többnyire zárt rendszerű mérési módszerrel dolgoznak, nyitó-csukó szerkezettel ellátott kamrák. A Licor-6400 infravörös gázanalizátor és a hozzá tartozó talajlégzés-mérő zárt rendszerű kamra, zárt rendszerű nyomáskiegyenlített mérést tesz lehetővé (LICOR, 2005).

A nyílt rendszerű kamrás talajlégzés-mérés nem elterjedt módszer (Iritz et al., 1997, Fang és Moncrieff, 1996), mivel használata során komoly nehézségek merülhetnek fel. Ezek közül is a legfontosabb, hogy nyílt rendszer esetén vagy a kamrába fűjjük be, vagy onnan szívjuk ki a levegőt, ennek hatására a kamrán kívüli nyomáshoz viszonyítva az első esetben pozitív, a másodikban negatív nyomás lép fel a kamrában.

Tóth és Koós (2006) kifejlesztett egy saját keretes módszerre alapozott mérési technikát, amelyhez hasonlót fejlesztett ki Zsembeli et al. (2006). Emellett a DE KKI kísérleti területein Kovács és Szöllősi (2008) a talaj szén-dioxid emissziójának mérésére szolgáló eszközök mérőhelyspecifikus vizsgálatával foglalkozott. Gyepterületeken a

nagykeretes-, míg szántóföldi körülmények között a kiskeretes módszert és a hengeres módszert alkalmazták.

A komplex talajművelési kísérletben és a műtrágyázási kísérletben használt 950 cm³-es PVC csövek a gyepvel borított talajfelszínre nem alkalmasak, mert a műanyag csöveknek a szikes legelő kemény talajába való süllyesztése gyakorlatilag lehetetlen. A mérések kivitelezésére Zsembeli et al. (2006) kifejlesztett egy úgynevezett nagykeretes (fémkeret + mérőedény) módszert, amely alkalmas a legelő (gyepvel borított talajfelszín) CO₂-emissziójának mérésére. Az élezett szegélyű fémkeret talajba süllyesztése és a fémkereten kiképzett vályús perem vízzel való feltöltése biztosítja a légmentes izolációt. A speciálisan gyepfelszínre kialakított nagykeretes módszert a növényállományban való mérésekre nyilvánvalóan nem praktikus – elsősorban méretei miatt (sortáv) – ezért egy ugyanilyen, de kisebb méretű szettet készítettek (Kovács és Zsembeli 2007) a növényállományokba, illetve a tarlókon való emissziós mérések kivitelezéséhez. Így egy könnyen szállítható és kezelhető szettet kaptak. Azóta Szöllősi et al. (2007) a talaj CO₂ emissziójának mérése során a kiskeretes módszert alkalmazza a DE KKI komplex talajművelési kísérletében.

Mikrometeorológiai módszer

Történtek már kísérletek mikrometeorológiai módszerrel történő talajlégzés-mérésre is. A mikrometeorológiai módszerek, mint az eddy kovariancia is, az ökoszisztémák produktivitását mérik, tehát a fotoszintézis és a légzés nettó eredményét. Mindemellett a mikrometeorológiai módszereknek megvan az az előnye a kamrás módszerekkel szemben, hogy a talajfelszín környezetében nem okoznak változást, valamint a talaj CO₂ kibocsátását hosszan és folyamatosan tudják mérni és nagyobb területet fednek le, mint az a kamrás módszerekkel megvalósítható (Verma, 1990). A mikrometeorológiai állomások alkalmazásának azonban alapvető feltétele a légköri egyensúlyi állapot. A talajfelszín és a mérési magasság között megtalálható vegetáció befolyásolhatja a kibocsátásokat. Ilyen műszer az EC 150.

Távérzékelés és modellek felhasználása

Több kutatás irányult a mérések, a távérzékelés és modellek felhasználásával kialakított becslési eljárások kidolgozására (Mielnick és Dugas, 2000; Raich et al., 2002; Miglietta et al., 2007).

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1. Kísérleti területek bemutatása

Az agrár-környezeti indikátorokra alapozott kutatásaimat Debrecenben és Karcag térségében végeztem. Mindezeket a laboratóriumi vizsgálatokból kiindulva, a táj szintű modellezéssel bezárólag terjesztettem ki.

3.1.1. *A debreceni mintaterület agrár-környezeti adottságai*

Klíma adottságok

A Debreceni Egyetem MÉK Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet területének éghajlatára a Dél-Nyírség kistáj sajátosságai jellemzők. A mérsékelt hűvös és meleg kistájon az évi középhőmérséklet 9,6-9,8 °C, a nyári félévé pedig 16,5 °C. Az évi abszolút hőmérsékleti maximumok átlaga 33,7-34,0 °C, míg a téli abszolút minimumoké -17,0 és -17,5 °C közötti, de nyugaton csak -16,5 °C körüli. Az évi napsütéses órák száma 2000, mely nyáron mintegy 810 óra, míg télen 175 – 180 óra körül alakul.

A táj nagy részén a csapadék évi összege átlagosan csak 560-590 mm. Az ariditási index értéke 1,19-1,25. Az uralkodó szelek az ÉK-i, de emellett É-i és D-i kb. azonos gyakorisággal jelentkeznek. Az átlagos szélesség kevéssel 3,0 m/s alatti (Marosi és Somogyi, 1990).

A terület talajtani viszonyai

A mozaikos Dél-Nyírség kistáját (1200 km²) lényegében a homoktalajok uralják (80 %). Mezőgazdasági szempontból csaknem terméketlen futóhomokok 56 %-ot, a humuszos homoktalajok 16 %-ot, a kovárványos barna erdőtalajok 8 %-ot tesznek ki. A löszös felszíneken – főleg a kistáj szegélyein – kis kiterjedésben (1 %) réti és mélyben sós réti csernozjom talajok, sztyeppesedő réti szolonyecek (szoloncsák, réti szolonyecek) képződtek. A löszös mélyedések szikes talajai csak jelentéktelen kiterjedésűek (< 0,5 %) (Marosi és Somogyi, 1990).

A Debreceni Egyetem Víz és Környezetgazdálkodási Intézet mögötti kísérleti terület talaját megvizsgáltam; feltártam a talajszelvényt, valamint a parcellákról fúróval 20 cm

mélységből átlósan, részmintá gyűjtéssel pontmintákat vettem, amiket nylonzacskókba tettünk az adott parcella kódjával együtt.

A talajszelvény az *1. melléklet* tartalmazza. A kísérlet során vizsgált terület genetikai talajszintjeinek laboratóriumi körülmények között végzett számításainak paramétereit összegezve a *2. melléklet* tartalmazza.

Hidrológiai viszonyok

A csapadékos időszak belvizeit több, mint 1000 km-es csatornahálózat vezeti le. A talajvíz mélysége 2-4 méter között található. Mennyisége jelentéktelen. Kémiai jellege Nyíradony-Nyírábrány között nátrium-, máshol kalcium-magnézium hidrogénkarbonátos. Keménysége Debrecen körzetében 45 nk° feletti (Marosi és Somogyi, 1990).

3.1.2. Karcag és térségének agrár-környezeti adottságai

A Debreceni Egyetem Karcagi Kutatóintézete és környéke a Nagyalföldön, a Közép-Tisza menté térségben, a Nagykunság kistérségben, a Szolnok-Túri Sík kistáj területén helyezkedik el, Jász-Nagykun-Szolnok megyében. A kistáj területe 1700 km² (a középtáj 23,3%-a, a nagytáj 3,3%-a). Földrajzi koordinátái: É 47° 23', K 20° 56', átlagos tengerszint feletti magassága 87 m Bf.

Karcag egy sekély lejtésű völgyben helyezkedik el. A terület fluvialisan átmozgatott, lösziszapos üledékekkel fedett egykori hordalékkúp-síkság. A felszín legnagyobb része alacsony ártéri és ármentes síkság (Marosi és Somogyi, 1990).

Klíma adottságok

A kistáj mérsékelt meleg-száraz, de közel fekszik a meleg-száraz éghajlatú területhez, a déli részek már igen szárazak. Az évi csapadék mennyiség átlagosan 480-500 mm között alakul. A vegetációs időszak csapadéka 280-290 mm körül van. Az ország legszárazabb vidéke ez a terület. A téli időszakban 32-34 hótakarós nap a jellemző. Az ariditási index 1,40-1,43. Az É-ÉK-i, illetve a déli a leggyakoribb szélirány; az átlagos szélesség 2,5 m/s körül van.

Karcagot és térségét kiemelkedő éghajlati szélsőségek jellemzik minden tekintetben. A hőmérsékleti ingadozások adják a kontinentális index legnagyobb értékeit

Magyarországon. Általában ez az ország legderültebb vidéke (az évi átlag 50 és 55 %). (Marosi és Somogyi, 1990)

Az évi középhőmérséklet 10,2-10,4 °C, a vegetációs időszak középhőmérséklete 17,3-17,4 °C. Az évi abszolút hőmérsékleti maximumok átlaga 34,4-34,7 °C, a legalacsonyabb minimum-hőmérsékletek pedig -17,0 és -17,5 °C között alakul. A napsütéses órák évi összege 2000-2100 között változik (Marosi és Somogyi, 1990).

Az alacsony csapadékmennyiségen kívül annak éves eloszlása is kedvezőtlen, de szélsőségesen magas csapadékmennyiségű évjáratok is előfordulnak. A potenciális evapotranszpiráció éves értéke meghaladja a 700-800 mm-t. A térséget egyaránt sújtja az árvíz, belvíz, valamint az aszály. Az évi vízhiány a kevés csapadék és a meleg nyár miatt itt a legnagyobb az országban (Marosi és Somogyi, 1990).

Talajtani viszonyok a térségben

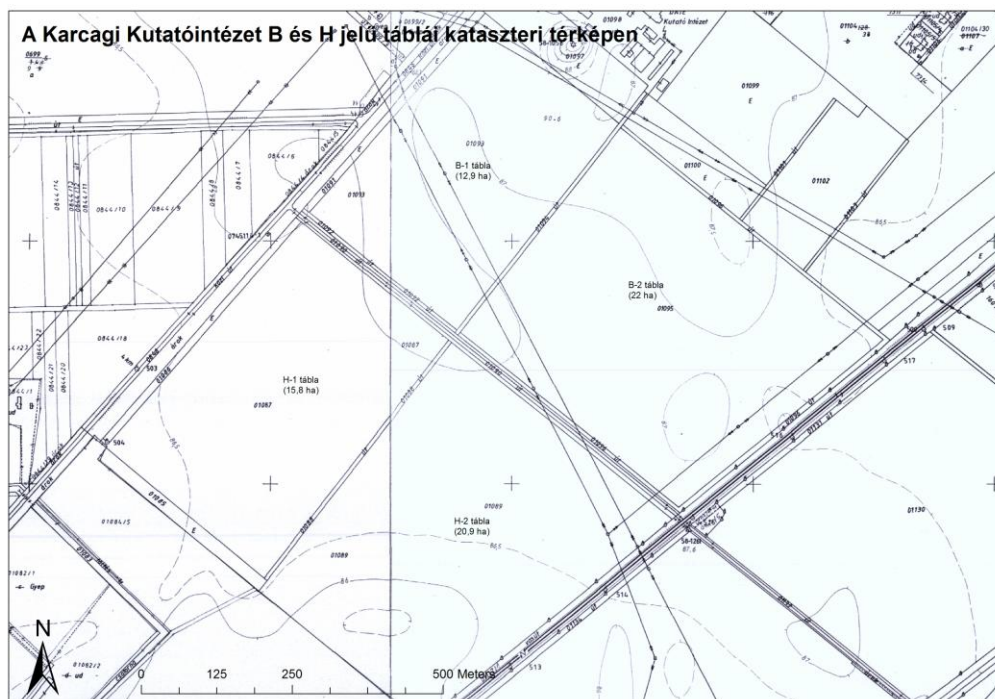
A zömmel löszös üledékeken 9 talajtípus alakult ki. A legnagyobb kiterjedésűek a kedvező mezőgazdasági adottságú alföldi mészlepedékes és a réti csernozjomok, 12 illetve 34%-os területi részaránnyal a Szolnok- Túri sík (1700 km²) teljes területéből. Vályog és agyagos vályog mechanikai összetételű.

A mélyben sós réti csernozjomok 4%-ot, a mélyben szolonyeces réti csernozjomok pedig 2%-ot tesznek ki (Marosi és Somogyi, 1990).

A talajvízhatás alatti mélyebb fekvésű területek kiterjedt (15%) talajtípusát az agyag, vagy agyagos vályog mechanikai összetételű réti talajok és kisebb kiterjedésben (3%) a fiatalabb, kisebb humusztartalmú réti öntés talajok képviselik. A réti talajok csökkent termékenységét erősen savanyú kémhatásuk indokolja, ami miatt meszelésük szükséges (Marosi és Somogyi, 1990). Emellett a termés csökkenés hátterében szerepet játszik a nagy agyagtartalom, levegőtlen, nehezen művelhető talajállapot is.

A szikes talajok mennyisége is számottevő. A mezőgazdaságilag értéktelen réti-szolonyec talajok területi részaránya 9%, az igen gyenge termékenységű sztyepesedő réti szolonyecé 8%, a szolonyeces réti talajoké pedig 13% (Marosi és Somogyi, 1990).

A Debreceni Egyetem Karcagi Kutató Intézet vizsgálati területén a talaj típusa mély humusz rétegű, mélyben szolonyeces réti csernozjom. A talajképző kőzet vályogos agyag textúrájú infúziós lösz. A talaj CO₂ emisszió napi dinamikájának vizsgálata az intézet liziméter telepén történt, ahol a területre jellemző talajjal lettek feltöltve a liziméterek. A szántóföldi kísérletek táblája a H-1 tábla (1. ábra), mely földrajzi koordinátái: É 47° 23', K 20° 56', átlagos tengerszint feletti magassága 87 mBf.



1. ábra B és H jelű táblái (Forrás: DE KKI)

A talaj szelvénye az alábbiak szerint épül fel:

A_{sz} 0-30 cm: sötétbarna, vályog, poliéderez szerkezet, sok gyökér, fokozatos átmenet

A₁ 30-50 cm: feketésbarna, agyagos vályog, kifejezettebb poliéderez szerkezet, kevesebb gyökér, éles átmenet

B 50-84 cm: világosbarna, vályog, morzsás szerkezet, csökkenő humusztartalom, karbonátos, folyamatos átmenet

BC 84-120 cm: még világosabb szín, agyagos vályog, mészkiválások, kevés gyökér 110 cm-ig, fokozatos átmenet

C 120 cm-: sárgás szín, agyag, vasborsók, nincs gyökér.

A mintavétel talajának jellemzőit a 4-6. mellékletekben foglaltam össze. A feltalaj kémhatása gyengén savanyú, az A-szintben azonban jelentős hidrolitos aciditást mutat, amely a szénsavas mész megjelenésével a 40-50 cm-es rétegtől megszűnik. Mérhető mennyiségű szóda az 50 cm alatti rétegekben van. Az Arany-féle kötöttségi szám alapján a talaj Stefanovits (1981) szerint a vályog, illetve agyagos vályog textúra-kategóriákba sorolható, e paraméter értékei a szelvényben lefelé haladva fokozatos növekedést mutatnak. Az összes sótartalom a vizsgált szelvényben gyakorlatilag nem változik.

Hidrológiai viszonyok – Talajvíz viszonyok

Karcag térségében többnyire eléggé magas talajvízszintek észlelhetők, mivel közel van a felszínhez az első vízzáró réteg. A talajvíz mélysége Karcag – Kisújszállás – Túrkeve körzetében 2 – 4 m között, máshol 4 – 6 m között. Kémiai jellege Fegyvernektői Keletre, Karcag és Kisújszállás között, de elszórtan máshol is, főleg a Hortobágy – Berettyó mellékén nátrium-, máshol kalcium-magnézium-hidrogénkarbonátos (Marosi és Somogyi, 1990). A térségben üzemelő talajvízszint észlelő kutak számát és alapadatait a 7. *melléklet* foglalja össze.

Összességében elmondható, hogy a talajvízállás éves menetében a maximális talajvízszintek a III-IV. hónapban állnak elő, míg a minimális talajvízszintek a XI. hónapban észlelhetők. A tavaszi maximális talajvízszinteket főleg a télen hullott csapadék mennyisége befolyásolja. A talajvíz kutak idősoros vizsgálatával, bizonyos időközökre lebontva a talajvízfelszín 3D-s felületét elkészítve, térinformatikai műveletekkel kijelölhetőek a depressziók, és akumulációk helyei. Ezt érdemes összevetni a DTM-mel. Ezek, későbbi beavatkozások előtti tervezésben, döntés előkészítő szereppel bírhatnak (Versegi, 2007).

3.2. Az agrár-környezeti indikátorokhoz kapcsolódó kezelések

Több hektáros, növényzettel fedett felszín hő, CO₂ és egyéb gázok fluxusainak vizsgálatát Magyarországon először Haszpra László és munkatársai kezdték el 1994-ben (Haszpra és Barcza, 2005).

A Debreceni Egyetem Karcagi Kutató Intézet munkatársai 2002 óta folytatnak a talaj szén-dioxid emissziójának meghatározását célzó vizsgálatokat, szoros együttműködésben a Debreceni Egyetem, MÉK, Víz- és Környezetgazdálkodási Intézetével, mely 2006 nyarán kapcsolódott be a fenti kutatásokba. A mérések egy részét a DE Karcagi Kutató Intézetének liziméter állomásán végeztem.

3.2.1. *A növényborítás hatása a talaj állapotindikátorainak napi dinamikájára tenyészedényes kísérlet kezelése*

A napi hatásokat 6 átfolyóvízes liziméterben végeztem a Karcagi Kutató Intézet liziméter telepén. A mérés ideje alatti meteorológiai adatokat a 8. *melléklet* tartalmazza. A liziméterek beállított vizsgálati kezeléseit a 9. *mellékletben* foglaltam össze.

3.2.2. A talajművelés és a tápanyagellátás hatásainak kimutatására irányuló kisparcellás kísérlet kezelései

A kísérlet méréseit 2008. július 28-tól 10 napon keresztül végeztem a Debreceni Egyetem, Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet területén. Az eredményeket detektáltam a különböző talajkezelési eljárásokra vonatkozóan. A szakirodalom szerint az egyes beavatkozások által okozott hatásokat, a beavatkozást követő 10 napos peridusban lehet leginkább kimutatni (Fierer és Schimel, 2003). Én a vizsgálati időszaknak 12 napos időintervallumot választottam, a méréseket mindig délelőtt fél 9-től kezdtem. Az előidézett környezeti behatásokat a kísérlet beállítását követő napon kezdtem nyomon követni.

Kontroll kezelésnek a kezeletlen felszínű talajt vettem. Növényi állomány nem volt, hogy a növényi állomány élettani tevékenysége ne befolyásolja a kísérlet kimenetelét. Négy ismételtesben vizsgáltuk a talaj üvegházhatású gázainak kibocsátását négy különböző talajállapot esetén (*10. melléklet*). Minden ismételteshez tartozott egy kontrollmérés is.

A lazítás munkaműveletet a kísérlet során kapálással, a 20 cm-es forgatást 1-szeres ásómélységgel, míg a 40 cm-es forgatást kétszeres ásómélységgel értem el.

A talaj el nem munkálásával rögzös talajfelszínt hoztuam létre, ha gereblyés elmunkálást végeztem, abban az esetben aprómorzsás talajállapot alakult ki. A taposás által okozott tömörítő hatást, illetve a hengerekkel való zárást – mely szintén erős tömörítő hatású – mechanikailag végeztem el.

Az 150 N esetén a hatóanyag-tartalom 150000 g, a hektáronkénti szükséges hatóanyag 100 000 g/ha, így 1 m² területre 100 g műtrágya jut, amelyből következik a 15 g/ m²-es hatóanyag-tartalom.

3.2.3. Szántóföldi kísérlet kezelései

2007. év

A Debreceni Egyetem Karcagi Kutatóintézetében 2002. óta folynak a talaj CO₂-emisszióját vizsgáló kutatások, melyeknek célja szabadföldi körülmények között történő mérésel bepillantást nyerni azokba a folyamatokba, melyek eredményeként a talajban CO₂ keletkezik, elnyelődik, illetve az atmoszférába távozik. Ezekbe a mérésekbe 2007-ben kapcsolódtam be. A méréseket a Debreceni Egyetem Karcagi Kutatóintézetének két kísérleti területén végeztük, a H-1 (*1. ábra*), valamint az I-2 jelű táblán. A H-1 jelű táblán egy 1997-ben beállított komplex talajművelési kísérlet folyik.

2007-ben konvencionális (forgatásra alapozott) és redukált talajművelési rendszerekben vizsgáltuk a talaj CO₂ emisszióját. Miután a repce (H-1) betakarítása megtörtént, a tarlón maradt területen mértük a CO₂ koncentrációt. A tábla mérete 15,8 hektár, felosztása, az alábbiak szerint alakul.

Hagyományos	34m x 480m	1,63ha,	Hagyományos	33m x 480m	1,58 ha
Redukált	114m x 480m	5,47ha,	Redukált	114m x 480m	5,47ha

A lehetséges antropogén eredetű környezetterheléseket talajművelési rendszerként és technológiai elemenként értékelem a 2005/2006-os gazdálkodási évtől kezdődően a 2008/2009-es évig bezárólag. Minden területen száraz művelést folytatnak.

A másik talajművelési kísérleti terület (I-2) újonnan lett beállítva az előző évben, melynek keretében szintén direktvetéses, emellett a mulcsolásos redukált művelést hasonlítottuk a hagyományos, forgatásra alapozott műveléshez. A területen előzetesen őszi árpa volt, annak betakarítása után a tarlót az alkalmazott művelési eljárásoknak megfelelően kezeltük.

A tábla kezelése és felosztása:

Hagyományos	73,3 x 480 m
Direktvetés	72,2 x 480 m
Mulcs+Direktvetés	65 x 480 m
Szecs-kázott szalma+direktvetés	33 x 480 m

A hagyományos művelés esetében a szármaradványok bebálázva a parcelláról elkerültek, majd a magágykészítés után került sor a köles másodvetésére. A direktvetéses kezelések esetében három különböző módszert alkalmaztunk a növényi maradványok területen való hagyását (mulcs), eltávolítását, illetve a mulch-tiller-es kezelést tekintve. Ez a kísérlet nem folytatódott a követő években.

2008. év

A területen őszi árpa termesztése folyt, annak betakarítását követően a tarlót az alkalmazott művelési eljárásoknak megfelelően kezeltük: a hagyományos művelés esetében a szármaradványok bebálázva a parcelláról elkerültek, míg a redukált művelés esetében a szalma a talaj felszínén maradt.

2009. év

Két parcellán napraforgó, kettőn pedig őszi árpa termesztése volt. 4 parcellán 2 növényfaj vetésváltásban került termesztésre. Az őszi árpa szármaradványát a hagyományosan művelt területen bebálázták, míg a redukált művelés esetében a szalma a talaj felszínén lett hagyva.

3.3. Az alkalmazott vizsgálati módszertan az agrár-környezeti indikátorok meghatározására

3.3.1. A talajélet aktivitás indikátor mérése

A talajlégzés meghatározásához az infravörös elven működő eljárást alkalmaztam, mely azt a jelenséget használja ki, hogy a különböző atomokból álló (heteroatomos) gázok az infravörös sugárzást is, minden egyes gáz esetében jellegzetes sávokban elnyelik. Az infravörös sugarak elnyelése függ az infravörös sugarak hullámhosszától, a gázok fajtájától, valamint a gázréteg vastagságától. Nincs két, egymástól különböző összetételű gáz, amelynek áteresztési görbéje azonos lenne (Burai, 2005).

A talaj-növény rendszerben a különböző szén-dioxid kibocsátások elkülönítése fontos a szénmérleg vizsgálatoknál, a szénallokációs és szénelnyelési kutatásoknál is, mert szakirodalmak szerint a talaj megfigyelt CO₂ kibocsátásának nagy részét a gyökérlégzés teszi ki (Lelleiné Kovács, 2008). Emiatt a méréseket a betakarítást követően kezdtük el, hiszen a betakarítást követően leáll a termesztett növény gyökérlégzése, azonban a talajművelés hatásai kimutathatóak. Így csak azt a CO₂-tartalmat mértük, amely a mikroorganizmusok életműködéséből származott.

A kisparcellás kísérlet mérési körülményei

A CO₂ gázt az Oldham MX 21 PLUS francia gyártmányú, hordozható multigáz érzékelő gázanalizátorral. A gázokat speciális érzékelő cellák segítségével érzékeli a műszer. Pontossága 1,5 %. A térfogatszázalékban mért értékeket átszámoltunk g*m⁻²*h⁻¹ mértékegységű CO₂ emisszióra.

A mérés során alkalmazott hengerek a kereskedelmi forgalomban is kapható 110 mm átmérőjű PVC csövek 200 mm hosszú darabjait használtuk. A hengereket 100 mm mélységig helyeztük a talajba, így a mintavételi tér 100 mm magas és 9 500 mm² felületű volt.

Ez a megoldás már az előzőekben is bevált a Debreceni Egyetem Karcagi Kutató Intézetének kísérleti területein végzett kutatásokban, a növényi gyökérlégzés kizárását a terület gyommentesen tartásával értük el. A szetteket négy ismételtsben állítottuk fel.

Mérés folyamata az alábbiak szerint történt: megmértem a hengerekben a talajfelszínen átáramló kezdeti CO₂-koncentrációt, légmentesen lezártam a hengereket, 60 perc után megmértem a végső (megemelkedett) CO₂-koncentrációt a szettekben.

A Kutatóintézet területein végzett mérések körülményei

Magyarországon Tóth és Koós (2006) is kifejlesztett egy saját mérési technikát, mely többé-kevésbé megegyezik a Zsembeli et al. (2005) által fejlesztettel, a fő különbség a gáz mintavétel módszerében és vizsgálatában van.

Karcagon egy egyedi, speciális eszközt fejlesztettek ki (Zsembeli et al., 2005), mely egy fémkeretből és egy műanyag edényből áll. Az élezett szegélyű fémkeret talajba süllyesztése (a 8 cm magas melyből 5,5 cm van a talajban) és a fémkereten kiképzett vályús perem vízzel való feltöltése biztosítja a légmentes izolációt. A műanyag edény térfogata 4000 cm³, a fémkeret átmérője 20 cm. Ez a szett már egy korábbi változat továbbfejlesztésével készült, így a tarlón való méréshez jobban megfelelő, könnyen szállítható és kezelhető eszközt kaptunk, mely eredményesen kiváltotta a korábban alkalmazott cilindres módszert (Zsembeli et al., 2005).

A méréseket zárt rendszerű kamrás módszerrel hajtottuk végre, valamint a rendelkezésünkre álló ANAGAS CD 98 típusú, angol gyártmányú készülékkel, mely az infravörös elven működő gázanalizátorok csoportjába tartozik. Sugárforrásul két egyforma, meghatározott fűtésű infravörös sugárzó szolgál, amelyek sugárzását egy motorikus hajtású blendekeg azonos fázisban modulálja. Az infravörös elven működő gázelemzők kizárólag vegyületek elemzésére alkalmasak.

A gázemisszió meghatározására szolgáló módszerek közül a koncentrációkülönbségből számított áramlás meghatározásán alapuló módszert alkalmaztam.

A mérés folyamata és a talajélet indikátorának számítás

Először mértem egy kezdeti CO₂ koncentrációt. Légmentesen lezárjuk a fémhengereket. Megmérjük a levegő és a talaj hőmérsékletet, valamint a talaj nedvességtartalmát. A 30 perces inkubációs idő lejártá után ismét megmértem a CO₂ koncentrációt. Ezt követően a három ismételtsből kapott koncentrációs értékből

számítottuk a talaj szén-dioxid emisszióját egységnyi területre és időre vetítve. A számított emissziókat átlagoltuk. A kapott adatokból adatbázist hoztunk létre a Microsoft Office Excel segítségével. Így a mért ppm mértékegységű CO₂ koncentrációs adatokból szén-dioxid emissziót számítottunk, mely mértékegysége g*m⁻²*h⁻¹.

A mérési adatokból egy EXCEL alapú adatbázist hoztunk létre. A CO₂-emissziós értékek meghatározásához Zsembeli et al. (2005) alapján a következő képletet alkalmaztuk:

$$F = d * (V/A) * (C_2 - C_1)/t * 273/(273 + T)$$

ahol

F = CO₂-emisszió (g m⁻² h⁻¹),

d = a CO₂ térfogattömege (1,96 kg m⁻³),

V = a henger talajszint feletti térfogata (m³),

A = a mérési felület (m²),

C_1 = a kezdeti CO₂-koncentráció (m³ m⁻³),

C_2 = az inkubáció utáni CO₂-koncentráció (m³ m⁻³),

t = inkubációs idő (h),

T = a levegő hőmérséklete (°C).

3.3.2. Főbb abiotikus indikátorok mérése

A talaj CO₂ kibocsátásának mérése során, számos különböző tér- és időléptékű folyamat együttes eredményét mérjük. Ezek a folyamatok a környezet változásaira eltérően válaszolhatnak: pl. az olyan abiotikus tényezőkre, mint a hőmérséklet vagy a talajnedvesség, a gyökérszövet élettani folyamatai eltérően reagálhatnak, mint a mikrobáké (Boone et al., 1998), így nehéz ezekre a folyamatokra, de még közös eredőjükre is adekvát megállapításokat tenni.

A kezdeti mérésekkel szinte egyszerre végeztem el a levegő és a talaj hőmérsékletének 5 cm és 10 cm mélységben a mérését egy TESTO 925 nevű digitális hőmérő segítségével. A műszer a mért értékeket digitális kijelzőn jelzi; a kapott értékek lehetnek °C-ban, vagy °F-ban megadva. A TESTO 925 mérési tartománya igen tág határok között mozog: -50 és 100 °C között. A műszer 0,3 tizedes pontosságú.

A talaj aktuális nedvességtartalmát egy TRIME-FM típusú szonda segítségével határoztam meg a talaj felső 150 mm-es rétegében. A mérések előtt a műszert be kell kalibrálni. A bekalibrálás után a START gomb megnyomásával lehet a méréseket elkezdeni. A TRIME-FM talajnedvesség és TDR (Time Domain Reflectometry)

mérésére egyaránt szolgál. A TDR is egyfajta mérőszáma a talaj nedvességtartalmának. Ez a módszer a rádiófrekvenciás elektromágneses hullám terjedési sebességének meghatározásán alapul. Az eljárás lényege az, hogy a kibocsátott rádióhullám mennyi idő alatt verődik vissza (reflektálódik) a talajminta ismert hosszán, így határozható meg a hullám talajban való terjedése. A talaj-víz rendszerben a víz dielektromos állandóját így meg tudjuk határozni, a dielektromos állandó értéke közvetlen összefüggésbe hozható a talaj nedvességtartalmával.

A kísérleti időszakban hullott csapadék nyomon követésére a WEATHERLINK VANTAGE PRO2 időjárás monitoring rendszer állt rendelkezésemre.

A fenti adatokra a CO₂-emisszió számításához van szükség, továbbá a talaj CO₂ termelése, a talaj és levegő hőmérséklete, valamint a talaj nedvességtartalma közötti összefüggések feltárásához.

A többi vizsgálati területen is ugyanezen az elven, de más eszköz infrastruktúra segítségével mértük a levegő hőmérsékletét, a talaj hőmérsékletét 5 cm, illetve 10 cm mélységben, a talaj nedvességtartalmát a felső 20 cm-es talajrétegben (HydroSense TM típusú talajnedvesség-mérő segítségével). A fentiekén túl a talaj penetrációs ellenállását és nedvességtartalmát „3T System” típusú elektronikus rétegindikátorral.

Ezekre az adatokra az emisszió kiszámításához, illetve a talaj CO₂ termelése, a talaj és levegő hőmérséklete, valamint a talaj nedvességtartalma közötti összefüggések feltárása végett van szükség.

3.3.3. Belvizes folt geodéziai felmérése

2010. július 21-22. között a DE Karcagi Kutató Intézet B-1 jelű tábláján 10 X 10 méteres felbontásban geodéziai felmérést készült, aminek a célja a belvizes folt részletes feltérképezése volt. A FÖMI által nyilvántartott hivatalos magasságpont a Kutatóintézet épületének oldalfalán található. A derékszögek kitűzését szögprizmákkal végeztük el. A magassági értékeket centiméteres pontossággal mértük fel. A térképes háttérrel az 58-124 számú topográfiai térkép biztosította. A pontos felmérés érdekében Trimble Uno típusú kézi GPS-t is használtunk, amire feltettem az ArcGIS 9.2 szoftverben elkészített shp fájlt a pontok térbeli rácshálójáról. Fix pont volt a táblán található magas feszültségű vezeték talppontja is. Az országos hivatalos földmérési pont a kutatóintézet főépületének oldalában található. Ez a 87 mBf volt a referencia magasság. CST Berger PAL26D típusú szintezőműszerrel, több műszerállás után jutottunk el a felmérni kívánt táblához a szintkülönbségek alapján korrigált magassági

értékkel. GPS és kifeszített mérőszalag alapján tűztük ki a 10 méteres szakaszokat, amelyekre teodolit segítségével állítottunk merőlegeseket. A négyzetek oldalainak, átlóinak lemérésével, illetve a szemközti oldalról visszaellenőriztük teodolittal a kitűzött pontok helyét, minimalizálva ezzel a mérési hiba mértékét.

A felmérést követően Excelben kiszámoltam az előre, hátra és részleolvasások értékeiből a pontmagasságokat. A térhelyes koordináták értékeit visszaellenőriztem a topo térkép alapján az északi és keleti irányú 10 méteres elmozdulások koordinátáinak és az arctan függvény felhasználásával.

A geodéziai felméréssel egy időben talajmintát vettem a belvíztől mentes szélső részről, a határterületről, ahol már csillogott a talaj a víztelítettség miatt (vízzel telített talaj), de a felszínen még nem volt vízborítás. A harmadik mintavételi pont a vízzel borított területről lett véve. Mindhárom esetben a 0-25 cm-es és a 25-50 cm-es mélységből átlagminta vételezés történt. A laboratóriumi körülmények között meghatározott talajnedvesség eseteiben 100-100 gramm talajmintát használtam fel.

A vízmintában a lemosódó komponensek közül elsősorban a nitrogén és a foszfor a meghatározó az eutrofizálódás szempontjából. A mintákat ELISA gyorsesztek segítségével vizsgáltam meg.

3.4. A mezőgazdasági növénytermesztés térségre gyakorolt hatásának értékelési módszertana

A vizsgált terület nagysága megegyezik a Karcag térségben lehatárolt belvízgyűjtő területtel. Minden Karcag térségére lehatárolt értékelő és elemző munkát, valamint térinformatikai előkészítő folyamatot és -műveletet erre a területre vonatkoztatva hajtottam végre egy a területet lefedő vektorizált poligon alapján. Nagysága 42 142,41 hektár.

3.4.1. A táj talajának szénkészlet változása IPCC módszer alapján

A DE Karcagi Kutatóintézetének munkatársai – Dr. Zsembeli József, tudományos főmunkatárs, vezetésével – évek óta részt vesznek az Európai Uniónak évente készített, erre a metodikára épülő országos ÜHG-leltár (NIR: National Inventory Report) elkészítésében, melybe szerencsém volt a 2008. évben bekapcsolódni. Az Országos Meteorológiai Szolgálatnál (a leltár készítésének koordinátora) tett látogatásom során ismerkedtem meg ezzel a metodikával.

A talaj szénkészletének változásra vonatkozó számításaimat az IPCC Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry – továbbiakban IPCC Útmutató - (Jó Gyakorlat Útmutató a Földhasználatra, a Földhasználat változására és az Erdészetre vonatkozóan) 2003-as kiadásában leírt módszertan szerint végeztem. Ez összhangban van a 2009/28/EK irányelv V. mellékletével, mely a talajban lévő kötött szén-készletek kiszámításával kapcsolatos iránymutatásról szól. A talaj szerves C-tartalma erősen függ a földhasználatától (Czóbel, 2007), így a kézikönyv segítséget nyújt a talaj földhasználatától függő szén-készlet változás mértékének becsléséhez. Alapja, hogy a földhasználat módosulásának következtében, az azt követő időszakban a talaj szénkészlete megváltozik.

A talaj szénkészletét egységesen és egyezményesen a felső 30 cm-es rétegben veszi figyelembe, és nem kalkulál a felszínen esetlegesen felhalmozódó növényi maradványok széntartalmával vagy a szervesetlen szén (pl. karbonát ásványok) változásával. Az alábbi összefüggést használja az útmutató:

$$\Delta C_{CC} = [(SOC_0 - SOC_{(0-T)}) * A] / T$$

$$SOC = SOC_{REF} * F_{LU} * F_{MG} * F_I$$

ahol

ΔC_{CC} = a talaj szénkészletének éves változása, t C év⁻¹

SOC_0 = a talaj szénkészlete a vizsgálati évben, t C év⁻¹

$SOC_{(0-T)}$ = a talaj szénkészlete a kiindulási évben T évvel a vizsgálati év előtt, t C év⁻¹

T = vizsgálati időszak, év (alapbeállítás 20 év)

A = a vizsgált terület nagysága, ha

SOC_{REF} = referencia szénkészlet, t C ha⁻¹

F_{LU} = a talajhasználat típusától függő készletváltozási faktor, dimenzió nélkül

F_{MG} = a talajművelési rendszertől függő készletváltozási faktor, dimenzió nélkül

F_I = a szerves C-inputtól függő készletváltozási faktor, dimenzió nélkül.

A növénytermesztéssel hasznosított területet a neki specifikusan megfelelő klíma-, talaj- és művelési rendszer kombinációjával jellemezzük. Az IPCC metodika 20 évet vesz alapul. Az IPCC felkérésére a Colorado State University Natural Resource Ecology Laboratory (Colorado Állami Egyetem Természeti Erőforrások Ökológiai Laboratóriuma) egy számítógépes programot (IPCC Soil Carbon Tool – a továbbiakban SCT) fejlesztett ki IPCC tool néven. Ez megjeleníti mindkét évre vonatkozóan a talaj

becsült szénkészletét (predicted carbon stock) MgC/ha dimenzióban ($t\ ha^{-1}$), továbbá az egy évre eső szénkészlet változás értékét (annual carbon stock change - MgC/ha/yr).

Beállítható az éghajlati zóna (climate region), az ország (country), illetve talajtípus. Utóbbi a WRB, vagy a USDA kategóriarendszerének felhasználásával.

Adott terület szénkészletének változását referencia szénkészletek és készletváltozási faktorok segítségével, egy adott éghajlati régióban, országban, kiválasztott művelési ágban (Land use type), talajművelési rendszerben (management system), a jellemző fizikai tulajdonságokkal rendelkező talajon (native soil type), és szervesanyag-gazdálkodás intenzitás (input level) mellett, MgC/ha dimenzióban ($t\ ha^{-1}$).

Ezen alapparaméterek ismeretében a program kiszámolja talaj meglévő szénkészletének (existing carbon stock) nagyságát (*10. melléklet*).

A területi adatok meghatározása

Az egyes alkategóriák területi kiterjedésének meghatározásához a KSH adatokat kombináltam a CORINE adatbázissal, mely utóbbi a 2000-es és 2006-os évekre vonatkozó felmérések eredményeit tartalmazza.

A talajtípusok meghatározása

A talajoknak az IPCC metodikának megfelelő besorolását több lépésben végeztem el. Először a magyar talajosztályozási rendszernek megfelelő talajtípusokba soroltam be Magyarországot az AGROTOPO (Magyarország talajainak digitális térképe) adatbázisra támaszkodva. Majd a talajok szervesanyag tartalma alapján is elvégeztem az Agrotopo adatbázis alapján a területek leválogatását. A fentieket lehatároltam a 2006. évi Corine CLC adatbázis szántó területeire.

A klímazónák meghatározása

Magyarország szántóinak klímazónák szerinti besorolását, az egyes éghajlati zónák területi kiterjedésének meghatározását az Országos Meteorológiai Szolgálat munkatársai végezték a Karcagi Kutató Intézet megbízásából. Az OMSZ-nál két IPCC metodika szerinti klímakategóriát neveztek meg, amelyek Magyarország teljes területét lefedik. Ezek a mérsékelt hideg, száraz és a mérsékelt meleg és száraz éghajlati kategória.

Hagyományos talajművelés

Ahhoz hogy fel lehessen mérni a talajok szénkészletének változását, meg kellett állapítani a hagyományos és a redukált művelés alatt álló területek nagyságát a vizsgálati periódus elején és végén. A területlehatárolást szakértői becsléssel kellett megállapítani. A becslés alapját a főbb gabonanövények (őszi búza, őszi és tavaszi árpa, illetve kukorica) vetésterülete adta, mivel a környezetkímélőbb, talajvédő művelési rendszereket elsősorban ezen gabonanövények termesztése esetében használják. Karcag térségében csak a DE Karcagi Kutató Intézet H-1 jelű tábláján folytatnak redukált talajművelést.

3.4.2. A táj elemek mérésére alkalmazott fizikai mutatók

Az OECD vezető szerepet töltött be a táji, mezőgazdasági indikátorok kiválasztásában az. Az OECD (2000) által ajánlott mezőgazdasági indikátorok az agrár-környezetvédelmen belül kiterjednek az ökonómia, a környezetvédelem és a szocio-ökonómia területére. Ezt az indikátor rendszert vettem alapul vizsgálataim során. A környezeti hatások a tájra (Environmental Impacts of Agriculture) fő blokk alatt található a táji, környezeti szempontból relevánsnak tartott témakörök (talaj minőség, vízminőség, talajmegőrzés, üvegházhatás gázai, biodiverzitás, élővilág védelem, táj).

A tájstruktúra indikátorok közé a táj, a mezőgazdasági terület fizikai paraméterei sorolhatók (területhasználatok típusa, mintázata).

A tájelemek mérése két fő szempontrendszer szerint történik. Egyrészt a tájban megjelenő elemek száma, gyakorisága, másrészt a tájelemek eloszlása, elhelyezkedése, karaktere kerül meghatározásra. A tájelemek mérésére a nemzetközileg elfogadott leggyakoribb csoportosítás a következő:

- biológiai, fizikai, biodiverzitás mutatók,
- szocio-ökonómiai mutatók és a
- tájesztétikai mutatók meghatározása

Dolgozatomban a fenti csoportosítás alapján csak a fizikai tájmutatókat értékeltem.

A közvetlen fizikai mutatók között a domborzat, a vízrajz, a talaj, a területhasználat mutatói található (Kollányi, 2004), melyek a térinformatikai adatbázis szerves részeit képezik. A domborzat esetében megkülönböztethetünk kitettség, lejtőkategória indikátorokat.

Domborzat

Karcag és térsége a Nagyalföld területén, a Közép-Tiszamente térségben helyezkedik el. A Karcagi Kistérség – a klasszikus értelemben vett agrártáj, szélsőséges ökológiai adottságokkal – négy települést foglal magába. Sümeghy (1944) adatai szerint a Közép-Tiszavidék jelenlegi felszíni kialakulásának, felépítésének és arculatának minden vonását a makro- és mezoformáit a folyók építőmunkájának köszönheti. A medence jellegű terület feltöltődése során a magas agyagtartalmú üledékek depozíciója volt jellemző. A domborzat értékeléséhez digitális domborzat modellt állítottam elő.

Területhasználat mutató

A területhasználatok leggyakoribb forrása a CORINE CLC felszínborítottsági térkép (CLC100), mely jól használható területhasználatok megállapítására, illetve annak időbeli alakulásának vizsgálatára.

A Corine földhasználati adatbázis alapján a jelenlegi földhasználatok alakulását az Eredmények és azok értékelése c. fejezetben ismertetem.

A talajvíz mélységének térképezése

A kísérleti terület vonzáskörzetében található 7 talajvíz figyelő kút 50 éves adatsorát véve alapul, SPSS szoftver segítségével, főkomponens analízissel támasztottam alá, hogy mely kutak a mértékadóak a területen. A talajvízfelszín 3D-s felületét elkészítve, térinformatikai műveletekkel kijelölhetem a depressziók, és az akkumulációk helyeit. Ezt összehasonlítottam a DTM-mel.

3.4.3. A digitális domborzatmodellre alapozott térinformatikai műveletek és elemzések módszertana

A DEM-hez kapcsolódó értékeléseket ArcGIS 10.1 nevű szoftver térinformatikai műveletire alapozva végeztem el. Külön definiálni kellett koordinátarendszert az Arc Catalog segítségével, mely a HD 1972 Egységes Országos Vetületi rendszer. A modellhez harmincnégy darab 10 000-es méretarányú topográfiai térképeket használtam fel (58-124, stb.). Versey (2007) módszerét alkalmazva a modellt állítottam elő.

Vektoros adatállomány előállítása

A Karcag térségének térbeli lehatárolására létrehoztam Karcag belvízgyűjtő területére egy poligon típusú shp fájlt. Ennek területe 42142,41 hektár. Ezen végeztem el minden térségi szintű értékelő és elemző munkámat.

Az ArcGIS 10.1 szoftverbe behívott 34 darab Topográfiai térképszelvényről vektorizáltam a vizsgált terület magasságpontjait és szintvonalait. Az attribútum táblázatba minden esetben feltöltésre kerültek a Balti-tenger feletti magasság értékek. Így fél méteres szintkülönbségeket kaptam, melyeket a magasságpontok pontosítottak. A művelet sor elvégzése előtt létrehozott polyline, illetve pont típusú shp kiterjesztésű fájloknak megadtam a fenti koordináta rendszert és az adattáblájukban kialakítottam a kellő számú oszlopot. Az adott magassági értékhez tartozó szintvonalakat egyesítettem a térképlapok határainál.

A szántóföldi szintű vizsgálatokhoz geodéziai felmérés során nyert adathalmaz nyújt további információt. A geodéziai felmérés során a talaj-vízkezelésgazdálkodási elemzésekhez 10 m x 10 m-es távolságban vettük fel a pontok magasságértékeit. A Debreceni Egyetem Karcagi Kutató Intézet épületének oldalában lévő, FÖMI által nyilvántartott hivatalos magasságpontot vettük kiindulási alpnak. A felmérés szintező műszerrel valósult meg. A mérés pontosságának növelése érdekében egy ArcMap-ben előre elkészített rácshálós ábrát töltöttünk fel egy Trimble Uno típusú kézi ArcPAD-re. A derékszögek kitűzése szögprizma használatával történt.

Ezen felül az IPCC metodika térbeli kiterjesztéséhez szükség volt a területen a különböző földhasználatok meghatározására. Ezt a Corine CLC adatbázis felhasználásával hajtottam végre. Emellett a növényi biomasszához kapcsolódó értékelésekhez is szükség volt erre a poligonos adatállományra.

A vizsgált terület talajtípusainak térbeli lehatárolására az MTA Agrotopo adatbázisát vettem alapul.

Digitális domborzatmodell megjelenítése

A 34 darab topográfiai térképről vektorizált szintvonalak és magasság pont értékek alapján elkészítettem a terület digitális domborzatmodelljét (DEM, DDM). A DDM a modellezés folyamatában információkat szolgáltat a modellezett terep egészének vagy kiválasztott részletének lényeges sajátosságairól (Márkus, 1994; Berke, 2004).

A műveletet a Topot to raster művelettel hajtottam végre, mivel ez az egyetlen olyan modul, ahol pont és vonalas rétegeket együttesen felhasznál a DEM elkészítéséhez. Ez alapján megvizsgáltam a terület kitettségét és a lejtő kategóriákat.

Mivel az IDRISI Selva a raster állományokat az ArcGIS szoftvertől eltérően képezi az IDRISI-ben folytatott elemzésekhez vektoros állományra volt szükségem. A szintvonalas rétegeket pont réteggé alakítottam és unio művelettel egyesítettem a shp fájlokat. Vetületi transzformációt követően importáltam IDRISI Selvába az új magasság értékeket tartalmazó réteget.

Térinformatikai műveletek

A digitális domborzat modell alapján lejtőszög térképet állítottam elő a referencia területre. Ezt újraosztályoztam fél méteres magasságkülönbségeket tartalmazó kategóriákra. A Spatial Analyst toolbox/Surface Analysis/Slope paranccsal készült el. A lejtőszög térkép esetében a sárgától a barnáig terjedő skálát használtam (I4). A térképet újraosztályoztam Márkus (2010) alapján az alábbi lejtőkategóriákra: 5-12-17-25%.

A DEM alapján kitettség térképet készítettem az Aspect modul segítségével (I5). Az ArcGIS 8 égtáj irányt alkalmaz. Emiatt újraosztályoztam a térképet a nemzetközileg is elfogadott 16 égtáj (pl. 0-22,5°) irány és szín jelölésnek megfelelően (I6). Burrough és McDonell (1998) alapján az alábbi égtáj kategóriákat képeztem az újraosztályozást követően: Észak (337,5-360 és 0-22,5 fok) piros, ÉK narancs (22,5-67,5), K sárga (67,5-112,5), DK zöld (112,5-157,5), D világoskék (157,5-202,5), DNy közép kék (202,5-247,5), Ny sötétkék (247,5-292,5), ÉNY ciklámen/magenta (292,5-337,5). A színek közötti folyamatos átmenet biztosítottam.

Eastman (2012) alapján az IDRISI Selva szoftverben a Toposhape modullal domborzati felszínalak vizsgálatot hajtottam végre, mely során az alábbi modulok szerint a felszínt: csúcs (peak), hátság (ridge), nyereg (saddle), sík (flat), szakadék (ravine), gödör (pit), konvex domboldal (convex hillside), hegynyereg (saddle hillside), lejtős domboldal (slope hillside), konkáv domboldal (concave hillside), inflekción domboldal (inflection hillside). A fenti besorolás szerint nem értelmezhető pixelek az osztályon kívüli csoportba kerültek.

Ugyancsak Eastman (2012) alapján lefolyás irány vizsgálatot végeztem a Flow direction modul használatával. A kapott eredmény szimplán jelző értékű, mivel az adatok nem folytonosak. Azonban megmutatják, hogy melyik szomszédos pixel (terület) a befogadó – amivel jelezni lehet a lefolyás irányát.

3.4.4. LANDSAT TM felvételekre, CORINE CLC földhasználati adatbázisra és Agrotopo térképekre alapozott vegetáció elemzés módszertana

Vegetáció elemzés LANDSAT TM felvételekkel

Karcag térségét is tartalmazó LANDSAT7 TM felvételeket használtam fel a biomassa növekményt magába foglaló értékelésekre. Kiválasztottam a 2003-2010-es időszakban két aszályos (2003, 2007), két csapadékos (2006, 2010) és egy átlagosnak (2009) mondható évjáratot. A tenyészidőszakra vonatkozóan kiválogattam a felhőmentes és csíkozás mentes felvételeket. Így éves szinten négy-négy felvételt tudtam az értékelést szolgáló vizsgálatokba bevonni.

IDRISI Selva szoftver makromodeller modul segítségével vágtam Karcag térsével megegyező méretre a felvételeket. Az IDRISI Selvában használt makro modell készítő egy grafikus felület segítségével könnyíti meg a különböző modellek összeállítását és lefuttatását. Azonban ez nem helyettesíti azt, hogy a szoftverben végrehajtsunk egy összefüggő feladatot.

Legelőször a LANDSAT felvételeket konvertáltam át IDRISI raszter fájl formátumra. 7 csatornával dolgoztam. A vizsgálat célja egyrészt vegetáció index képezése és kiértékelése volt. A 7 csatornából csoportot képezve könnyebben a vizsgált terület méretére tudtam vágni a felvételeket.

Neményi és Tamás (2009) alapján a vizsgált terület poligonjáról készítettem egy initial réteget, illetve egy újraosztályozott (1-0) réteget, ahol a terület 1, míg a háttér 0 értéket kapott. Ezt használtam fel a windows modulban a LANDSAT felvételek méretre vágásához, illetve az overlay (multiply) művelettel a négyszög alakú terület háttére 0-s értéket vett fel, míg a területen belül megmaradtak az egyes csatornák értékei a további vizsgálatokhoz.

Karcag térségének vágópoligonját és az adott napi LANDSAT felvétel csatornáinak group fájlját overlay modulban összeszorozva megkaptam a Karcag térségi vizsgált terület térképét. Hogy minden csatorna külön néven fusson, a NEW+<Raster Group> elnevezést írtam a kimeneti fájl helyére (11-12. melléklet).

A multispektrális felvételek egy-egy szélesebb spektrum tartományt egy-egy értékkel jellemeznek. Ezért a vegetációs indexek számításakor nem egy adott hullámhosszat, hanem tartományokat használtam fel, mint Neményi és Tamás (2009) is.

A gyakorlatban többször bebizonyosodott, hogy jobb az egyszerű különbség helyett a normalizált különbséget használni, mivel ez kiküszöböli a különböző megvilágításból,

lejtésből, kitettségéből adódó eltéréseket. Emiatt Normalizált Vegetációs Indexeket képeztem (NDVI: Normalized Difference Vegetation Index) melyek dimenziómentes mérőszámok (Rouse et al., 1974). Kifejezik egy adott terület vegetációs aktivitását. Értékét a növényzet által a közeli infravörös (NIR=750-950 nm) és a látható vörös (RED=620-750 nm) sugárzási tartományban visszavert intenzitások különbségének és összegének hányadosa adja (Burai és Tamás, 2005). Értéke -1 és 1 között változik a növényi biotomassza függvényében.

$$NDVI = \frac{R_{Nir} - R_{Red}}{R_{Nir} + R_{Red}}$$

A vegindex modulból az NDVI számítását hajtottam végre. A bemeneti rétegek a 3-as és 4-es LANDSAT csatornák voltak (13. melléklet).

Az NDVI értékei -1 és 1 közötti értékeket vesznek fel, azonban 3 kategóriát különítettem el a képződött biotomassza mennyiségek között. Ehhez újra kellett osztályoznom a területet és a kivágó sablont a reclass modullal. Így a sablonban a vizsgálati terület 0-s értéket, míg a külső részek 10-es értéket adtam. A vizsgált területen a külső terület lett 0 (-1 és 0,2 közt) a belső teületeknek Jones és Vaughan (2010) alapján 1 (0,01 – 0,2), 2 (0,2 - 0,4), 3 (0,4 – 0,6) 4 (0,6-0,8) és 5 (0,8-1) értékeket adtam. Majd meghatároztam az egyes kategóriákba tartozó területek nagyságát térképi és adattábla formában is.

Az újraosztályozás mellett 2003-tól 2010-vel bezárólag az NDVI értékekből átlagot számoltam, mivel azok a felvételek, amik a vizsgálati kritériumoknak eleget tettek a vegetációs időszakra estek. Erre szintén készítettem a modell készítő modulban egy modellt. Mégpedig egy dinamikus link segítségével (14. melléklet).

Az adott évre kalkulált NDVI raszterekből csoport rasztert képeztem. Az initial NDVI egy méretre vágott 0-s értékű térkép, ami ahhoz kellett, hogy a group raszter egyes elemeit összeadva annak értéke ne változzon. Az overlay modulnak pedig mindig két bemeneti paraméterének kell lenni. A dinamikus link minden egyes sorban újra hozzáadta az initial_NDVI-t. A folyamat végén egy megadott skalár értékkel kellett beosztani a kapott összeget, mint a számítási képletben is. Az NDVI átlagokat nem osztályoztam újra, hiszen a kapott értékek elég szűk intervallumban mozogtak.

A szórást a minimum és a maximum értékeket is értékeltem és elkészítettem a területek hisztogramjait is.

CORINE CLC földhasználati adatbázis használata

Az Európai környezetvédelmi Ügynökség honlapjáról elérhető CORINE Land Cover (CLC) 1: 100 000-es térképi adatbázis 2000. évi és 2006. évi vektoros állományait használtam fel a Karcag térségének értékeléséhez. Az antropogén területeket nem vontam be a vizsgálatba. Az alábbi kategóriákat képeztem: szántó, erdő, legelő, gyepek, mezőgazdasági terület (vegyes művelésű területeket jelöli), lápos-mocsaras terület.

ArcGIS 10.1 szoftverben a korábban már ismertetett kivágó poligon sablon alapján leválogattam az egyes művelési ágak shp fájljait (Analysis Tools - Extract-Clip). A végén egy külön rétegbe integráltam a vektor fájlokat (Analysis Tools - Overlay - Union). Mivel a további elemzéseket IDRISI Selva szoftverben folytattam, a vetületi rendszert társzformáltam ETRS 1989-ről UTM WGS 1984 34 N-re. Az attribútum táblázatban egyik verzióban meghagytam a művelési ágak kódjait mielőtt rasztert készítettem volna. A másik verziónál csak a művelési ágak leső számjegyeinek szűrtem be egy oszlopot. Ennek oka, hogy az IDRISI-ben lévő modellek elkészítésénél csak 1-1 számjegyű cellát tud kezelni a modeller.

A földhasználati kategóriákat a vetületi transzformációt követően (Data Management tools – Projection and transformation – Project), Idrisi Selvában raszterre konvertálás után 0 és 1 értékeket tartalmazó mask réteget készítettem, hogy a LANDSAT felvételek NDVI értékeit területileg le tudjam határolni földhasználati kategóriáinként. Emellett vizsgáltam a földhasználatok változását is a két CORINE CLC felmérés között területi és nagyságrendi szempontból.

Agrotopo térképi adatbázis használata

A Magyar Tudományos Akadémia Talajtani és Agrokémiai Intézet által készített 1: 100 000-es Agrotopo adatbázist használtam fel a térség termőhelyi adottságainak értékelésére. Az adatbázis a Magyarország Agroökológiai Potenciáljának Felmérése c. Akadémiai program keretében készült el. Az adatbázisból felhasználtam az 1. kódot (talaj típusa), 3. kódot (fizikai féleség), és a 7. kódot (Szervesanyag-készlet tonna/hektár). A CORINE CLC adatbázisnál ismertetett módon használtam fel a vegetációs indexek területi megoszlásának értékeléséhez.

A vetületi transzformációt követően (Data Management tools – Projection and transformation – Project), Idrisi Selvában raszterre konvertálás után 0 és 1 értékeket tartalmazó mask réteget készítettem, hogy a LANDSAT felvételek NDVI értékeit területileg le tudjam határolni a talaj típusa, fizikai féleség és szervesanyag-készlet

alapján. Majd összehasonlítottam az egyes területeket az NDVI térképek alapján. Megvizsgáltam milyen összefüggés van az NDVI értékek és az egyes talajtípusok között.

3.4.5. DPSIR indikátor keret indikátor rendszer összeállításának módszertana

A vizsgált szántóföldi területek a DE Karcagi Kutató Intézet H-1 jelű parcelláján található, mely 4 részre felosztott talajművelési kísérlet, ahol 2-2 redukált (5,47 ha és 5,47 ha) és két-két hagyományos művelésű (1,58 ha és 1,63 ha) területet alakítottak be a kutatóintézet munkatársai. A lehetséges antropogén eredetű környezetterheléseket talajművelési rendszerenként és technológiai elemenként értékelem a 2005/2006-os gazdálkodási évtől kezdődően a 2008/2009-es évig bezárólag. Minden területen száraz művelést folytatnak.

Az DPSIR keret indikátorrendszert véve alapul, elkészítettem egy, a saját kutatásaimra adaptált, konkrét mérésekre, számításokra és elemzésekre alapozott, agrár-környezetgazdálkodási szempontrendszerű keret indikátor rendszert. Azonban az egyes indikátorokat kutatásaim sajátosságai alapján soroltam be a keretfeltételek közé és megvizsgáltam az alkalmasságát az agrár-környezet értékelésére. Mivel az EEA széles körben alkalmazza a DPSIR-t a környezeti jelentések elkészítéséhez (nemzeti környezetvédelmi jelentés, természetvédelmi stratégiaalkotás, talajvédelmi stratégia megalkotása), ez alátámasztja, hogy a DPSIR keret indikátor rendszer alkalmas az integrált környezeti teljesítményértékelésre. Ez derül ki Kristenesn (2004) munkájából is.

Feltártam a vizsgált indikátorok közötti ok-okozati összefüggéseket Hajdu (2009) által leírt modell szerint. Alapja ugyanúgy a hajtóerő – terhelés – állapot – kihatás – válasz ciklus volt.

Saját kutatási területemre adaptáltan az alábbiak szerint részletezem és értékelem az Eredmények c. fejezetben az általam összeállított DPSIR keret indikátor rendszer főbb pontjait:

Agrár-környezeti ható tényezők (D: Driving force)

- meteorológiai adatok,
- domborzati adottságok,
- talaj tulajdonságok,
- kulturális tényezők a növénytermesztésben,
- tájfajta használata,

- talajművelési rendszer (hagyományos, redukált),
- gépi munka felhasználás (környezetterhelés, nha,, teljesítmény kWh, felhasznált üzemanyag mennyisége kg ha⁻¹),
- felhasznált növényvédőszeresek,
- tápanyag-gazdálkodás (kijuttatott műtrágya, mulcs technológia).

A normálhektár átszámítási tényezők kalkulálását a Vidékfejlesztési Minisztérium Mezőgazdasági Gépesítési Intézet által rendszeresen frissített adatbázis alapján végeztem el. A kísérleti területek talaja kötött, így a II. talaj kategóriába sorolandó. Az I. talaj kategóriához képest a talajmunkákat 1,16-tal, míg a felszíni munkákat 1,12-vel kellett súlyozni. Ezeket meghatároztam talajművelési beavatkozásokként, majd összesítettem hektárra, parcellára, illetve adott gazdálkodási évre.

A normál hektár (nha) átszámítási kulcsok alapján kalkuláltam gépi teljesítményt kWh-ban 1 (nha=26,315 kWh), gázolaj felhasználást (1 nha=8 kg gázolaj) (Borsos et. al., 2004). Ezt összevetettem a 60/1992. (IV. 1.) Korm. Rendelet 4. mellékletében található gépi teljesítmény irányszámaival. Ebből kalkuláltam hektárra és parcellára vetítve gázolaj felhasználást kilogrammban és literben az alap átváltási értékkel, illetve a géppark korával súlyozott értékekkel egy hektárt véve alapul. Ezeket szintén meghatároztam talajművelési beavatkozásokként az adott parcellára, illetve adott gazdálkodási évre is.

Agrár-környezeti terhelések (P: Pressure indicators)

- makro- és mikrogazdasági szabályozók,
- tőke,
- aszály okozta eróziós folyamatok,
- káros vízbőség okozta tápanyag kimosódás,
- évjáráthatás,
- talajvíz mozgás okozta szikesedési folyamatok,
- növénytermesztés okozta fajszám csökkenés, habitatok számának csökkenése,
- szakértelem esetleges hiánya,
- mezőgazdasági gépek okozta talajtömörödés, levegőszennyezés,
- földhasználat változás.

Agrár-környezeti állapot indikátorok (S: State indicators)

- káros víztöbblet okozta talajfelszín változás, belvizes folt vízében lévő tápanyagok,
- talajtömörödés mértéke a művelési rétegben és az alatt,
- talaélet közvetett mérése: a talaj CO₂ koncentráció, illetve emisszió mértéke,
- hozam mennyiségek,
- NDVI értékek,
- becsült talaj szénkészlet mennyisége,
- jelenlegi földhasználati kategóriák területi kiterjedése.

Agrár-környezeti hatás indikátorok (I: Impact indicators)

- káros víztöbblet elvezetése,
- aszály okozta károk mérséklése talajműveléssel,
- mulcs technológia alkalmazása,
- lehetőség szerint szervezetrágya kijuttatása,
- tájfajták használata,
- talajéletre pozitívan ható termelési eljárások népszerűsítése a gyakorlat számára,
- a talaj szerves szénkészletét hosszútávon növelő változtatások a földhasználatokban,
- agrár-környezetgazdálkodási és Natura 2000-es támogatások igénybe vétele az esetleges környezeti kockázatok mérséklésére.

Agrár-környezeti válasz indikátorok (R: Response indicators)

- szaktanácsadói tevékenység elősegítése,
- szakmai napok szervezése,
- a gazdák és a kutató intézetek közötti kommunikáció hatékonyságának növelése és a tapasztalatcser elősegítése érdekében,
- termelői szinten az ágazati összefogások elősegítése,
- agrár-környezetgazdálkodás erősítése a térségben a következő 7 éves EU-s költségvetési ciklusban,
- gazdák figyelmének felhívása a pályázati és fejlesztési lehetőségekre.

4.VIZSGÁLATI EREDMÉNYEK ÉS AZOK ÉRTÉKELÉSE

4.1 A növényborítás hatása a talaj állapotindikátorainak napi dinamikájára tenyészedényes kísérletben

A kísérleti méréseket a DE Karcagi Kutató Intézet liziméter telepén végeztem el. A növényborítás hatását a talaj állapotindikátoraira 2009. augusztus 28-29. között vizsgáltam.

Arról kaptam információt, hogy agrár-környezeti szempontból hogyan jellemezhető a különböző módon kialakított talajfelszínek által kiváltott talajállapot.

A DPSIR indikátor keretrendszer alapján, a hatótényezők a három ismételtsben kialakított kopár és füvesített talajfelszínek voltak. A csupasz talajfelszín agrár-környezetvédelmi szempontból a degradációs folyamatok elősegítője, negatív állapotot eredményez a talajban. Ezt a dinamikus, 24 óra leforgása alatt lezajló állapotváltozást tárom fel, majd összevetem a növényállománnyal fedett kísérleti beállítással kapott eredményekkel.

4.1.1 Talaj hőmérsékleti dinamikája

Megvizsgáltam a talaj felső 5 cm-es és 10 cm-es rétegeit az egyes kísérleti beállításokban. Ahol nem volt növényborítás, azokon a területeken végig magasabb talajhőmérsékletet mértünk. Átlagosan 1,9 °C fok volt a két típusú felszín között a hőmérséklet különbsége. A vizsgálatok nem terjedtek ki a teljes talajszelvények nedvességekészletének időbeli alakulására, azonban 10 cm-es mélységben is elvégeztük ugyanezt a mérősortozatot. Mindössze 1,66 °C fokos átlagos hőmérsékleti különbséget észleltünk. Megállapítható a növényi borítás árnyékoló hatása, ami az alacsonyabb talajhőmérséklettel kapcsolható össze. Száraz évjáratban a párolgás csökkenése érdekében kialakított növényborítás, illetve a talajfelszín takarása elkerülhetővé teszi a szélsőséges felmelegedését a talajnak, ami kihatással van a talajélet aktivitásra is.

4.1.2 A talaj vízellátottsága

A talaj vízháztartásának szempontjából fontos tényezőket figyelembe véve elmondható, hogy a területen a méréseket megelőzően nem volt csapadék, öntözés, és nem volt felszíni odafolyás sem. A talaj vízkészlet értékeinek eredményei alapján elmondható, hogy a növényi vízfelhasználás egyértelműen kimutatható a füvesített

kísérleti beállításoknál. A csupasz talajfelszínen végig magasabb talajnedvesség értékeket mértünk, mint a növényvel borított részeken. Pedig a csupasz felszínű talaj hőmérséklete végig magasabb volt, ami erőteljesebb párolgásra engedett következtetni. Ennél az evaporációs veszteségnél nagyobb volt az evapotranszpirációs veszteség. 5 cm-es talajmélységben átlagosan 5,9 tf %-kal, míg 10 cm-esnél átlagosan 25 tf %-kal volt alacsonyabb a növényvel borított területeken a talaj nedvességtartalma. Ez a növényi rendszer talajra gyakorolt nedvességforgalmi hatását támasztja alá.

A csupasz felszínű talaj napi átlag nedvességtartalma 5 cm-es mélységben volt, közel azonos a gyepterületének 10 cm-es mélységű nedvesség tartalmával (~ 12 tf %). Utóbbi mélységben a másik kezelés talaja közel háromszor annyi nedvességgel rendelkezett (~ 37 tf %). Azonos körülmények között, a talajnedvesség adatokból következtetni lehet a növényállomány meglétére, vagy annak hiányára.

Összességében megállapítottam, hogy 24 óra leforgása alatt a csupasz felszínű mészlepedékes réti csernozjom talajon 5 cm-es mélységben 1,5 tf %-s, 10 cm-es mélységben 5 tf %-os nedvességveszteség ment végbe. A felszínhez közeli rétegben 0,5 tf %-kal, míg a felszíntől távolodva 1,5 tf %-kal kevesebb volt a növényvel borított területeken a nedvesség veszteség, ami a növénytakaró jótékony hatásait támasztja alá. Ugyan a relatív nedvességtartalom a csupasz felszínen volt magasabb, addig a kisebb nedvességveszteség a növényvel borított állományokban volt detektálható.

4.1.3 A talajélet aktivitása

A talajélet aktivitás vizsgálatát közvetett módon, a talaj szén-dioxid koncentrációjának mérésén keresztül vizsgáltam meg, mint azt többek között Haszpra és Barcza, (2005), illetve Zsembeli et al. (2006) is tette. A koncentrációs értékekből a fluxus számítási képlet segítségével kaptam meg az emisszió mértékét, ami a talajélet, illetve közvetetten a talaj termékenységének jelzőszáma. A CO₂ kibocsátás időbeli alakulását 2 órás időközönként mértem meg.

A csupasz felszínen mért eredmények értékelése

Csupasz talaj CO₂ emissziója este 22 és 6 óra között volt a legalacsonyabb (x. ábra). A legalacsonyabb emissziós, levegő- és talaj hőmérsékleti értéket reggel 6 órakor mértem. Emellett minimum emissziós értéket 16 órakor kaptam, amikor a levegő hőmérséklete elérte a maximális 35,05 °C-ot. A maximális talaj CO₂ emisszió koncentrációkat 10 és 20 órakor tapasztaltam. A délelőtti maximális CO₂ emisszió

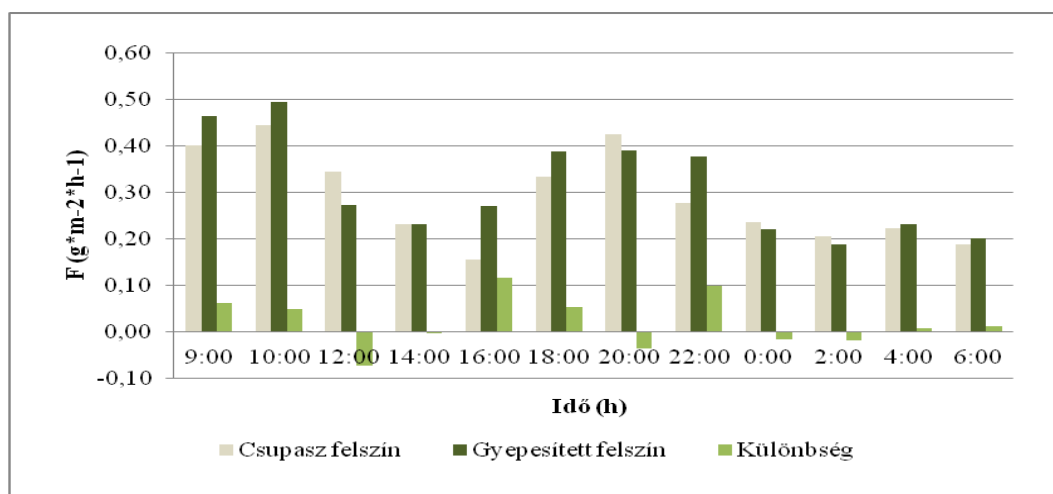
áramlási értékeket kb. 4 órás csúszással követték a talaj és a levegő hőmérsékleti maximumok.

A talajnedvesség, és a hőmérsékleti adatok, illetve a talaj CO₂ emissziója között nem volt statisztikailag is kimutatható lineáris kapcsolat.

A füvel borított felszínen mért eredmények értékelése

A talaj CO₂ emissziója éjfél és 6 óra között volt a legalacsonyabb (2. ábra). A minimum emissziós értéket 14 órakor ($0,2 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$) és hajnal 2 órakor ($0,19 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$) kaptam. A maximális talaj CO₂ koncentrációkat 10-kor ($0,19 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$) kaptam. A maximális talaj CO₂ koncentrációkat 10-kor ($0,49 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$) és 20 órakor ($0,39 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$) tapasztaltam (utóbbinál maximális talajnedvesség értékek). A kora délutáni (14 h) minimális szén-dioxid emisszió áramlási értékeket kb. 2 órás csúszással követték a talaj és a levegő hőmérsékleti maximumok.

Délután 14 órakor a különböző talajfelszínek emissziós értékei azonosak voltak, emellett az angol perjével füvesített területnél ez a délutáni minimum értékkel volt egyenlő. A csupasz felszín emissziója még két órán keresztül csökkent.



2. ábra A 24 órás mérés eredményei (Saját forrás)

A CO₂ különbség a füves talaj légzésének és a csupasz terület légzésének a különbségét ábrázolja. A negatív értékek azt jelzik, hogy a füvesített terület talajlégzése alacsonyabb mértékű volt a másik kezeléshez képest.

Az idő előrehaladtával megélénkült a légköri átkeveredés, később pedig a vegetáció aktivitása, aminek következtében egyrészt a szén-dioxid koncentrációban enyhe süllyedés volt kimutatható, másrészt tisztán kivehető a napi koncentráció ingás növekedése. Napközben a különböző felszínű talajok mindkét esetben 10-kor és 20 órakor érték el a talajélet aktivitási maximumot. A legalacsonyabb értékeket a

koradélutáni órákban tapasztaltam. Kora délutánra a határréteg jól átkeveredett, vagyis az éjszaka felhalmozódott (és kizárólag a mérőhelyre és közvetlen környezetére jellemző) többlet szén-dioxid ekkorra már teljesen elkeveredett a határrétegben.

A kísérlet eredményeinek összefoglaló értékelése

Összességében elmondható a talajélet aktivitása az éjszaka folyamán csökken, azonban a füvesített területen ez az állapot később (éjfélkor) állt be. Ez mindkét esetben a kora délelőtti órákig tart. A növényborítás nélküli területen a délutáni emissziós minimum koncentrációt 16 órakor mértem, amikor a hőmérsékleti értékek elérték az akkor mért napi maximum értékeket. A délutáni minimumot a növényvel borított terület korábban (14 h) érte el. A talaj hőmérséklete a füvesített területen végig 2-3 °C-kal alacsonyabb volt.

Mivel nem volt statisztikailag kimutatható különbség a két terület emissziós értékei között, így a füvesített területen a gyökérlégzésből származó emisszió és a fotoszintézis során megkötött CO₂ közel azonos nagyságrendűnek volt tekinthető, kiegyenlítette egymást a két folyamat. A mért paraméterek esetében elmondható, hogy a talaj CO₂ kibocsátása és a levegő hőmérsékletének alakulása között közel lineáris, mivel a talajlégzés mértéke követte a levegő hőmérsékletének változását, mint azt Timothy et al. (2003) és Caf (2007) is kimutatta. Továbbá a növényvel borított talajoknak kiegyenlítettebb, kevésbé szélsőséges a talajlégzése. A fenti szakirodalmakban a nap folyamán egy talajlégzési maximumot mértek. Ezzel ellentétben én napi két csúcsot mértem mindkét talajfelszín esetében. Ez valószínű annak tulajdonítható, hogy a tavaszi időszakban alacsonyabb a talajélet aktivitás, mint nyár közepén, amikor a mérési sorozatot végeztem, valamint az eltérő talajtípus és évjárat is valószínűsíthetően hozzájárult az eltérő eredményekhez. A szakirodalomban szereplő kora délutáni maximum értékek a nyári mérés során a csökkent aktivitási időszakot fedik le.

Száraz évjáratban kifejezetten ügyelni kell a talaj nedvességének megőrzésére, szélsőséges talajállapotok elkerülésére, ezt többek között Gyárfás (1922), Várallyay (1993), Ruzsányi és Pepó (1999) és Birkás (2006) munkái is alátámasztják.

A talaj hőmérséklete és nedvességtartalma közvetlenül befolyásolja a CO₂ termelődését a mikroorganizmusokra és a gyökéraktivitásra gyakorolt hatásuk révén, ahogy azt Smith et al. (2003) is publikálta.

4.2 A talajművelés és a tápanyagellátás hatása kisparcellás kísérletben

A kísérleti méréseket a Debreceni Egyetem Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet területén folytattam le.

4.2.1 A talaj hőmérsékleti dinamikája

A talajhőmérséklet változása a levegőével szoros összefüggésben van, ugyanis az utóbbi növekedése magával vonja a talaj hőmérsékletének emelkedését. A talaj- és a levegő hőmérsékletének változása valamennyi kezelésben korrelációt mutat, melyet az SPSS 17.0 program segítségével számoltunk ki (1. táblázat).

Megvizsgáltam, hogy az egyes kezeléseknél eltér-e a talaj hőmérséklete. Az SPSS 17.0 programban a variancia analízis lefuttatását követően az 1. táblázat szerinti eredményeket kaptam. A 36 elemből álló statisztikai sokaság két elkülöníthető csoportra bontható.

1. táblázat A talajhőmérséklet átlagai (°C) az egyes kezeléseknél (Saját szerkesztés)

Kezelések	Elemek száma	Talajhőmérséklet átlagai (°C)
forgatás 2x ásómélységben	36	20,089 ^a
lazítás+elmunkálás	36	20,475 ^a
rögös talajfelszín	36	20,536 ^a
N 150	36	20,700 ^a
forgatás 1x t. mélységben	36	20,833 ^{ab}
N 50	36	20,903 ^{ab}
N 100	36	21,339 ^{ab}
mulcs	36	21,419 ^{ab}
tömörített t. felszín	36	21,553 ^{ab}
lazítás	36	21,731 ^{ab}
kontroll	36	22,450 ^b

Egy csoporton belül, az azonos betűindexhez tartozó értékek közt nincs szignifikáns eltérés ($P < 0,05$)

Statisztikailag különbözőnek lehet nyilvánítani a kontroll kezelést, ahol nem végeztem talajművelési beavatkozást a kísérlet beállításakor. Emellett átlagok alapján a 2x-s ásómélységben végzett talajforgatás, a lazítás+elmunkálás, a rögösen hagyott talajfelszín és a 150 N kezelések különíthetők el statisztikailag is. A többi kezelés átlagai között vannak átfedések. Kimutatható a talajművelési beavatkozások okozta hőmérsékleti különbség. A 4 ismétlések napi átlag értékeit °C fokban a 15-16. melléklet foglalja össze.

A forgatásos kezelések esetében a mélyebben forgatott kezelésnek volt kedvezőbb a hőmérséklete. A lazításos kísérleti beállítások egyértelműen mutatják, hogy a felszín elmunkálásának hőmérséklet csökkentő hatása van. Ez a nyári aszályos időszakokban fontos első sorban, mert az alacsonyabb hőmérsékleten, alacsonyabb az evaporáció mértéke a talajban, aminek hosszabb távon a talaj vízháztartásában jelentkező pozitív hatások köszönhetőek. A rögzös felszínű talaj könnyebben melegedett, illetve hűlt le a tömörödött felszínű talajhoz képest. Ez a nagyobb felületnek tudható be. Gyárfás (1922) és Birkás (2006) ugyancsak fontosnak tartja a talajfelszín zárását a nyári száraz időszakban.

4.2.2 A talaj nedvességállapota

Leginkább a kontrol területek nedvességtartalma apadt le. A mulcsolt területek nedvesség tartalma nedvességtartalma megközelíti a lazítás+elmunkálásos kezelések értékeit. Ez azt a tényt támasztja alá, miszerint a mulcsolás elősegíti a talaj nedvességmegőrző képességét. Ezt az eredményt alátámasztja számos kutatás (Buchele et al., 1955; Mielke et al., 1986; Unger, 1984) is. A száraznak mondható nyári időszakban a rögzös talajfelszín szintén a talaj túlzott kiszáradásához vezetett. A talajlazítás önmagában nem volt elegendő, a felszín elmunkálása és a mulcs alkalmazása ajánlott. Ezen felül elmondható, hogy a legmagasabb dózisu nitrogénnel műtrágyázott talajok tartották meg leginkább a nedvességet.

4.2.3 A talajélet aktivitása

Az élettelen agrár-környezeti adottságok vizsgálata mellett érdemes detektálni a talajélet aktivitását is. Ezt közvetett módon a talaj szén-dioxid emissziójának nyomon követésével tettem meg. Csak a gázkoncentrációt mértem, a fluxus képlet számításával számoltam emissziót. Mikrobiológiai vizsgálatokat nem folytattam.

Mivel a talaj bolygatása átmenetileg CO₂ emisszió növekedést okoz, az aktívabb mikrobiális tevékenységnek köszönhetően, kíváncsi voltam annak alakulására az újabb egyensúlyi állapot beálltaig. Ezen felül megvizsgáltam, hogy statisztikailag is kimutatható-e az egyes kezelések közötti különbség a talaj szén-dioxid emissziót véve alapul (17. melléklet).

Statisztikailag a kontrol kezelés elkülönül az összes talajművelési beavatkozástól. Emellett a kezelések közül statisztikailag is igazolhatóan eltérő a talajlégzés alapján a N

50, a N 100, N 150 és a tömörödött talajfelszín jelű kezelés sorozat. A többi kezelésnél a mért értékek átlagai átfedést mutatnak.

2. táblázat Az egyes kezelések talajlégzés ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$) átlag értékei (Saját szerkesztés)

Kezelés	Elemek száma	Talaj CO ₂ emisszió átlag értékei ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$)
kontrol	36	0,009162 ^a
lazítás	36	0,011238 ^{ab}
forgatás 2x ásómélységben	36	0,011595 ^{ab}
rögös talajfelszín	36	0,011616 ^{ab}
mulcs	36	0,012151 ^{ab}
forgatás 1x ásómélységben	36	0,012151 ^{ab}
lazítás_elmunkálás	36	0,012156 ^{ab}
N 50	36	0,014016 ^b
N 150	36	0,014931 ^b
N 100	36	0,015313 ^b
tömörödött talajfelszín	36	0,015727 ^b

Egy csoporton belül, az azonos betűindexhez tartozó értékek közt nincs szignifikáns eltérés ($P<0,05$)

Megfigyeltem ezek után az egyes kezelésekben a talaj CO₂ emissziójának tendenciáját (2. táblázat). A kezelések beállítását követő első mérések közötti különbségeknél kirajzolódott, hogy a mulcsolt és a kétszeres ásómélységben forgatott, illetve a tömörített talajfelszínű talajoknál emelkedett leginkább a talajélet aktivitás. A 0,2 mm-es csapadékok első sorban a műtrágyázott kísérleti beállításoknál idéztek elő mindössze egy napra némileg több talaj szén-dioxid emissziót.

A kísérleti eredmények azt támasztották alá, hogy a szakirodalmakkal megegyezően (Fierer és Schimel, 2003) 10 napra tehető a bolygatás hatása egy-egy talajművelési beavatkozást követően.

A mulcsolt kezelések a fentiek alól kivételt képeznek, hiszen egy 5 napos fokozatos talajlégzés intenzitás növekedést követően indult annak csökkenése. A tápanyag bevitelnek tudható be a jelenség.

Az egyes jelzőszámok vizsgálatát követően érdemes összevetni az összes indikátor együttes hatását az egyes kezeléstípusokba.

A talaj CO₂-emissziójának alakulása a talajelőkészítő beavatkozásokat követően

A sekélyen lazított talaj levegőfázisának növelése az egyes rétegek keveredése nélkül valósult meg, így kisebb volt a szervesanyag-bomlás a vizsgált időszakban.

A talaj CO₂-kibocsátás és a talaj- és levegőhőmérséklet, valamint a talajnedvesség között fennálló korrelációs vizsgálat alapján a vizsgált tényezők közül szignifikáns korreláció csak a talajnedvesség és a CO₂-fluxus ($r=0,892$) között volt statisztikailag bizonyítható a kezelésben.

A CO₂ áramlási értékek alakulása alapján elmondható, hogy a 20 cm-es és 40 cm-es mélységben történt forgatás egy drasztikusabb beavatkozás a talajéletbe, mint a sekély lazítás, ami szerves anyagok felfokozott lebomlásának köszönhetően. Az átlegegőzés hatására a gyors szervesanyag lebomlás a 40 cm mélységben forgatott területeken a legnagyobb – nagyobb mértékű bolygatás miatt – mint a 20 cm mélységben megforgatott talajon. A szakirodalmakkal egyezően az eredeti talajfelszín aerob mikrobái anaerob, vagy gyengén átlegegőzött körülmények közé kerültek. Ennek a következtében a tömeges mikrobapusztulás, a szabadenzim-aktivitás növekedett, a humifikációs folyamatok erősödtek, valamint a mineralizáció lelassult. A mélyből felszínre került talajban a mikrobák aktívabbá váltak, és előtérbe kerültek az intenzív szervesanyag-bontó folyamatok. Ennek köszönhető a folyamat lejátszódását követően a talaj CO₂ kibocsátásában végbement drasztikus visszaesés is. Idővel a talaj mikrobiális élete helyreállt.

A 20 cm-es mélységben bolygatott talaj CO₂-emissziója és a nedvességtartalma szorosan korrelál ($r=0,921$). A lefuttatott regresszió analízis alátámasztotta a korreláció meglétét.

A 20 cm-es mélységű bolygatás során a vizsgált paraméterek és a fluxus között minden tekintetben fenn áll a statisztikailag kimutatható korreláció, viszont csak a CO₂-emisszió és a talajnedvesség közötti kapcsolat tekinthető valódinak, amit az utólagosan lefuttatott regresszió analízis támasztott alá.

Az utolsó három vizsgált napon a fellazított talaj CO₂ emissziója indult leghamarabb növekedésnek. A vizsgált időszakban ugyanezen talaj szén-dioxid kibocsátása volt a legkiegyenlítettebb, ami alátámasztja azt az állítást, miszerint a lazított talajban (forgatott talajjal szemben) kiegyenlítettebb talajélet alakul ki.

A kontroll terület CO₂-emisszió görbéje is hasonló: degresszív fázissal indul, majd stagnálás következik be, és a hőmérséklet csökkenésével tovább csökkent a szén-dioxid-

emisszió. A talaj hőmérsékletének emelkedésével a mikrobák tevékenysége élénkül, így az ebből származó CO₂-kibocsátás is emelkedik.

Összességében elmondható, hogy a talajforgatásnál a levegő hőmérséklete volt a meghatározó tényező. Ezzel ellentétben a talaj sekély fellazításánál a talaj nedvességtartalma volt a limitáló faktor.

Az összes mért paraméter statisztikai elemzése során (3. táblázat), csak egy-egy statisztikailag is alátámasztható kapcsolat volt kimutatható.

3. táblázat: A statisztikai elemzések eredményei (Saját forrás)

Kezelés	Beavatkozás	Átlag	Szórás	Változók	Korreláció (r)	p	R ²	F	y=a+bx
Talajművelés	20 cm forgatás	0,01	0,0053	CO ₂ fluxus- levegőhőmérséklet	0,574	0	0,33	16,768	F=-0,006+0,001*levegő hőmérséklet
	40 cm forgatás	0,01	0,0065	CO ₂ fluxus- levegőhőmérséklet	0,484	0,03	0,235	10,423	F=0,002+0,001*levegő hőmérséklet
	Sekély lazítás	0,01	0,0044	CO ₂ fluxus- talajnedvesség	0,653	0,00	0,426	25,274	F=-0,005+0,001*talajnedvesség

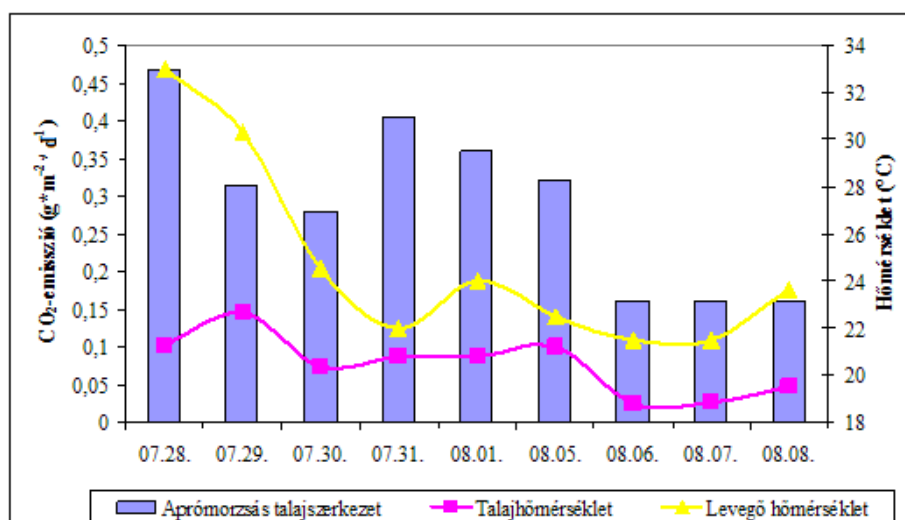
A szén-dioxid fluxus R² értékei eléggé alacsonyok, ami annak tulajdonítható, hogy a vizsgált környezet egy nyílt rendszer, amiben számos más nem megfigyelt tényező is szerepet játszik.

A CO₂-emisszió alakulása az aprómorzsás, rögzös, tömörödött talajállapot esetében

Az aprómorzsás talajszerkezet szén-dioxid-kibocsátásában fokozatos visszaesést tapasztaltam az első három napban, ami a szervesanyag bomlás lassulásának köszönhető, – a talajfelszín elmunkálása a műveléssel egy menetben megtörtént – mivel a talajfelszín zárása megvalósult és így nem következett be a szerves anyagok „elégése”. A talaj szén-dioxid kibocsátásának intenzitása a levegő hőmérsékletének változását szinte 24 órás késéssel követte. (3. ábra).

Statisztikailag igazoltam, hogy az aprómorzsás talaj CO₂-kibocsátása és a talaj hőmérséklete között szignifikáns a korreláció, azonban ezt a lefutott regresszió analízis során nem tudtam bizonyítani, ezért ezt a kapcsolatot figyelmen kívül hagytam.

A rögzös talajfelszín emissziója hasonló görbét ír le, mint az aprómorzsásé, viszont nagyobb mértékű kiegyenlítettség volt itt megfigyelhető. Augusztus 1-je és 5-e között a hőmérsékletcsökkenés ellenére a talajlégzés erősödött, augusztus 5-e után egy köztes állapotra állt be.

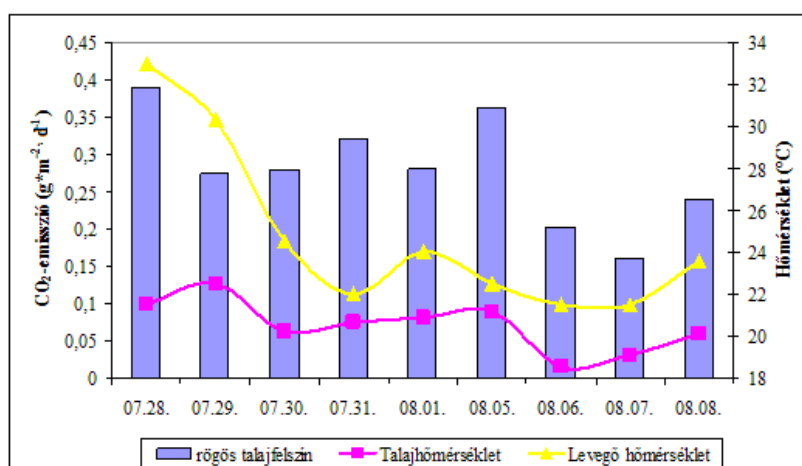


3. ábra Az aprómorzsás talajszerkezet CO₂-emisszió és a hőmérséklet összefüggése
(Saját forrás)

A hőmérséklet emelkedés hatására a rögzös felszínű talaj gyorsabban reagált, mint az aprómorzsás szerkezetű (4. ábra).

A rögzös talaj statisztikai elemzés kimutatta, hogy a szén-dioxid kibocsátás, a talaj hőmérséklete és a talajnedvesség közötti kapcsolat statisztikailag nem igazolható.

A tömör talajfelszín CO₂-kibocsátása egészen augusztus 5-ig a többi kezeléshez képest végig magasabb volt. Azonban a hőmérséklet csökkenésével folyamatosan, de kismértékben csökkent.



4. ábra: A rögzös talajfelszín CO₂-emisszió kibocsátás és a hőmérséklet összefüggése (Saját forrás)

A visszatömörített talaj esetében a korreláció a CO₂-kibocsátás és a talaj hőmérséklete ($r=0,734$), valamint nedvességtartalma ($r=0,826$) között ugyanúgy fennállt, mint az aprómorzsás talajszerkezet esetében, azonban a regresszió analízis csak

a talajnedvesség és a fluxus közötti kapcsolatot támasztotta alá statisztikailag igazolható módon.

A taposás és művelés eredetű tömörödési talajállapotot előidézve, azért magasabb a talajhőmérséklet a kezelés idején, mert a talajrészek egymáshoz közelebb helyezkednek el, a pórusok térfogata kisebb, így könnyebben és jobban át tudják adni a talajrészecskék hőt, mint a lazított aprómorzsás vagy rögös talajszerkezet esetén, ahol a hőátadó szerep a kicsi hővezető képességű levegőn van. Azonban a napi ismétlések adatai alapján (4. táblázat) más megállapítások voltak levonhatóak.

4. táblázat: A statisztikai elemzések eredményei (Saját forrás)

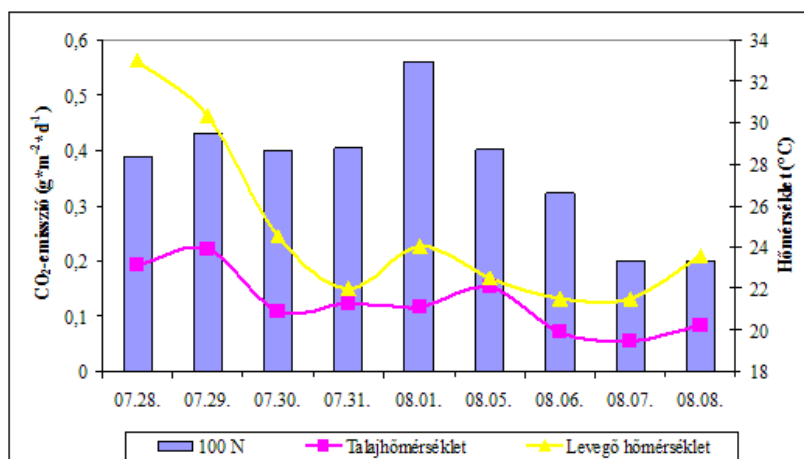
Kezelés	Beavatkozás	Átlag	Átlag szórása	Változók	Korreláció (r)	p	R ²	F	y=a+bx
Tömörödés	Aprómorzsás talajszerkezet	0,01	0,00574	CO ₂ fluxus-levegőhőmérséklet	0,451	0,006	0,203	8,673	F=-0,015+0,001*levegő hőmérséklet

A rögös és a visszatömörödött talaj esetében nem volt felírható a regressziós egyenlet, mivel szignifikáns kapcsolat csak és kizárólag az egy tényezős regresszió analízis vizsgálatakor tapasztaltam.

A CO₂-emisszió alakulása műtrágyázott körülmények között

A tápanyag-utánpótlással kedvezőbb feltételek alakultak ki a talajban, emiatt élénkült az aktivitása. Kizárólag a talajélet és a talajtermékenység változását szerettem volna megfigyelni közvetett módon, a talaj CO₂ kibocsátásának mérésével. A növények gyökérlégzésének kiküszöbölését a kopár talajfelszín fenntartásával értem el. A műtrágyázott területeken relatíve korán megjelentek a gyomnövények, melyeket rendszeresen a megjelenésüket követően eltávolítottam.

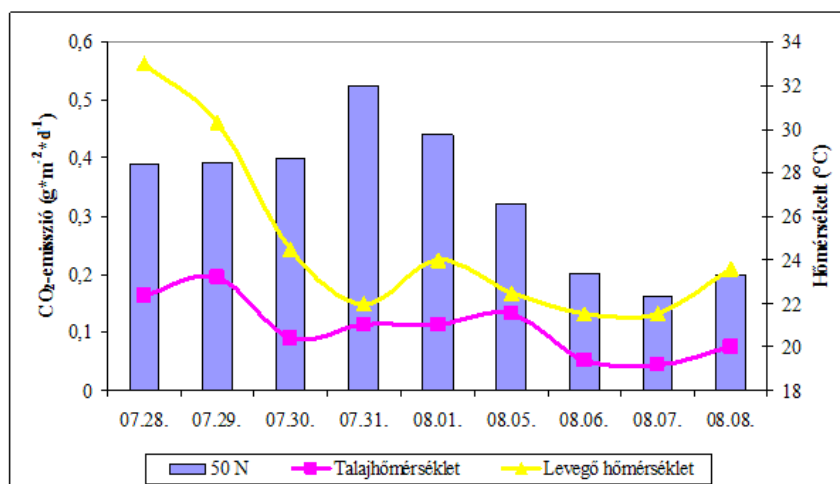
A kísérlet során a legnagyobb és legkisebb műtrágyadózisok élénkítő hatása egyszerre jelentkezett. A tetőzési szén-dioxid-kibocsátási érték a köztes dózis esetében 5,599 g*m⁻²*d⁻¹ volt. Szerintem, ez utóbbi bizonyult az optimális dózissnak (ezen a talajtípuson). Ezt a tényt az is alátámasztotta, hogy a csökkenő hőmérséklet hatására kevésbé meredek az emissziós görbe lefutása, mint a másik két tápanyag utánpótlási kezelés esetében. (5. ábra).



5. ábra: A 100 N nitrogénműtrágya-dózis által okozott CO₂-emisszió a talaj-és a levegőhőmérséklet kapcsolatában (Saját forrás)

A 100 N jelű kezelésnél a CO₂-emisszió és a talajnedvesség között volt statisztikailag igazolható kapcsolat ($r=0,741$). Az 5 g/m² hatóanyag dózissal kezelt területek emissziós görbéje (6. ábra) hasonló lefutású volt, mint az optimális dózissal kezelt területeké, csak korábban tetőződött a talajlégzés (07. 31.), azonban alacsonyabb értékkel (0,523 g·m⁻²·d⁻¹). Az augusztus 1-étől csökkenő CO₂-emissziós értékek teljes mértékben követik a levegő- és talaj hőmérsékletének megváltozását.

Az 50 N kezelésnél, ugyanúgy, mint a 100 N esetében a szén-dioxid fluxus a talajnedvességgel valóban korrelál (6. táblázat). Azonban előbbinél (50 N) az r értéke magasabb volt ($r=0,814$).



6. ábra: Az 50 N műtrágyadózis hatása a talaj CO₂-kibocsátására (Saját forrás)

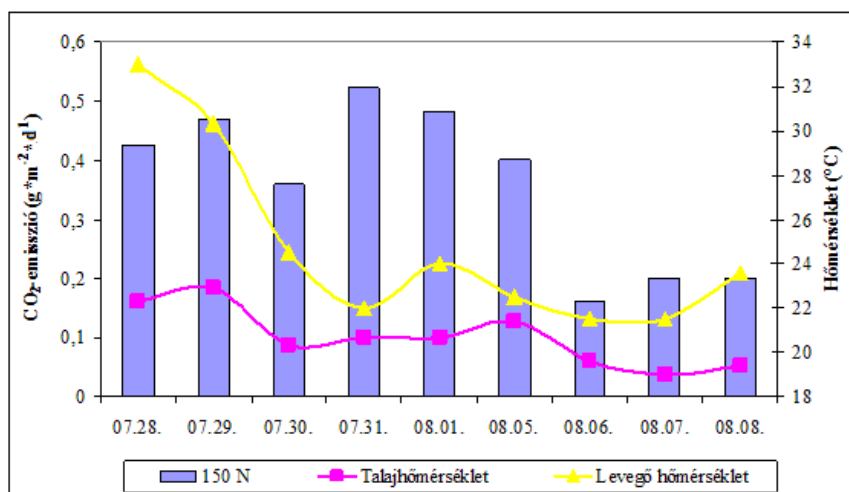
Az egy négyzetméterre vetített 150 N hatóanyag tartalmú kezelés hatására bekövetkező maximális CO₂-kibocsátás időpontja egybeesik az 50 N kezelésével. A

07. 31-én mért koncentrációs értékből kalkulált emisszió ($0,523 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$) bizonyult a legnagyobbnak. Az ezt követő mérséklődés viszonylag kisebb mértékű (7. ábra). Az augusztus 5-e után a korábbihoz képest fele akkora koncentráció értékeket mértem.

A legnagyobb nitrogén dózissú műtrágyázás a statisztikai elemzése szerint a szén-dioxid kibocsátás és a talajhőmérséklet ($r=0,743$) volt szignifikáns kapcsolat.

Nagy (2004) szerint – amivel egyetértek – a nitrogén műtrágyázás hatására kiegyenlítettebbé válik a növények egyedfejlődése, továbbá növekszik a növények gyökérlégzésének intenzitása. Kutatásomban ugyan a talajfelszínen nem volt növényállomány, így a növények gyökérlégzését nem vizsgáltuk, azonban a gyomok e területeken nagyobb számban és több nappal korábban megjelentek, mint az egyéb módon kezelt területeken.

A műtrágya kezelések esetében a két kisebb dózissal kezelt parcellákon mind az egy tényezős mind a több tényezős regresszió analízis (18. melléklet) esetén csak a talajnedvesség és a CO_2 fluxus között tényleges kapcsolat kimutatható ($R_{50}=0,438$, $p=0,007$ és $R_{100}=0,363$, $p=0,03$).



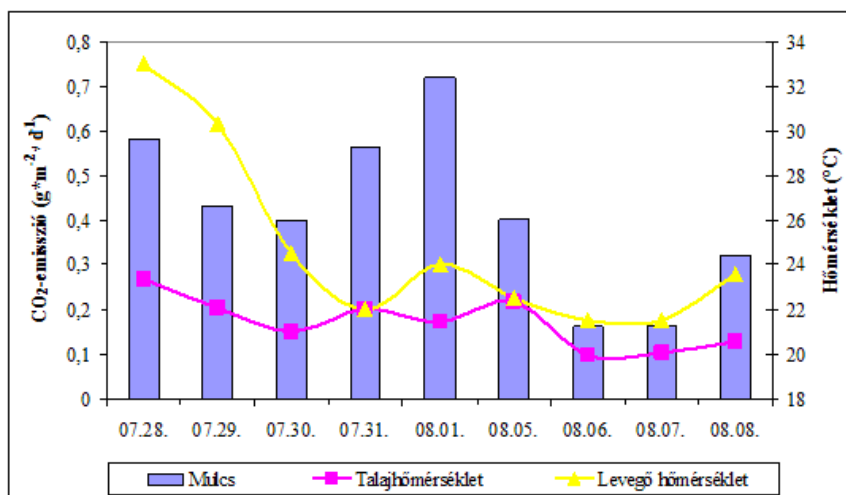
7. ábra: Az 150 N műtrágyadózis hatása a talaj CO_2 -kibocsátására (Saját forrás)

Az R értékek relatíve alacsonyabb értéke valószínűleg annak tudható be, hogy a kísérleti terület nem volt zártnak tekinthető, így arra számos nem mért egyéb paraméter is hatott. A 100 N dózissal kezelt területen a többtényezős regresszió elemzés során mind a talaj nedvességtartalma, mind a levegő hőmérséklete kapcsolatot mutatott a szén-dioxid kibocsátással, azonban az egy tényezős elemzést követően csak a többi kezelés során tapasztaltakat kaptam eredménynek. Emiatt a levegő hőmérsékletet kihagytam a regressziós egyenlet felírásakor.

A CO₂-emisszió alakulása mulcs hatására

A mulcsnak köszönhetően (8. ábra) a felszíni talajtakarásnak köszönhetően nem volt olyan nagymértékű a szén-dioxid-csökkenés, mint a takarás nélküli kontroll területen. A takarást frissen vágott fűvel végeztem el, illetve a korábbi növénytakarót (fűfélék, gyomok) bedolgoztuk a talaj felső 10 cm-es rétegébe. Július 30-ától vált érzékelhetővé a mulcs jótékony hatása a talajéletre. Augusztus 1-én tetőzött az emisszió (0,72 g*m⁻²*h⁻¹). Ezt követően gyors visszaesést tapasztaltam, amit egy egyensúlyi állapot követett.

A mulcstakarásos kezelésnél mind a talajhőmérséklettel (r=0,661), mind a talaj nedvességtartalmával (r=0,699) szignifikáns kapcsolatot mutattam ki. A kontrol kezeléshez képest alacsonyabb talajhőmérsékleti értékeket és magasabb talajnedvesség értékeket mértem.



8. ábra: A mulcs általi felszíntakarás CO₂-emisszióra gyakorolt hatása (Saját forrás)

Összességében elmondható, hogy agrár-környezetgazdálkodási szempontból fontos a mulcs takarásos technológia alkalmazása a talaj mérsékelt bolygatása a talajművelési beavatkozások során, a kiegyensúlyozott tápanyag ellátás és a talajnedvesség megőrzése a talajélet aktivitás szempontjából. Mindez hozzájárul a talajerózió elleni védelem megvalósulásához is. A nyári száraz időszakban tehát a talajfelszín zárása a nedvesség megőrzés szempontjából kiemelt jelentőséggel bír.

A különböző talajművelési beavatkozások és a talajlégzés közötti kapcsolat vizsgálata alapján elmondható, hogy a kapcsolat exponenciális. A beavatkozások után minden esetben kimutatható volt a megnövekedett talajélet aktivitás, mint Kovács és Zsembeli (2007) és Gyuricza (2000) vizsgálatait során is. Továbbá a csapadék hatására nőtt a talaj szén-dioxid fluxus, akárcsak Timothy et al. (2003) esetében.

4.3 A hagyományos és redukált talajművelésű növénytermesztési rendszerek hatásai agrár-környezeti indikátorok alapján

A vizsgálatokat a DE Karcagi Kutató Intézet H-1 tábláján végeztem. A Frissen beállított kísérletben végzett méréseket az Intézet I-2 jelű tábláján valósítottam meg.

4.3.1 A vizsgált növénytermesztési rendszerek antropogén eredetű agrár-környezeti hatótényezői

A talajt és a levegőt közvetlenül érintő mezőgazdasági gépek környezetterhelő hatásai az egyes talajművelési beavatkozásokon keresztül jelentkeznek. A terhelés mértékét leginkább a talajművelési beavatkozások típusa, a meglévő géppark korszerűsége és az egyes műveletek, illetve azok menetszáma befolyásolja.

A vizsgált növénytermesztési rendszerek antropogén eredetű agrár-környezeti hatótényezői közül a mezőgazdasági gépekkel történő művelés menetszámát, a talajművelési beavatkozásokat normálhektárban kifejezve, üzemanyag felhasználás, mezőgazdasági gépek motorjainak károsanyag kibocsátását volt alkalmam vizsgálni.

A mezőgazdasági gépekkel történő talajművelés menetszáma alkalmas egyrészt a mezőgazdasági gépek általi talajtömörítő hatás előfordulási gyakoriságának számszerűsítésére, illetve az agrár-környezeti terhelések nagyságrendjének feltárására (27. táblázat). Emellett alapul szolgált adott gazdasági növény termesztése esetében a különböző talajművelési rendszerek közti különbségek kimutatására. Őszi búzát a 2005/2006-os és a 2008/2009-es gazdálkodási években termeltek. Az elővetemény minden esetben napraforgó volt. A hagyományosan művelt területen a szalma bebalázása alapvető különbség volt. A két gazdálkodási év között is eltérés volt. A 2005/2006-os évben a magágy készítés, szántás és annak elmunkálása okozta a két művelés közötti gépfelhasználás különbséget. A 2008/2009-es évben volt tarlóhántás művelet is, ami növelő tényező volt.

Megállapítottam, hogy a redukált művelésű területen alacsonyabb gépi menetszám elegendő volt az őszi búza termesztésénél, napraforgó előveteményt követően. Napraforgót a 2007/2008-as és a 2008/2009-es években termeltek. A betakarítás a követő gazdálkodási évben történt meg. Megállapítottam, hogy a talaj előkészítés

módján kívül a szántás elmunkálása szintén szükséges volt. Emellett mechanikai sorközművelés is 2008. május 15-én. Ez a két különbség volt kimutatható.

A 2008/2009-es évben csak a szántás elmunkálása miatt volt többlet művelet a hagyományosan művelt területen, silócirok elő veteményt követően.

Őszi árpa csak a 2007/2008-as évben volt termesztve a vizsgált időszakban. A redukált talajművelés alatt álló területen a vetést követően szükség volt gyomirtó vegyszerezésre egy menetben. A másik parcellán a szalma bálázás, tarlóhántás és záárs műveletei mutattak eltérést. Ez idő alatt a redukáltan művelt területen csak a mulch bedolgozása valósult meg. Így összességében két gépmenettel kevesebb művelés volt itt.

Silócirok a 2006/2007-es gazdálkodási évben került a területekre. Minimális talajművelést igényel. A hagyományosan művelt területen arányaiban jelentősen több gépfelhasználás volt (7, különbség: 3), amik a magágykészítés (multitiller, kombinátor) és a sorközművelés (kultivátor). A betakarítás a követő gazdálkodási évnél került elszámolásra.

Pannonbükönyt a 2005/2006-os gazdálkodási évben vetettek, előveteménye őszi árpa volt. A gépi munka menetszámában csupán egy volt a kimutatható különbség, ami a kétszeri szárzúzásból adódott a redukált művelésű parcellán. Így a hagyományosan művelt területen 9 gépi munkasor valósult meg, ami eggyel kevesebb a másik talajművelési rendszerben megvalósulthoz képest.

Őszi káposztarepce termesztésére a 2006/2007-es évben került sor. Jelentős gépi munka igénye volt a növénynek. Többször is szükség volt növényvédelmi beavatkozásra, illetve érésfokozót is kellett alkalmazni. A hagyományos művelésű területen 13 alkalommal volt gépi munka felhasználás, ami kettővel több a másik művelésnél tapasztalttól. Az eltérés a bálázás és a tárcsázás munkaműveletekből adódott.

Összességében elmondható, hogy a gazdálkodási éveket véve alapul, a pannonbükönyt kivéve, minden esetben a redukált művelésű területeken volt alacsonyabb a gépfelhasználás menetszáma. Gépkecsolatokat nem alkalmaztak a művelés során, ami tovább csökkenthetné ezt a számot a talajművelés rendszerekben.

A mezőgazdasági gépekkel történő művelés normál hektárban kifejezve a bolygatás intenzitásának jellemzésére alkalmas a különböző talajművelési rendszerekben (19. melléklet). Minden talajművelési beavatkozásra vonatkozóan meghatároztam annak

nha-ban kifejezett mértékét. Majd összehasonlító elemzést végeztem a hagyományos művelésű területek bolygatásának intenzitását véve alapul. Ezeket összesítettem gazdálkodási évenként.

Az őszi búza esetében a talajművelés mértéke 56-90 % között változott a hagyományos művelés arányában.

A napraforgónál már ennél kisebb az eltérés, de így is jelentős, 72-75 %-a a talaj bolygatásának mértéke a redukált talajművelésű területeken.

Az őszi árpa talajának bolygatása redukált talajművelési rendszerben csupán 61,5 %-a volt a hagyományoshoz képest. Hasonló mértékű eltérést mutattam ki az őszi káposztarepce esetében is. A legnagyobb eltérést a siló cirok termesztésénél volt számszerűsíthető. Ennek mértéke 54,4 %.

A pannonbüköny esetében a hagyományos művelésű területeken volt intenzívebb a bolygatás mértéke. Ennek az az oka, hogy a redukált rendszerben volt talaj előkészítő beavatkozás az adott gazdálkodási évben, míg a hagyományosan művelt táblán a művelet a következő gazdálkodási évre esett. Emellett a kétszeri szárzúzás művelet is hozzájárult a nagymértékű eltéréshez.

Összességében elmonható, hogy a normál hektár, mint agrár-környezeti indikátor használata jelentős különbségeket tárt fel a különböző talajművelési rendszerekben, adott gazdálkodási évre vetítve valamennyi vizsgált növénynél. Az nha-ban kifejezett indikátort alkalmasnak tartom a talajbolygatás mértékének számszerűsítésére.

A mezőgazdasági gépekkel történő talajművelés gépi teljesítmény értékeinek és üzemanyag felhasználásának elemzése alkalmas a talajművelési rendszerekben felhasznált energia mennyiségének közelítő nagyságrendjének feltárására. Ezt kétféle megközelítésben számszerűsítettem (20. melléklet).

Borsos János szerkesztésében 2004-ben megjelent könyvben közölt adatait vettem figyelembe a számítások során. Az ebben publikált a normál hektár (nha) átszámítási kulcsok alapján kalkulált gépi teljesítményt kWh-ban 1 (nha=26,315 kWh), illetve az ehhez tartozó gázolaj felhasználást (1 nha=8 kg gázolaj) számoltam. Emellett a 60/1992. (IV. 1.) Korm. Rendelet 4. mellékletében található gépi teljesítmény irányszámaikat is figyelembe vettem. Az erőgépek 1 kilogramm gázolaj felhasználása 3,3 kWh teljesítménnyel egyezik meg. A rendelet alapvetően 1 liter gázolaj felhasználást 2,77 kWh teljesítménnyel tesz egyenrangúvá. Figyelembe véve, hogy a géppark 6 évnél idősebb, 0,45 l/kWh-t használtam súlynak, szintén a rendelet alapján. Így 2,22 kWh teljesítménynek volt megfeleltethető egy liter gázolaj felhasználás. Az egyes

növényeknél a különböző talajművelési rendszerek közötti különbségek alapja ugyanaz volt, így az arányok is ugyanúgy változtak. Szembetűnő különbségeket számoltam ugyanazon indikátorra a két módszerrel.

Összességében elmondható, hogy a rendeletben meghatározott értéket kell használni a különböző számításokhoz, azonban fogyasztásmérősrő használatára lenne szükség.

A különböző gépteljesítmények alapján számszerűsített üzemanyag fogyasztás számítása alkalmas arra, hogy mérőberendezés nélkül meghatározhatózzuk az erőgépek gépek tényleges teljesítményét adott talajművelési rendszerben, illetve talajművelési beavatkozásoként egy hektárra, vagy parcellára vetítve (21. melléklet).

A gázolaj fogyasztást első esetben az alapján határoztam meg, hogy 1 kg gázolaj felhasználása 3,3 kWh teljesítménynek felel meg, illetve 1 liter gázolaj fogyasztás 2,77 kWh teljesítménnyel egyenlő. Az utolsó két oszlopban a gépek kora alapján kimutatható a fogyasztások közötti különbség.

Mindenképp elgondolkodtató a megtakarítható üzemanyag mennyiség egy modernebb géppark esetében.

A gépjárművek szennyezés kibocsátásának összehasonlítását azok Euro besorolása alapján végeztem el, ami a közelítő becslésekre alkalmas. Azonban a levegő tehelésének mértéke szembetűnő lehet. A különböző talajművelési rendszerekben nem volt szempont, hogy a redukált talajművelési rendszerben jobb környezeti besorolású mezőgazdasági gépekkel történjen a talajművelési beavatkozások végrehajtása. Így azok alkalmazásának arányát értékelem.

A termesztés során alkalmazott erőgépek közül az MTZ 82 típusú traktor EURO 3-as besorolású. A többi EURO 4-es kategóriába sorolandó a motorteljesítmény alapján.

Összességében elmondható, hogy az őszi búza esetében az MTZ 82-es erőgép a redukáltan művelt területeken 40 % feletti, míg a többi parcellán 30 % körül alakult. A napraforgó és őszi árpa termesztésben fele-fele arányban volt az EURO 3-as és EURO 4-es kategóriájú gépfelhasználás. A silócirok és a pannon bükköny növényeknél a redukált művelésben 70-75 %-os arány képviselt az MTZ 82 traktor. Az őszi káposztarepcében talajművelési rendszertől függetlenül 60 %-ban fordult elő ez a gép típus.

A redukáltan művelt területek többségén alacsonyabb gépi menetszám volt kimutatható, azonban az erőgépek tekintetében ezeken a területeket magasabb arányban művelték régebbi és környezeti szempontból több káros anyagot kibocsátó erőgépekkel.

Lényeges különbséget mutattam ki hagyományos és redukált talajművelési rendszerek között, valamennyi termesztett növénynél a gépfelhasználásban alkalmazott agrár-környezeti indikátorokra alapozottan.

Tápanyag-gazdálkodás, mint agrár-környezeti hatótényező értékelése

A H-1 jelű tábla talajának főbb vizsgált paramétereit az Anyag és módszer c. fejezet tartalmazza. A talaj tápanyagainak részletes vizsgálatát a DE Karcagi Kutató Intézet munkatársai végezték el. Így dolgozatomban csak a tápanyag utánpótlás területén vizsgáltam a tápanyag-gazdálkodást.

Loch és Nosticzius (1992) szerint, amivel egyet értek, az eredményes tápanyag-gazdálkodáshoz, trágyázáshoz ismernünk kell a növények igényét, kémiai összetételét, zavartalan fejlődésükhöz szükséges tápelemeket és ezek szerepét, továbbá a tápelemek felvételét befolyásoló tényezőket. Továbbá ismernünk kell a talaj tápanyagszolgáltató-képességét, a műtrágyák, szerves tápanyagok tulajdonságait, átalakulását a talajban. Mindezek ismerete ahhoz is szükséges, hogy agrár-környezeti szempontból értékelhető legyen annak ésszerűsége a csökkenő hozamnövekedés törvényét is figyelembe véve, illetve esetleges környezetterhelő, illetve -javító hatására fény derülhessen.

A kísérleti terület talajának fizikai félesége agyag, száraz időszakban előfordulhatnak akár 1-2 méteres repedések is, melyek hozzájárulhatnak akár közvetlenül is a felszín alatti vizek nitrátosodásához. Emiatt kiemelten körültekintően kell eljárni a műtrágya szórása során.

A fentiek mellett szerintem a csapadék is bizonyos mértékben szerepet játszik a N, P, Na, K, Ca, Mg és S tápanyagok utánpótlásában, amire irányultak korábban is már kutatások (Scheffer és Schachtschabel, 1979).

Szerves anyagok használatának értékelése alkalmas a növények számára könnyen felvehető tápanyagformák értékelésére. A kijuttatásra használt mezőgazdasági gépek környezetterhelő hatásait leszámítva, a szerves tápanyag utánpótlásnak pozitív környezeti hatásai vannak, sőt, javítják a talaj szerkezeti állapotát. Az általam vizsgált kutatási területeken szerves trágya felhasználás nincsen, azonban szerves tápanyagok talajba juttatása a mulcs technológiának köszönhetően megvalósul. A redukáltan művelt területeken a gabonatarlót a talajba dolgozzák. Így azok hozzáadódnak a szerves tápanyag-gazdálkodás input oldalához. Az 1:1,5= szem:szár tömeget vettem alapul a mennyiségek figyelembe vételénél.

A 2005/2006-os és a 2008/2009-es gazdálkodási években a hagyományosan művelt területen ugyan az őszi búza szalmáját bebálázták és elszállították, a tarlót szárzúzását végrehajtották, majd azt a talajba szántották. Ez minimális szerves tápanyag utánpótlást jelent. Ezzel szemben, a talajkímélő művelésben részesülő területeken az őszi búza szárát nem bálázták be, hanem Disk ripper segítségével bedolgozták a talaj felső 10 cm-es rétegébe, valamint egy részét a felszínen hagyva biztosították a legalább 30 %-os folyamatos növényi felszínborítást a táblán. Ennek hatására csökkentették a defláció okozta egy hektárra eső talajvesztéseket, kevésbé melegedett fel a talaj felszíne, aminek következtében csökkent a talaj evaporációja, továbbá jelentősebb mennyiségű szerves eredetű tápanyag került a talajba, javítva ezzel a talaj tápanyagellátását, a talaj szerkezetét és elősegítve azt, hogy a természetű növények felvehető tápanyagformákhoz jussanak az elkövetkező termelési ciklusban.

A 2005/2006-os év másik főnövénye a pannon bükköny volt. Az őszi árpa szára a hagyományos művelésű területen bebálázásra került, míg a redukált művelésű területen mulcsként részben a talajba, részben a talajfelszínen lett hagyva.

A 2006/2007-es gazdálkodási évben a gazdasági növény az őszi káposztarepce volt.

A konvencionálisan művelt területen az őszi káposztarepcét június 21-én takarították be. A forgatásra alapozott területen egy hét múlva bebálázták a szalmát. Mindkét területen július 12-én szárzúzás volt. A hagyományosan művelt területet másnap feltárcsázták. Július 16-án a szántott táblát gyűrűshengereztek, míg a másikon MF 726 segítségével a szármaradványokat részben a talajba dolgozták, részben a felszín takarását oldották meg defláció elleni védelem és a talaj vízkészletének megőrzése végett, mint az előző évben. Természetesen ezen a területen az őszi káposztarepce szárában található tápelemekkel növelt mértékben a tápanyag utánpótlás egy része is fedezve lett a következő évre.

A silócirok termesztése esetében a különböző talajművelésű területeken nem volt jelentős különbség a szervesanyag-gazdálkodásban.

A 2007/2008-as évben őszi árpát vetettek két parcellára, melyet június 20-án takarítottak be.

A konvencionálisan művelt területen a szalmát június 23-án bebálázták, július 2-án tarlóhántottak, másnap gyűrűshengerrel zárták a talajfelszínt. A csökkentett művelés esetében július 2-án mulchtillerrel bedolgozták a szármaradvány jelentős részét a talajba, szintén lezárva a talaj felszínét.

A napraforgóval vetett táblákon a tápanyag gazdálkodásnál nem volt eltérés.

Műtrágya felhasználás értékelése alkalmas a tápanyag utánpótlás mértékének és összetettségének értékelésére. A felhasznált műtrágyákat évenként és tápelem tartalom szerint értékelem agrár-környezeti szempontból.

A 2005/2006-os évben a pannon bükköny alá 34 kg/ha ammóniumnitrátot (hatóanyag: (NH_4NO_3)) juttattak ki hatóanyagban kifejezve. Nem volt különbség az egyes talajművelési rendszereknél.

Az őszi búza alá 68 kg/ha ammóniumnitrátot (hatóanyag: (NH_4NO_3)) szórtak ki egységnyi területre, itt sem volt különbség a művelési rendszerek között.

A 2006/2007-es gazdálkodási évben sem volt a kijuttatott műtrágya mennyiségek között különbség az őszi káposztarepcénél, ill. a ciroknál (100 kg/ha). A nitrogénen kívül az olajtartalom növelése érdekében ajánlott lett volna kén tartalmú műtrágya kijuttatása (pl. ammónium-szulfát, vagy kálium-szulfát) is a repce esetében.

A kijuttatott műtrágya így nem haladta meg a Nitrát Direktívában (91/676/EGK) foglalt 170 kg/ha mennyiséget hatóanyagban kifejezve.

Az ammóniumnitrát a kalciummal jól ellátott talajokon trágyázásra megfelelőnek mondható. Előnye, hogy a nitrogént kb. fele-fele arányban ammónium-, és nitrátion formájában tartalmazza (Loch és Nosticzius, 1992). A termesztett növény mindkét iont hasznosítja, így nem marad kedvezőtlen hatású kísérő ion sem a talajban, ami agrár-környezeti szempontból fontos. Hiánya kisebb bokrosodást, csökkent fehérje tartalmat és kis szemtermést eredményezett volna.

A 2007/2008-as gazdálkodási évben az őszi árpa alá ugyanezt a nitrogénformát juttatták ki a területekre. Az előző évben talajba dolgozott őszi repce szármaradványok miatt, hogy a kellő C:N arányt fenntartsák ($\text{C/N} > 30$ esetén pentozán hatás lépett volna fel), eltérő mértékben módosítottak a kiadott N hatóanyag mennyiségen.

Ezúttal foszfor és kálium hatóanyag is kiszórásra került az őszi árpa alá. A foszfor kijuttatott mennyiséget és hatóanyag tartalmat a gyakorlati életben, ugyan P_2O_5 -ben fejezik ki, ez helytelen Loch és Nosticzius (1992) szerint, mivel a műtrágyák nem tartalmaznak foszfor-pentoxidot. Immár használatos a P % megadása is ($1\% \text{ P}_2\text{O}_5 = 0,463\% \text{ P}$), azonban a dolgozatomban én is a P_2O_5 %-t használom. A szuperfoszfát a foszfort vízzel oldható monokálcium-foszfát és szabad foszforsav formájában tartalmazza. A P_2O_5 % hektárra vetített mennyiségei eltérőek a két területen. A redukált művelésű területen több mint 50 %-kal kevesebb foszfort juttattak ki (különbség 40 kg/ha). A szuperfoszfát elem tartalma 18-20% P_2O_5 , 25-30% CaO és 13% S.

A gabonafélék termésével átlagosan 100-150 kg kálium hatóanyagot vonunk ki a talajból. A talajok káliumkészlete az ásványok mállása és az ioncsere eredményeként szabadul fel. Azonban figyelembe kell venni a talaj agyagtartalmát és annak minőségét is. Minél nagyobb a talaj agyag készlete, annál több káliumot kell tartalmaznia azonos ellátottság mellett, illetve a terület 15 % feletti agyagásvány-tartalma miatt számolni kell a kálium fixálással is. Emellett az összes káliumkészletnek csak néhány százaléka felvehető a növény számára. Általában a talajok káliumellátottsága akkor jó, ha a (K_2O -ban mért) mennyisége 240-340 mg/kg talaj között van. Figyelembe véve az elővetemény hatást és a termesztendő növény igényeit is, szükség volt a kálium tartalmú műtrágya kijuttatására, mert hiánya csökkentte volna az enzimatikus folyamatokat és a fotoszintézist, így nemcsak a hozamra és a minőségre hatott volna kedvezőtlenül, hanem a növény gomba-, fagy-, és szárazságtűrő képességét is visszavetette volna. A gabonák nem klorid érzékenyek, így a kálisó megfelelő kálium utánpótlás volt.

A napraforgóval vetett táblákon is eltérő tápanyag utánpótlást alkalmaztak a 2007/2008-as évben (x. táblázat). A redukált területen a NPK kijuttatott mennyisége ~ 5 kg/ha-ral volt alacsonyabb.

Csupán a szükséges nitrogén mennyiséget szórták ki a táblákra, hiszen a túlzott nitrogén jelenlét növeli a napraforgó betegségek iránti fogékonyságát. A foszfor pozitív hatással van a termés olajtartalmának mennyiségére. A káliumra azért volt szükség, hogy az aszályos körülményeket jobban tolerálja a főnövény. Emellett ajánlott lett volna mezoelemek közül a kén és bór kijuttatása is, ami közvetetten javítja az olajszintézist. A bór a tányér és kaszat alakjára van pozitív hatással.

2009-ben megosztva lett kijuttatva a N műtrágya, aminek az első része februárban, a második része április 4-én lett kiszórva. Ebben az évben is látványos különbség van a kezelések műtrágya dózisaik között. A repce szármaradvány lebontásának elősegítése érdekében körül-belül másfélszer nagyobb nitrogént kapott a redukált tábla.

Az előző évben a repce ~ 43 K_2O kg/t káliumot vont ki a talajból, emellett a napraforgó legnagyobb mennyiségben igényelt makroeleme a kálium, emiatt a megnövelt kálium utánpótlás indokolt volt. A gyökérszónába kijuttatott kálium nehezen mozog a talajban. Mivel a napraforgó gyökere mélyebbre hatol, emiatt a magasabb agyag tartalmú talajban előfordul, hogy a termesztett növény kálium hiányos tüneteket produkál, bár ez nem történt meg. Hiánya esetén a növény fejlődése, termésképzése és érése egyaránt elhúzódhatott volna.

A főnövény igényli a mezoelemek közül a kalciumot, a magnéziumot és a kén a magasabb hozam és az olajtartalom elérése érdekében. A magnézium serkenti a fotoszintetikus aktivitást, míg a kén a növények anyagcsere folyamataiban, kén tartalmú aminosavak szintézisében játszik fontos szerepet és ezeken keresztül fokozza az olajsintézist. A napraforgónál a mikroelemek közül a bór jelentőségét kell kiemelni, amely elsősorban a generatív folyamatokat szabályozza. A bór hiányában a tányérok sárgulnak, deformálódnak, romlik a kötődés és torz kaszatok képződnek. A bórhány tüneteit az aszálykár fokozza. A fentiek közül egyik sem került kijuttatásra.

Az őszi búzánál (2007/2008) is került kijuttatásra kálium tartalmú műtrágya. A két művelési rendszer tápanyag-gazdálkodása között nem volt különbség. Fentebb már ismertetett módon igényel tápanyagokat.

Összességében elmondható, hogy a vizsgált gazdálkodási években makro, mezo és mikroelem tartalmú műtrágyák nem kerültek kijuttatásra, bár az őszi káposztarepce és a napraforgó is bór igényes, amivel a termés mennyisége növelhető lett volna. A repcénél Bórhány esetén csökken a gyökér fejlődése, a becők elszáradnak vagy nem is képződnek. A napraforgónál a tányér és kaszat alakjában, magképzésben van kulcsfontosságú szerepe a Bórnak. A növényekben a bór nehezen mozog, ezért jobb lombtrágyaként kijuttatni.

A növény-specifikusan kijuttatott N, P, K elemeken kívül egyéb makro, mezo és mikroelemek kijuttatása fokozná a hozamok mennyiségét és minőségét egyaránt. Ugyanakkor a mulcs révén számottevő mennyiségű makro és mikroelem lett visszaforgatva a természeti rendszerbe, ami szintén módosította a tápanyag-gazdálkodás koncepcióját a redukáltan művelt területeken. A mulcsolás alkalmazása számottevő környezetjavító hatással bírt a talajerózió, talaj vízháztartás, talajélet aktivitás szempontjából a redukált művelésű területeken. Mindez jobb feltételeket biztosít a termesztett növényállománynak, ugyanakkor fokozott gyomosodással is lehet számítani.

4.4. A növénytermesztési rendszerek helyszínének agrár-környezeti állapotértékelése a szántóföldi kísérletek példáján keresztül

A különböző talajművelési rendszerekben az agrár-környezeti hatótényezők által generált változások agrár-környezeti állapot indikátorokon keresztül számszerűsíthető módon értékelhetőek.

A H-1 jelű táblán a két kezelés közötti különbség főleg a talaj előkészítésében, a gabona szármaradvány elhelyezésében, az ebből fakadó eltérő tápanyag-gazdálkodásban nyilvánul meg.

A biomassza termelés és a hozamok alakulásának értékelése alkalmas a terület szolgáltató képességének állapotértékelésére (22. melléklet). A 2007-es évet leszámítva a termesztett növények az országos átlaghoz képest magasabb termést produkáltak. Ez részben a tájfajtáknak, az évjárat és klímaadottságoknak tudható be.

A növényi minták vizsgálati eredményei arra engednek következtetni, hogy a direktvetésű területeken a gyökerek sekélyebbre hatoltak, mint a hagyományos művelésű területen. A gyökértömeg is közel 1/3-dal kevesebb volt az előbbi területen.

A mulcsolt területeken a növényállomány kiegyenlítettebben fejlődött, mint a mulcs nélküli területeken. Azoban, ahol a mulchhagyó művelést valósult meg, a növények kelése és fejlődése is késleltetett volt. Ez annak köszönhető, hogy a mulcs-takaró alatt a talaj lassabban melegedett fel. Pozitív hatásai a nyári aszályos időszakban jelentkeznek.

A hozam adatok tekintetében 2007-ben nem volt jelentős különbség, azonban 2008-ban a redukált művelésű területen az őszi árpa termése 0,4 tonnával több volt. Mivel a fajta Karcagon lett nemesítve, emiatt az országos átlagnál jobb termést adott a KG Puszta. Ugyanakkor a napraforgó termése a hagyományosan művelt területen minimális mértékben volt alacsonyabb.

A normalizált vegetációs indexek (NDVI) értékelése alkalmas a területen termett biomassza mértékének összehasonlító elemzésére, értékelésére. Elmondható (22. melléklet), hogy a művelések közötti különbségből fakadó biomassza termelés mértékek minimálisan tért el. Az adott főnövényre jellemző NDVI értékek C_3 (őszi búza, őszi árpa, őszi káposztarepce, napraforgó) és C_4 (cirok) növényenként különíthetők el látványosabban, azonban az egyes növényi kultúrák is elkülöníthetők voltak azokban az években is, amikor csak C_3 -as növények voltak a táblán. Meghatároztam a vizsgált területen a termesztett növények NDVI értékeit. A H-1 jelű táblán az őszi búza (0,25-0,35) és az őszi árpa (0,12-0,26) esetében az őszi búza biomassza termelése némileg magasabb értékeket mutatott a vizsgált időszakban. A legmagasabb biomassza termelést a napraforgónál számoltam (0,48-0,59). Ezt követte a cirok normalizált vegetációs indexeinek értéke (0,34-0,57). A talaj heterogenitása jól kivehető a kevert pixelek ellenére is (x. melléklet). A bükköny (NDVI=0,21-0,36) köztes értékeket vett fel az előző növényekhez képest (22. melléklet).

Az NDVI értékek újraosztályozását követően az egyes kezelések jól elkülönülnek, a betakarítást követően, pedig szinte homogénnek tekinthető a terület (22. *melléklet*).

Agrár-környezeti szempontból megállapítható, hogy a környezet kímélésének pozitív hatásai nagyobb mértékben jelentkeztek az energiatakarékos művelésnél. Az egyes talajművelési beavatkozások elhagyása, vagy talajkímélő módon történő végrehajtása nagyobb költségmegtakarítást eredményezett, mint amennyi terméskieséssel járt.

Az NDVI értékek a talaj heterogenitását követték a táblán belül, növényfajonként az értékek elkülöníthetőek a kevert pixelek ellenére is.

A redukált művelésű területeken adott növényfajta vegetációs indexei magasabb értékeket vettek fel, ami a mulcs kimutathatóságát támasztja alá. A biomassa termelés vizsgálata alapján elmondható, hogy a kezelések közötti különbségek az egyes főnövényeknél minimálisan térnek el. A normalizált vegetációs index és a hozamok alkalmasak az adott terület leírására, mint állapotindikátorok.

4.4.1. Talaj szerkezeti állapota különböző talajművelési rendszerekben

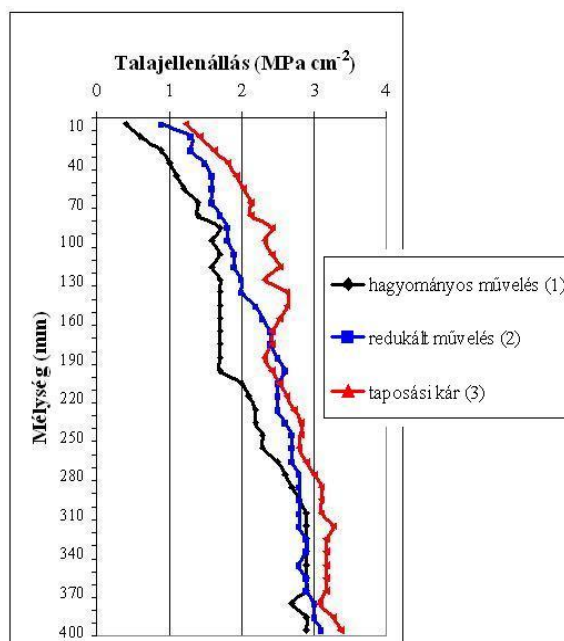
Talaj szerkezeti állapotának értékelése alkalmas a talajművelés okozta környezeti változások számserűsítésíthető detektálására.

A talajművelés káros talajkárosító hatásai legkönnyebben a talaj fizikai állapotán keresztül láthatóak. A talaj fizikai agyagtartalma minden mélységben meghaladja a 70 %-ot. A talajfizikai vizsgálatokat tartalmazó táblázat az Anyag és Módszer című fejezetben található.

Talajtömörödés vizsgálat alkalmas a művelési rendszerek közötti különbségek, valamint a mezőgazdasági gépek kerekei által okozott tömörítő hatások értékelésére a művelési mélységben. Erre alkalmas terület a H-1 jelű tábla volt.

A talajtömörödés káros szerkezeti leromlást eredményez, amely a talajok rosszabb víz és hőgazdálkodását vonja maga után. Birkás (2002) szerint, amivel egyet értek, az emberi tevékenység által okozott tömörödés folyamata során a talaj háromfázisos rendszeréből mechanikai stressz hatására a levegő kiszorul, és térfogata csökken.

A talajtömörödés kiváltó okai közt fontos a nagy súlyú mezőgazdasági gépek alkalmazása is. Emellett talajtömörödés a természetben is előfordul a kevés szerves és szervetlen kolloidokat tartalmazó talajokban. Tömörödnek a talajok vízvesztés, kiszáradás, valamint a csapadék tömege, vagy hosszabb vízborítás hatására is.



9. ábra: A talaj penetrációval szembeni ellenállása különböző talajművelésű területeken és a taposási kár
(Saját forrás)

Az elektronikus rétegindikátoros (penetrométeres) talajvizsgálat segítségével információt kaptam a talaj mechanikai állapotáról, melyet talajellenállás görbék segítségével értékelek (9. ábra).

A 9. ábrán a hagyományos művelés esetén a legkisebb a talajellenállás a nagyobb mértékű talajbolygatás következtében. A legmagasabb értéket a mezőgazdasági gépek kerekeinek nyomvályúiban kaptuk. A taposási kár a talaj felső 170 mm-ig erősen tömöríti a talajt. A keréknyomban 280 mm-es mélységben éri el a talajellenállás a 3 MPa értéket, ami tömör talajra utal. Hagyományos művelés esetén a felső 400 mm-es rétegben 3 MPa alatt maradnak végig a mért értékek, azonban 310 mm-es mélységben és az alatt már 2,9 MPa a talajellenállás, ami szinte már a tömörödött talajra jellemző. A redukált művelésű területen a 3 MPa-os határérték a 380 mm-es talajmélységben volt kimutatható.

A redukált és hagyományos művelésű területek talajainak tömörsége 300 mm mélyen egyezik meg, így a két művelés közti talajszerkezeti különbségek, egyértelműen számszerűsíthetőek voltak a művelt mélységben. 300-370 mm mélyen a szántott terület tömörödöttsége nagyobb (itt valószínűsíthető az eketalp réteg), míg 370 mm-en és az alatt a redukált művelésű területek talajellenállása magasabb. Az egyes kezelések hatását a talaj ellenállására párosított t-próbával is megvizsgáltam (5. táblázat).

5. táblázat Párosított t-próba (Saját forrás)

Talajművelési rendszer	Szignifikancia
Redukált művelés-taposási kár	0,000
Hagyományos művelés-taposási kár	0,000
Redukált művelés-hagyományos művelés	0,000

SZD 5%

A párosított t-próba (SZD_{95%}) szignifikáns eltérést mutatott a talajművelési rendszerek, illetve a mezőgazdasági gépek talajszerkezetre gyakorolt hatását illetően.

Megállapítom, hogy a művelési rendszerek, illetve a mezőgazdasági gépek kerekein keresztül jelentkező fizikai terhelések befolyásolják a talaj szerkezeti állapotát, a művelések közötti különbség kimutatható a művelési mélységben.

A talaj- és a levegő hőmérsékleti viszonyok értékelése alkalmas a talajtakarás talaj állapotra gyakorolt pozitív hatásának kimutatására. A termesztett növények betakarítását követően, a gabona tarlón talaj szén-dioxid koncentrációs méréseket folytattunk a DE Karcagi Kutató Intézet munkatársaival. Ehhez kapcsolódóan mértem a talaj és a levegő hőmérsékletét meg. A betakarítást követő időszakra a növény gyökérlégzése leáll és csak a talajélet aktivitás az, ami nyomon volt követhető ebben az időszakban. Fontos kiemelni, hogy a két talajművelési rendszer közötti esetleges különbségek feltárása volt a cél, a gyökérlégzés kizárása mellett. A betakarítást követően az egyes talajművelési beavatkozások után kb. egy héttel került sor a mérésekre (23. melléklet). A tarlón nincsen gyökérlégzés. Ekkor a talaj és levegő hőmérséklet mérése is megtörtént.

Elmondható, hogy a felszínen hagyott mulcs takarásnak köszönhetően, ezen a területen a talaj hőmérséklete végig alacsonyabb volt a másik kezeléshez képest (23. melléklet), ami a nyári, gyakran aszályos időszakban kiemelten fontos az öntözetlen területeken. Ennek oka, hogy a mulcsnak köszönhetően kialakult alacsonyabb hőmérséklet következtében csökkent a talaj evaporációja, ami magasabb nedvességtartalom %-ot vont maga után. Ennek nagyságrendje a vizsgált időszakban 2-8 % volt. A második mérés szárazúzást követően, a harmadik gyűrűshenger, valamint mulch finischer után és a negyedik pedig esőzést követően történt. Ekkor 16 mm csapadék hullott.

2008-ban az első mérés az árpa betakarítását követően, a második a mulcs bedolgozását követően, illetve a tarlólánhátas + zárás beavatkozások után történt. A harmadik és negyedik esőzés után egy héttel valósult meg.

Így a talajhőmérsékletek összehasonlítási alapját az első két mérés adja mindkét évben. Mivel 2008-ban a nyár csapadékos volt, emiatt a 2007-ben látványosabb a különbség a kezelések között. Azonban a mérési eredmények egyértelműen alátámasztják a mulcs árnyékoló hatása révén jelentkező talajhőmérséklet csökkenést (24. melléklet).

A talaj vízellátottságának értékelése alkalmas a különböző talajművelési rendszerben (H-1 jelű tábla) a talajnedvesség állapotára gyakorolt hatások alátámasztására. A talaj víztartalma befolyásolja többek között a tápelemek oldódását, az oxidációs-redukciós folyamatokat, a növények fejlődését és a talajélet aktivitását. Ennek oka, hogy az anyagcsere folyamatok általában vizes közegben zajlanak le, tehát a víz egyben szállító- tárolóközeg, illetve oldószer is.

A talajban a kapilláris víz és a lazán kötött víz hozzáférhető a növények számára. Mindezt befolyásolja a talajvíz éves fluktuációja is. A vizsgált agyag fizikai féleségű talajon csak a 29 %-ot meghaladó víztartalmat tudják a növények hasznosítani.

A talaj nedvességtartalmát 2008. 06. 24-n vett talajminták alapján a talaj felső 600 mm-es rétegében (25. melléklet) vizsgáltam.

A felső 100 mm-es rétegben 1,5 %-os talajnedvesség % különbség volt mérhető a különböző kezelésekben. Ez a különbség egyre csökkent 300-350 mm-es mélységig, ahol a hagyományosan művelt terület talajának nedvességtartalma növekedni kezdett. Az átlagos talajvíz mélység nyáron 3,5 méter, így annak befolyásoló hatása kizárható. A talajművelési kísérlet helyszínén ismételten 2008. 07.29-n került sor talajnedvesség mérésre, kezelésként 3 ismétlésben.

Ezt átlagolva megállapítható volt, hogy míg a mulcsolt területen 38 % volt a talajnedvesség %-s értéke, addig ez a másik parcellán 33 % volt a talaj felső 100 mm-es rétegében.

Összességében elmondható, hogy a mulcsolt felszínen ténylegesen nagyobb a talajnedvesség tartalma, ami a felszíntakarás következtében érvényesülő alacsonyabb talajhőmérsékletnek, illetve csökkent evaporációnak tudható be. Már Manninger (1957) is írt a felszíntakarás jótékony hatásáról. Emellett Derpsch (2001) is a talajkímélő megzőgazdaság alapelvei között említi a felszíntakarást, mely szintén alátámasztja a kapott eredményeimet. Birkás (2008) szerint szintén pozitív hatása van a mulcsnak a talaj vízháztartására. Illetve további pozitív hatásokra hívja fel a figyelmet, amelyekkel egyetértek.

4.4.2. A káros víztöbblet hatása a talaj felszínére és a talaj tápanyagainak kimosódására

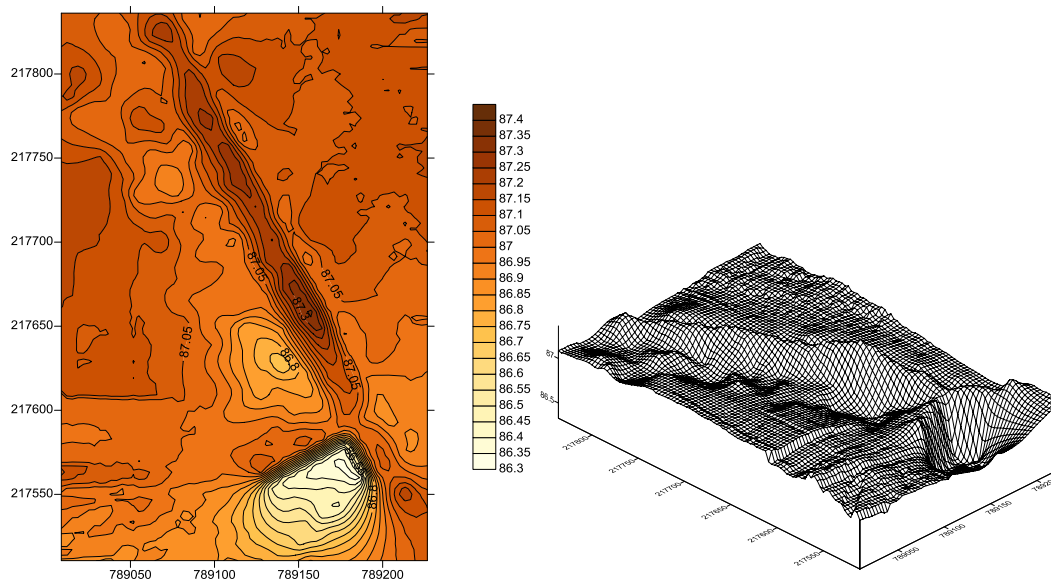
A geodéziai felmérést a DE Karcagi Kutató Intézet B-1 jelű tábláján végeztük el 2010 nyarán.

Belvizes folt geodéziai felmérésének értékelése alkalmas a belvizesedésre hajlamos talajok állapotának jellemzésére. Tamás (2003) szerint, a belvíz elsősorban a sík vidékek sajátos hidrológiai jelensége. Karcag térsége gyakran belvízzel sújtott terület. 2010-ben a késő tavaszi – nyári belvizet a több hullámban ismétlődő rendkívül heves májusi–júniusi esőzés váltotta ki. Korábban már a belvizes foltok kerületének és számának feljegyzésére volt gyakorlat, azonban annak geodéziai felmérésére még nem volt példa. Információt szerettem volna kapni, hogyan alakítja a belvíz a közel sík talajfelszínt, illetve mennyire detektálható egy korábbi beavatkozás mezőgazdasági munkagépének jelenléte. Nem volt célom a belvízborítást meghatározó összes tényező vizsgálata. Normál esetben a talajművelési beavatkozást megelőzően kialakult talajfelszínhez képest, a talajművelés következtében 30-40 cm-es magasságkülönbségek is kialakulhatnak.

A területen a legalacsonyabb fekvésű részeken a talajfelszín felett 30 cm-es víz vízoszlop is mérhető volt. A környező talajvíz figyelő kutakban mért talajvíz mélység átlagosan 0,5 méter volt. A hosszukásan elnyúló folt a 4-7. oszlop pontjainál

Egy dinamikus képet kívántam létrehozni a terep felszínének relatív magasságainak szemléltetésére. Ehhez a 340 mérési ponthoz hozzáadva az abszolút magassági értékeket, beimportáltam Surfer 9-es szoftverbe. A GRID modell elkészítését követően Krigeléssel a pontokból szintvonalas térképet állítottam elő (10. ábra).

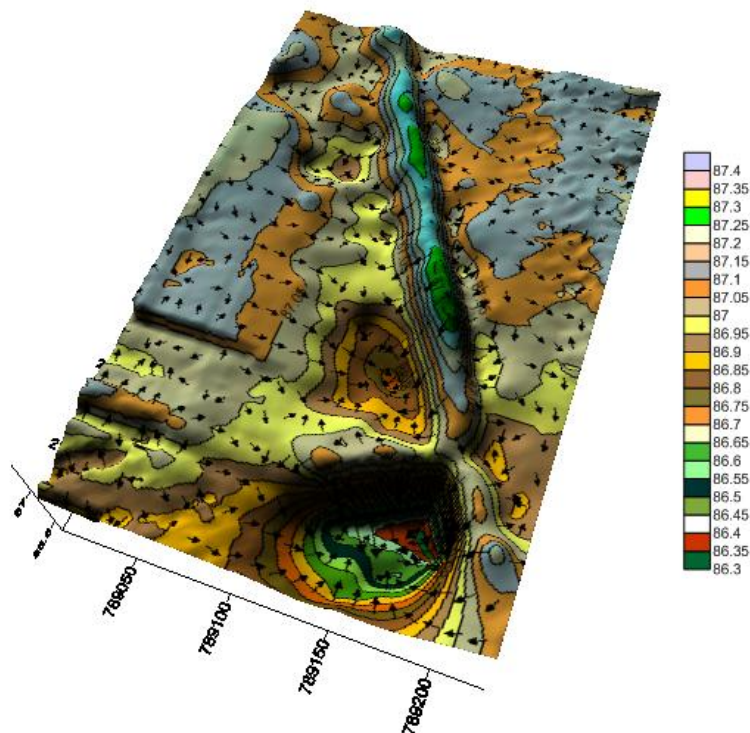
Színskálát a térképre helyezve elmondható, hogy nem tipikus belvizes foltot mutat a talajfelszín domborzata. A 87,05 métertől felfele haladó színsáv azt jelzi, hogy egy mezőgazdasági gép keréknyoma mekkora szintkülönbséget indukál, ha az adott területen keresztül halad. A terület felmérésekor közel térd magasságig emelkedett ki a talaj a legmagasabb pontnál.



10. ábra a belvizes folt 2D-s szintvonalas és rácshálós ábrázolása égtájának megfelelően (Saját forrás)

A kiemelkedés bal oldalánál több kisebb nagyobb mélyedés telítődését követően alakult ki az összefüggő hosszanti elnyúlású vízfelszín. Jobb oldalán egy felszíni kiemelkedés rajzolódik ki, ami után 10 méterre volt tehető a belvizes folt széle. A foltrendszer másik felét egy kisebb, ám a többinél nagyobb mélyedés adja.

Az elkészített 3D-s ábrázolású ábra bal oldalán szépen körvonalazódik három különböző mélyedés (11. ábra), melyeket a belvíz a felmérés idején egybefüggően összekötött. A hosszanti elnyúló kiemelkedés mellett a jobb oldalon mezőgazdasági gép keréknyma volt felismerhető. Valószínűsíthetően a baloldalon szintén mezőgazdasági gép keréknyma volt. Mivel víz borította teljesen a területet, így az nem volt egyértelműen kivehető. Így a hosszanti kimagasló rész a táblán ismételtén a mezőgazdasági gépek talajra gyakorolt káros hatását mutatja, miszerint a talaj felső 20-30 cm-es rétege a nyomás és a vízbőség hatására látványosan átalakult. Belvizes talajra nem javasolt rámenni mezőgazdasági gépekkel. A fentieknek köszönhető, hogy a belvizes folt 3D-s megjelenítése eltér a várt formától. A belvizes foltnál vett talaj állapotát jellemző paramétereket az 26. melléklet tartalmazza. A vízzel borított területeken 50 cm-es mélységig végig megközelíti a talaj térfogat %-os nedvesség értéke az 50 $n_{tf}\%$ -t. Ezzel szemben a szárazabb helyeken ez az érték 38 $n_{tf}\%$ volt. Ahol a talajfelszínen megcsillant a víz, de még a felszínen nem volt vízborítás, azokon a területeken is 40 $n_{tf}\%$ feletti értéket mértem. A belvíz foltban a pórustérfogatát 100 %-ban víz tölti ki. Ez ~16 $n_p\%$ -kal nagyobb a belvízmentes területhez képest. Ebből következően 90 $n_p\%$ -nál telítődik teljesen a vizsgált talaj.



11. ábra a belvizes folt 3D-s szintvonalas és leejtés vektoros megjelenítése elforgatva (Saját forrás)

Miután a térfogat %-t átszámítottam mm-re (26. melléklet), meghatároztam a 25 cm-es talajréteg nedvességtartalmát mm-ben, illetve a 25 cm-es talajmélység nedvességtartalmát egy hektárra vetítve. A leiszapolható % vizsgálatát a KÖHN által kiszámított ülepedési sebességeknek megfelelően végeztem el szobahőmérsékleten (20 °C) 5 napon keresztül. Legelőször a homok szemcsék ülepedtek le. Az idő előrehaladtával pedig az egyre kisebb méretű szemcsék ülepedtek ki. Legvégén a finom agyag szemcsék is leülepedtek. A kontroll állapothoz képest – ami a belvíz mentes övezetből vett átlag talajmintának felel meg.

A belvíz képződésének kiváltó tényezőivel számos kutató foglalkozott már (Vajdai, 1974; Pálfai, 1992, Petrasovits és Vajdai, 1982; Várallyay, 2003), akikkel paralel módon arra a megállapításra jutottam, hogy a domborzat, talajtani adottságok, illetve az emberi beavatkozások (pl. talajművelés), valamint a megnövekedett csapadékmennyiség szélsőséges hidrológiai helyzeteket eredményezve (Szlávik, 2003) egyaránt hozzájárult a belvíz kialakulásához.

Összességében elmondható, hogy a 10 X 10 méteres pontosságú geodéziai felmérés megfelelő alapul szolgál egy belvizes folt felméréséhez. Mindenképp szükséges volt a GPS technológia és a térképi háttér a mérési hiba minimalizálása érdekében. Azonban ezt pár cm-es, illetve pár milliméteres pontosságra is lehetne növelni távérzékelési technológiák alkalmazásával, mint pl. 3D-s lézerekkelés technológiával. Felszíni

felmérésnél a felmérésben résztvevők talajra gyakorolt nyomása révén torzulnának ez eredmények, centiméteres pontosság elérése fizikailag nem kivitelezhető az adott körülmények között. Hangsúlyozni szeretném emellett, hogy művelt talaj felszíne egy-egy talajművelési beavatkozásnak köszönhetően is több tíz centiméterrel is változhat, emiatt már nem így néz ki. Azonban mind a terepen, mind a távérzékelés segítségével körvonalazódik a csapadékosabb időszakokban rendszeresen belvíz alá kerülő terület.

A belvizes foltból vett vízminta értékelése alkalmas a tápanyag kimosódás kimutatására.

Ivóvíz minősítés fizikai és kémiai vizsgálat alapján (MSZ450/1-1989) a víznyerőhely jellegétől függő határértékeket határoz meg a szabvány a különböző elemekre. A kijuttatott trágyákkal az N, P, K egy része a talajvízbe mosódik, és a mozgó talajvízzel tovább szivárog. Káliumot nem vizsgáltam a vízmintából.

A KOI a vízben lévő szerves anyagok kémiai lebontásához, oxidálásához szükséges O_2 mennyiségét nem mértem a helyszínen, a mintavételtől eltelt idő utáni vizsgálat pedig hamis eredményeket szolgáltatott volna.

A határérték pH-esetében 6,5- 9,0 pH-ig tart. A minta pH értéke 7,2 volt, mérése szintén fontos, hiszen ez mutatja a talaj kémhatását, ennek értékéből tudunk következtetni egyes tápanyagok, szennyező anyagok mobilitására és felvehetőségére a talajban.

A nitritnél a teszt alapján 0,1797 mg/l nitrit N-t tartalmazott a vízminta.

A NO_3^- koncentráció határértéke 25 mg/l (MSZ 448/12). A teszt alapján 0,1564 mg/l nitrát N volt kimutatható. Ez határérték alatti a talajvíz esetében, de mindenképp azt jelzi, hogy a belvíznek köszönhetően történt nitrogén kimosódás.

A nitrát mellett más, a környezetre veszélyt jelenthető anyagok mennyiségét is figyelni kell. Ilyen pl.: az ammónium, a foszfát és a szulfát. Az NH_4^+ esetében a határérték (MSZ 448/6) 500 $\mu\text{g/l}$. Az 0,58 mg/l NH_4^+ mennyiség magasabb a megengedettnél. Nitrogénre átszámítva 0,32 ammónium N. Ez szintén jóval magasabb a megengedettnél.

A talajvíz PO_4^{3-} koncentráció határértéke 500 $\mu\text{g/l}$. A PO_4^{3-} koncentráció 2,046 mg/l volt, ami azt jelzi, hogy a belvizes foltba foszfor kimosódás történt.

Végül a SO_4^{2-} -t tartalmat is megvizsgáltam. Ennek határértéke 250 mg/l (MSZ 448/14). Az ELISA gyorstesztel mért érték 117 mg/l volt, ami a nátriumszulfát

műtrágyából visszamaradó kén kimutathatóságát támasztja alá. A vízminta vezetőképessége 514 $\mu\text{S}/\text{cm}$ volt, mely nem haladta meg a Magyarországon megengedett vezetőképesség vízminőségi határértékét (201/2001. Kormányrendelet alapján: 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Az ebből kalkulált salinitás 328,96 mg/l, ami az oldott sók jelenlétére utal.

Összességében elmondható, hogy a belvizes foltból vett vízmintában kimutatható volt a tápanyagok kimosódása.

4.4.3. Talajélet aktivitásának értékelése hagyományos és redukált talajművelési rendszerekben

Először egy olyan kísérletet értékelek, mely az I-2 jelű táblán egy esettanulmánynak minősül, mivel nem folytatódott a követő években, az elvetett gabonanövény jó része nem is kelt ki, de az eltérő talajfelszín és a talajművelésből fakadó talajlégzés jelzőszámainak különbségei kimutathatóak voltak. A termés betakarítása megtörtént, de a hiányos kelés miatt nem volt a hozam (ahol volt legalábbis minimális termés) kezelésként összesítve. Frissen átállított talajművelési eljárások szemléltetésének eleget tett. Ezt követően értékelem a talajművelési kísérlet talajlégzését.

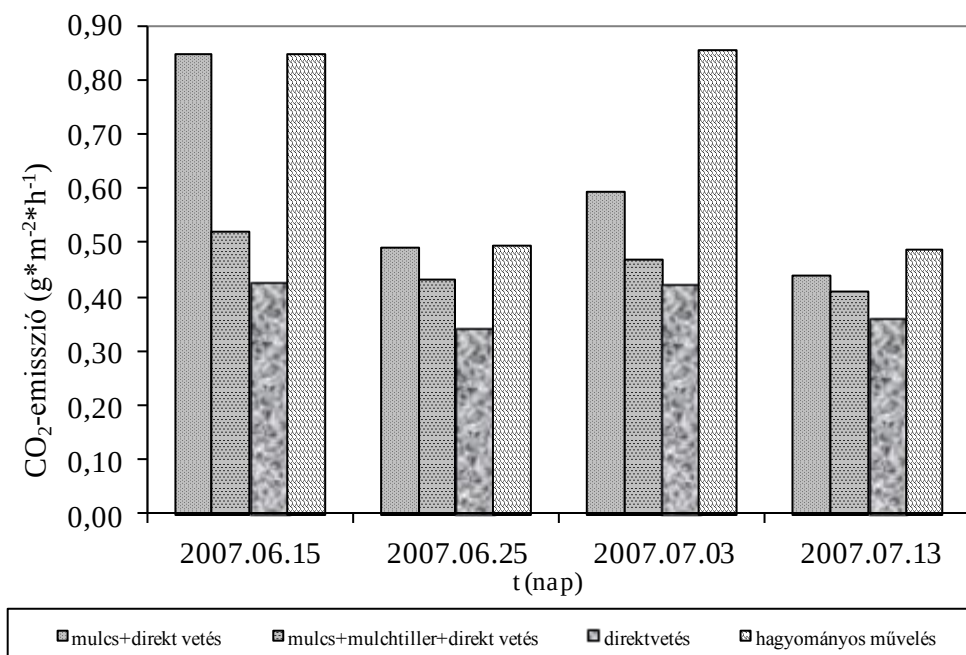
Hagyományos művelésről frissen átállított talajművelési rendszerek értékelése alkalmas a tapasztalható változások értékelésére. Az újonnan beállított talajművelési kísérlet keretében direktvetéses és a mulcsolásos redukált művelést hasonlítottuk a hagyományos, forgatásra alapozott műveléshez. A területen előzetesen őszi árpa volt, annak betakarítása után a tarlót az alkalmazott művelési eljárásoknak megfelelően kezeltük. A hagyományos művelés esetében a szármaradványok bebálázva a parcelláról elkerültek, majd a magágykészítés után került sor a köles másodvetésére. A direktvetéses kezelések esetében három különböző módszert alkalmaztunk a növényi maradványok területen való hagyását (mulcs), eltávolítását, illetve a mulchtiller-es kezelést tekintve. Egyrészt a kezelések okozta különbségek, másrészt a hatástartam feltárása volt a cél. Az első mérésre közvetlenül a kezelések beállítása után került sor, a többire, ezt követően tíznapos különbségekkel. Mivel a talaj mikrobiális aktivitása, így CO_2 -emissziója is szoros összefüggésben van a talaj nedvességtartalmával, ezért az eredmények értékelése során figyelembe vettük a mérések közötti időszakokban lehullott csapadék mennyiségét is. Júniusban a mérések megkezdése előtt 12,8 mm eső esett, az első és a második mérés között 18,9 mm, a második és a harmadik között 9,5 mm, míg az utolsó kettő között 33 mm. Ezek a nyári időszakban viszonylag nagy

számító mennyiségek biztosították, hogy a vizsgált időszakban végig meglehetősen magas CO₂-emissziós értékeket mértünk. Más kísérletekben az eddigi eredmények azt mutatják, hogy csapadékmentes időszakokban, különböző talajművelési beavatkozások után (pl. tarlón annak hántása után) a fokozott CO₂-kibocsátás mintegy 6-10 napig jelentkezik csak. Hasonló dinamikát tapasztaltam a többi kísérletben is, mely megállapítást a szakirodalom is alátámasztja (Franzluebbers et al., 2000; Fierer és Schimel, 2003).

A 12. ábrán míg az abszolút értékek nem csökkentek jelentősen, a talajművelési kezelésekből származó különbségek mindvégig megmaradtak, azaz a kezeléshatás kimutatható. A szakirodalmi leírásokkal összecsengően (Gyuricza, 2000) a talaj bolygatása fokozott emissziós értékeket indukált, legmagasabb CO₂-kibocsátása a hagyományosan, forgatásra alapozott műveléssel kialakított parcella talajának volt, mint azt Tracy et al. (1990) és Reicosky et al. (1997) is publikálta. Ez a legmagasabb érték konzekvensen megmaradt a vizsgált időszakban, ami ellentmond annak az általános megállapításnak, mely szerint az alternatív művelési rendszerek magasabb CO₂-emissziót eredményeznek a konvencionális rendszerekhez képest. Természetesen a vizsgált periódus rövidsége, illetve a viszonylag jelentős mértékű nedvesség utánpótlás miatt nem vonhatunk le általános következtetést e tekintetben, de feltétlenül figyelemreméltó eredményt kaptunk a talajállapot és a CO₂-emisszió összefüggéseivel kapcsolatban.

A direktvetéses kezeléseket összehasonlítva azt az előzetesen is várt eredményt mutatta, miszerint a legalacsonyabb emissziós értékeket a takarás/mulcsolás nélküli, a tarlót csak a direktvetéssel minimálisan megbolygatott felszínű parcella produkálta. Ezt a többi kezeléshez képest alacsonyabb érték a vizsgált időszakban végig jellemző volt.

A talajfelszín védő mulcsolás hiányában ezen kezelés talajában mértük a legalacsonyabb nedvességtartalmat (mintegy 7 tf%-kal kevesebbet mint a mulcsoltak esetében), viszont a legmagasabb hőmérsékleti értékeket (kb. 4-5 °C-kal magasabbat, mint a mulcsoltaknál). Érdekes eredményt kaptunk a két mulcsolással kialakított felszínű parcella összehasonlításakor.



12. ábra A CO₂-emisszió alakulása a talajművelési kísérletben (Saját forrás)

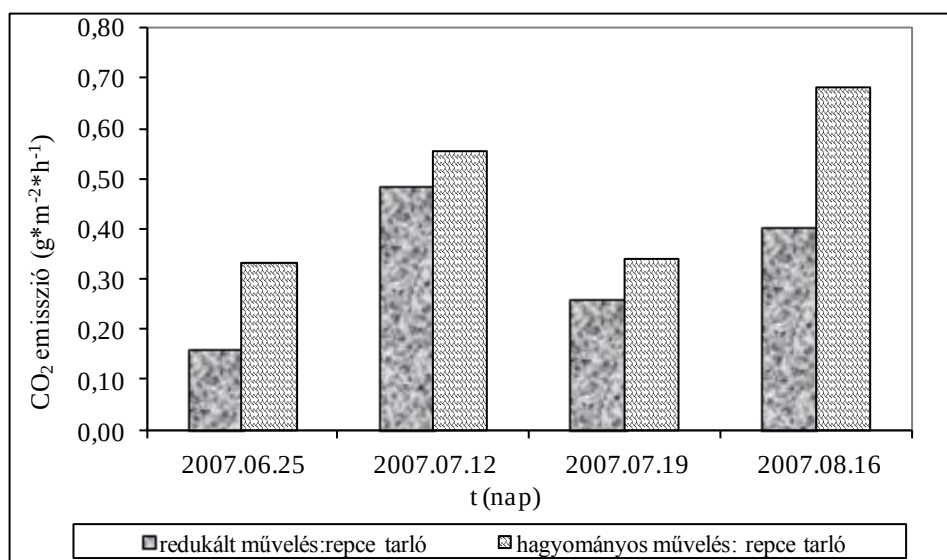
A mulchtiler-rel való művelés hatására a felszínen hagyott növényi maradványok jelentős hányada a talaj felső rétegébe (0-10 cm) lett bekeverve, így annak felszíntakaró hatása kevésbé érvényesülhetett, mindazonáltal a levegőzött, szervesanyagban dúsított és kedvező szerkezetűvé tett talajállapottól, az eddigi tapasztalataink alapján, magasabb CO₂-emissziós értékeket prognosztizáltunk. Nyilvánvalóan érdemes lett volna a beállított kezelésekkel tovább folytatni a kísérletet, így más időjárási, illetve hidrológiai helyzetekben is megfigyeléseket végezhetünk a különböző művelési eljárásokkal kialakított talajfelszíneknek a talaj CO₂-emisszióra gyakorolt hatását illetően.

A talajművelési kísérlet talajlégzésének értékelése alkalmas a különböző talajművelési rendszerek talajökológiai állapotának jellemzésére. 2007-ben a H-12 jelű táblán a konvencionális művelésű parcella esetében számítottam a legmagasabb emissziós értékeket. A hőmérséklet növekedésével szintén nőtt a CO₂ emisszió. Az első mérést közvetlenül a termesztett növényállomány betakarítását követően végeztük el, a többi hármat, ezt követően körülbelül tíznaponként. Mivel a talaj mikrobiális aktivitása, így

CO₂-emissziója is szoros összefüggésben van a talaj nedvességtartalmával, ezért az eredmények értékelése során figyelembe vettem a mérések közötti időszakokban lehullott csapadék mennyiségét is. A viszonylag nagynak mondható, időben egyenletesen lehullott csapadék mennyiségeknek köszönhetően viszonylag magasabb koncentrációs értékeket mértünk.

Azonban a korábbi évek eredményeinek ismeretében annyi megállapítható, hogy az eredmények ellentmondásosak, mivel a hagyományos művelésű területen volt magasabb CO₂-emisszió kimutatható (13. ábra).

Ezen nem várt eredményt a műtrágyázási kísérlet beállításainak tulajdonítom, mely eredményeinek ismertetésére nem térek ki, mivel a Karcagi Kutató Intézet munkatársai végezték azokat.



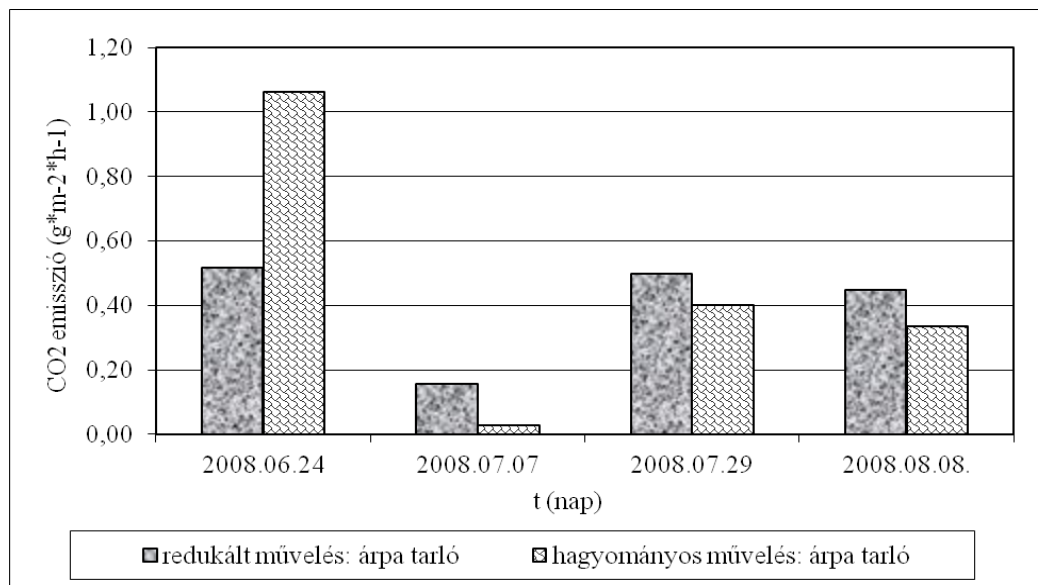
13. ábra A CO₂-emisszió alakulása a komplex talajművelési kísérletben (Saját forrás)

2008-ban a talaj szén-dioxid koncentrációjának méréseit a betakarítást követően az őszi árpa tarlón végeztem, így a gyökérlégzéssel nem kellett kalkulálnom, mivel az a betakarítás után leáll. Azonban a talajművelési rendszerből származó hatások kimutathatóak, mérhetőek. A mérések az egyes talajművelési beavatkozásokat követően egy héttel történtek. A vizsgált időszak további részében a mérések 10 napos gyakorisággal folytatódtak.

Míg az abszolút értékek nem csökkentek jelentősen, a talajművelési kezelésekből származó különbségek mindvégig megmaradtak, azaz a kezeléshatás mindvégig kimutatható volt (14. ábra).

A legnagyobb szén-dioxid kibocsátást a betakarítást követően a szántásos művelés után tapasztaltam, míg a felszíni lezárás miatt ez az érték jelentősen lecsökkent. Előbbi alátámasztja azt a tényt, miszerint a hagyományos művelésben alkalmazott túlzott bolygatás, átlegegőztetés a szervesanyagok lebomlását fokozza akárcsak Birkás (2002) és Szabó (1992) esetében. A csökkenő szervesanyag tartalmú talaj tömörödési és porosodási hajlama pedig növekszik és a csökken a talajélet aktivitása is.

A forgatásos művelésű területeken tárcsa+gyűrűshengerezés, míg a redukált művelésű területeken mulchillerezést hajtottak végre. Nyári napokon végzett forgatás esetén kitüntetett szerepe van az azonnali, lehetőleg a műveléssel azonos menetben végrehajtott elmunkálásnak.



14. ábra: A CO₂ emisszió és a hőmérsékleti értékek közötti összefüggések (Saját forrás)

A felszín hengerrel történő lezárása csökkenti a párolgást, valamint a szerves anyagok lebomlását, és a szén-dioxid légkörbe távozását (2008. 07. 07.). A második és harmadik mérés közötti időszakban jelentős mennyiségű csapadék (több mint 30 mm) esett, ami a vizsgált terület időjárási jellegzetességeit tekintve nem jellemző a nyári időszakban. Ez a csapadék okozta, hogy meglehetősen magas CO₂-emissziós értékeket mértünk, az eső okozta megnövekedett biológiai aktivitásnak köszönhetően a redukált (0,5 g*m⁻²*h⁻¹) és hagyományosan művelt (0,4 g*m⁻²*h⁻¹) területeken. A negyedik mérést megelőzően nem volt jelentős csapadék mennyiség (15 mm), tartósan meleg és száraz idő volt.

A talajművelés intenzitása és a szén-dioxid kibocsátás között közvetlen összefüggés figyelhető meg, mint azt Gyuricza (2000) kutatási eredményei is alátámasztják. A mulchiller-rel való művelés hatására a felszínen hagyott növényi maradványok egy része a talaj felső rétegébe (0-100 mm) lett bekeverve, így annak felszíntakaró hatása érvényesülhetett, mindazonáltal levegőzött, szervesanyagban dúsított és kedvező szerkezetűvé tett talajállapot alakult ki, ami a kedvező talajélet feltételeit teremtette meg. Ennek köszönhetően a növényállomány kiegyenlítettebben fejlődött, mint a mulcs nélküli forgatásos művelésű területeken. Azonban minél nagyobb arányban borítja a

felszín a növényi szármaradványokból álló mulcsréteg, annál inkább észlelhető e területeken a növényállomány késleltetett fejlődése.

2009-ben a napraforgó táblában nem voltak mérések. A másik két parcellán, ahol szintén ugyanez a két talajművelési kísérlet folyik, az őszi búza tarlóján végezték el a kutatóintézet munkatársai a talaj széndioxid koncentrációjának méréseit.

Összességében elmondható, hogy a talajművelési kezelésekből származó különbségek mindvégig megmaradtak, azaz a kezeléshatás mindvégig kimutatható volt.

A mulchtiller-rel való művelés hatására a felszínen hagyott növényi maradványok jelentős hányada a talaj felső rétegébe (0-10 cm) lett bekeverve, így annak felszíntakaró hatása kevésbé érvényesülhetett, mindazonáltal levegőzött, szervesanyagban dúsított és kedvező szerkezetűvé tett talajállapot alakult ki.

A legmagasabb CO₂ emissziót a konvencionálisan művelt terület talajánál volt kimutatható, míg a legalacsonyabb értékek a direkt vetést jellemezték. Ez alátámasztja azt a tényt, miszerint a túlzott bolygatás, átlegegőztetés a szervesanyagok lebomlását fokozza. A csökkenő szervesanyag tartalmú talaj tömörödési és porosodási hajlama pedig növekszik. A két végletesnek mondható művelési rendszer között elhelyezkedő másik két redukált művelési rendszer köztes értékeket produkált. Utóbbiak a fenntartható növénytermesztés hatékony gyakorlati eszközéül is szolgálnak, hisz a kevesebb bolygatás révén kiegyensúlyozottabb talajélet alakul ki. A mulcs alkalmazása további pozitívumukat is mutatott. A részbeni talajba dolgozás esetén növekedett a talaj szervesanyag tartalma, ami a termesztett növények kiegyensúlyozottabb fejlődéséhez járult hozzá. Emellett valamelyest kevésbé növekedett a talaj hőmérséklete, aminek következtében csökkent a párolgás, így magasabb maradt a talaj nedvességtartalma. A mulcs teljes mennyiségének a felszínen hagyása az utóbbi folyamatokat erősítette.

2008-ban a vártak megfelelően a talajművelési beavatkozásokat követő méréseknél az energiatakarékos művelésű területen végig alacsonyabb volt a talajlégzés. Ez annak köszönhető, hogy az egyes talajművelési beavatkozások kevésbé bolygatták a talajt, így kiegyenlítettebb és egyben alacsonyabb volt a CO₂ gáz képződése a talajnak.

A talaj a nedvességforgalom alakulásán keresztül befolyásolja többek között a talaj mikroklimáját, illetve a helyi klimatikus hatásoktól függő károk nagyságrendjét. A károk megelőzése, illetve enyhítése a talajállapot romlását előidéző tényezők és azok befolyásolásának ismeretében valósítható meg. A talajállapot és a nedvességforgalom romlásában természeti és antropogén tényezők egyaránt szerepet játszanak, melyet a

mérési eredmények és a szakirodalmak is alátámasztanak (Várallyay, 1997, Ángyán és Menyhért, 2004; Birkás, 2008).

4.5. A mezőgazdasági növénytermesztés térségre gyakorolt hatásának értékelése agrár-környezeti indikátorok alapján

Karcag térségében a szántóföldi növénytermesztés keretein belül a hagyományos talajművelési rendszer a jellemző. Emellett jelentős gyepterülettel is jellemezhető a táj. A tájszintű értékelést térinformatikai műveletekre alapozva valósítottam meg.

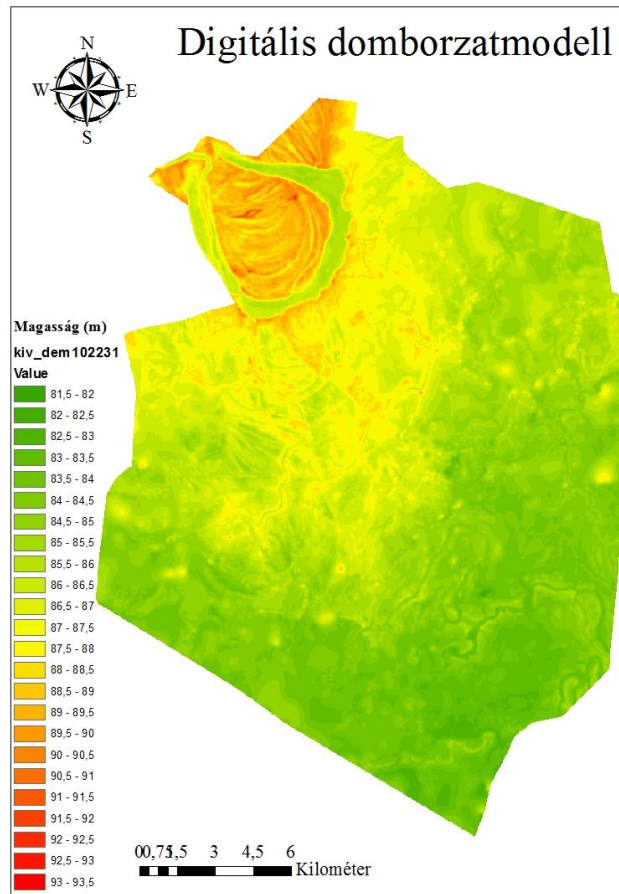
4.5.1. A térség talajfelszínének értékelése DEM alapján

A DEM alaptérképeit 34 darab topográfiai térképszelvény (M 1:10000) szolgáltatta. Az Anyag és módszer c. fejezetben ismertetett módon készítettem el Karcag térségének (belvízgyűjtő terület) digitális domborzat modelljét a topográfiai térképszelvények vektorizálásával ArcGIS 10.1 szoftveres környezetben. Ezt félméteres felosztásban újraosztályoztam (15. ábra).

Így láthatóvá vált, hogy a terület déli része alacsonyabban fekszik. A terület 6 %-a 84 méter alatti. A terület 20-20 %-a 84-85 mBf és 85-86 mBf közötti, illetve 28 %-a 86-87,5 mBf terület. Mindössze a terület 12 %-a fekszik 87,5 m és 88,5 méter között. A maradék 88, 5 %-a az efelett fekvő területek aránya. A domborzati különbség alföldi terület lévén minimálisnak mondható. Ezt alátámasztja az a tény is, hogy a lejtő kategóriák alapján a terület 99,8 %-a a 0-5 %-os lejtő kategóriába tartozik és csupán 0,19 %-a az 5-12 %-os lejtésű területek közé. A terület jellegzetességét adó kunhalmokat leszámítva a terület teljesen síknak tekinthető.

A részletesebb terepi viszonyok megismerése érdekében elkészítettem a terület kitettségét ábrázoló térképet is (16. ábra). Mivel a térinformatikában alkalmazott szoftverek fordítva jelölik (Északot jelölik piros színnel a kék szín helyett) az egyes égtájak színeit, emiatt elkészítettem a helyes (újraosztályozott) színezést is a térképhez.

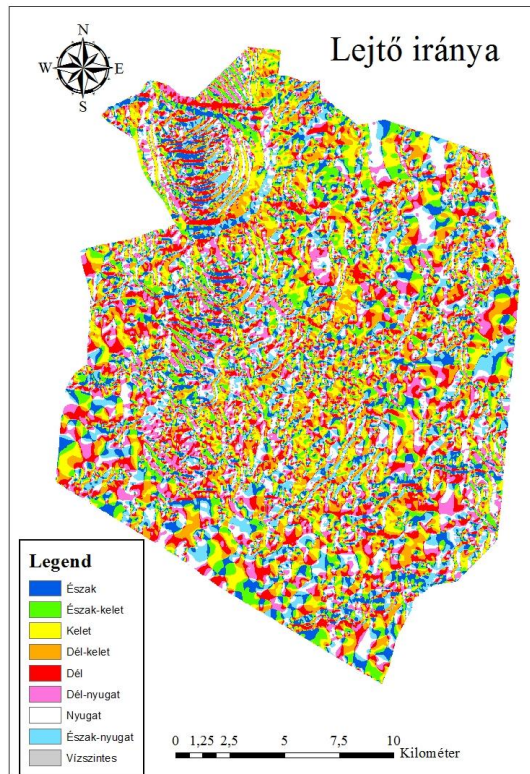
Elmondható, hogy a területen közel azonos a különböző lejtőirányok. Azonban, a legtöbb terület (14,45 %) dél-keleti irányban lejt. Ezt követi 13,62 %-kal a keleti, illetve 13,49 %-kal a dél-nyugati lejtők aránya.



15. ábra Karcag térségének digitális domborzatmodellje (Saját forrás)

Az IDRISI Selva szoftver a domborzati forma, felszín alak vizsgálatai alapján elmondható, hogy Karcag térségének 0,14%-a csúcs (peak), 4,18%-a hátság (ridge), 10,48%-a nyereg (saddle), 70,89%-a sík (flat), 4,06%-a szakadék (ravine), 0,12%-a gödör (pit), 1,72%-a konvex domboldal (convex hillside), 0,02%-a hegynyereg (saddle hillside), 0,55%-a lejtős domboldal (slope hillside), 1,51%-a konkáv domboldal (concave hillside), 6,34%-a inflektós domboldal (inflection hillside).

A sík területek belvíz keletkezése szempontjából összegyülekezési területként is értékelhetőek. Ezen terület arány rendkívül magas. A többi kategória értékei alacsonynak mondható értékeit a térség felszínét színesítő kunhalmokra vezethető vissza.



16. ábra Karcag térségének kitettségi térképe (Saját forrás)

Összességében elmondható a domborzatot jellemző műveletek alapján, hogy a vizsgált területen ugyan sok kisebb felszín különbség található, mégis szinte asztal sík területről van szó.

4.5.2. Szénkészlet változás prognózisok Karcag térségének szántó területeire az IPCC metodika alapján

A szántók területének lehatárolását a 2006. évi CORINE CLC alapján végeztem el. A szántó talajtípusait az Agrotopo térképi adatbázis segítségével határoztam meg. Ezek alapján elmondható, hogy a szántó területének 35,65 %-a réti csernozjom-, 9,8 %-a mélyben sós réti csernozjom-, 25,07 %-a réti-, 22,24 %-a réti szolonyec-, 2,2 %-a szolonyeces réti- és 5,46 %-a réti szolonyec talajon terül el. A kiinduló talajművelési rendszer alapvetően a hagyományos művelés, kivételt képez ez alól a DE Karcagi Kutató Intézet H-1 jelű táblájának kétszer 5,47 hektáros parcellája, ahol 1997 óta redukált talajművelést folytatnak (6. táblázat).

Egy hektárra vetítve a felső harminc centiméteres talajréteg tömege ($1,59 \text{ t m}^{-3}$) 4 770 tonna, humusz tartalmának tömege (Hu% 3,22) 153,594 tonna. Az erre eső szénkészlet tömege (58%) $89,08 \text{ t ha}^{-1}$.

6. táblázat A szántó művelési ág talajművelési rendszereinek kiinduló szénkészlete referencia érték és számolt humusztartalom alapján (Saját forrás)

Év	Klíma	Talaj típus	Művelés	Input	SOC	$F_{LU(0)}$	$F_{MG(0)}$	SOC (t ha ⁻¹)	Terület (ha)	Össz. SOC (t)
2006	meleg száraz	HAC	hagyomá- nyos	alacsony	38 (ref)	0,82	1	31,16	29341,11	914268,9
2006	meleg száraz	HAC	hagyomá- nyos	alacsony	89,08 (sz.)	0,82	1	73,05	3,21	234,5
2006	meleg száraz	HAC	redukált	közepes	38 (ref)	0,82	1,03	32,09	10,94	351,1
2006	meleg száraz	HAC	redukált	közepes	89,08 (sz.)	0,82	1,03	75,24	10,94	823,1

Az Agrotopo térképi adatbázis alapján térben lehatároltam a különböző szervesanyag tartalmú talajokat.

Schmidt (2003) által közölt irányszámokat vettem figyelembe. A megadott mennyiségeket átszámoltam humusz %-ra. Így a 100-200 t ha⁻¹ szervesanyag mennyiség 1,3-2,6 Hu %, a 200-300 t ha⁻¹ az 2,6-3,9 Hu% és a 300-400 t ha⁻¹ pedig 3,9-5,3 Hu%. Ezek 58%-a a szén tartalom, amit kiszámoltam a felső 30 cm-es talajrétegre, majd meghatároztam a karbon készleteket, amiket átlagoltam (7. táblázat).

A 2006-ra a számolt értékekkel a talajok szervesanyag ellátottságát figyelembe véve, a térség szántóinak szénkészlete 2 693 790,34 tonna a talaj felső 30 cm-es rétegében. A forgatásra alapozott talajművelési rendszerek esetében a tápanyag utánpótlás mértéke alacsonynak tekinthető, a növényi szármadaradványokat elviszik a táblákról, csökkentve ezzel a talaj szerves szénkészletét.

A környezetkímélő és energiatakarékos talajművelésnél magasabb inputokkal kell kalkulálni, hiszen a szármadaradványok legalább 30%-a a talajfelszínen marad, a többit pedig a felső talajrétegbe dolgozzák.

A hagyományosan művelt területeken 20 év alatt a szénkészlet csökken a talajban. A redukáltan művelt terület szénkészlete éves szinten hektáronként 0,2 tonna ha⁻¹ mennyiséggel növekszik.

Szembetűnő a számolt és a referencia értékek alapján kapott mennyiségek közötti különbség. Azonban az IPCC metodika a változások mértékének és nagyságrendjének szemléltetésére alkalmas elsősorban.

A forgatásra alapozott művelésű területeken zöldtrágyázással lehetne növelni a felvehető tápanyagok mennyiségét.

7. táblázat A szántó művelési ág talajművelési rendszereinek kiinduló szénkészlete a kísérleti terület mérései és az Agrotopo adatbázis alapján számolva (Saját forrás)

Év	Klíma	Talaj típus	Művelés	Input	SOC	F _{LU(0)}	F _{MG(0)}	SOC (t ha ⁻¹)	2006. év Terület	Össz. SOC (t)
2006	meleg száraz	HAC	hagyomá- nyos	alacsony	53,94 _(sz)	0,82	1	44,23	1663,47	73576,61
2006	meleg száraz	HAC	hagyomá- nyos	alacsony	89,91 _(sz)	0,82	1	73,73	8759,86	645831,19
2006	meleg száraz	HAC	hagyomá- nyos	alacsony	127,26	0,82	1	104,35	18914,6	1973796,95
2006	meleg száraz	HAC	hagyomá- nyos	alacsony	89,08 _(sz.)	0,82	1	73,05	3,21	234,48
2006	meleg száraz	HAC	redukált	közepes	38 _(ref)	0,82	1,03	32,09	10,94	351,12

Az erre a célra vetett növények teljes zöld (bimbós vagy virágzó) tömegét a talajba dolgozva megőrizzük, illetve növeljük a talaj szervesanyag készletét.

A zöldtrágyanövények vetése elősegíti a morzsalékos talajszerkezet kialakulását, kötött talajon javítják a talaj rossz fizikai tulajdonságait, csökkentik a tömörödöttségét, mivel gyökérzetükkel behálózzák a talaj felső rétegét. A mélyebben gyökerező zöldtrágyanövények fellazítják az altalajt, elősegítik az utónövény gyökereinek a mélyebbre hatolását. A mélyre hatoló gyökérzet révén az altalajban nehezebben hozzáférhető tápanyagokat felvehetik, majd lebomlásuk után, a következő növény tápanyag-ellátottságát javíthatják. Továbbá védik a talajt az erózióval és a deflációval szemben. A zöldtrágyázási mód megválasztásánál figyelembe kell venni, hogy a zöldtrágya kellő elbomlásához legalább 3-4 hét szükséges. Agyag talajokon ez a folyamat lassabban megy végbe, mint homoktalajokon. Szem előtt kell tartani a talaj nedvességének megőrzését is, mivel a rosszul megválasztott zöldtrágyanövények túlzottan kiszáríthatják a talajt. Emiatt a tarlóvetésű zöldtrágya növényeket, a jellemzően aszályos nyarú Karcag térségében nem javaslom. A takarónövényes megoldások közül az őszi vetésű növényekre vetést belvizes évjáratokban nem ajánlom, átlagos és szárazabb években igen. A sarjú zöldtrágyázási eljárást állatállománnyal rendelkező gazdáknak ajánlom, mert az első kaszálást takarmányként hasznosíthatják, majd a második növedéket pedig zöldtrágyaként. Karcag térségében ki lehetne próbálni az áttelelő zöldtrágyázást (késő) tavaszi vetésű növények előveteményeként. Ezek a növények az őszi és a kora tavaszi időszakban állítanak elő zöld biomasszát és a tavaszi talajelőkészítés során kell a talajba dolgozni. Erre a célra megfelelő növény a rozs, a rozsos szöszösbükköny és a bíborhere.

A redukáltan művelt területeken feltételezhető a mulcs alkalmazása, a talaj mérsékelt bolygatása mellett. E talajművelési eljárás elterjedéséhez idő szükséges, a gazdák egy jelentősebb része nagy valószínűséggel nem tér át a megszokottról más művelési rendszerre. A szolonyec talajok mélyebben fekvő területeken alakultak ki, jellemzően szikesek. Ezeken a területeken, illetve ezek egy részén érdemes lenne áttérni gyepgazdálkodásra. Túl nagy terület gyepké alakítása a térségben, a lecsökkent állatállomány miatt nem lenne ésszerű.

A fentiek alapján, ahhoz, hogy a térség talajainak szénkészlete növekedjen, az alábbi változások lehetnek ésszerűek a gyakorlatban is (8. táblázat):

1. Hagyományos művelésű területeken legalább közepes szintre növelik a bevitt tápanyagok mennyiségét a gazdák.
2. A hagyományosan művelt területek felén redukált művelésre térnek át (ezen belül a közepes szintű tápanyag utánpótlás- és a területek ~15 %-án szerves trágyázás valósítható meg).
3. A legalacsonyabb szervesanyag tartalmú talajon lévő szántókat gyepké alakítják át. Ez 1663,47 hektárt érint. Bár az állatállomány lecsökkent a térségben, területalapú támogatást és agrár-környezetgazdálkodási támogatást vehetnek igénybe a termelők a gyepkörnyezettudatos hasznosítására.

A hagyományos művelésű területeken a közepes szintre emelt tápanyag bevitel csak minimális mértékű javulást eredményezett. Azonban ezzel megállítható a talaj szervesanyag mennyiségének csökkenése. Az éves szénkészlet növekmény tekintetében, a mulcs technológiát alkalmazó redukált műveléshez képest a szerves trágya kijuttatása éves szinten további 0,55 tonna ha^{-1} többletet jelent. Ez megegyezik a javított gyepnél elérhető javulás mértékével 20 év alatt. Így 2026-ra elérhető megnövekedett szénkészlet nagysága 2 729 120,77 tonna.

Összességében elmondható, hogy a redukált művelésre való átállás a mulcs technológiának és a mérsékelt bolygatásnak köszönhetően reális megoldás lehet Karcag térségében a szántó művelésű területeken.

A gazdák azon részénél, akik nem állnak át redukált művelésre, szorgalmazni kell a mulcs alkalmazását, a zöldtrágyázást, ahol rendelkezésre áll szerves trágya, ott annak kijuttatását a talaj szerkezetének, szervesanyag készletének javítása érdekében.

8. táblázat Becsült karbonkészlet változás 2026. évre (Saját forrás)

Év	Talaj	Művelés	Input	SOC	F _{LU(0)}	F _{MG(0)}	SOC (t ha ⁻¹)	2026. év	Összesen
	típus							Terület (ha)	SOC (t)
2026	HAC	hagyományos	közepes	89,08 _(sz)	0,82	1,03	75,24	3,21	241,51
2026	HAC	redukált	közepes	89,08 _(sz)	0,82	1,03	75,24	10,94	823,09
2026	HAC	hagyományos	közepes	127,26 _(sz)	0,82	1	104,35	14676,03	1531490,69
2027	HAC	redukált	közepes	127,26 _(sz)	0,82	1,03	107,48	4238,55	455575,44
2026	HAC	redukált	közepes	89,91 _(sz)	0,82	1,03	75,94	6559,28	498098,51
2026	HAC	redukált	szervestrágyázás	89,91 _(sz)	0,82	1,03	75,937986	2200,58	167107,61
2026	HAC	javított gyepek	közepes	53,94 _(ref)	0,82	1,03	45,557724	1663,47	75783,91

Forrás: Saját forrás

A Karcag térségében lévő kötött, rossz vízgazdálkodású agyag és szikes területeken zöldtrágya növénynek az őszi rozsos, vagy búzás bükkönyt és a tavaszi vetésű szegletes lednek termesztését tartom leginkább megfelelőnek.

A mélyebben fekvő, zömében szikes területeken érdemes a szántók gyepké alakítása. Kifejezetten ott, ahol az állatállomány legeltetése megoldható, illetve a lekaszált széna hasznosítható az állattenyésztési ágazatokban. Nem csak a szántók, hanem a gyepek esetében is igényelhető agrár-környezetgazdálkodási támogatás, azok fenntartására, környezettudatos hasznosítására. Hosszú távon így megvalósulhat a talaj állapotának javulása Karcag térségében. Az általam javasolt földhasználat módosításokkal 20 év távlatában (a 29 352,06 hektáron) 35 330,43 tonna szénkészlet növekedés érhető el.

4.5.3. A talaj nedvességállapota talajvíz figyelő kutak elemzésére alapozva Karcag térségében

Statisztikai elemzések alkalmasak voltak arra, hogy kimutassam a statisztikai sokaság száma hogyan csökkenthető le a havi átlagértékek alapján, illetve hány csoportra különülnek el. Mindezt térképek segítségével térhelyesen visszaellenőriztem.

Az elemzéseket SPSS 17 nevű szoftverben a statisztikai sokaságom 375 alapadatból állt. Legelőször megvizsgáltam a sokaság alkalmasságát a faktoranalízisre. A faktoranalízisen belül a tömörítési módszerek közül a főkomponens analízist alkalmaztam.

A főkomponenseket korrelációs mátrix alapján határoztam meg. A komponensek a sajátértékekkel jelennek meg a változók, azaz monitoring kutak adatsorának variancia értékeinél. A leíró statisztika alapján megnéztem az egyes kutak középértékeit.

A legmagasabb középérték a 228-as kúté 130,84-es értékkel, míg a legalacsonyabb a 226-os monitoring kúté volt, mely értéke 253,48. A szórás értékek 60 felettiek, három kút kivételével 70 feletti értékkel rendelkeznek, ami alapvetően jónak számít.

Mielőtt elvégeztem a főkomponens analízist, megvizsgáltam a statisztikai sokaság vizsgálati alkalmasságát. Mivel a változók közötti korreláció alapfeltétele a faktoranalízisnek, korrelációs mátrixot készítettem.

A változók között szignifikáns korreláció van, ami arra utal, hogy az adatok alkalmasak a faktoranalízisre. A legmagasabb korrelációs érték 0,806.

Elkészítettem an anti-imidzs mátrixot is. Ez azért volt szükséges, mert a szórásnégyzetek felbonthatóak magyarázott és nem magyarázott szórásnégyzetre.

Az anti-imidzs kovariancia mátrix főátlóján kívüli értékeknek lehetőség szerint alacsonyaknak kell lenniük, mivel a variancia azon elemeit tartalmazza, amely független a többi elemtől. Szakirodalom szerint az adatok maximum negyede-e lehet 0,09-nél nagyobb. Esetemben egy érték sem haladja meg ezt. Az anti-image korrelációs mátrix átlója alapján elmondható, hogy az MSA (Measure of Sampling Adequacy) értékek 0,7 felettiek, nagy valószínűséggel bele fognak illeszkedni a faktoranalízisbe.

Végrehajtottam a KMO és Barlett tesztet, hogy megtudjam a korrelációs mátrix átlóján kívüli elemek véletlenül térnek-e el a nullától. Ez azért fontos, mert ha a H_0 -t el tudom utasítani, akkor a változók korrelálnak, faktoranalízisre alkalmasak.

A táblázat alapján elvetem a Barlett próba nullhipotézisét, miszerint a változók között nincsen korreláció. A szignifikancia szint kisebb 0,05-nél, a változók között statisztikailag is kimutatható kapcsolat van, tehát alkalmas a sokaság a faktorelemzés elvégzésére.

Azonban a legfontosabb a Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) értéke, melyet az MSA értékek átlaga ad és az összes vizsgált paraméterre egyidejűleg érvényes. A 0,778 KMO érték alapján a változók megfelelőek a faktoranalízisre.

Megállapítom, hogy a korreláció és a szignifikancia fennállása, a jó MSA és KMO értékek, valamint a szignifikáns Barlett teszt igazolja, hogy a talajvíz monitoring kutak mérési paraméterei alkalmasak a faktoranalízisre.

A főkomponensek számának meghatározására a főkomponens analízist használtam. A faktorok számának meghatározása nélkül, ahol a sajátérték (Eigenvalue) legalább 1,

abban az esetben két nagyobb faktor különíthető el a fenti Kaiser kritérium alapján. A sajátérték azért fontos, mert az egy faktor által az összes változó varianciájából magyarázott varianciát adja meg.

A faktordimenziók maximalizálásának ábrázolására a Scee plot-ot alkalmaztam. Lényegében a sajátértékeket ábrázolja a faktorok sorrendjében. A faktorok számát annyiban érdemes maximalizálni, ahol az ábra meredeksége megtörik és a vízszintesnek megfelelően kezd ellaposodni. Ez alapján a faktorok számát 2-3 faktor között érdemes maximalizálni.

A faktorok számát a Variancia-hányad módszer segítségével is meghatároztam. Azért ezt a módszert választottam, mert a gyakorlati szignifikancián alapul.

Az első harmad a kezdeti értékeket, a második a faktoranalízis utáni értékeket, a harmadik a rotáció utáni értékeket tartalmazza.

Az adott faktor által magyarázott variancia az első három sorban a táblázat első és második harmadában, azaz a faktoranalízis előtt és után megegyezik. Ugyanakkor utóbbi már csak az 1-nél nagyobb sajátértékeket mutatja.

Először 2 faktorra végeztem a statisztikai vizsgálatot. A Kumulatív % oszlop a meghatározott 2 faktor összesített varianciáját mutatja meg (75,963). Ez jónak mondható, mivel a minimális 60 %-os értéke felett van jóval, ugyanakkor azt jelenti, hogy az információk negyede elveszett. Ebből kifolyólag megnőveltem, a faktorok számát eggyel. A Kommulatív % oszlop a meghatározott 3 faktor összesített varianciáját mutatja meg (85,437). Ez jónak mondható, mivel a minimális 60 %-os értéke felett van jóval, ugyanakkor azt jelenti, hogy az információk 14,6 %-a elveszett. Az utolsó harmad a faktorrotálás utáni értékeket mutatja.

A faktorok tengelyeinek elfogatásával könnyebben értelmezhető faktorokat kaptam. Így csak a faktorok sajátértékei és a magyarázott varianciák módosulnak. A derékszögű (ortogonális) forgatási módszerek közül a Varimax-ot alkalmaztam, mert jobban szétválasztja a faktorokat a többi módszerrel szemben. Így az összvariancia nem változott, azonban a faktorok sajátértékei és az általuk magyarázott variancia igen. Ez alapján elmondható, hogy a 225. számú kút mindkét csoportba besorolható.

Így a 225. kutat leszámítva, a 220. és 224. számú monitoring kút tartozik az egyik csoportba, az összes többi pedig a másik csoportba.

Három faktorról lefuttatva ugyanezt az elemzést, megállapítható, hogy ebben az esetben a 228. számú kút tartozik bele az egyes és a kettes csoportba is.

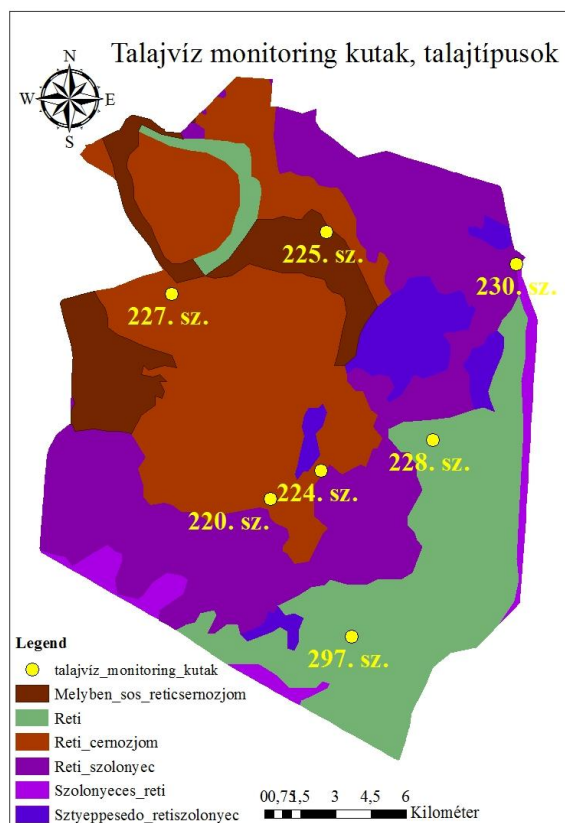
Külön csoportot alkot a 230., 228., és a 297. számú kút, valamint a 228., 227., 225. számú kút. A harmadik csoportot a 220. és a 224. számú kutak alkotják. Ezt ábrázolva egy 3 dimenziós térben szemléletesebben látszik a kutak csoportjainak elkülönülése.

A klaszteranalízis keretében elkészített dendrogram alapján a monitoring kutak 2 nagyobb csoportra bonthatóak. Azonban a 225. és a 227. számú kút külön alcsoportot alkot, illetve ugyanez jellemző a másik főcsoporton belül a 220. és 224. számú kutak esetében.

Az első alcsoportba a 225., 227., 230. kút tartozik. A másik alcsoportba 4 darab kút tartozik. Ezen belül is a 228., 297., ill. a 220. és a 224. kutak alkotnak kisebb csoportokat. Mintha 2 különböző terület lenne elkülöníthető. Ugyanezt az eredményt adta a variancia hányad módszer is. A talajgenetikai térképeken térhelyesen visszaellenőriztem. A két fő faktor esetében szimplán statisztikai összefüggéseket tudtam kimutatni, azonban térhelyesen nem tudtam ezeket igazolni. A három faktor esetében a talajgenetikai térkép alátámasztotta a kapott eredményeket (17. ábra). A 220. és 224. kutak egymáshoz térben is közel esnek és mindkettő réti csernozjom talajon helyezkedik el, ezek egy csoportba tartoztak statisztikailag is. Előbbi Karcag belterületén, utóbbi a Karcagtól délre, a szántóföldi kísérletektől néhány száz méterre található. A 225. sz. kút mélyben sós réticsernozjom talajon, 227. sz. kút réti csernozjom talajon és 230. számú kút réti szolonyec talajon északra találhatóak Karcagtól, mindhárom különböző talajon működik. Ugyan a 227. számú kút az első csoportban található kutakkal azonos talajtípuson van, azonban térben a fenti kutakhoz esik közelebb.

A 225. és 227. kút talajai hasonlóak, azonban szinte azonos tengerszint feletti magasságban találhatóak. A 228. és 297. számú kutak ugyan térben távolabb helyezkednek el, Karcagtól keletre, ill. délre, azonban mindkettő réti talajon működik. A 230. számú kút talaja is hasonló az előző kettőhöz. Így a 3 fő faktort fogadtam el a statisztikai elemzések közül, mivel a térhelyes ábrázolást alátámasztotta (28. melléklet).

Összességében elmondható, hogy a térségben az átlagos talajvízszint 2-2,5 méter között változik. A térség időjárása eléggé szélsőséges, így előfordul, hogy eléri a felszíni vízborítás is, míg más időszakokban 4-4,5-5 méteres mélységbe is visszahúzódik a talajvíz. Szélsőséges esetben, akár 6 méter alá is süllyedt a szintje.



17. ábra A talajvíz monitoring kutak genetikai talajtérképre helyezve (Saját forrás)

A térségben a szikesedés problémát jelent és a másodlagos szikesedés is. A mélyben sós talajú területeken egy-egy belvizes időszakban nemcsak a gyökérzónába, de akár a felszínre is kerülhetnek a sók. Továbbá öntözés céljából sem javasolt a környék vizének használata, szintén a valószínűsíthetően magas sótartalom miatt. Mindenképp be kell vizsgálni a fúrt kutak vizét, mielőtt öntözési célra hasznosítaná azt bárki.

A szántóföldi kísérletek ideje alatt a 224. számú kút vízállása átlagosan alakult, kivéve 2009. március-június közötti időszakban, amikor is 1 méterre emelkedett a talajvíz a felszín alatt. 2010. márciustól szeptemberig fél méteres magasságban stagnál és csak ezt követően süllyedt ismét 1 méter alá. Ez magyarázza a környék alacsonyabb fekvésű területein a 2010. év első félévében jelen lévő belvizet. A 225-ös kútban végig 2-3 méteres mélységben regisztrálták a vizet. Még a 2010-es belvizes időszakban is 1,5 méterre maradt el a talajfelszíntől. A 228. számú monitoring kút vízmélysége 1-2 méteres mélység között ingadozott a három év leforgása alatt. A 2010-es belvíz jelenségek ideje alatt azonban itt is 40-50 cm-es mélységig emelkedett a talajvíz. A 230. számú kútban a talajvíz mélysége 3,5-4 méteres mélységben fordult elő a 2007-2009-es időszakban. A 297. számú kút vízmélysége az átlagosnak mondható 2-2,5 méteres

mélységben volt detektálható a fenti időszakban. Az utóbbi két kút esetében sajnos csak 2010. februárig követték itt nyomon a talajvíz vertikális mozgását.

A térhelyes ábrázolás és a statisztikai vizsgálatok alapján elmondható, hogy a talajvíz monitoring kutak 3 fő csoportba oszthatóak el, ami alapvetően a talajok genetikai eltéréseiből és a tengerszint feletti magasság különbségekből eredeztethető.

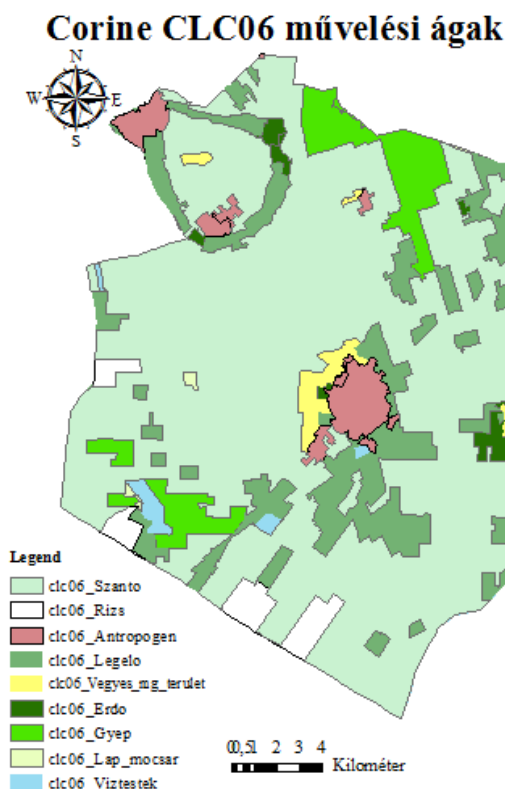
4.5.4. A térség értékelése földhasználatok szerint NDVI állapotindikátorok segítségével

Karcag térségének értékelését a 2003. és 2006. évi Corine CLC adatbázisok, az Agrotopo adatbázis, 34 darab topográfiai térképszelvény, valamint 2003, 2006, 2007, 2009 és 2010 évekre vonatkozó LANDSAT TM felvételek alapján végzem el. Így megvizsgáltam két aszályos, két csapadékos és egy csapadék szempontjából átlagosnak mondható évet. A LANDSAT felvételek 3-as és 4-es csatornáin alapján NDVI indexeket számoltam IDRISI Selva programban. A kapott értékeket térhelyesen értékelem földhasználati kategóriánként, talajtípusonként, talaj fizikaiféleség és talaj szervesanyag tartalom alapján. Végül a térség mintázatát értékelem indikátorok segítségével.

A szántó területe 29352,06 hektár, ami a vizsgált terület (42 142,41ha) 69,6 %-a. A térségben jellemzően nem öntöznek (18. ábra).

A 2003-as év elég aszályos volt. Ezt az is alátámasztja, hogy az augusztusi időszakban az NDVI átlagos értéke 0,16 és 0,182 között ingadozott. Az átlagtól való eltérés 0,12, ami ez esetben elég nagynak számít. Ugyan az 2007-es év is aszályos volt, mégis ugyanezen időszakban az NDVI átlag értéke 0,28 volt. Ugyanakkor május és június hónapokban az NDVI értéke 0,5 körül alakult. Így a meleg és egyben aszályos időszakban a térség NDVI értékei 0,12-0,29 közötti értékeket vettek fel. Ez termés kiesésre is utal. Az átlagtól való eltérés 0,22.

A csapadékosabb években. A tavaszi időszak NDVI értékei közel azonosak fenti évekével. A gabonák egy része betakarításra került júniusban, illetve július elején. Elmondható, hogy a 2006-os és 2010-es csapadékos évek átlagos NDVI értékei közötti különbség a nyári időszakban 0,1 az utolsó vizsgálati év javára. Így elmondható, hogy csapadékos évjáratban, a május-szeptember közötti időszakban a térségben átlagosan az NDVI értéke 0,5-0,689 között ingadozik. Az átlagtól való eltérés 0,2 az esetek több mint 90 %-ában.



18. ábra Fölhasználatok Karcag térségében a Corine CLC 2006 alapján (Saját forrás)

A 2009-es év ugyan meleg volt, de a csapadék mennyisége átlagosnak volt mondható. ennek köszönhetően a 2006. év értékeit minimálisan, a nyár elején 0,02-dal, majd a nyár végére 0,05-dal múlja alul.

Szakirodalmi adatok alapján újraosztályoztam a terület NDVI értékeit (I7). A vizsgált években terület több mint 40-50 %-án az NDVI 0,1-0,2 közötti, 10-20 %-án 0,2-0,4 közötti értékeket vett fel (9. táblázat).

9. táblázat A szántó NDVI értékeinek újraosztályozott megoszlása (Saját forrás)

Évjárat típusa	NDVI 0,01-0,2 (%)	NDVI 0,2-0,4 (%)	NDVI 0,4-0,6 (%)	NDVI 0,6-0,8 (%)	NDVI 0,8 % felett
Aszályos év	45-67	25-30	5-15	0-8	0-3
Csapadékos év	28-40	10-25	10-25	20-25	15-26
Átlagos év	40-50	15-18	18-23	15-20	11-18

Összességében elmondható, hogy Karcag térségében a szántó művelésű területek NDVI értéke évjáratától, képződő biomassza mennyiségétől és a csapadék mennyiségétől, valamint eloszlásától nagymértékben függ. Amennyiben meleg van az adott évben, de a csapadék legalább átlagosnak mondható, akkor a csapadékos és az átlagos évek NDVI értékei tized/század nagyságrenddel térnek el. Aszályos években azonban a fenti értékek

32-50 %-a csökken az NDVI. A nyár elején magasabb, az aszály és a gabonafélék betakarítását követően pedig alacsonyabb.

Karcag térségében az erdő területek nagysága 799,65 hektár (a terület ~ 19 %-a) (54. ábra). A 2003. év kifejezetten rossz évnek minősül az erdők biomassza termelésének szempontjából augusztus második felére. Ugyanis addig 2003-ban és 2007-ben is 0,411-0,475 közötti NDVI értékeket kaptam. Azonban utána az NDVI átlag 0,21-0,28 közötti értékek között alakult. Ez részben lefedi a szántóknál ugyanezen időszak alatt kapott eredményeket.

Esős évjáratokban az NDVI 0,5-0,6 közti értékeket vett fel, ami szeptember-október hónapokban az ősznek köszönhetően eleinte néhány századdal 0,5 alá, majd átlagosan 0,43-0,44 között alakul a mutató. az átlagtól való eltérés valamennyi esetben 0,06. Érdekes, hogy az aszályos években a szórás értéke ennél azért magasabb, mégpedig 0,1. A 2009. évről elmondható, hogy a meleg napok számának növekedésével fokozatosan visszaesett az erdők biomassza indikátora a júniusi 0,6 feletti értékekről júliusban 0,5-0,61 közé, majd augusztus második felében 0,4-0,45-re. Mindez közel átfedést mutat a csapadékos évjáratok biomassza termelésével. Az újraosztályozást követően az alábbi eredményeket kaptam (10. táblázat):

10. táblázat Az erdő NDVI értékeinek újraosztályozott megoszlása (Saját forrás)

Évjárat típusa	NDVI 0,01-0,2 (%)	NDVI 0,2-0,4 (%)	NDVI 0,4-0,6 (%)	NDVI 0,6-0,8 (%)	NDVI 0,8 % felett
Aszályos év	3-40	25-50	60-70	60-70	0-10
Csapadékos év	0-1	7-38	10-25	40-68	0-10
Átlagos év	1-6	15-18	10-28	55-68	0-10

A 2003-as évben a területek 20-40 %-a tartozott a legalacsonyabb NDVI értékű kategóriába. Azonban valamennyi földhasználati kategóriában jelentősebb eltéréseket mutat, bár számottevő földhasználati változás nem történt a szántót illetően.

A gyepek területe összesen 8429,13 hektár, amin belül a legelők 5940,54 hektáron terülnek el (54. ábra). Ez 20 %-át teszi ki Karcag térségének. A gyepek növényi biomassza termelése a 2003 augusztusától hasonlóan alakult a szántókéhoz. A gyepon belül a legelő hasznosítási irány biomassza mennyisége májusban és júniusban

átlagosan 0,04-dal, majd júliustól átlagosan 0,020,03-dal magasabb a nem legelő célú hasznosításától valamennyi vizsgált évben. Azaz minimális az eltérést tapasztaltam. A Karcag térségében a májusi időszakban a gyepek NDVI értéke a 0,2-0,3 körül alakul, ami a meleg nyári napok során (pl. augusztusban), illetve a kaszálás és/vagy legeltetés hatására az átlag értékek 0,9-1,1-re csökken. A szórás 0,08 az esetek többségében valamennyi évjáratban, azonban egy-egy időpontban előfordul +/- 0,01-s eltérés is. Csapadékos évjáratokban a nyár folyamán szinte kiegyenlítetten 0,38-0,44 közötti az átlagos NDVI. Ugyanez mondható el az átlagos évjáratban. Az újraosztályozás összesítésénél ugyancsak egy táblázatban tüntettem fel a gyepeket és a legelőket, mivel azok hasznosítási iránya eltérő, de a biomassa termelésük hasonlóképpen alakult. A kapott NDVI indexeket térhelyesen újraosztályozva az alábbi eloszlást kaptam (11. táblázat).

11. táblázat A gyepek NDVI értékeinek újraosztályozott megoszlása (Saját forrás)

Évjárat típusa	NDVI 0,01-0,2 (%)	NDVI 0,2-0,4 (%)	NDVI 0,4-0,6 (%)	NDVI 0,6-0,8 (%)	NDVI 0,8 % felett
Aszályos év	75-90	10-40	5-15	0-1	0
Csapadékos év	1-2,5	30-75	20-70	0	0
Átlagos év	3-23	70-80	15-20	0-2	0

Az eddigiekkel szembeni eltérés abból ered, hogy a fentiekben az átlag értékeket értékeltem, a táblázatban pedig az összes adat eredményét igyekeztem belefoglalni.

Összességében elmondható, hogy a gyepek biomassa termelése aszályos évben az átlagos NDVI értékei alapján hasonlóan alakul a szántóéval. Egyéb esetekben pedig 0,38-0,44 közötti értéket kapunk a vegetációs időszakokban.

A vegyes művelésű területek többnyire Karcag nyugati határában helyezkednek el. Itt kertek, gyümölcs- és szőlő ültetvények találhatóak. 2003-ban augusztus végére 0,2 alá csökkent a biomassa produktivitás a területen. Csapadékos és átlagos években a május hónapra jellemző 0,32 feletti átlagos NDVI értékek június-július hónapokra 0,4-0,52 közötti értékekre növekednek, egészen októberig, amikor 0,31-0,36-ra csökkennek. A szórások 0,08-0,09 között alakulnak. A teljes adatsor újraosztályozása után az alábbi eredmények születtek (12. táblázat):

12. táblázat A vegyes művelésű területek NDVI értékeinek újraosztályozott megoszlása (Saját forrás)

Évjárat típusa	NDVI 0,01-0,2 (%)	NDVI 0,2-0,4 (%)	NDVI 0,4-0,6 (%)	NDVI 0,6-0,8 (%)	NDVI 0,8 % felett
Aszályos év	15-50	70-89	5-9	0	0
Csapadékos év	1-2	15-36	60-80	5-10	0
Átlagos év	1-5	25-60	37-70	0-7	0

Összességében elmondható, hogy a gyümölcs- és szőlő ültetvények adják a terület biomassza termelésének kiegyensúlyozottságát. A sorközökben elterülő gyepsávok miatt és a pixelek felbontása miatt több helyen kevert pixelek vannak, amik azt eredményezik, hogy a gyepeknél leírt értékeket kaptam. A kertekben termesztett növények sokszínűsége módosító tényezőként hat e területeken a vegetációs index nagyságára.

A lápok, mocsarak területének nagysága viszonylag elhanyagolható (68,49 ha). 2003-ban a gyepnél kapott NDVI értékeket mindössze ~ 0,1-del haladta meg. Ám, így is felülmúlta a szántó területek biomassza termelését ebben az évben. 2007-ben is a májusi 0,52 átlagérték augusztusra valamennyi időpontban 0,28-ra csökkent. A szórás 0,1-0,2 között alakult. Csapadékos években, kimagasló biomassza termelés volt megfigyelhető. Azonban ezen a területen is kimutatható volt májustól júliusig a biomassza termelés növekedése, amit mondhatni stagnálás követett. Visszaesés 2006-ban szeptember közepén volt megfigyelhető (szeptember 14-én 0,5 és október 19-n 0,345), 2010-ben még októberben is 0,64 volt az átlagos biomassza mennyiség. A fentieket leszámítva a 0,54-0,69 a lápos mocsaras területek átlagos vegetációs indexe. Átlagosnak mondható évben hasonló eredményeket kaptam 0,5-0,55 alakult a nyár folyamán a terület átlagosan az indikátor. Így a területen a csapadék többlet 0,1-del növelheti átlagosan a biomassza növekményt. Az átlagtól való eltérés 0,2 volt valamennyi esetben, kivéve a 2003. évet, amikor is 0,1 volt.

A teljes adatbázis összes értékét figyelembe véve az átlag értékekkel összezsengnek a 13. táblázat eredményei.

13. táblázat A vegyes művelésű területek NDVI értékeinek újraosztályozott megoszlása (Saját forrás)

Évjárat típusa	NDVI 0,01-0,2 (%)	NDVI 0,2-0,4 (%)	NDVI 0,4-0,6 (%)	NDVI 0,6-0,8 (%)	NDVI 0,8 % felett
Aszályos év	7-30	50-77	14-18	0	0
Csapadékos év	0-10	10-25	60-86	0-2	0
Átlagos év	0-1	7-32	60-73	15-20	0

Összességében elmondható, hogy ezeken a területeken (a víznek köszönhetően) és az erdőkben leginkább kimagasló a képződő biomassa mennyisége Karcag térségében.

Rizs termesztő területek

Ez a terület nem külön művelési ág, de mindenképp elkülönülő földhasználati kategória. területének nagysága 1057,85 hektár (összes terület 2,5 %-a). A Corine adatbázisban a szántó művelésbe tartozik (Kód: 213). Azonban a vizsgált terület szántóin nem folytatnak öntözést, a rizsszel vetett területeket az év bizonyos szakaszában víz borítja. emiatt mindenképp külön kezeltem a szántó kategóriától.

14. táblázat A rizsszel vetett területek NDVI értékeinek újraosztályozott megoszlása (Saját forrás)

Évjárat típusa	NDVI 0,01-0,2 (%)	NDVI 0,2-0,4 (%)	NDVI 0,4-0,6 (%)	NDVI 0,6-0,8 (%)	NDVI 0,8 % felett
Aszályos év	25-43	10-40	10-46	0	0
Csapadékos év	15-35	20-65	20-46	0-10	0
Átlagos év	30-75	20-25	10-44	0-20	0

Valószínűsíthetően a speciális termesztéstechnológia végett nem volt kimutatható az évjáráthatás a szélsőségesnek mondható években (14. táblázat). Májusban 0,15-18, a nyár hónapjaiban 0,2-0,39 volt az NDVI értéke. Érdekesnek tartom, hogy átlagos évben több biomassa képződött a területeken. Az index átlagosan 0,41-0,51 közötti értékeket vettek fel. Az októberi 0,2-0,25 index értékek a rizs betakarítása utáni, terület értéke, növényi borítás nélkül.

4.5.5 Az NDVI értékelése eltérő talajadottságú területeken

A Karcag térségében a területen előállított biomassa növekmény értékelését a talajok fizikai féleségre alapozottan kezdem (15. táblázat), majd rátérek a talaj

szervesanyag tartalmával kapcsolatos összefüggésekre, végül a talajtípusokkal zárom az alfejezetet.

15. táblázat Az NDVI értékeinek százalékos megoszlása talaj fizikai féleségként

Agyag t.	Évjárat típusa	NDVI 0,01-0,2 (%)	NDVI 0,2-0,4 (%)	NDVI 0,4-0,6 (%)	NDVI 0,6-0,8 (%)	NDVI 0,8 % felett
	Aszályos év	70-77	15-30	3-7	0	0
	Csapadékos év	13-19	38-49	25-50	3-7	0
	Átlagos év	16-23	40-50	22-26	14-17	0
Agyagos vályog t.	Évjárat típusa	NDVI 0,01-0,2 (%)	NDVI 0,2-0,4 (%)	NDVI 0,4-0,6 (%)	NDVI 0,6-0,8 (%)	NDVI 0,8 % felett
	Aszályos év	60-80	20-35	4-6	0	0
	Csapadékos év	16-26	37-53	35-52	1-3	0
	Átlagos év	20-30	42-44	22-25	12-15	0
Vályog t.	Évjárat típusa	NDVI 0,01-0,2 (%)	NDVI 0,2-0,4 (%)	NDVI 0,4-0,6 (%)	NDVI 0,6-0,8 (%)	NDVI 0,8 % felett
	Aszályos év	37-48	42-52	8-15	0	0
	Csapadékos év	10-20	25-40	35-50	10-25	0
	Átlagos év	12-22	20-33	25-40	25-31	0

Mivel a normalizált vegetációs index értékét a területen képződött biomassza határozza meg, az egyes fizikai talajféleségek között nem volt számottevő különbség. A talajok között árnyalatnyi különbségek voltak mutathatóak az összes újraosztályozott NDVI esetében. A vályog talajokon képződött a legtöbb biomassza a vizsgált időszakban. A másik két talaj kategória nem különül el élesen sem aszályos, sem csapadékos években.

Az átlagok alakulásánál is minimális különbségeket kaptam. Vályog talajoknál még aszályos években is 0,2 felett volt az átlagos NDVI. Agyagos vályog és agyag talajok között csupán század nagyságrendű különbségeket kaptam. Csapadékos évjáratokban is hasonlóan alakultak a talajok közötti eltérések. Vályog talajon 0,37-0,48 között változott az NDVI Mean, míg a másik két talajfizikai féleségnél 0,31-0,38 között. A szórások értéke szinte minden esetben 0,1 volt. Elmondható, hogy a kevésbé kötött talajon jobb hozamok voltak elérhetőek.

A talajok szervesanyag tartalmát összevetve a biomassza termeléssel, már látványosabb eltéréseket tudtam kimutatni az átlag NDVI indexek alapján (16. táblázat).

16. táblázat Az NDVI értékeinek százalékos megoszlása a talaj szervesanyag ellátottságának függvényében

Szervanyag 100-200 tonna ha-1	Évjárat típusa	NDVI 0,01-0,2 (%)	NDVI 0,2-0,4 (%)	NDVI 0,4-0,6 (%)	NDVI 0,6-0,8 (%)	NDVI 0,8 % felett
	Aszályos év	90-94	5-10	0	0	0
	Csapadékos év	10-20	45-65	10-40	0	0
	Átlagos év	10-30	60-69	10-15	0	0
Szervesanyag 200-300 tonna ha-1	Évjárat típusa	NDVI 0,01-0,2 (%)	NDVI 0,2-0,4 (%)	NDVI 0,4-0,6 (%)	NDVI 0,6-0,8 (%)	NDVI 0,8 % felett
	Aszályos év	60-80	20-40	0-5	0	0
	Csapadékos év	15-20	47-58	27-50	0	0
	Átlagos év	15-25	47-53	20-26	0	0
Szervesanyag 300-400 tonna ha-1	Évjárat típusa	NDVI 0,01-0,2 (%)	NDVI 0,2-0,4 (%)	NDVI 0,4-0,6 (%)	NDVI 0,6-0,8 (%)	NDVI 0,8 % felett
	Aszályos év	50-70	28-40	8-12	0-1	0
	Csapadékos év	10-30	30-41	28-49	5-16	0
	Átlagos év	15-25	28-35	25-36	5-25	0

Aszályos években a legalacsonyabb szervesanyag tartalmú talajokban az NDVI 0,09-0,15 között változtak, a középső kategóriában 0,13-0,18 és a legjobb szervesanyag ellátottságú területeken 0,19-0,26 volt az átlagos növényi szervesanyag termelés. Csapadékos évjáratokban nem volt éles különbség kimutatható. az átlagos NDVI 0,3-0,4 volt. Átlagosnak mondható évben a legmagasabb szervesanyag ellátottságú talajokon volt 0,4 felett az átlagos NDVI, míg a másik két csoportnál 0,2-0,38 közötti értékeket kaptam, csupán század nagyságrendű különbségeket tudtam kimutatni. Az újraosztályozott NDVI indexek alakulását az következő 16. táblázat foglalja össze.

A táblázat elkészítésénél minden újraosztályozott indikátort felhasználtam. Jól látszanak az újraosztályozást követően az évjárat hatásokból és a tápanyag ellátottság különbségek. Ahogy csökken a talaj humusz tartalma, csökken az előállított növényi zöld tömeg is. A tápanyagokban leggazdagabb talajon képződött a legtöbb biomassza. Itt átlagos évben magasabb hozam volt kimutatható, mint esős években.

A talajtípusok értékelése során hat talajtípust különböztettem meg az Agrotopo térképre alapozva, mégis három nagyobb csoport volt elkülöníthető a kapott indexek alapján (17. táblázat).

17. táblázat Az NDVI értékeinek százalékos megoszlása a talajtípusok alapján

Réti csernozjom t.	Évjárat típusa	NDVI 0,01-0,2 (%)	NDVI 0,2-0,4 (%)	NDVI 0,4-0,6 (%)	NDVI 0,6-0,8 (%)	NDVI 0,8 % felett
	Aszályos év	34-50	40-55	7-12	0	0
	Csapadékos év	8-22	25-38	35-49	10-23	0
	Átlagos év	15-22	20-40	30-40	10-30	0
Mélyben sós réti csernozjom t.	Évjárat típusa	NDVI 0,01-0,2 (%)	NDVI 0,2-0,4 (%)	NDVI 0,4-0,6 (%)	NDVI 0,6-0,8 (%)	NDVI 0,8 % felett
	Aszályos év	47-60	32-45	3-9	0	0
	Csapadékos év	15-22	30-43	35-46	4-16	0
	Átlagos év	24-35	29-34	20-30	18-20	0
Réti szolonyec t.	Évjárat típusa	NDVI 0,01-0,2 (%)	NDVI 0,2-0,4 (%)	NDVI 0,4-0,6 (%)	NDVI 0,6-0,8 (%)	NDVI 0,8 % felett
	Aszályos év	63-90	9-36	0-1	0	0
	Csapadékos év	10-18	40-64	30-40	0-1	0
	Átlagos év	10-23	55-62	14-24	6-7	0
Sztyeppesedő réti szolonyec t.	Évjárat típusa	NDVI 0,01-0,2 (%)	NDVI 0,2-0,4 (%)	NDVI 0,4-0,6 (%)	NDVI 0,6-0,8 (%)	NDVI 0,8 % felett
	Aszályos év	80-90	10-25	0-7	0	0
	Csapadékos év	2-18	34-50	30-60	1-6	0
	Átlagos év	17-40	40-50	16-25	0-10	0
Szolonyeces réti t.	Évjárat típusa	NDVI 0,01-0,2 (%)	NDVI 0,2-0,4 (%)	NDVI 0,4-0,6 (%)	NDVI 0,6-0,8 (%)	NDVI 0,8 % felett
	Aszályos év	55-65	20-35	7-22	0	0
	Csapadékos év	10-20	32-55	25-50	1-11	0
	Átlagos év	15-20	25-45	20-35	20-25	0
Réti t.	Évjárat típusa	NDVI 0,01-0,2 (%)	NDVI 0,2-0,4 (%)	NDVI 0,4-0,6 (%)	NDVI 0,6-0,8 (%)	NDVI 0,8 % felett
	Aszályos év	50-70	20-40	5-11	0	0
	Csapadékos év	10-25	30-50	30-50	5-30	0
	Átlagos év	20-25	30-40	20-30	20-25	0

Az első csoportba a réti csernozjom és a mélyben sós réti csernozjom talaj tartozik. Előbbinél aszályos évben minimálisan jobban alakultak a növényi hozamok. A többi évjáratban közel azonos eredményeket kaptam.

Második csoportba a réti szolonyec és a sztyeppesedő réti szolonyec talajokat soroltam. Biomassza termelésben a harmadik csoport átmenetet klépez az előző kettőhöz képest. Idesoroltam be a szolonyeces réti és réti talajokat. Átlagos évben ezeken a területeken magasabb hozamok realizálódnak, mint a csernozjom talajjal borított részeken. Ez utóbbinál csapadékos években legmagasabb a képződött biomassza mennyisége.

Összességében elmondható hogy a kevésbé kötött, jobb szervesanyag ellátottságú talajok adnak magasabb termést. Talajtípusoknál pedig a réti csernozjom talajoknál volt kimutatható a magasabb biomassza termelés. Az átlag vegetációs indexek ugyancsak a fenti három csoportra voltak elkülöníthetőek. A szórás értéke 0,1 volt valamennyi esetben.

4.6 A kapott eredmények alapján összeállított DPSIR indikátor rendszer

Az eredményeim értékelése a DPSIR (Driving forces – Pressure – State – Impact – Response: Ható tényezők – Terhelés – Állapot – Hatás – Válasz) indikátor készlet keretrendszer (Katonáné, 2003) szerint alkalmas a vizsgált terület agrár-környezeti állapotértékelésére.

Agrár-környezeti ható tényezők

Karcag térségében a mezőgazdasági termelésnek történelmi és kulturális háttere van. A talajt művelő gazdák tudása generációról generációra száll, másrészt a térségben a tudományos kutató munka is nagy múltra tekint vissza. A gyakorlat számára hasznos kutatási eredményeket pedig a gazdák is adaptálták. Így terjedtek el a nemesített tájfajták is az öntözés nélküli szántóföldi gazdálkodásokban.

A strukturális hatótényezőket is érdemes figyelembe venni. Karcag térségében is jellemző a szétaprózódott birtok struktúra. A földek egyesített művelését egy-egy nagyobb cég látja el. Ebből fakadóan a géppark a kisebb méretű gazdaságokban jobban előregedett, utóbbiaknál modernebb és kisebb környezetterhelésűek (Euro besorolás). Vizsgálataimat a Debreceni Egyetem KIT Karcagi Kutató Intézet kísérleti területein folytattam.

A Karcagon és térségében jellemző meteorológiai adatokat, mint abiotikus indikátorokat értékeltem a klimatikus hatótényezők megismerése érdekében. Az ötven éves adatsorok alapján elmondható, hogy a vizsgált időszakban aszályos, csapadékos és átlagosnak mondható évjáratok egyaránt előfordultak.

Az öntözés nélküli növénytermesztési rendszerek közül elkülöníthető a hagyományos és a redukált talajművelési rendszer. Értékeltem a hatótényező indikátorok közül a talajművelési rendszerekben elvégzett gépi munkákat agrár-környezeti szempontból.

Az abiotikus tényezők közül kitértem a talaj fizikai, kémiai jellemzőire, illetve közvetett módon a talajélet aktivitásának talajművelésből fakadó eltéréseit elemeztem. A talajvíz mozgását megvizsgáltam több mint 50 év adatsorát véve alapul.

Összehasonlítottam az adott gazdálkodási évben az erőgépek levegő terheléseinek nagyságrendjét, az erőgépek Euro kategória besorolása alapján. Értékeltem a gazdálkodási évek gépkapcsolatainak a számát. Mivel nem volt egyértelműen elkülöníthető a két talajművelési rendszer, ható tényező indikátorként számításba vettem az elvégzett munkákat normál hektárra, a gépi munkákat teljesítményre (kWh) és felhasznált gázolaj (kg ha^{-1}) mennyiségre vetítve. Kitértem a mezőgazdasági erőgépek talajtömörítő hatásának vizsgálatára is. A felhasznált növényvédőszeres esetében az agrár-környezetgazdálkodásban alkalmazott szerekekkel és a megengedett mennyiségekben juttatták ki minden megvizsgált gazdálkodási évben, emiatt azt nem értékeltem külön alfejezetben. A tápanyag-gazdálkodás területén a felhasznált műtrágyák mennyiségét és típusait értékeltem, illetve a redukált talajművelési rendszerben a mulcs technológiát is értékeltem agrár-környezeti szempontból.

Agrár-környezeti terhelések

A számszerűsített hatótényezők eredményei alapján tudtam következtetni az agrár-környezeti terhelésekre. Az abiotikus jelzőszámok alapján természetes terhelésként jelentkeznek az évjáráthatásokból fakadó eróziós folyamatok, talajvíz mozgása által kiváltott szikesedési folyamatok.

Agrár-környezeti terhelésként jelentkezett a szántóföldi művelés miatt lecsökkent habitatok száma, az előforduló vad fajok számának csökkenése a környéken. A szántóföldi növénytermesztés környezetterhelő hatásai közé sorolandó a mezőgazdasági gépek levegő szennyezése, az erő és munkagép kapcsolatok talajtömörítése, a vegyszer és műtrágya felhasználásnak az élő és élettelen környezetre kifejtett környezetterhelések.

Karcag térségében terhelésként jelentkezhetnek a földhasználatokban bekövetkezett változások is.

Agrár-környezeti állapot indikátorok

A talaj-növény rendszerben feltártam a talajművelési rendszerek agrár-környezeti állapotát a vizsgált években. Meteorológiai adatok és a gazdálkodási naplók adatai alapján értékeltem az aszály okozta termésingadozásokat és a káros víztöbblet által kiváltott talajfelszín változást, műtrágya hatóanyagok kimosódását.

Nyomon követtem a hozamok és a terület biomassza termelésének (NDVI) alakulását a különböző talajművelési rendszerekben. Tábla szinten nem minden esetben volt kimutatható az évjáráthatás. Ennek hátterében a térség adottságainak megfelelően nemesített fajta használat áll, illetve adott esetben a talajművelési rendszer is. Meghatároztam a tanító területemen a termesztett főnövények jellemző vegetációs indexek értékeit.

A talaj szén-dioxid emissziójának számításával, közvetett módon értékeltem a talajélet aktivitását a különböző talajművelési beavatkozásokat követő időszakban. Vizsgáltam a talaj légzés napi dinamikáját különböző talajfelszínek esetében is.

Feltérképeztem Karcag térségében a szántó művelésű területek talajművelési rendszereit, a kapcsolódó menedzsment rendszereket, valamint a bevitt tápanyagok mértékét. Az Agrotopo térképi adatbázis alapján meghatároztam az átlagos szerves karbon készletet a szántó talajaira. Elmondható, hogy a kutatóintézet talajművelési kísérletét leszámítva hagyományos művelési rendszert alkalmaznak a gazdák a gyakorlatban. Sajnos ez a talaj szénkészletének csökkenését eredményezi.

Ezen kívül Karcag térségében térinformatikai módszerekkel vizsgáltam a biomassza alakulását. LANDSAT felvételek és a 2000. és 2006. évi CORINE CLC adatbázisokban meghatározott földhasználati kategóriák alapján számolt normalizált vegetációs indexek segítségével információt kaptam a különböző földhasználatok eredményezte biomassza termelésre a különböző évjáratokban. Elmondható, hogy a térségben az átlagostól alacsonyabb a biomassza termelés. Ez főleg a szélsőséges időjárásnak és talajadottságoknak tudható be. Azonban a talaj javítása hozzájárul a térség nagyobb szerves biomassza előállításának növeléséhez.

Agrár-környezeti hatás indikátorok

Mivel a klimatikus viszonyokon változtatni nem lehet, azokhoz alkalmazkodni szükséges. Mindezt meg lehet tenni a káros víztöbbletek elvezetésével, az nedvességmegőrzést szem előtt tartó talajművelési beavatkozásokkal. Emellett a

tájfajták használata megfelelő termésbiztonságot is tud nyújtani még szélsőséges körülmények között is.

A tápanyag-gazdálkodásban érdemes előnyben részesíteni a mulcs technológia alkalmazását, javítva a talaj könnyen felvehető tápanyag mennyiségét és a talaj nedvességének hatékonyabb megtartását. Ahol lehetőség van rá, ott a szervesstratégia kijuttatását kell előnyben részesíteni a tápanyag-gazdálkodásban. Az IPCC metodika alapján készített előrejelzésem is alátámasztja ezeket. Továbbá kimutattam, hogy a talaj szerves karbon készlete nemcsak a bevitt tápanyagok mennyiségével növelhető, hanem adott esetben a redukált művelésre való áttéréssel is. Alacsony szervesanyag tartalmú területeken érdemes javított gyepek kialakítása. Ennek oka, hogy a rosszabb adottságú talajokon magasabb ráfordításokkal is az átlagostól elmaradó hozamok érhetőek el. Ezzel szemben az Agrár-környezetgazdálkodási Program keretében számos előnyhöz juthat a gazdálkodó. Csökken a területen a vegyszer felhasználás, igényelhető a területalapú támogatás mellett a gyepekre agrár-környezetgazdálkodási támogatás is. Így kisebb ráfordítással is bevételre tehet szert a talaj használója. Karcag térségében a Natura 2000-es hálózatba tartozó területeken szintén lehet támogatást igényelni, ami egyfajta kompenzáció a környezet védelme érdekében kötelezően végrehajtandó előírásokért. ezekre a területekre szintén igényelhető terület alapú támogatás.

Agrár-környezeti válasz indikátorok

Korábban a NAKP támogatta a szaktanácsadást, erre ismét nagyobb hangsúlyt kellene fordítani, hogy a gyakorlatba átültethető tudományos eredmények pozitív hatásainak a termelők is részesei lehessenek. Érdemes lenne rendszeresen olyan szakmai napokat szervezni, ahol a gazdálkodók megismerkedhetnek a növénytermesztéshoz kapcsolódó kínálati piac résztvevőivel, és a szakterület kutatási eredményeivel is. Ezeken a rendezvényeken lehetőséget kellene adni a gazdálkodóknak arra, hogy megismerhessék az EU agrár-környezeti politikáját, a kapcsolódó programokkal együtt, valamint a pályázati lehetőségeket. Fontos, hogy információt kapjanak a sikeres pályázatok megírásának kulcsfontosságú területeiről, illetve arról, hogy kihez forduljanak, ha ők maguk nem, de pályázatíró cégeken keresztül szívesen nyújtanának be projekt terveket. Utóbbira a környezettudatos fejlesztések kivitelezésének felgyorsítása érdekében lenne szükség.

Továbbá fontos lenne, hogy a termelők az ágazati összefogás lehetőségeiről is információkat kapjanak, hogy piacképes kínálati oldalt képviselhessenek a környezetbarát módon előállított termékeikkel, valamint képet kapjanak az adott termék kereslet-kínálati viszonyairól. Emellett lehetőségük nyíljon – adott esetben – a piacképes több lábon állásra való áttérés megvalósítására.

Az EU-ban a következő költségvetési ciklusban ezeket a törekvéseket mindenképp figyelembe kellene venni. Ezen felül tovább kell erősíteni az agrár-környezetgazdálkodás jelentőségét, a termelőket gyakorlatias tanácsokkal és információkkal ellátva.

5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Megállapítottam, hogy a napi hatások dinamikája a növényi borítás nélküli talajon szélsőségesebb volt. Javasolom a növénnel borított talajfelszínre való törekedést, főleg a nyári aszályos időszakokban, de az év valamennyi napján a talaj kisebb mértékű felmelegedése, a talaj nedvességének megőrzése és a kiegyenlítettebb talajélet aktivitás érdekében.

A termesztéstechnológiai hatások alapján javaslom, hogy a száraznak mondható nyári időszakban a talaj mérsékelt felmelegedése és nedvességtartalmának fokozott megőrzése érdekében a talajfelszínfelszín elmunkálását és a mulcs technológia alkalmazását.

Igazoltam, hogy a talajművelési beavatkozások esetében a talajforgatásnál a levegő hőmérséklete, a talaj sekély lazításánál a talaj nedvességtartalma volt a limitáló tényező. Ezek alapján igazoltam, hogy a kiegyenlített talajélet aktivitás érdekében szem előtt kell tartani a talajművelési beavatkozások megválasztásánál a talaj nedvességtartalmát és fontos ismerni, hogy az adott beavatkozás hatására a talaj hőmérséklete könnyebben fog felmelegedni. Javasolom a talaj mérsékelt bolygatását a talajművelés során.

A szántóföldi kísérlet gépi munka felhasználásának értékelése alapján – a pannonbükkyönt és az őszi káposztarepcét leszámítva – jelentős eltérés mutattam ki az általam felhasznált indikátorok alapján a különböző talajművelési rendszerekben. Agrár-környezetvédelmi szempontból mindenképp javaslom a gépkapcsolatok alkalmazását, a redukált talajművelési rendszer széles körű gyakorlati elterjesztését. A géppark korszerűsítése is hosszú távra javasolt.

Kifejezetten a hagyományos művelésű területeken javaslom a növény specifikusan kijuttatott N, P, K tartalmú műtrágyák mellett a makro és a mikroelem tartalmú tápanyagok használatát, melyek egyaránt fokozzák a termés mennyiségét és minőségét. Emellett a redukált művelési rendszerben alkalmazott mulcs technológia is hozzájárulhat ezek utánpótlásában, könnyen felvehető formában.

Megállapítottam, hogy a növényi mulcs alkalmazása számottevő környezetjavító hatással bírt a talajerózió, talaj vízháztartás, talajélet aktivitás szempontjából a redukált művelésű területeken. Javasolom a mulcs technológiai széles körű gyakorlati alkalmazását. Ahol a növényi szarmaradványokat az állattenyésztésben hasznosítják, ott agrár-környezeti szempontból a szervestrágya kijuttatását tartom indokolt megoldásnak.

Megállapítottam, hogy a H-1 jelű táblán a biomassza termelése egyes talajművelési rendszerekben minimálisan tért el. Így igazoltam, hogy beavatkozások elhagyása, vagy talajkímélő módon történő végrehajtása nagyobb energia (és így költség) megtakarítást eredményezett, mint amennyi termés kieséssel járhat. Továbbá több esetben a környezetkímélő módon művelt terület hozama magasabb is volt.

Igazoltam, hogy a H-1 jelű táblán az Agrár-környezetgazdálkodási Programban meghatározott szereket alkalmazták. Azonban agrár-környezetvédelmi szempontból javaslom az integrált növényvédelem és a biológiai növényvédelem gyakorlatának minél szélesebb körű alkalmazását.

A normalizált vegetációs indexet megfelelőnek tartom a tábla és adott térség növényállományának elkülönítésére, adott terület biomassza termelésének térképezésére. Kimutattam, hogy a vegetációs index értékei a talaj heterogenitását követik a táblán belül. A kevert pixeleket érdemes figyelmen kívül hagyni. Mivel a redukált művelésű területeken adott növényfajta vegetációs indexei magasabb értékeket vettek fel, igazoltam a mulcs jelenlétét, jótékony hatását a biomassza termelésre. Ezt a terméshozamok nem minden esetben igazolták. Azaz a növényi biomassza termelés, nem minden esetben követi a hozamok alakulását. A számított normalizált vegetációs indexek és a hozamok együttes nyomon követését megfelelő agrár-környezeti állapotindikátoroknak bizonyultak. Azonban további tanító területek és vizsgálatok szükségesek az NDVI indexek alapján történő pontos termésbecslés számításához.

Vizsgálataim alapján a talaj szén-dioxid emisszióját alkalmas agrár-környezeti indikátornak tartom a talajművelési rendszerek különbségeinek kimutatására, mivel a talajművelés intenzitása és a talajlégzés közötti kapcsolatot kimutattam. Javaslom a kutatások folytatását folytonos mérésre alkalmas műszer segítségével, ami a növény és talaj CO₂ emissziót egyaránt méri.

A Karcag térségére elkészített DEM-re épült vizsgálatok eredményei alkalmasak a térség felszínének állapotleíró jellemzésére, értékelésére mely térinformatikai modellezéseket tesz lehetővé a jövőben.

Az IPCC metodika alkalmasnak bizonyult az Agrotopo térképi adatbázis együttes felhasználásával a talajművelés változása által kiváltott talaj szénkészlet változás mértékének kimutatására, mint állapot indikátor. Karcag térségében a szántó művelésű területek egy részének a redukált művelésre való átállás a mulcs technológiának és a mérsékelt bolygatásnak köszönhetően reális megoldás lehet. A gazdák azon részénél, akik nem állnak át redukált művelésre, szorgalmazni kell a mulcs alkalmazását, a

zöldtrágyázást, ahol rendelkezésre áll szerves trágya, ott annak kijuttatását a talaj szerkezetének, szervesanyag készletének javítása érdekében. A Karcag térségében lévő kötött, rossz vízgazdálkodású agyag és szikes területeken zöldtrágya növénynek az őszi rozsos, vagy búzás bükkönyt és a tavaszi vetésű szegletes lednek termesztését tartom leginkább megfelelőnek. Ugyan a zöldtrágyázás gyakorlata nem terjedt el eddig, mivel a száraz évjáratokban veszélyeztetheti a főnövény nedvesség igényét. Azonban az általam javasolt zöldtrágya növények esetében a végső következtetések levonásához további vizsgálatok szükségesek.

A mélyebben fekvő, zömében szikes területeken érdemes a szántók gyepké alakítása. Kifejezetten ott, ahol az állatállomány legeltetése megoldható, illetve a lekaszált széna hasznosítható az állattenyésztési ágazatokban. Nem csak a szántók, hanem a gyepek esetében is igényelhető agrár-környezetgazdálkodási támogatás, azok fenntartására, környezettudatos hasznosítására. Hosszú távon így megvalósulhat a talaj állapotának javulása Karcag térségében. Az általam javasolt földhasználat módosításokkal 20 év távlatában (a 29 352,06 hektáron) 35 330,43 tonna szénkészlet növekedés érhető el.

Karcag térségében valamennyi földhasználati kategória esetében az NDVI értéke függött az talajadottságoktól, az évjáratától, a képződő biomassza mennyiségtől, közvetetten a csapadék mennyiségétől, valamint annak eloszlásától. Az indexet alkalmasnak tartom különböző földhasználatok idősoros vizsgálatára. Más vegetációs indexekkel való összehasonlító elemzések elvégzéséhez további vizsgálatok szükségesek.

A következő EU-s költségvetési ciklusban az Agrár-környezetgazdálkodási Program keretében erősíteni kellene a gazdálkodó, a kutató intézetek és a közreműködő szervezetek közötti hatékony kétoldalú kommunikációt. Az EU Agrár-Környezeti Politikájának sikeres megvalósítása érdekében a gazdálkodók figyelmét fel kell hívni az egyes célprogramokra, valamint a pályázati lehetőségekre, azok sikeres kivitelezési gyakorlatára.

Igazoltam vizsgálataimmal, hogy az általam összeállított DPSIR keret indikátor rendszer alkalmas a térség agrár-környezetgazdálkodási szempontú értékelésére. Javasolom más térségekre történő kiterjesztését.

6. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Értékeltem Karcag kistérségben agrár-környezeti indikátorokra alapozottan a vizsgált talajművelési rendszereket. Hozzájárultam a különböző talajművelési rendszerek által kiváltott környezeti állapot számszerű jellemzéséhez, a környezeti hatások kimutatásához, valamint az ok-okozati összefüggések feltárásához.
2. A DPSIR keret indikátor rendszer felépítésének megfelelően saját kutatásokra alapozott új agrár-környezeti indikátor rendszert dolgoztam ki, mely több léptékváltásban is alkalmasnak bizonyult a vizsgált területek és ahhoz hasonló ökológiai adottságú területek agrár-környezetgazdálkodási szempontú értékelésére.
3. Meghatároztam a belvíz felszín morfológia és belvíz képződés mikrodomborzati összefüggéseit, illetve kimutattam a kimosódott tápanyag jelenlétét a belvizes foltból vett vízminták alapján. Hozzájárultam a belvíz kedvezőtlen környezeti hatásainak számszerűsítéséhez.
4. Meghatároztam LANDSAT felvételek alapján a NDVI értékek és a hozam közti összefüggést. Ezzel hozzájárultam a termett biomassza és az elért hozamok közötti összefüggések feltárásához.
5. Térinformatikai adatbázisok integrálásával (topográfiai térképek, Corine Földhasználati Adatbázis, LANDSAT műhold felvételek) térhelyesen számszerűsítettem Karcag térségének domborzati jellemzőit, értékeltem a térség agrár-környezeti teljesítményét az általam összeállított DPSIR keretrendszer indikátorok alapján különböző évjáratokban. Eredményeim segítik az agrár-környezeti irányú fejlesztések tervezését a döntés előkészítés folyamatában és a megvalósításhoz kapcsolódó monitoring tevékenységeket egyaránt.
6. Az általam alkalmazott IPCC metodikát térhelyesen integráltam az Agrotopo térképi adatbázissal. A jelenlegi állapotra készített talaj szénkészlet kalkuláció alapján javaslatot tettem Karcag térségében a szántó művelésű területeken a talaj szerves szénkészletének növelésére. Ez a terület felét redukált talajműveléssel, a másik felén a tápanyag utánpótlás növelésével és a művelési ág változtatásával (1663 ha) érhető el vizsgálataim szerint.

7. AZ EREDMÉNYEK GYAKORLATI HASZNOSÍTHATÓSÁGA

1. Hozzájárultam a különböző talajművelési rendszerek által kiváltott agrár-környezeti állapot számszerű jellemzéséhez, a környezeti hatások kimutatásához, valamint az ok-okozati összefüggések feltárásához. Erre alapozottan a környezettudatos növénytermesztés technológiai elemeire tettem ajánlásokat, így gyakorlati segítséget nyújtva az energiatakarékos és agrár-környezetgazdálkodási szempontból kímélő művelésre, a talajforgatás ritkítására szakszerűnek ítélt mélységben, mulcs technológia alkalmazására, integrált növényvédelem előtérbe helyezésére és a szerves tápanyag bevitel mértékének növelésére vonatkozó alternatívákra.
2. A DPSIR keret indikátor rendszer felépítésének megfelelően saját kutatásokra alapozott új agrár-környezeti indikátor rendszert dolgoztam ki, mely a vizsgált területeken és az ahhoz hasonló ökológiai adottságú területeken megkönnyíti a döntés előkészítési folyamatokat, az egyes területek agrár-környezetgazdálkodási szempontú értékelését és környezettudatos lépések előkészítését és megalapozását, valamint a monitoring tevékenységek végrehajtását.
3. NDVI értékek és a hozam közti összefüggések segítségével hozzájárultam a termett biomassza és az elért hozamok közötti összefüggések feltárásához. Eredményeim hozzájárulnak terméstérképezési és környezet orientált fejlesztések előkészítéséhez.
4. Az integrált térinformatikai adatbázisokra alapozott térhelyes agrár-környezeti állapot jellemzői hozzájárulnak Karcag térségében a helyi szintű agrár-környezeti politika megvalósításának tervezéséhez és kivitelezéséhez. Eredményeim segítik a DPSIR indikátor rendszer felépítésének megfelelően strukturált formában az agrár-környezeti irányú fejlesztések tervezését a döntés előkészítés folyamatában és a megvalósításhoz kapcsolódó monitoring tevékenységeket egyaránt.
5. Az általam alkalmazott IPCC metodika alapján a talaj szerves szénkészletének növelésére tett javaslatom 20 éves távlatban a gyakorlatban is kivitelezhető, mivel a prognózis felállításakor figyelembe vettem az Európai Unió agrár-környezetvédelmi céljait, a térség klíma és talajadottságait, a mezőgazdasági termelés sajátosságait, állatállományok nagyságrendjét és a jelenlegi támogatási lehetőségeket.

8. ÖSSZEFOGLALÁS

A mezőgazdaság, mint természeti rendszer közvetlen kölcsönhatásban van a környezettel, így jelentős hatást gyakorol arra, ugyanakkor a környezet összetevői, illetve azok állapota is alapvetően meghatározza a mezőgazdasági tevékenységet, annak jellegét, eredményességét. A mezőgazdasági növénytermesztés igen széles körben jelentkezik szennyezőként, azonban az agrár-környezetgazdálkodás révén a környezet megóvásához is hozzájárulhat. Ezen hatások kimutatásához jelzőszámokra van szükség. Az OECD 1994-ben készítette el a DPSIR jelzőszám rendszer (Driving forces-Pressure-State-Impact-Response), ami a Hatótényezők – Terhelés – Állapot – Hatás – Válasz rendszerben vizsgálja az antropogén eredetű környezetre ható ok-okozati összefüggéseket.

Dolgozatomban agrár-környezeti indikátorok segítségével meghatároztam a vizsgált növénytermesztési rendszerek hatótényezőit a DPRIS modell szerint, majd feltártam a hatásfolyamatokat. Megvizsgáltam a növénytermesztés várható környezeti hatásait a környezeti elemekre, környezeti elemek rendszereire és a vizsgált tájra.

Az agrár-környezeti indikátorokra alapozott kutatásaimat Debrecenben és Karcag térségében végeztem. Mindezeket a laboratóriumi vizsgálatokból kiindulva, a táj szintű modellezéssel bezárólag terjesztettem ki.

A DPSIR keret indikátor rendszert figyelembe véve, erre alapozva összeállítottam egy agrár-környezeti indikátor rendszert. Az *agrár-környezeti hatótényezők* körébe bevontam és értékeltem a klimatikus adottságokat, meteorológiai adatsorokat, talaj adottságokat, a hagyományos és redukált talajművelési rendszereket és a ráépülő növénytermesztés technológiák elemeit. Részletesen értékeltem a gépi munka felhasználást, a tápanyag-gazdálkodás sajátosságait, növényvédelmi rendszereket.

Az *agrár-környezeti terhelések* közé soroltam egyrészt a makro- és mikrogazdasági szabályozókat, földhasználat változást, szakértelem esetleges hiányát. Másrészt értékeltem: a gépi munka felhasználás okozta levegőszennyezés és talajdegradációs folyamatokat, káros vízbőség okozta talaj-víz rendszer terheléseit, a talajvíz mozgásából eredő agrár-környezeti hatásokat, illetve kimutattam a különböző évjáratok biomassza termelésre gyakorolt hatásait is.

Agrár-környezeti állapot indikátorok révén tudtam számszerűsíteni és értékelni az agrár-környezeti pozitív és/vagy negatív hatásokat. A mezőgazdasági gépfelhasználás általam meghatározott állapotjelző számai voltak: a gépi munka menetszáma,

mezőgazdasági erőgépek motorjának környezeti besorolása, elvégzett gép munkák napha-
ra számolt értéke, gépi munka kWh teljesítményben és az üzemanyag felhasználás. A
talaj-víz rendszer állapotát a talajadottságok paramétereivel, a talajellenállás vizsgálatok
értékelésével, belvizes folt felszínének felmérésével és a belvízből vett minta
összetételével jellemeztem. Emellett értékeltem a talaj CO₂ emisszió, talaj
hőmérsékletének és talajnedvesség állapotainak ok-okozati összefüggéseit különböző
talajművelési rendszerekben. Karcag térségének állapotát a domborzati adottságokkal,
Corine adatbázis alapján az egyes fölhasználatok területeinek meghatározásával, a
földhasználatokra és talajadottságokra (Agrotopo adatbázis alapján) jellemző NDVI
értékek kiértékelésével tudtam számszerűen jellemezni. Emellett a térségben a szántó
művelésű területek talajának szénkészletét megbecsültem a jelenlegi gyakorlatokra
alapozva.

Az agrár-környezeti hatásindikátorokon keresztül szolgáltatam agrár-környezeti
szempontból pozitív megoldásokat, jövőre vonatkozó predikciót. Javaslatot tettem a
mulcs technológia alkalmazására, a szerves tápanyag utánpótlás előnyben részesítésére.
Javaslatot tettem Karcag térségében a talaj szerves szénkészletének 20 év alatti
növelésének gyakorlati megoldására. Az igényelhető agrár-környezetgazdálkodási és
Natura 2000 támogatások mérsékelhetik a gazdák termelési kockázatait javuló
környezeti állapot mellett.

Az agrár-környezeti válasz indikátorok megnevezésén keresztül tettem javaslatot az
elkövetkező EU-s költségvetés ciklusra a szaktanácsadói tevékenység elősegítésére,
szakmai napok szervezésére, a gazdálkodók és a kutatóintézetek közötti kommunikáció
és tapasztalatcsere javítására. Emellett fontosnak tartom a gazdálkodókat tájékoztatni a
az agrár-környezetgazdálkodási támogatások igénybe vételének szerepéről és
jelentőségéről.

Összességében elmondható, hogy az általam összeállított agrár-környezeti indikátor
rendszer alkalmasnak bizonyult több léptékváltásban az agrár-környezet komplex
értékelésére.

9. ÖSSZEFOGLALÁS (angol nyelven)

Agriculture is in direct interaction with environment as part of natural system. So it has strong effects on nature. However, the characteristic and efficiency of agricultural activities are entirely determined by elements and state of nature. Agricultural plant production has plenty of environmental pollution and at the same time, it could contribute to agriculture environmental protection.

Agri-environmental schemes has key role in agriculture related environmental activities by the motivation of farmers to implement sustainable and good agricultural practice. To detect these effects, use of indicators and indices are required. In 1994 OECD set up DPSIR model (Driving forces-Pressure-State-Impact-Response) which helps to analyse and highlight anthropogenic originated environmental cause-and-effect relationships.

In my thesis I estimated the environmental effects of plant production – as Driving force of DPSIR – by subjected agri-environmental relationships.

My agriculture-environment indicator oriented researches were carried out in Debrecen and in Karcag region. My research work covers lab measurements, field experiment analyses in Karcag, GIS evaluation works and predictions based on IPCC method in Karcag area.

Based on DPSIR model, I compiled a new agri-environmental indicator system adapted to my researches.

Group of Agricultural-environmental Driving forces contain the evaluation of climate conditions, time series meteorology database, soil conditions, conventional and reduced tillage systems and tillage based elements of plant production systems. Uses of agricultural machinery, characteristics of nutrient management, pest control system were estimated to confirm agricultural-environmental benefits of reduced tillage.

Group of Agricultural-environmental pollutions involve macro- and microeconomics regulations, land use changes, lack of professional skills and decrease of wildlife. Moreover, the following indicators were evaluated: air pollution and soil degradation processes by agricultural machinery, inland water and ponds, changeable soil water regime, year effects on yield (drought, high precipitation, average year).

Agricultural-environmental state indicators such as nha, power kWh, number of till, diesel usage kg ha⁻¹ were used to get information about positive or negative effects.

The state of soil-water system was characterised by the evaluation of soil state parameters, soil resistivity, soil surface and inland water quality. Furthermore, the cause and effect relationship was measured of CO₂ emission of the soil, soil temperature and soil moisture in different tillage systems.

Both uses of yield and NDVI indicators were suitable to characterise the state of different places in various years. Agri-environmental state indicators of Karcag area were the following: terrain conditions, area and ratio of different land uses based on Corine database, NDVI indicators with correlation to land use and soil conditions (by Agrotopo database). NDVI values were calculated by 3rd and 4th channel of LANDSAT images. Moreover, based on IPCC method and soil organic content, soil carbon stocks were calculated on arable lands of Karcag area. In addition I made an agri-environmental friendly prediction on how to change land use to achieve higher soil carbon stock in 20 years time by agricultural-environmental effect indicators.

I've made recommendations on how to solve problems of inland water, reduce drought damages by tillage and use of mulch technology. Importance of using manure and green manure were highlighted.

To compensate agri-environmental risks and reduce environmental impacts, allowances could be applied in the frame of Agri-Environmental Program and Natura 2000.

Agricultural-Environmental Response indicators were used to make recommendations on next EU budget period. These were the following: promoting professional consultant activity, organising regularly professional days for farmers to achieve a more efficient communication between research institutes and farmers. In my opinion it is very important to inform farmers about sector specific application opportunities and how to do a good application. Getting subventions in the frame of Agri-Environmental Program, contributes to implement the agri-environmental oriented and good farming practice in wide range.

On the whole, the new and specified agricultural-environmental indicator system is seems to be suitable in spatial and in time to make complex agri-environmental evaluation.

10. PUBLIKÁCIÓS JEGYZÉK

- Agricultural Research Service*: 1981. Report of the Soil Erosion-Soil Productivity Research Planning Workshop, Fayette, Indiana. U.S. Dept. Agr., Washington, D.C.
- Agricultural Research Service*: 1981. Report of the Soil Erosion-Soil Productivity Research Planning Workshop, Fayette, Indiana. U.S. Dept. Agr. Washington, D.C.
- Ambrus P. – Clayton H. – Arah J. R. M. – Smith K. A. – Christensen S.*: 1993. Similar N₂O flux from soil measured with different chamber techniques. *Atmos. Environ.* 27 A: 121-123.
- Ambrus P. – Robertson G. P.*: 1998. Automated near-continuous measurement of carbon dioxide and nitrous oxide fluxes from soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 62: 394-400.
- Angell R. – Svejcar T.*: 1999. A chamber design for measuring net CO₂ exchange on rangeland. *Journal of Range Management*, 52 27-31.
- Angell R. F. – Svejcar T.*: 1999. A chamber design for measuring net CO₂ exchange on rangeland. *J. Range Management*, 52: 27-31.
- Ángyán J. – Menyhért Z.*: 1997. Alkalmazkodó növénytermesztés, ésszerű környezetgazdálkodás. Mezőgazdaság Szaktudás Kiadó. Budapest. 101-107.
- Ángyán J.*: 1991. A növénytermesztés agroökológiai tényezőinek elemzése (gazdálkodási stratégiák, termőhelyi alkalmazkodás) Kandidátusi értekezés, Gödöllő, 111.
- Ángyán J.*: 2003. A környezet és tájgazdálkodás agroökológiai, földhasználati alapozása (Magyarország integrált földhasználati zónarendszerének kialakítása) MTA doktori értekezés, Gödöllő, 162.
- Balázs K.*: 2005. Környezeti szempontok érvényesülésének lehetőségei az üzemtervezésben és az üzemi nyilvántartásban. Doktori értekezés. Gödöllő. 171. p.
- Bauer A. – Cole C. V. – Black A. L.*: 1987. Soil property comparisons in virgin grasslands between grazed and nongrazed management systems. *Soil Science Society of America Journal*, 51: 176–182.
- Bauer J. – Rohdenburg H. – Bork H.-R.*: 1985. Ein Digitales Reliefmodell als Voraussetzung für ein deterministisches Modell der Wasser- und Stoff-Flüsse, Landschaftsgenese und Landschaftsökologie, H.10, Parameternaufbereitung für Deterministische Gebiets-Wassermodele, Grundlagenarbeiten zu Analyse von, Agrar-Ökosystemen, (Eds.: Bork, H.-R.; Rohdenburg, H.). 1–15.
- Beare M. H. – Cabrera M. L. – Hendrix P. F. – Coleman D. C.*: 1994. Aggregate-protected and unprotected organic matter pools in conventional- and no-tillage soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58: 787–795.
- Bencsik K.*: 2009. Talajhasználati módszerek értékelése talajvédelmi szempontból. Doktori (PhD) értekezés. Gödöllő
- Berke J.*: 2004. *MAMIKA Elektronikus Tananyaggyűjtemény. Keszthely.*
- Birkás M. – Gyuricza Cs.*: 2004. A talajhasználat és klimatikus hatások kapcsolata. [In: Birkás M. – Gyuricza Cs. Talajhasználat – Műveléshatás – Talajnedvesség.] Quality-Press Nyomda & Kiadó Kft. Gödöllő. 10-43.
- Birkás M. – Gyuricza Cs.*: 2004. Talajhasználat, műveléshatás, talajnedvesség. Szent István Egyetem, Gödöllő.
- Birkás M. – Bencsik K. – Stingli A.*: 2007. A talajminőség jelentősége a klímaváltozásokkal összefüggésben. *ACTA AGRONOMICA ÓVÁRIENSIS VOL . 49. NO. 2. Mosonmagyaróvár.* 135-139.
- Birkás M. – Jolánkai M. – Gyuricza Cs. – Percze A.*: 2004. Tillage effects on compaction, earthworms and other soil quality indicators in Hungary. *Soil Till. Res.* 78, (2) 185–196.
- Birkás M. – Krisztián J. – Nagy J.*: 1999. Talajhasználat és talajvédelem. Növényterm. Tud. Nap, MTA 1999. jan. 26. „Magyarország az ezredfordulón” Stratégiai Kut. az MTA-n. Növénytermesztés és környezetvédelem. [Ruzsányi L. – Pepó P. (szerk.), MTA Agr. tud. Oszt.] Budapest. 19-29.
- Birkás M. (Szerk.)*: 2001. Talajművelés a fenntartható gazdálkodásban. Akaprint MőNyomdai Kft. Gödöllő. 292.
- Birkás M. (Szerk.)*: 2006. Földművelés és földhasználat. Mezőgazda Kiadó, Budapest
- Birkás M.*: 1993. Talajművelés. In: Földműveléstan. Szerk. NYIRI L. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 96-194 pp.
- Birkás M.*: 2000. A talajtömörödés helyzete Magyarországon. Következményei és enyhítésének lehetőségei. MTA Doktori Értekezés, Budapest
- Birkás M.*: 2001. A talajhasználat. A talajhasználati módok értékelése. In: Talajművelés a fenntartható gazdálkodásban (szerk. Birkás M.) Akaprint Kiadó, Budapest. 99-120.
- Birkás M.*: 2002. Környezetkímélő és energiatakarékos talajművelés, Szent István Egyetem, Gödöllő.

- Birkás M.*: 2004. A talaj minőségének javítása, fenntartása (In: Stefanovits P., Micheli E. (szerk.): A termőföld jelentősége a XXI. században. MTA, Budapest. 355.
- Birkás M.*: 2008. A mulcsművelés hazai gyakorlata. Agrofórum. 19. évf. 8. 27-30. p.
- Bíró T. – Tamás J. – Lénárt Cs. – Tomor T.*: 2002. A belvív-veszélyeztetettség térbeli elemzése. Acta Agraria Kaposváriensis vol. 6. no. 3. Kaposvári Egyetem, Állattudományi Kar, Kaposvár. 139-151.
- Blaskó L. – Zsigrai Gy.*: 2003. A műtrágyázás és mészállapot összefüggései réti csernozjom talajon. In: Műtrágyázás, talajsavanyodás és meszezés összefüggései az OMTK kísérlethálózat talajain. (Szerk.: Blaskó L. és Zsigrai Gy.). 107-136. Karcag-Keszthely.
- Blaskó, L.*: 2006. Acidification of a meadow chernozem (luvic pheozem) soil in the Trans-Tisza region. Cereal Research Communications, 34. 1: 131-134
- Bodnár I.*: 2012. Környezeti analitika I. oktatási segédlet DE-MK. Debrecen.
- Borsos, J. – Pusztai, P. – Radics, L. – Szemán, L. – Tomposné L. V.*: 1994. Szántóföldi növénytermesztés. Kertészeti és Élelmiszeripari Egyetem. Budapest. 220.
- Brian M. – Chang B. – Padbury G. – Lindwall W.*: 1999. Carbon sequestration and direct seeding. Semiarid Prairie Agric. Res. Centre. 155-164.
- Bruce R.R. – Langdale G.W. – West L.T. – Miller W.P.*: 1995. Surface soil degradation and soil productivity restoration and maintenance. Soil Sci. Soc. Am. J. 59: 654-660.
- Buchele W. F. – Collins E. V. – Lovely W. G.*: 1955. Ridge farming for soil and water control. Agric. Eng. 36: 324-329.
- Bukodi E.*: 2001. Társadalmi jelzőszámok. Központi Statisztikai Hivatal. Budapest.
- Burai P. – Tamás J.*: 2005. Talajdegradációs folyamatok vizsgálata nagy felbontású távérzékelte adatforrások alapján. Agrártudományi közlemények. Különszám. 2005/16. 145-148.
- Burai P.*: 2005. *Távérzékelte adatforrások alkalmazása az agrár-környezetvédelmi indikátorok meghatározásában.* [In: Tamás J. – Németh T. (Szerk.) *Agrár-környezetvédelmi indikátorok elmélete és gyakorlatai alkalmazása.*] Debrecen. 139.
- Burrough, P. A. – McDonnell, R. A.*: 1998. Principles of Geographical Information Systems (Spatial Information Systems), Oxford University Press, New York. 190.
- CAF*: 2007. A talajművelő gépek feladatai, lehetőségei és műszaki megoldásai a számítógéppel támogatott mezőgazdaságban. OTKA Nyilvántartási szám: T 043355. Budapest.
- Cardon Z.G. – Hungate B.A. – Cambardella C.A. – Chapin III F.S. – Field C.B. – Holland E.A. – Mooney H.A.*: 2001. Contrasting effects of elevated CO₂ on old and new soil carbon pools. Soil Biology and Biochemistry. 33: 365-373.
- Carrara A. – Bitelli, G. – Carla, R.*: 1997. Comparison of Techniques for Generating Digital Terrain Models from Contour Lines. International Journal of Geographical Information Science 11. 5: 451-473.
- Chapin III F.S. – Matson P.A. – Mooney H.A.*: 2002. Principles of terrestrial ecosystem ecology. New York: Springer-Verlag. 484.
- Cole C. V.*: 1996. Intergovernmental Panel on Climate Change. 1995. Agricultural options for mitigation of greenhouse gas emissions IPCC Working Group 11, Chapter 23, Washington, D.C.
- Costa-Cabral, M. C. – Burges, S. J.*: 1994. Digital elevation model networks (DEMON): A model of flow over hillslopes for computation of contributing and dispersal areas, Water Resources Research 30. 6: 1681-1992.
- Czímber K.*: 2001. Geoinformatika, III.8. Digitális fotogrammetria, Elektronikus jegyzet, <http://www.geo.u-szeged.hu/~joe/fotogrammetria/GeoInfo/index.htm>
- Czóbel Sz.*: 2007. A Föld növényzeti övei. 526-546 p. In: TUBA Z., SZERDAHELYI T., ENGLONER A., NAGY J. (szerk.). Botanika I., II., III. Bevezetés a növénytanba, algológiába, gombatanba és a funkcionális növényökológiába. Budapest: Nemzeti Tankönyvkiadó. 730.
- Csathó P. – Árendás T. – Fodor N. – Németh, T.*: 2007. A legelterjedtebb hazai trágyázási szaktanácsadási rendszerek tesztelése szabadföldi kísérletekben. Agrokémia és Talajtan 56. 1.: 173-190.
- CSD [Commission on Sustainable Development]*: 2001. Indicators of sustainable development: guidelines and methodologies. United nations Commission on Sustainable Development, New York, 310. p.
- Csete L.*: 1984. Szolnok megye agroökológiai potenciálja az ezredfordulón Agrárgazdasági Kutató Intézet, Budapest.
- Derpsch, R.*: 2001. Conservation tillage, no-tillage and related technologies. [In: Garcia-Torres, L. – Benites, J. – Martínez-Vilela, A. (eds.)], Conservation Agriculture, A Worldwide Challenge, vol. I. ECAF and FAO, Spain, pp. 161–170.
- Detrekői Á.*: 1991. Kiegyenlítő számítások, Tankönyvkiadó, Budapest, p. 684. ISBN 9631833291
- Dexter A. R D.*: 2004. Soil physical quality. Preface. Soil Till Res, 79: 129–130.

- Dexter, A. R.: 2002. Soil structure: the key to soil function. *Adv. GeoEcology* 35: 57-69.
- Dugas W. A. – Reicosky D. C. – Kiniry J. R.: 1997. Chamber and micrometeorological measurements of CO₂ and H₂O fluxes for three C₄ grasses. *Agr. Forest Meteorol.*, 83: 113-133.
- Eastman J. R.: 2012. IDRISI Selva Manual. IDRISI Production. Clark University. 332. p.
- ECNC: 2000. Agri-environmental indicators for sustainable agriculture in Europe, final report Tilburg 2000.
- Emmett B. – Beier C. – Estiarte M. – Tietema A. – Kristensen H. L. – Williams D. – Peñuelas J. – Schmidt I – Sowerby A.: 2004. The response of soil processes to climate change: Results from manipulation studies of shrublands across an environmental gradient. *Ecosystems* 7: 625-637.
- Erdősi F. – Lehmann A.: 1984. A környezetváltozás és hatásai, Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 300.
- Erődi B. – Horváth V. – Kamarás M. – Kiss A. – Szekrényi B.: 1965. Talajvédő gazdálkodás hegy és dombvidéken. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 240.
- Etana A. – Hakansson I. – Zagal E. – Bucas S.: 2001. Effects of tillage depths on organic carbon content and physical properties in five Swedish soils. *Kézirat*.
- Fang C. – Moncrieff J.B.: 1996. An improved dynamic chamber technique for measuring CO₂ efflux from the surface of soil. *Functional Ecology*, 10. 297-305.
- Fehér D.: 1954. Talajbiológia. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Fierer N. – Schimel J.: 2003. A proposed mechanism for the pulse in carbon dioxide production commonly observed following the rapid rewetting of a dry soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 67: 798-805.
- Fierer, N. – Schimel J.: 2003. A proposed mechanism for the pulse in carbon dioxide production commonly observed following the rapid rewetting of a dry soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 67:798-805.
- Fodor L.: 2008. Környezetvédelmi jog, Debrecen-Veszprém
- Fóti Sz.: 2009. Gyepek CO₂-gázcserjének finomléptékű térbeli változékonysága és mintázata. PhD értekezés, SZIE NÖFI, Gödöllő. 109.
- Franzluebbers A. – Haney R. – Honeycutt C. – Schomberg H. – Hons F.: 2000. Flush of carbon dioxide following rewetting of dried soil relates to active organic pools. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64: 613-623.
- Franzluebbers, A. – Haney, R. – Honeycutt, C. – Schomberg, H. – Hons, F.: 2000. Flush of carbon dioxide following rewetting of dried soil relates to active organic pools. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64:613-623.
- Friend A. – Rapport, D.: 1979. Towards a comprehensive framework for environmental statistics: A Stress–Response approach, Catalogue 11-510. Statistics Canada. Ottawa.
- Gimesi L.: 2004. Mesterséges intelligencia alkalmazása a rekultivációban, *Acta Agraria Kaposváriensis*, Kaposvár, 8. 3: 1-9
- Giuffré L. – Heredia O. – Pascale C. – Cosentino D. – Conti M. – Schnug E.: 2003. Land use and carbon sequestration in arid soils of northern Patagonia (Argentina). *Landbauforschung Völkenrode*, 53: 13-18.
- Gouide A.: 1989. *The Nature of the Environment*. 2nd ed. Basil Blackwell. Cambridge, Massachusetts.
- Gyárfás J.: 1922. Sikeres gazdálkodás szárazságban. Magyar dry farming. Pátria Nyomdai Rt. Budapest.
- Gyulai I.: 2009. Biomassza dilemma. Magyar Természetvédők Szövetsége. Budapest. ISBN-10: 963-86870-8-8. 73.p.
- Gyulai I.: 2006. A biomassza dilemma. Magyar Természetvédők Szövetsége., Budapest. 40-46.
- Gyulai I.: 2008. Korunk aranyláza a biomassza. CEP Clean Energy Power® Stuttgart, 2008.március 7-9. Bioenergia. 13-20.
- Gyuricza Cs. – Mikó P. – Földesi P. – Ujj A. – Kalmár T.: 2006. Investigation of green manuring plants as secondary crop improving unfavorable field conditions to efficient food production. – *Cereal Research Communications* 34. 1: 191–195.
- Gyuricza Cs.: 2000. Az értékörző és hagyományos talajművelés egyes fizikai és biológiai hatásainak értékelése. Doktori (Ph.D) értekezés, SZIE Gödöllő. 148
- Gyuricza Cs.: 2007. környezetkímélő termesztési módszerek vizsgálata a talaj-növény rendszerben. Habilitációs dolgozat. Gödöllő. 28.
- Hajdu K.: 2009. Természetvédelmi stratégiák: hatékony eszközök vagy csővégi megoldások? *Természetvédelmi Közlemények* 15. 80-88.
- Halmi P.: 2008. Közös agrárpolitika. In: Kende Tamás – Szűcs Tamás (szerk.) Bevezetés az Európai Unió politikáiba. CompLex Kiadó, Budapest. 833-886.
- Hanson P.J. – Edwards N. – Garten C.T. – Andrews J.A.: 2000. Separating root and soil microbial contributions to soil respiration: A review of methods and observations. *Biogeochemistry* 48: 115-146.
- Harrod T.R.: 1994. Runoff, soil erosion and pesticide pollution in Cornwall. In: Rickson, R.J. (edit.) 1994. *Conserving soil resources*, CABI, Oxford, U.K.

- Harrold, L. L. – Edwards W. M.: 1974. No-tillage system reduces erosion from continuous corn watersheds. *Trans. Am. Soc. Agric. Eng.* 17: 414-416.
- Hayden B. P.: 1998. Ecosystem feedbacks on climate at the land-scape scale. *Philos. Trans. R. Soc. London. Ser. B.* 353, 5–18.
- Hertelendy Cs.: 2000. A belvízkárok mértékének és fenyegetettségének összefüggései különös tekintettel a Jász- Nagykun- Szolnok megyei viszonyokra. XIV. Országos Környezetvédelmi Konferencia Siófok.
- Hertelendy Cs., Zsoldos L., Nyíri L.: 1987. Szolnok megye öntözési koncepció terve. Szolnok Megyei Tanács VB.
- Hoag D. L. – Ascough II, J. C. – Keske-Handley C. G. – Koontz L. R.: 2005. Decision making with environmental indices. Chapter 7 pp159–182. In: Burk, A.R. (ed.) *New Trends in Ecology Research*. Nova Science Publishers. Hauppauge, NY.
- Holland J. M.: 2004. The environmental consequences of adopting conservation tillage in Europe: reviewing the evidence. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 103: 1-25.
- Horváth Zs.: 1999. Az Európai Közösség agrárpolitikai reformjának környezetvédelmi aspektusai. In *Tanulmányok Veres József egyetemi tanár 70. születésnapjára*. Szerk. Tóth Károly. Szeged, 1999. /Acta Universitatis Szegediensis de Attila József nominatae. Acta juridica et politica. Tomus 55. Fasc. 1-34./ 133-157.
- Houghton J. T. – Jenkins G. J. – Ephraums J. J.: 1990. *Climate Change: The IPCC Scientific Assessment*. Cambridge University Press. Cambridge, UK.
- Hutchinson G. L. – Mosier A. R.: 1981. Improved soil cover method for field measurement of nitrous oxide fluxes. *Soil Sci., Soc. Am.* 45: 311-316.
- Iritz Z. – Lindroth A. – Gärdenäs A.: 1997. Open ventilated chamber system for measurements of H₂O and CO₂ fluxes from the soil surface. *Soil Technology*, 10 169-184.
- Jámbor A. – Harvey D.: 2010. Review of the Challenges of CAP Reform. Discussion Paper Series No. 27. Centre for Rural Economy, Newcastle University, UK.
- Jenson S. K. – Domingue, J. O.: 1988. Extracting Topographic Structure from Digital Elevation Data for Geographic Information System Analysis, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 54. 11: 1593-1600.
- Jesinghaus J.: 1995. Green accounting and environmental indicators: The Pressure Indices Project. SCOPE Workshop on Indicators of Sustainable Development, November 1995, EUROSTATE/Commission of the European Communities, Wuppertal.
- Jolánkai M. – Máté A. – Nyárai H. F.: 2005. Decomposition of cellulose in soil as a function of fertilization. *Cereal Research Communications* 33 1: 13-16.
- Jones H. G. –Vaughan R. A.: 2010. *Remote Sensing of Vegetation: Principles, Techniques, and Applications*. Oxford University Press. Oxford. 353. p. ISBN 978-0-19-920779-4
- Jordán, Gy.: 2007. Digital Terrain Analysis in a GIS environment, In: Peckham, R., Jordan, Gy. (Eds.), 2007, *Digital elevation modelling. Development and applications in a policy support environment* Springer Verlag, Berlin. 1-43. ISBN: 978-3-540-36730
- Justyák J. – Szász G.: 2001. Az éghajlat, a növényzet, és a talaj övezetes elrendeződése a Földön, Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen.
- Kádár I. – Márton L. – Németh T. – Szemes I.: 2007. Meszezés és műtrágyázás hatása a talajra és a növényre a 44 éves nyírlugosi tartamkísérletben. *Agrokémia és Talajtan* 56. 2: 255-270.
- Karácsony J.: 1990. A szélrózsió okozta környezeti ártalmak, az ellenük való védekezés elméleti és gyakorlati lehetőségei. Kutatási zárójelentés, készült a Környezetgazdálkodási Programiroda megbízásából, GATE Gödöllő Vízgazdálkodási és Meliorációs Tanszék, 78.
- Káta J. – Helmecki B.: 1995. A műtrágyázás és a vetésváltás hatása a talaj mikrobiológiai folyamataira. *DATE Tudományos Közlemények*. XXXI. 169-177.
- Káta J. – Vágó I. – Tállai M. – Makádi M.: 2008. A biogáz gyártás melléktermékének hatása a talaj néhány mikrobiológiai tulajdonságára. *Talajvédelem különszám*. 417-422.
- Káta J.: 1992. Kölcsönhatások a talajtulajdonságok, néhány agrotechnikai eljárás és a mikrobiológiai aktivitás között. *Kandidátusi értekezés*. 3-125.
- Káta J.: 1997/a. The effect of different ways of nutrient supply on the microflora and its activity, *Current Plant and Soil Science in Agriculture*, 1-2: 210-219.
- Káta J.: 1997/b. The effect of argotechnical methodsd on the quality of microflora and biological activity in the soil, *Land Use and Soil Management* (ed. Filep György), 240-252.
- Káta J.: 1999. Talajmikrobiológiai jellemzők változása trágyázási tartamkísérletben, *Agrokémia és Talajtan*. 48. 3-4: 348-361.

- Káta J.: 2000. Összehasonlító talajmikrobiológiai vizsgálatok egy trágyázási kísérletben, IV. Nemzetközi Tudományos Szeminárium, Debrecen. 51-63.
- Káta J.: 2011. Alkalmazott talajtan. Az Agrármérnöki MSc szak tananyagfejlesztése TÁMOP-4.1.2-08/1/A-2009-0010 projekt. Debreceni Egyetem, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Pannon Egyetem. 114.
- Katonáné K. J.: 2003. Környezetterhelési mutatók jelentősége a mezőgazdaságban. Agrárgazdaság, vidékfejlesztés és agrárinformatika az évezred küszöbén (AVA), 2003. április 1-2.
- Katonáné K. J.: 2004. Környezeti mutatók – Agrárkörnyezeti mutatók. Acta Agrarica Debrecenensis. 248-255.
- Ke X. – Winter K. – Filser J.: 2005. Effects of soil mesofauna and farming management on decomposition of clover litter: a microcosm experiment. *Soil Biol. Biochem.* 37: 731-738.
- Keckler D.: 1995. *Surfer for Windows. User's Guide.* Golden Software, Inc.
- Kelting D.L. – Burger, J.A. – Edwards G.S.: 1998. Estimating root respiration, microbial respiration in the rhizosphere, and root-free soil respiration in forest soils. *Soil Biol. Biochem.* 30: 961-968.
- Kemenessy E.: 1972. Földművelés, talajerő- gazdálkodás. Akadémiai Kiadó, Budapest
- Kemenessy, E.: 1946. Talajművelés, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 256.
- Kertész Á.: 1991. Természetföldrajzi modellezés, A digitális domborzatmodellezés, In: Mezősi Gábor (szerk.), 1991, A mikroszámítógépes módszerek használata a természetföldrajzban. JATE jegyzet, Szeged. 392.
- Kertész Á.: 2004. A környezetkímélő mezőgazdálkodás hatása a tájra, MTA Földrajztudományi Kutató Intézet, Budapest. 783-792.
- Kinsella J.: 1995. The effects of various tillage systems on soil compaction. Farming For a Better Environment: A White Paper. Soil and Water Conservation Society, Ankeny, IA. 15-17.
- Kinsella J.: 1995. The effects of various tillage systems on soil compaction.[In: Soil and Water Conservation Society (ed.) Farming For a Better Environment: A White Paper., Ankeny, IA, pp. 15-17.
- Kollányi L.: 2004. Tájéki indikátorok alkalmazási lehetőségei a környezetállapot értékeléshez. *BKAE Tájtervezési és Területfejlesztési Tanszék. Budapest.* 30. Budapest, ISBN:175-0908
- Kovács Gy. – Zsembeli J.: 2007. A talaj CO₂-emissziójának dinamikája hagyományos és redukált talajművelési rendszerekben. *TSF Tudományos Közlemények.* 7. 1:103-108.
- Kreybig L.: 1946. Mezőgazdasági természeti adottságainak és érvényesülésük a növénytermesztésben. (Kiadta a Magyar Mezőgazdasági Művelődési Társaság). Kulcsár Nyomda. Budapest.
- Kristensen P.: 2004. The DPSIR Framework. A comprehensive / detailed assessment of the vulnerability of water resources to environmental change in Africa using river basin approach workshop. UNEP Headquarters, Nairobi, Kenya. 27-29 September 2004. presentation
- Kuzyakov Y.: 2006. Sources of CO₂ efflux from soil and review of partitioning methods. *Soil Biol. Biochem.* 38: 425-448.
- Láng I. – Csete L. – Jolánkai M.: 2007. A globális klímaváltozás: hazai hatások és válaszok. A VAHAVA jelentés. Szaktudás Kiadó Ház Zrt. Budapest. 43. ISBN 978-963-9736-17-7.
- Láng I.: 1983. Biológiai erőforrások, Kossuth Könyvkiadó, Budapest, 122 p.
- Láng, I. – Csete, L. – Harnos Zs.: 1983. A magyar mezőgazdaság agroökológiai potenciálja az ezredfordulón. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 265.
- Langdale G. W. – Barnett A. P. – Leonard, R. A. – Fleming, W. G.: 1979. Reduction of soil erosion by the no-till system in the Southern Piedmont. *Trans. Am. Soc. Agric. Eng.* 22: 82-86, 92.
- Lange A. F. – Gilbert C.: 1999. Using GPS for GIS data capture. In: Longley, P. A., Goodchild, M.F., Maguire, D.J, Rhind, D.W. (Eds.), 1999, *Geographical Information Systems: Principles and Technical Issues.* Wiley, New York. 467-476.
- László P.: 2007. A direktvetéses és bakhátas gazdálkodási rendszerek hatása a talaj fizikai és biológiai állapotára. Doktori (PhD) értekezés. Gödöllő
- Legrand, J.P. – Le Goff, M – Mazaudier, C – Schröder W.: 1992. "Solar and auroral activities during the seventeenth century". *Acta Geophysics and Geodetica Hungarica* 27 2-4: 251-282.
- Lehoczky É. – Percze A.: 2006. Gyomszabályozás. In: Földművelés és földhasználat (Szerk: Birkás M.) 303. SAS Institute Inc S., (2004). SAS/STAT® User's Guide, Version 9.1. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Lelleiné Kovács E. : 2008. Főbb kérdések és megoldások a talajlégzésvizsgálatának témakörében. (In: Kröel-Dulay Gy. – Kalapos T. – Mojzes A. (szerk.)) Talaj-vegetáció-klíma kölcsönhatások. Köszöntjük a 70 éves Láng Editet. MTA ÖBKI, Vácrátót. 135-146.
- Leunin G R. – Foster I.J.: 1990. Estimation of transpiration by single trees: comparison of a ventilated chamber, leaf energy budgets and a combination equation. *Agr. Forest Meteorol.*, 51: 63-86.
- LI-COR: 2005. 6400-09 Soil CO₂ flux chamber instruction manual. LI-COR, Lincoln, Nebraska, USA
- Ligetvári F. L (szerk.): 2006. Felmelegedés és vizeink. Agroinform Kiadó, Budapest.

- Linke C.: 1996. Bestellkosten im Vergleich. Direktstaat 96. 3: 12-13.
- Lipták F.: 1980. Mezőgazdasági vízépités I. Vízrendezés. Tankönyvkiadó. Budapest.
- Loch J. – Nosticzius A.: 1992. Agrokémia és növényvédelmi kémia. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 399.
- Loftfield N. S. – Brumme R. – Beese F.: 1992. Automated monitoring of Nitrous oxide and carbon dioxide flux from forest soils Soil Sci. Soc. Am. J. 56: 1147-1150.
- Luo Y. – Zhou X.: 2006. Soil respiration and the environment. Academic Press, pp. 316.
- Madas A.: 1985. Ésszerű környezetgazdálkodás a mezőgazdaságban, Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó. Budapest. 204.
- Mannering J. V. – Fenster C. R.: 1983. What is conservation tillage? Special ed. on Conservation Tillage. J. Soil and Water Cons. 38: 141-143.
- Márkus B.: 2004. A térinformatikáról, Geomatikai Közlemények VII., <http://www.geo.info.hu>
- Márkus B.: 2004. Gondolatok a térinformatikáról, Geomatikai Közlemények VII. <http://www.geo.info.hu>
- Márkus B.: 2010. Térinformatika 12., 3D elemzés. Elektronikus tankönyv. Nyugat-magyarországi Egyetem. http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_TEI12/ch01.html
- Marosi S. – Somogyi S.: 1990. Magyarország kistájainak katasztere. MTA Földrajztudományi Kutató Intézet. Budapest. 482. p. ISBN 963 7395 091
- Meadows D.: 1998. Indicators and information systems for sustainable development, A report to the Balapan Group. Hartland for concerns: Sustainability Institute Hartland VT, September 1998, 78.
- Mielke L. N. – Doran J. W. – Richards K. A.: 1986. Physical environment near the surface of plowed and no-tilled soils. Soil Till. Res. 7: 355-366.
- Mielnick P.C. – Dugas W.A.: 2000. Soil CO₂ flux in a tallgrass prairie. *Soil Biology and Biochemistry*, 32 221-228. p.
- Mielnick P.C. – Dugas W.A.: 2000. Soil CO₂ flux in a tallgrass prairie. *Soil Biology and Biochemistry*, 32: 221-228.
- Miglietta F. – Gioli B. – Hutjes R.W.A. – Reichstein M.: 2007. Net regional ecosystem CO₂ exchange from airborne and ground-based eddy-covariance, land-use maps and weather observations. *Global Change Biology*, 13. 548-560.
- Mikó P.: 2009. A zöldtrágyázás talajállapotra és utóveteményre gyakorolt hatásainak vizsgálata. Doktori (PhD) értekezés. Gödöllő.
- Mosier A. R.: 1989- Chamber and isotope techniques. p. 175-187. In M.O. Andreae and D.S. Schimel (ed.) Exchange of trace gases between terrestrial ecosystems and the atmosphere. John Wiley & Sons. New York.
- Mucsi L.: 2004. Műholdas távérzékelés. Libellius, Szeged, p. 237. ISBN 963 214 903 3
- Müller G.: 1991. Az agroökológia talajmikrobiológiai kérdései és az intenzív mezőgazdasági termelés, *Agrokémia és Talajtan*. 40. 3-4: 263-272.
- Nádudvari Z.: 2003. A fenntartható fejlődés környezeti jelzőszámainak tartalma és gyakorlati alkalmazási lehetőségeik. 23.
- Nádudvari Z.: 2006. Talajszennyezés feltárása, mérési bizonytalanságok és költségeik. Környezetvédelmi Füzetek. Elgoscár Kiadó.
- Nagy I.: 2004. Különböző talajművelési eljárások hatása a Karcag körkényi talajok széndioxid emissziójára. Diplomadolgozat. Debrecen.
- Nelson A. – Reuter H.I. – Gesser P.: 2007. DEM Production Methods and Sources, Chapter 3 (pp. 65-85), In: Hengl, T., Reuter, H. I. (Eds.) *Geomorphometry -Concepts, Software, Applications*, Elsevier. 765. ISBN: 9780123743459
- Neményi M. – Tamás J.: 2009. A távérzékelés alkalmazása a biomassza és a vízkészletek mennyiségének és minőségének megállapítására. Aszály és a szárazság Magyarországon. Kecskemét. konferencia 2009. október 7. előadás.
- Nyíri L. (szerk.): 1997. Az aszálykárok mérséklése. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Nyíri L.: 1993. Földműveléstan. Mezőgazda Kiadó Budapest.
- O'Callaghan J.F – Mark D.M.: 1984. The Extraction of Drainage Networks from Digital Elevation Data, *CVGIP*(28), No. 3, December 1984, 323-344. *Computer Graphics and Image Processing*
- OECD: 2000. *Environmental Indicators For Agriculture: Methods And Results – The Stocktaking Report, Executive Summary*, 50 pages
- OECD: 2001. *Environmental indicators for Agriculture, Volume 3 Methods and Results*. Paris, France.
- OECD: 2010. Interim Report of The Green Growth Strategy: Implementing our commitment for a sustainable future, Meeting of the OECD Council at Ministerial level at Paris, 27-27th May 2010. C/MIN (2010)5, OECD, Paris. 2010. 90. <http://www.oecd.org/dataoecd/42/46/45312720.pdf>

- Oechel W.C. – Vourlitis G.L. – Brooks S. – Crawford T.L. – Dumas E.: 1998. Intercomparison among chamber, tower and aircraft net CO₂ and energy fluxes measured during the Arctic System Science Land-Atmosphere-Ice Interactions (ARCSS-LAI) flux study. *Journal of Geophysical Research*, 103. 28993-29004.
- Oechel W.C. – Vourlitis G.L. – Brooks S. – Crawford T.L. – Dumas S. E.: 1998. Intercomparison among chamber, tower and aircraft net CO₂ and energy fluxes measured during the Arctic System Science Land-Atmosphere-Ice Interactions (ARCSS-LAI) flux study. *J. of Geophys. Res.*, 103 28993-29004.
- Orchard V. A. – Cook F. J.: 1983. Relationship between soil respiration and soil moisture. *Soil Biol. Biochem.* 15: 447-454.
- Organisation for Economic Co-operation and Development: 2001. *Environmental Indicators for Agriculture: Methods and Results. Volume 3. OECD, Paris*
- Ott W. R.: 1978. Environmental indices: Theory and practice. Ann Arbor Science Publishers. Ann Arbor, Michigan, 381p.
- Pagliai, M. – Vignozzi, N. – Pellegrini, S.: 2004. Soil structure and the effect of management practices. *Soil & Tillage Research* 79: 131-143.
- Pálfai I. (szerk.): 2000. A víz szerepe és jelentősége az Alföldön. Nagyalföldi Alapítvány, Békéscsaba.
- Pálfai I.: 1992. Belvízzel veszélyeztetett területek az Alföldön. Kézirat. Környezetgazdálkodási Intézet, Környezetvédelmi Tájékoztató Szolgálat, Budapest. 83.
- Pálfai I.: 1994. Az Alföld belvíz- veszélyeztetettségi térképe. *Vízügyi Közlemények*. LXXVI. 278-290.
- Pántos-Derimova T.: 1983. A talaj enzimaktivitása néhány erdei ökoszisztémában, *Agrokémia és Talajtan*, 32: 1-2.
- Pautian, K. – Cole C.V. – Sauerbeck D. – Sampson N.: 1998. CO₂ mitigation by agriculture: An overview, *Climatic Change* 40. 1: 135-162.
- Pavelka M. – Acosta M. – Janouš D.: 2004. A new device for continuous CO₂ flux measurement in forest stand. *Ekology (Bratislava)*, 23. 2: 88-100.
- Pechman I.: 2005. Agrár-környezetvédelmi indikátorok gyakorlati alkalmazásának lehetőségei a szántóföldi növénytermesztésben. Doktori értekezés. Debrecen. 135.
- Pechman I.: 2005. Agrár-környezetvédelmi indikátorok. [In: Tamás J. – Németh T. szerk. Agrár-környezetvédelmi indikátorok elmélete és gyakorlatai alkalmazása.] Debrecen. 139. p.
- Peckham R. – Jordan Gy. (Eds.): 2007. Digital elevation modelling. Development and applications in a policy support environment. Springer Verlag, Berlin, ISBN: 978-3-540-36730, 313.
- Pépó P.: 2006. The influence of the cropping year on the baking quality of wheat in term experiments. *Cereal Research Communications* 34. 1: 617-620.
- Percze A.: 2002. Az őszi búza gyomviszonyainak vizsgálata talajművelési tartamkísérletben gödöllői barna erdőtalajon, *Növénytermelés*, 51: 1.97-113
- Pielke R. A.: 1998. Climate prediction as an initial value problem. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 79: 2743-2746.
- Pintér K. – Nagy Z. – Balogh J. – Fóti Sz. – Barcza Z. – Kristóf D. – Weidinger. – Tuba Z.: 2006. Interannual variability of C-balance in grassland ecosystems. Open Science Conference on the GHG Cycle in the Northern Hemisphere, Sissi-Lassithi, Crete.
- Pomázi I. – Szabó E.: 2006. A környezeti mutatók alkalmazásának nemzetközi és hazai tapasztalatai. (In: Szerk.: dr. Hunyadi László főszerk.) Statisztikai Szemle. Központi Statisztikai Hivatal. Budapest. 84. évfolyam 10-11. ISSN 0039-0690. 996-1017. p.
- Pumpanen J. – Kolari P. – Ilvesniemi H. – Minkinen K. – Vesala T. – Niinistö S. – Lohila A. – Larmola T. – Morero M. – Pihlatie M. – Janssens I. – Yuste J.C. – Günzweig J.M. – Reith S. – Subke J.A. – Savage K. – Kutsch W. – Ostreng G. – Ziegler W. – Anthony P. – Lindroth A. – Hari P.: 2004. Comparison of different chamber techniques for measuring soil CO₂ efflux. *Agr. Forest Meteorol.*, 123: 159-176.
- Qi, J. – Chehbouni, A. – Huete, A.R. – Kerr, Y.H. – Sorooshian, S.: 1994. A modified soil adjusted vegetation index (MSAVI). *Remote Sens. Environ.* 48, 119-126.
- Quemada M. – Cabrera M.L.: 1995. Carbon and nitrogen mineralized from leaves and stems of four cover crops. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 59: 471-477.
- Raich J.W. – Potter C.S. – Bhagawati D.: 2002. Interannual variability in global soil respiration, 1980-94. *Global Change Biology* 8. 800-812.
- Rátonyi T.: 1999. A talaj fizikai állapotának penetrométeres vizsgálata talajművelési tartamkísérletben. PhD (doktori) értekezés, Debrecen.

- Rátonyi T.: 2006. Termőhelyi tényezők szerepe a szántóföldi növénytermesztésben. 22-74. [In: Birkás M. (Szerk.)] Földművelés és földhasználat. Mezőgazda Kiadó, Budapest
- Ravasz T.: 1976. A síkvidéki vízrendezés. Hidrológiai Közöny. 3: 97-100.
- Reicosky D. C.: 1998. Tillage and short-term CO₂ emissions from soils in the laboratory, Kézirat.
- Reicosky D.C. – Dugas W.A. – Torbert H.A.: 1997. Tillage-induced soil carbon dioxide loss from different cropping systems. Soil Till. Res. 41: 105-118.
- Reicosky D.C. – Peters D.B.: 1977. A Portable Chamber for Rapid Evapotranspiration Measurements on Field Plots. Agronomy Journal, 69. 4: 729-732.
- Reicosky D.C. – Reeves D.W. – Prior S.A. – Runion G.B. – Rogers H.H. – Raper R.L.: 1999. Effects of residue management and controlled traffic on carbon dioxide and water loss. Soil Till. Res. 52: 153-165.
- Reiners W. A.: 1968. Carbon dioxide evolution from the floor of three Minnesota forests. Ecology, 49: 471-483.
- Robock A. – Schlosser C.A. – Vinnikov K.Y. – Speranskaya N.A. – Entin J.K.: 1998. Evaluation of AMIP soil moisture simulations. Global Planet. Change 19: 181-208
- Rochette P. – Flanagan L. B.: 1997. Quantifying rhizosphere respiration in a corn crop under field conditions. Soil Sci. Am. J. 61: 466-474.
- Rouse J.W. – Haas R.H. – Schell J.A. – Deering, D.W. – Harlan, J.C.: 1974. Monitoring the vernal advancements and retrogradation of natural vegetation. In: NASA/GSFC, Final Report, Greenbelt, MD, USA, pp. 1-137.
- Ruzsányi L. – Pepó P.: 1999. A növénytermesztés és a környezet minőségének összefüggései. [In: Ruzsányi L.-Pepó P. (szerk.) Növénytermesztés és környezetvédelem, MTA Agrártud. Oszt.] Budapest, 10-18.
- Schimel J.P. – Gullledge J.: 1998. Microbial community structure and global trace gases. Global Change Biol. 4: 745-758.
- Schlesinger W.H.: 1990. Evidence from chronosequence studies for low carbon-storage potential of soils. Nature 348: 232-234.
- Schmidt R.: 2003. A szervesanyag-gazdálkodás jelentősége a mezőgazdaságban. Az agrár környezetvédelemben rejlő megújuló energiaforrások. A biogáz a jövő egyik megújuló energiaforrása. Mosonmagyaróvár, 2003. február 25. előadás.
- Schmidt R.: 2011. Földműveléstan. Agrármérnöki MSc szak. TÁMOP-4.1.2-08/1/A-2009-0010 projekt 118 p
- Schuhmacher E.F.: 1974. Small is beautiful. Abacus, London, 176.
- Sembery P.: 1989. Energiatakarékosság a mezőgazdaságban, Műszaki Kiadó, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Shah R.: 2000. Environmental indicators. Internet: www.inventfz.org/coursematerial/k49/k49_section20.pdf
- Singh J. S. – Gupta S. R.: 1977. Plant decomposition in terrestrial ecosystems. Bot. Rev. 43: 449-528.
- Skopp J. – Jawson M. D. – Doran J. W.: 1990. Steady-state aerobic microbial activity as a function of soil water content. Soil Sci. Soc. Am. J. 54: 1619-1625.
- Smeets E. – Weterings R.: 1999. Environmental Indicators: Typology and Overview. Technical Report No. 25. European Environment Agency, Copenhagen, 19p.
- Smith K.A. – Ball T. – Conen F. – Bobbie K.E. – Massheder J. – Rey A.: 2003. Exchange of greenhouse gases between soil and atmosphere: interactions of soil physicochemical factors and biological processes. European Journal of Soil Science 54: 779.
- Soane B.D.: 1985. Traction and transport systems as related to cropping systems. Proc. Int. Conf. Soil Dynamics, Auburn, 5: 863-935.
- Somlyódy L.: 2002. A haza vízgazdálkodás stratégiai kérdései. Magyar Tudományos Akadémia, Budapest.
- Soulides D. – Allison F.: 1961. Effect of drying and freezing soils on carbon dioxide production, available mineral nutrients, aggregation, and bacterial population. Soil Sci. 91: 291-298.
- Steduto P. – Çetinköku Ö. – Albrizio R. – Kanber R.: 2002. Automated closed system canopy-chamber for continuous field-crop monitoring of CO₂ and H₂O fluxes. Agr. Forest Meteorol., 111: 171-186.
- Stefanovits P. – Filep Gy. – Füleky Gy.: 1999. Talajtan. 4. kiadás átdolg. változata. (Szerk.: Stefanovits P.). Mezőgazda Kiadó. Budapest. 131-49.
- Stefanovits P. (szerk.): 1977. Talajvédelem, környezetvédelem, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 244.
- Stefanovits P.: 1975. Talajtan. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Stefanovits P.: 1992. Talajtan. Mezőgazda Kiadó, Budapest
- Sűmeghy J.: 1944. A Tiszántúl. Földtani Intézet kiadványa. Budapest.

- Szabó E.: 2009. A környezeti mutatók képzésének alapelvei és alkalmazásának lehetőségei. Doktori értekezés. Eötvös Loránd Tudomány Egyetem TTK, Földtudományi Doktori Iskola, Budapest. 155.
- Szabó G. – Kuti I.: 2007: Az Európai Unió Környezetpolitikája. In: Villányi, L., és Vasa, L. 2007. Agrárgazdaságtan, Eu Agrár-, és Környezetpolitika. DE AMTC AVK. Debrecen. HEFOP 3.3.1–P.-2004-06-0071/1.0. ISBN 978-963-9732-63-6. 224. p.
- Szabó G.: 2003. Az agrár-környezetvédelem egyes közgazdasági aspektusai, Gazdálkodás, XLVII. 4. (37-47. o.) 96.
- Szabó I. M.: 1986. Az általános talajtan biológiai alapjai, Mezőgazdasági kiadó, Budapest., 373,
- Szabó I.M.: 1992. A mikroorganizmusok aktivitásának szabályozása. A talajművelési eljárások, trágyázási és növénytermesztési rendszerek célszerű kombinációjával. [In: Szabó I.M. Az általános talajtan biológiai alapjai.] Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 325-335.
- Szabó J. – Bakos L. – Pásztor L. – Cservenák R. – Pogrányi K.: 2002. GPS és internet alapú térinformatikai alkalmazás a mezőgazdasági szaktanácsadá támogatására. Acta Agraria Kaposvariensis. 6. 39. 3-13.
- Szabó, E. 2009. A környezeti mutatók képzésének alapelvei és alkalmazásának lehetőségei. Doktori értekezés. Eötvös Loránd Tudományegyetem. Budapest. 155. p.
- Szász G.: 1963. A vízháztartás klimatikus tényezőinek vizsgálata Magyarországon. Debreceni Agrártudományi Főiskola Tudományos Közleményei. Debrecen. 49-71.
- Szatmári J.: 2004. Fotogrammetria, In: Bódis K. (szerk.), 2004, Térinformatika döntés előkészítőknél és döntéshozóknak. Phare HU00008-02-01-0023 képzési program, CD kiadvány.
- Szegi J.: 1962. A nedvesség hatása a cellulóz elbontására egyes hazai talajainkban, Agrokémia és Talajtan, 11, 1.
- Szlávik L.: 2003. Az ezredforduló árvizeinek és belvizeinek hidrológiai jellemzése. In: Vízügyi Közlemények 85. 4: 547-565.
- Szőllősi N. – Kovács Gy – Zsembeli J.: 2007. A redukált talajművelési rendszerek hatása a talaj CO₂-emissziójára. I. Országos Közgazdaságtani Konferencia. Konferencia kiadvány (CD).
- Tamás J.: 2001. Precíziós mezőgazdaság. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest. 56. p.
- Tamás J.: 2003. Problems and solutions of field scale agro-ecological data acquisition and data interpretations in agroinformatical domain. Applied Ecology and Environmental Research 1. 1-2. 143-157.
- Tamás J.: 2013. Gazdálkodás belvizes és aszályos területen. Szaktudás Kiadó Ház Zrt. a Nemzeti Agrárgazdasági Kamara, az Új Magyarország Vidékfejlesztési Program támogatásával. ISBN: 978-615-5224-39-3. 152.
- Tar F.: 2008. Fenntartható földhasználati stratégia kialakítása Magyarországon. Doktori értekezés. Gödöllő. 187.
- Thomsen I. K. – Schjonning P. – Jensen B. – Kristensen K. – Christensen B. T.: 1999. Turnover of organic matter in differently textured soils. II. Microbial activity as influenced by soil water regimes. Geoderma 89: 199-218.
- Thyll Sz.: 1996. Környezetgazdálkodás a mezőgazdaságban. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Tóth E. – Koós S.: 2006. Carbon dioxide emission measurements in a tillage experiment on chernozem soil. Cereal Research Communications. 34. 1: 331-334.
- Tóth E.: 2011. Talaj szén-dioxid emissziójának mérése eltérő talajhasználati rendszerekben. Doktori (PhD) értekezés. Budapest
- Tóth G. – Debreczeni K. – Gaál Z. – Hermann T. – Makó A. – Máté F. – Vass J. – Várallyay Gy.: 2004. Land use planning decision support based on land evaluation and Web-GIS modeling: an integrated approach in Hungary. [In: Kertész et al. (Eds.) 4th International Congress of the European society for Soil Conservation (ESSC) 25-29 May 2004.] Budapest, Hungary. Proceedings Volume, Hungarian Academy of Sciences, 21-24.
- Tóth K.: (2004) Belvív-veszélyeztetett területek feltárása és hasznosítási lehetőségei Karcag térségében. Diploma dolgozat. 66.
- Tracy P.W. – Westfall D.G. – Elliott E.T. – Peterson G.A. – Cole C.V.: 1990. Carbon, nitrogen, phosphorus, and sulfur mineralization in plow and no-till cultivation. Soil Sci. Soc. Am. J. 54: 457-461
- Trumbore S.E.: 1997. Potential responses of soil organic carbon to global environmental change. Colloquium Paper in Proc. Nat. Acad. Sci. 94: 8284-8291.
- Új-Zélandi Statisztikai Hivatal: 2007. Az indikátor fogalma és kiválasztásának kritériumai. www.stats.govt.nz/analytical-reports/linked-indicators/default.htm
- Unger P. W.: 1984. Tillage and residue effects on wheat, sorghum, and sunflower grown rotation. Soil Sci. Soc. Am. J. 48: 885-891.
- Vajdai I.: 1974. A káros vízbőséggel (belvízzel) kapcsolatban eddig kialakult és újabban javasolt fogalmak és a károsodási formák ismertetése. Agrártudományi Egyetem Közleményei, 177-182.

Várallyay Gy. – Láng I.: 2000. A talaj kettős funkciója: természeti erőforrás és termőhely. A Debreceni Egyetem „Honoris Causa” cím átadása alkalmából (Debrecen, 2000. május 2.) megtartott előadás.

Várallyay Gy. – Szűcs L. – Rajkai K. – Zilahy P. – Murányi A.: 1980. Magyarországi talajok vízgazdálkodási tulajdonságainak kategóriarendszere és 1:100.000 méretarányú térképe. Agrokémia és Talajtan 29: 77–112.

Várallyay Gy.: 1997. Sustainable development – a challenge for rational land use and soil management. [In: Filep, Gy. (Ed.) Land use and soil management.] Debrecen. 1-23.

Várallyay Gy.: 2000. Talajfolyamatok szabályozásának tudományos megalapozása. In: „Székfoglalók”. Magyar Tudományos Akadémia. Budapest. 1-32.

Várallyay, Gy.: 2003. A mezőgazdasági vízgazdálkodás talajtani alapjai. Mezőgazdasági vízgazdálkodási szakirányú továbbképzési szak, Budapest-Gödöllő. 168 p. (egyetemi jegyzet)

Várallyay Gy.: 2004. Talaj az agro-ökoszisztémák alapeleme. Agro21 Füzetek. 37. 33-49.

Várallyay Gy.: 2005. A talaj vízgazdálkodása és a környezet. [In: Németh T. (Szerk.) A talaj vízgazdálkodása és a környezet.] MTA TAKI, Budapest. 15–30.

Várallyay Gy.: 2006. Soil degradation processes and extreme soil moisture regime as environmental problems in the Carpathian Basin. Agrokémia és Talajtan 55, 1–2: 9–18.

Várallyay Gy.: 2007. A talaj vízgazdálkodásának jelentősége a növénytermesztésben. Acta Agronomica Óváriensis. Mosonmagyaróvár. 49. 2: 129-134.

Verma S. B.: 1990. Micrometeorological methods for measuring surface fluxes of mass and energy. Remote Sensing Reviews, 5. 99-115.

Versegi L.: 2007. 3D-s terepi modell építése környezetvédelmi célokra. MultiMédia az Oktatásban 2007 konferencia. Budapesti Műszaki Főiskola, 2007. augusztus 23-24. 373-377.

Wijk van W. R.: 1963. Physics of plant environment. North-Holland Publishing Company, Amsterdam, Holland.

Wildung R. E. – Garland T. R. – Buschbom R. L.: 1975. The interdependent effects of soil temperature and water content on soil respiration rate and plant root decomposition in arid grassland soils. Soil Biol. Biochem. 7: 199-204, 373-378.

Wilson J. M. – Griffin D. M.: 1975. Water potential and the respiration of microorganisms in the soil. Soil Biol. Biochem. 7: 199-204.

Wilson J. P. – Gallant J. C. (Eds.): 2000. Terrain Analysis: Principles and Applications, Wiley, New York, 479.

Závoti J.: 1994. Térbeli interpoláció I., In: Márton M., Paksi J., Márkus B (szerk.), 1994, NCGIA Core Curriculum, II. Térinformatikai alapismeretek, Technológia Transzfer Centrum, Budapest, http://www.mimi.hu/ncgia/ncgia_40.html

Zelles L. – Bahig M. E. – Schanert I. – Klein W. – Korte F.: 1984. Measurement of bioactivity based on CO₂-release and ATP content in soils after different treatments, Chemosphere, 13., 8: 899-913,

Zentai L.: 1991. Kartometria, Térképértékelés-térképinterpretáció, doktori értekezés <http://lazarus.elte.hu/hun/dolgozo/zentail/kartomet/tart.htm>

Ziska L. H.: 1998. The influence of root zone temperature on photosynthetic acclimation to elevated carbon dioxide concentrations, Annals of Botany, 81., 6: 717-721,

Zsembeli J – Kovács Gy. – Szöllősi N. – Gyuricza Cs.: 2008. Correlations of Soil Management and Carbon Stock Change in Soils. ECOMIT Proceedings of the 5th International Scientific Conference on Sustainable Farming Systems 75-80. November 5–7, 2008 in Piešťany, Slovakia.

Zsembeli J. – Nagy I.: 2004. Talajművelési technológiák hatása a széndioxid emisszióra. Alföldi Tudományos Tárgazdálkodási Napok I.

Zsembeli J. – Tuba G. – Juhász Cs. – Nagy I.: 2005. CO₂-measurements in a soil tillage experiment. Cereal Research Communications. 33. 1: 137-140.

Zsembeli J. – Tuba G. – Kovács Gy.: 2006. Development and extension of CO₂-emission measurements for different soil surfaces. Cereal Research Communications. 34. 1: 359-362.

Zsembeli J.: 2006. Fizikai és biológiai talajállapot-javítás. [In: Birkás M. (szerk.) Földművelés és földhasználat.] Mezőgazda Kiadó. Budapest. 284-289. ISBN 963 286 2384.

Zsigrai Gy. – Szabó S.: 2008. Talajra gyakorolt műtrágyahatások vizsgálatának legújabb eredményei a karcagi OMTK kísérletekben. Talajvédelem különszám. 561-566.

Zsigrai, Gy.: 2001. The Effect of Artificial Fertilization on Some Chemical Properties of The Soil and on The Yield of Maize in Long-Term Experiments. [In: Lazányi, J. (ed.) Sustainable Agriculture and Rural Development.]. Vider Plus Bt., Debrecen. 91-117.

Internetes hivatkozások

- I1: http://ec.europa.eu/magyarorszag/press_room/press_releases/20121026_rio_plus_hu.htm).
- I2: (http://www.met.hu/doc/rendezvenyek/metnapok-2011/06_Lovas.pdf
- I3: <http://www.forestpress.hu/index.php/archivum/120-archivum-tanulmanyok-erdeszeti-13330-a-kiotoi-jegykoenyv-es-az-erdk-fatai>)
- I4: <http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.1/index.html#//009t00000056000000>
- I5: (<http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.1/index.html#//009t00000047000000>
- I6: (http://staff.washington.edu/rel2/geog100-UW/Scenarios/Rutters/Compass_Rose.html
- I7: <http://www47.homepage.villanova.edu/guillaume.turcotte/studentprojects/arboretum/NDVI.htm>

Jogszabályok:

1. 16/2005. (III. 8.) FVM rendelet az egyszerűsített területalapú támogatások és a vidékfejlesztési támogatások igényléséhez teljesítendő "Helyes Mezőgazdasági és Környezeti Állapot", illetve a "Helyes Gazdálkodási Gyakorlat" feltételrendszerének meghatározásáról
2. 1994. évi LV. törvényben (Tft.) a a termőföldről
3. 1995. évi LIII. Törvény a környezet védelmének általános szabályairól
4. 1996. évi XXI. Tv a területfejlesztés és területrendezés szabályozásáról
5. 2:151-197 (1982)
6. 2000/60/EC Víz Keretirányelv
7. 59/2008. 2008. (IV. 29.) FVM rendelet „helyes mezőgazdasági gyakorlat”
8. 79/409/EEC „Madarak védelméről szóló irányelv”
9. 92/43/EEC „Élőhelyekről szóló irányelv”

11. MEGJELENT SAJÁT TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK



DEBRECENI EGYETEM
EGYETEMI ÉS NEMZETI KÖNYVTÁR
PUBLIKÁCIÓK



Iktatószám: DEENKÉTK/291/2014.
Tételszám:
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Szöllősi Nikolett
Neptun kód: H7CJ33
Doktori Iskola: Kerpely Kálmán Növénytermesztési- és Kertészeti
Tudományok Doktori Iskola
MTMT azonosító: 10027380

A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

Magyar nyelvű könyv(ek) (1)

1. Juhász C., **Szöllősi N.**: Környezetmenedzsment. Észak-alföldi Régióért Kht., Debrecen, 188 p., 2008. ISBN: 9789639874060

Idegen nyelvű, hazai könyv(ek) (1)

2. Juhász, C., **Szöllősi, N.**: Environmental management. Debreceni Egyetem, Debrecen, 138 p., 2009.

Magyar nyelvű könyvrészlet(ek) (1)

3. **Szöllősi N.**, Tamás J., Juhász C., Zsembeli J.: Különböző talajművelési beavatkozások környezeti hatásainak vizsgálata.
In: Erdei Ferenc V. Tudományos Konferencia : Globális kihívások, lokális megoldások : 2009. szeptember 3-4., Kecskemét : konferenciakiadvány. Szerk.: Ferencz Árpád, Kecskeméti Főiskola Kertészeti Főiskolai Kar, [Kecskemét], 1422-1426, 2010. ISBN: 9789637294792





DEBRECENI EGYETEM
EGYETEMI ÉS NEMZETI KÖNYVTÁR
PUBLIKÁCIÓK



Magyar nyelvű tudományos közlemény(ek) hazai folyóiratban (7)

4. **Szőllősi N.**, Juhász C., Kovács G., Zsembeli J.: A növényborítás hatása a talaj CO₂ emissziójának napi dinamikájára.
Agrártud. Közl. [Debrecen]. 42, 97-102, 2010. ISSN: 1587-1282.
5. **Szőllősi N.**, Kovács G., Zsembeli J.: A talaj szén-dioxid emissziója árpa tarlón.
Agrártud. Közl. [Debrecen]. 35, 95-102, 2009. ISSN: 1587-1282.
6. Juhász C., **Szőllősi N.**, Mocsáriné Fricz J.: A környezeti kompetenciákért.
Agrárium. 6-7, 35, 2008. ISSN: 1215-8380.
7. Juhász C., **Szőllősi N.**, Kocsis I.: Környezetvédelem és versenyképes agrárium.
Agrárium. 6-7, 34, 2008. ISSN: 1215-8380.
8. Kovács G., **Szőllősi N.**: A talaj CO₂-emissziójának mérésére szolgáló eszközök mérőhelyspecifikus fejlesztése.
Agrártud. Közl. [Debrecen]. 30, 53-58, 2008. ISSN: 1587-1282.
9. **Szőllősi N.**, Zsembeli J., Kovács G., Juhász C.: A talajművelés szerepe környezetünk CO₂ terhelésében.
Talajvédelem. Különszám, 517-526, 2008. ISSN: 1216-9560.
10. **Szőllősi N.**, Juhász C., Tamás J.: Emisszió-kereskedelem az Európai Unióban és Magyarországon.
Agrártud. Közl. [Debrecen]. 27, 198-203, 2007. ISSN: 1587-1282.

Idegen nyelvű tudományos közlemény(ek) hazai folyóiratban (4)

11. **Szőllősi N.**: Impact of microclimate on CO₂ emission of the soil under controlled water regime conditions.
Növénytermelés. 59 (Supplement), 235-238, 2010. ISSN: 0546-8191.
12. Nagy, P., Juhász, C., **Szőllősi N.**: Life Cycle Assessment of the Denso VCT product.
J. Agric. Sci. Suppl., 263-268, 2008. ISSN: 1588-8363.
13. **Szőllősi N.**, Zsembeli, J., Kovács, G., Juhász, C.: Role of Cultivation systems in environmental pollution by CO₂ emission from the soil.
J. Agric. Sci. Suppl., 277-282, 2008. ISSN: 1588-8363.



DEBRECENI EGYETEM
EGYETEMI ÉS NEMZETI KÖNYVTÁR
PUBLIKÁCIÓK



14. Kovács, G., Zsembeli, J., **Szőllősi, N.**, Juhász, C.: Effect of reduced cultivation systems on the CO₂-emission of the soil.
Cereal Res. Commun. 36 (Suppl.2), 1247-1250, 2008. ISSN: 0133-3720.

Idegen nyelvű tudományos közlemény(ek) külföldi folyóiratban (1)

15. **Szőllősi, N.**, Zsembeli, J., Kovács, G., Juhász, C.: CO₂ emission and Long-term prediction of Carbon stock change of the soil in different soil tillage systems.
Anal. Univ. Oradea Fac. Pretext. Med. 14, 1139-1150, 2009. ISSN: 1224-6255.

Magyar nyelvű konferencia közlemény(ek) (3)

16. **Szőllősi N.**, Juhász C., Zsembeli J., Kovács G.: A fenntartható növénytermesztés megvalósulásának vizsgálata különböző talajművelési rendszerekben.
In: LI. Georgikon Napok [elektronikus dokumentum] : Nemzetközi tudományos konferencia : Keszthely, 2009. október 1-2. Szerk.: Tóth Gergely, Pannon Egyetem, Keszthely, 923-929, 2009. ISBN: 9789639639355
17. **Szőllősi N.**, Zsembeli J., Kovács G., Juhász C.: A talajélet aktivitása különböző talajművelési rendszerekben.
In: AGTEDU 2009. Szerk.: Belina Károly, Klebniczki József, Lipócziné Csabai Sarolta, Borsné Pető Judit, Kecskeméti Főiskola, Kecskemét, 113-118, 2009. ISBN: 9789637294778
18. **Szőllősi N.**, Kovács G., Zsembeli J.: A redukált talajművelési rendszer hatása a talaj CO₂-emissziójára.
In: I. Országos Környezetgazdaságtani PhD. Konferencia. Szerk.: Kerekes S, Budapesti Corvinus Egyetem, Budapest, 116-128, 2007.

Idegen nyelvű konferencia közlemény(ek) (3)

19. **Szőllősi, N.**, Kovács, G., Bakti, B., Zsembeli, J., Gyuricza, C.: CO₂-emission of the soil on the basis of the comparison of measured and calculated data.
In: Erdei Ferenc V. Tudományos Konferencia : Globális kihívások, lokális megoldások : 2009. szeptember 3-4., Kecskemét : konferenciakiadvány. Szerk.: Ferencz Árpád, Kecskeméti Főiskola Kertészeti Főiskolai Kar, [Kecskemét], 1352-1356, 2010. ISBN: 9789637294792



DEBRECENI EGYETEM
EGYETEMI ÉS NEMZETI KÖNYVTÁR
PUBLIKÁCIÓK



20. Zsembeli, J., Kovács, G., **Szőllősi, N.**, Gyuricza, C.: Correlations of soil management and carbon stock change in soils.
In: ECOMIT Proceedings of the 5th International Scientific Conference on Sustainable Farming Systems November 5-7 (Szlovákia, Piestany). Ed.: Zuzana Lehocká, Marta Klimeková, Wijnand Sukkel, Slovak Association for Sustainable Agriculture, Považany, 75-80, 2008. ISBN: 9788096960316
21. Tamás, J., Bíró, T., **Szőllősi, N.**: Analyze of biomass productivity by timeseries remotesensing data in region of Nyírlugos.
In: Joint International Conference on Long-term Experiments, Agricultural Research and Natural Resources : Debrecen-Nyírlugos, 31 May - 1 June, 2007. Ed.: István Láng, János Lazányi, Nicolae Csép, University of Debrecen Centre of Agricultural Sciences, University of Oradea, Debrecen, 44-50, 2007. ISBN: 9789634730545





További Közlemények

Magyar nyelvű könyv(ek) (2)

22. Juhász C., **Szőllősi N.**: A biomassza alkalmazásának ökonómia kérdései. Debreceni Egyetem, Debrecen, 112 p., 2013.
23. Tamás J., Juhász C., Pregun C., Nagy A., **Szőllősi N.**, Gerőczy V., Fórián T.: Globális környezeti problémák és néhány társadalmi hatásuk II.. Debreceni Egyetem, Debrecen, 117 p., 2011.

Magyar nyelvű könyvrészlet(ek) (5)

24. Tamás J., **Szőllősi N.**, Fórián T., Petis M.: Biogáz fermentlé precíziós mezőgazdasági újrahasznosítási rendszerének megvalósítása.
In: Talajvédelem. Szerk.: Farsang Andrea, Ladányi Zsuzsanna, Szegedi Tudomány Egyetem, Szeged, 269-276, 2011. ISBN: 9789633060896
25. Illés A., Nyéki J., **Szőllősi N.**, Nagy P.T.: Rendszeres talajvizsgálat szerepe a gyümölcsösök tápanyag-utánpótlásában.
In: Talajvédelem. Szerk.: Farsang Andrea, Ladányi Zsuzsanna, Szegedi Tudomány Egyetem, Szeged, 371-376, 2011. ISBN: 9789633060896
26. **Szőllősi N.**, Tamás J., Petis M., Mézes L.: Biogáz üzemből kikerülő fermentlé precíziós kijuttatásának víminőség-védelmi monitoringja.
In: Az Élhető Vidékért 2010 Környezetgazdálkodási Konferencia, Siófok, 2010.09.22-24. Konferenciakötet. Szerk.: Kovács Gyula, Gelencsér Géza, Centeri Csaba, Koppányvölgyi Vidékfejlesztési Közhasznú Egyesület, Törökkoppány, 355-362, 2010. ISBN: 9789632298719
27. Illés A., **Szőllősi N.**, Fieszl C., Szabó Z., Nyéki J.: Egy dunántúli és egy nyírségi gyümölcsös almafajtáinak virágzás fenológiai és szabadtermékenyülési összehasonlító elemzése.
In: Gazdaságosság és/vagy biodiverzitás? : LII. Georgikon Napok : Keszthely, 2010. szeptember 30 - október 1. : a konferencia előadásainak összefoglalói : 52nd Georgikon Scientific Conference : conference abstracts. Szerk.: Lukács Gábor, Pannon Egyetem Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar, Keszthely, 1-8, 2010.



DEBRECENI EGYETEM
EGYETEMI ÉS NEMZETI KÖNYVTÁR
PUBLIKÁCIÓK



28. **Szőllősi N.**: Fogyasztóvédelem.

In: Globális környezeti problémák és néhány társadalmi hatásuk II. Tamás János, Juhász Csaba, Szőllősi Nikolett, Nagy Attila, Pregun Csaba, Gerőczy Viktória, Fórián Tünde, Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma, Debrecen, 1-56, 2011.

Magyar nyelvű közlemény(ek) hazai folyóiratban (1)

29. Tamás J., Fórián T., **Szőllősi N.**, Mézes L.: Térinformatikai rendszer a mezőgazdasági és élelmiszeripari hulladékok ellenőrzött logisztikai rendszerének kiépítésére és szántóföldi precíziós hasznosítására.

Acta agrar. Kvár. 14 (3), 303-311, 2010. ISSN: 1418-1789.

Idegen nyelvű közlemény(ek) hazai folyóiratban (3)

30. Juhász, C., **Szőllősi, N.**, Mézes, L., Petis, M., Tamás, J.: Fertilizers and liquid digestate within agro-ecosystems in the region of Nyírbátor.

Növénytermelés. 63 (1), 315-318, 2014. ISSN: 0546-8191.

DOI: <http://dx.doi.org/10.12666/Novenyterm.63.2014.Suppl>

31. Riczu, P., **Szőllősi, N.**, Tamás, J., Zsembeli, J.: Water managed properties of apple and pear trees based on lysimeters.

Agrártud. Közl. [Debrecen]. 44, 129-132, 2011. ISSN: 1587-1282.

32. **Szőllősi, N.**, Mézes, L., Biró, G., Petis, M.: Evaluation of land use, based on recycling of liquid biogas by-product.

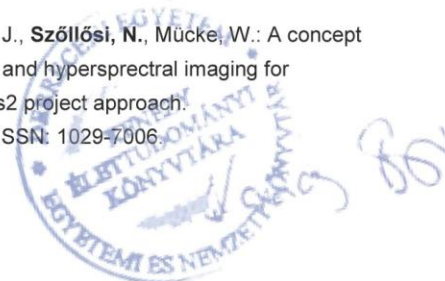
Növénytermelés. 60 (Supplement), 459-462, 2011. ISSN: 0546-8191.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1556/Novenyterm.60.2011.Suppl.4>

Idegen nyelvű közlemény(ek) külföldi folyóiratban (1)

33. Székely, B., Kania, A., Pfeifer, N., Heilmeier, H., Tamás, J., **Szőllősi, N.**, Mücke, W.: A concept for extraction of habitat features from laser scanning and hyperspectral imaging for evaluation of Natura 2000 sites - the ChangeHabitats2 project approach.

Geophysical Research Abstracts. 14 (1), 1-1, 2012. ISSN: 1029-7006.





DEBRECENI EGYETEM
EGYETEMI ÉS NEMZETI KÖNYVTÁR
PUBLIKÁCIÓK



Magyar nyelvű konferencia közlemény(ek) (2)

34. Pásztor F., **Szőllősi N.**, Zsembeli J.: Az öntözés és a Pentakeep-V lombtrágya hatása a cirok és a kukorica vízforgalmára.

In: Alap és alkalmazott kutatások eredményei a növénytudományokban. Szabó András, Debreceni Egyetem, Debrecen, 101-110, 2012. ISBN: 9786155183171

35. Juhász C., **Szőllősi N.**: Környezeti szempontok érvényesülése a vállalatirányításban.

In: Hagyományok és új kihívások a menedzsmentben : 140 éves a vezetés oktatása a debreceni gazdasági felsőoktatásban : nemzetközi konferencia : Debrecen, 2008. október 2-3. Szerk.: Dienesné Kovács Erzsébet, Pakurár Miklós ; rend., közread. a Debreceni Egyetem Agrár- és Műszaki Tudományok Centruma, DE AMTC : Campus, Debrecen, 274-278, 2008. ISBN: 9789639822085

Idégen nyelvű konferencia közlemény(ek) (2)

36. **Szőllősi, N.**, Fórián, T., Nagy, A., Fehér, J., Rahner, S., Heilmeyer, H., Nagy, G., Jancsó, T., Riczu, P., Tamás, J.: Advanced monitoring technology development in NATURA 2000 forest sites of Pannonian Biogeographic Region.

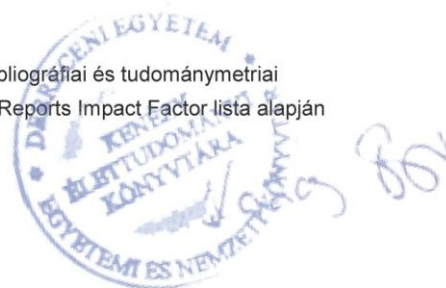
In: Book of abstracts - Steppe Oak Woods and Pannonic Sand Steppes Conference. ford. Gáspár-Papnek Zsófia, lekt. Sixsmith, Mark, Duna-Ipoly National Park Directorate and WWF Hungary, Budapest, 85-86, 2011. ISBN: 9789638470225

37. Tamás, J., Riczu, P., Nagy, G., Nagy, A., Fórián, T., **Szőllősi, N.**, Fehér, J., Rahner, S., Heilmeyer, H., Hunyadi, G., Jancsó, T.: Integrated hyperspectral and LIDAR technology to evaluate the condition of the 'Debrecen-hajdúböszörményi tölgyesek' (Debrecen-hajdúböszörményi oak forests) NATURA 2000 site.

In: Steppe Oak Woods and Pannonic Sand Steppes Conference : abstract book. ford. Gáspár-Papnek Zsófia, lekt. Mark Sixsmith, Duna-Ipoly National Park Directorate and WWF Hungary, Budapest, 77-78, 2011. ISBN: 9789638470225

A DEENK a Jelölt által az iDEa Tudóstérbe feltöltött adatok bibliográfiai és tudásmetriai ellenőrzését a tudományos adatbázisok és a Journal Citation Reports Impact Factor lista alapján elvégezte.

Debrecen, 2014.09.19.



12. MELLÉKLETEK

1. melléklet Talajszelvény a Debreceni Egyetem kísérleti területén (Saját fotó)



2. melléklet A genetikai talajszintek laboratóriumban meghatározott paramétereit (Saját forrás)

<i>Genetikai talajszint</i>	<i>Fizikai talajféleség</i>	K_A	$Li\%$	$VK_{max}(\%)$	$Vk_{min}(\%)$	pH	$Hu\%$	$Szerves\ C\ \%$
A-szint	Homokos vályog	32	27,80	41,50	19,80	7,84	3,33	1,94
B-szint	Vályogos homok	34	29,72	48,71	26,20	7,96	1,60	0,93
C-szint	Vályog	38	35,70	51,76	34,80	7,74	1,63	0,95

3. melléklet A karcagi réti csernozjom talaj szelvénye (DE KKI)



4. melléklet A liziméteres és szántóföldi kísérletek talajának főbb kémiai indikátorai (DE KKI)

Mélység cm	pH/H ₂ O	pH/KCl	y ₁	KA	Sótartalom %	Humusz %	AL-oldható				
							P ₂ O ₅ mg/10g	K ₂ O mg/100g	Ca mg/100g	Mg mg/100g	Na me/100g
0-20	6,44	5,21	12,98	55	0,02	3,22	14,57	58,13	341,92	59,59	0,43
20-40	6,57	5,27	13,93	54	0,02	3,17	9,96	44,88	344,50	57,83	0,62
40-60	7,47	6,14	4,79	57	0,02	2,68	1,43	32,80	474,08	80,14	0,78

5. melléklet Kicserélhető kationok aránya (DE KKI)

Mélység cm	Kicserélhető kation				T-S
	Ca me/100g	Mg me/100g	K me/100g	Na me/100g	
0-20	22,76	5,01	0,85	0,36	3,09
20-40	24,94	5,58	0,63	0,46	3,39
40-60	22,43	4,37	1,17	0,15	1,19

6. melléklet A liziméteres és szántóföldi kísérletek talajának mechanikai összetétele (DE KKI)

Mélység	Mechanikai összetétel							Kapilláris vízmelés		Térfogat-tömeg	
	Frakció % Ø mm						fizikai				
	1,00-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	0,001	homok %	agyag %	5 órás		20 órás
0-20	0,1	0	27,9	14,1	21,3	36,6	28,8	71,2	74	125	1,01
20-40	0	0	26,3	13,8	22,2	37,7	26,1	73,9	61	120	1,55
40-60	0	0	25,9	15,5	17,3	41,3	25,4	74,6	91	170	1,43
60-80	0,1	0,7	26,8	13,4	22,1	36,9	27,6	72,4	84	173	1,4
80-100	0,1	1	25,1	13,9	24,5	35,4	26,2	73,8	118	225	1,44

7. melléklet A Karcag térségében üzemelő talajvíz kutak alapadatai (VITUKI)

Megnevezés	220. sz. talajvíz kút	224. sz. talajvíz kút	225. sz. talajvíz kút	227. sz. talajvíz kút	228. sz. talajvíz kút	230. sz. talajvíz kút	297. sz. talajvíz kút
Kútmélység (m)	9	5	8,75	7,16	7	8,9	11,9
Terepmagasság (mBf)	86,2	86,34	88,05	87,99	84,54	87,14	83,81
Peremmagasság (mBf)	86,71	86,54	88,35	88,52	84,74	87,56	84,25
Adatok rendelkezésre állításának kezdete (év)	1950	1950	1956	1970	1951	1955	1955

8. melléklet Meteorológiai adatok a mérések ideje alatt (DE KKI)

Dátum (1)	Napi átlag hőmérséklet (oC) (2)	Globálsugárzás (W*m-2) (3)	Csapadék-összeg (mm) (4)	Minimum hőmérséklet (oC) (5)	Maximum hőmérséklet (oC) (6)	Átlaghőmérséklet (oC) (7)	Relatív nedvesség min (%) (8)
2009.08.26	25,3	272,9	0,0	16,0	33,6	25,3	22,0
2009.08.27	25,8	266,2	0,0	17,6	33,5	25,8	23,0

9. melléklet Az átfolyóvízes lizimétereken beállított kísérlet kezelése (2008) (DE KKI)

Az egység sorszáma	17	18	19	20	21	22
Felület	Növényborítás nélkül	Gyep	Növényborítás nélkül	Gyep	Növényborítás nélkül	Gyep
Gyökérlégzés	-	+	-	+	-	+

10. melléklet A kísérlet kezelése (Saját forrás)

Talajállapotok:	Kontroll	1	2	3
1. Forgatás mélysége:	Ø	Lazítás	20 cm-es forgatás	40 cm-es forgatás
2. Aprítás, tömörítés:	Ø	Rögös talajfelszín	Aprómorzsás talajszerkezet	Tömörített
3. Nedvesség:	Ø	-	Letakarva (fekete fólia)	Mulcs
4. Tápanyag:	Ø	50 N	100 N	150 N

10. melléklet Az IPCC Soil Carbon Tool program kezelőfelülete (minta) (IPCC)

IPCC Soil Carbon Tool - [Calculate Soil Carbon Stocks]

Tool for Estimation of Changes in Soil Carbon Stocks associated with Management Changes in Croplands and Grazing Lands based on IPCC Default Data

Country: Press the f1 key or click on the help button for assistance

Climate Region:

Native Soil Type: Select from WRB soil classifications
Select from USDA soil classifications

Existing Carbon Stock: MgC/ha

FROM System

Land Use Type:

Mgmt System: Mgmt Factor:

Inputs: Input Factor:

Land Use Factor:

Predicted Carbon Stock: MgC/ha

TO System

Land Use Type:

Mgmt System: Mgmt Factor:

Inputs: Input Factor:

Land Use Factor:

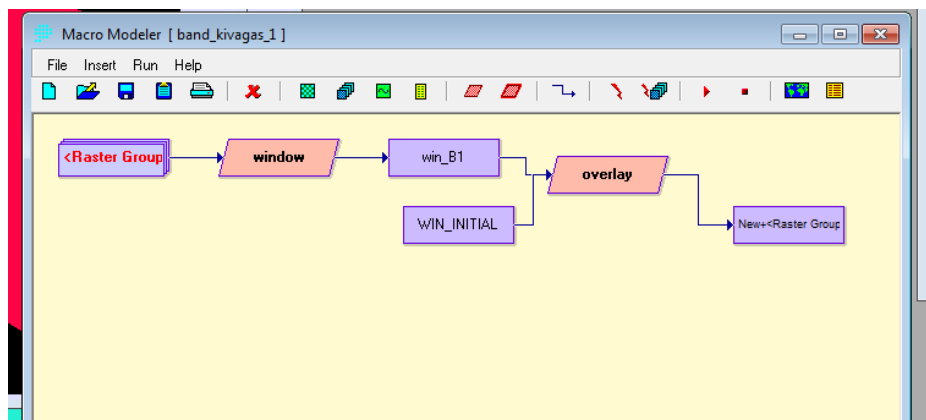
Predicted Carbon Stock: MgC/ha

Annual Carbon Stock Change: MgC/ha/yr

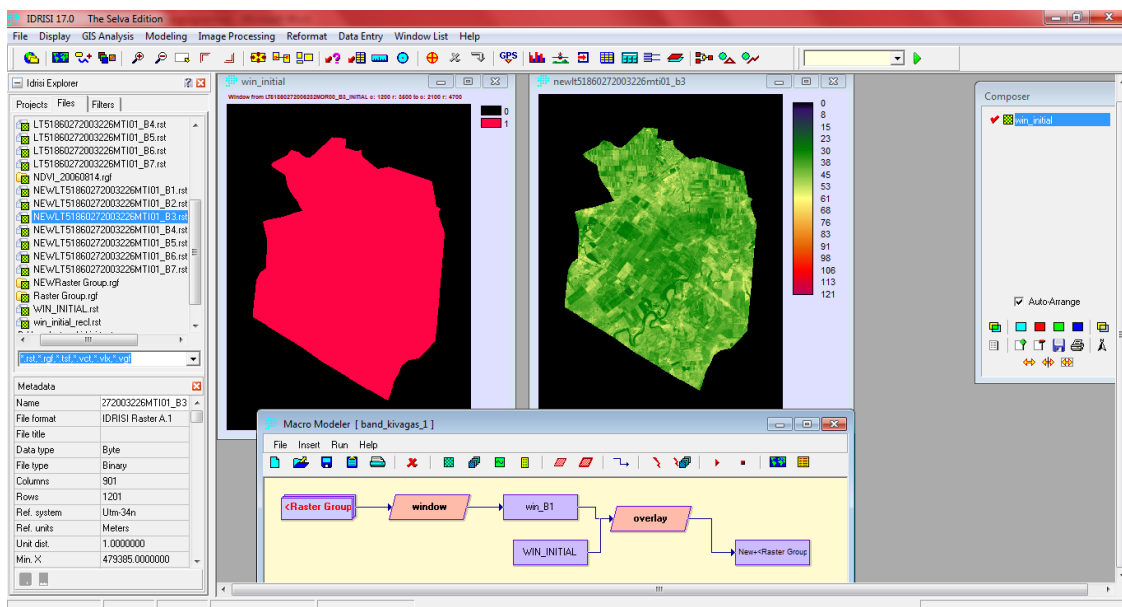
Help Exit

Default Settings: Management Factors C_Stocks Systems Input Factors

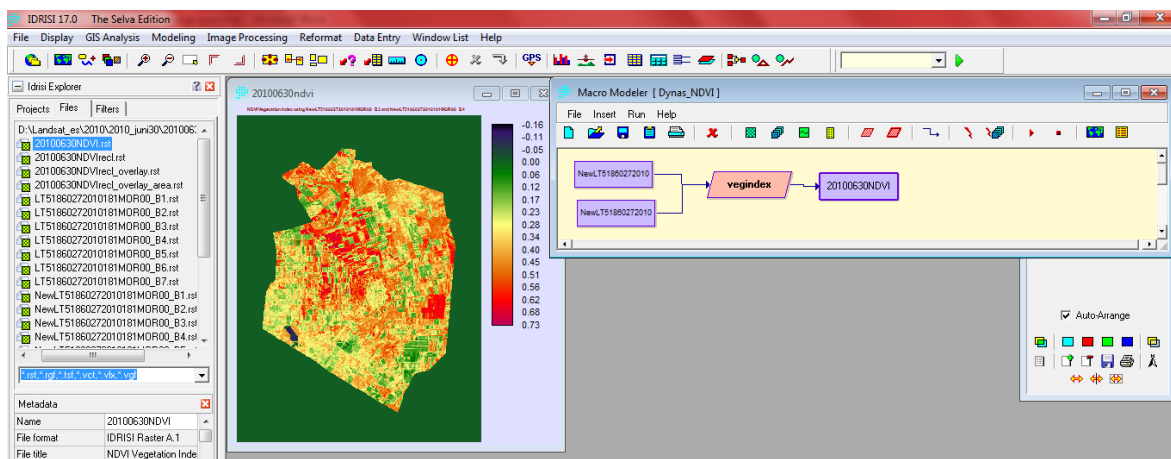
11. melléklet A térképek kivágási modellje (Saját forrás)



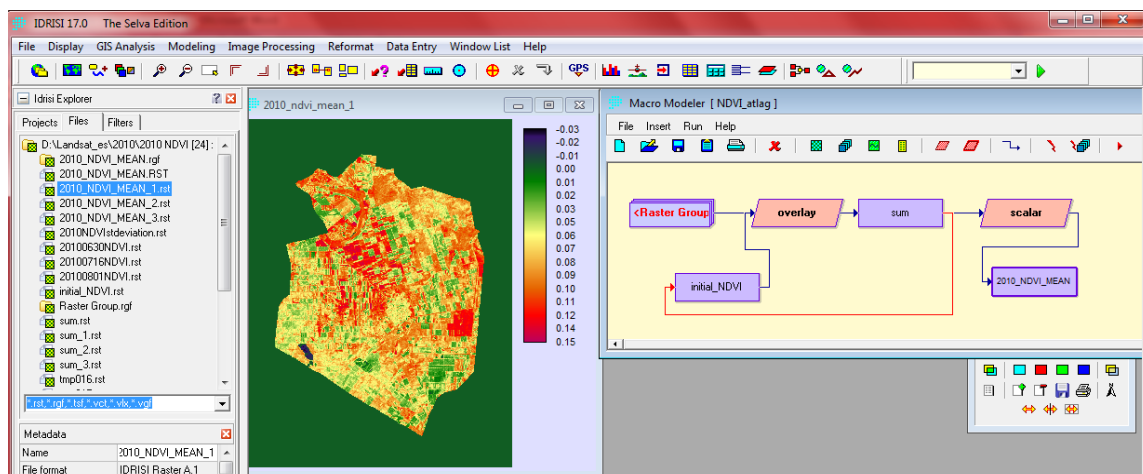
12. melléklet A kivágott LANDSAT felvétel (2003226) 3. csatornája és a vágási sablon (Saját forrás)



13. melléklet NDVI térkép készítése (Saját forrás)



14. melléklet A 2010-es év átlag NDVI modellje és térképi megjelenítése (Saját forrás)



15. melléklet Napi átlag hőmérséklet a vizsgált időszakban (Saját forrás)

Dátum	Levegő hőmérséklet	Kontrol	Mulcs	N 50	N 100	N 150	Forgatás 1x ásómlységben	Forgatás 2x ásómlységben	Lazítás	Lazítás + elmunkálás	Rögös felszín	Tömörödött felszín
2008.07.28	33	25,2	23,3	22,4	23,1	22,3	21,8	21,0	23,7	21,3	21,5	24,1
2008.07.29	30,3	25,3	22,1	23,2	23,9	22,9	23,4	21,7	23,7	22,7	22,5	25,6
2008.07.30	24,5	21,5	21,0	20,4	20,9	20,4	20,6	19,7	21,2	20,4	20,2	20,7
2008.07.31	24,5	22,0	22,0	21,0	21,3	20,7	21,0	20,3	21,8	20,8	20,7	21,3
2008.08.01	22	21,9	21,5	21,0	21,1	20,7	21,2	20,6	22,1	20,8	20,9	21,5
2008.08.05	22,5	22,6	22,4	21,6	22,1	21,4	21,4	20,8	22,5	21,2	21,2	22,0
2008.08.06	21,5	21,2	19,9	19,4	19,9	19,6	18,9	18,5	19,5	18,8	18,6	18,9
2008.08.07	21,5	21,2	20,1	19,2	19,5	19,0	19,3	18,7	20,1	18,9	19,1	19,5
2008.08.08	23,6	21,3	20,6	20,0	20,3	19,4	20,0	19,5	21,1	19,5	20,1	20,5

16. melléklet A talaj és levegő hőmérsékleti adatok (Saját forrás)

Dátum	Levegő hőmérséklet	Kontroll	Mulcs	N 50	N 100	N 150	Forgatás 1x ásómlységben	Forgatás 2x ásómlységben	Lazítás	Lazítás + elmunkálás	Rögös felszín	Tömörödött felszín
2008.07.28	33	12,7	13,3	14,7	14,7	15,4	16,9	12,5	13,2	12,1	14,7	16,2
2008.07.29	30,3	15,4	13,5	13,6	13,2	14,2	13,9	11,7	11,2	13,2	12,4	13,8
2008.07.30	24,5	14,4	13,6	14,9	14,8	17,4	14,0	11,8	15,1	12,6	11,6	13,5
2008.07.31	24,5	15,0	12,3	14,2	11,8	14,9	13,6	12,1	13,6	15,0	14,4	13,6
2008.08.01	22	11,0	13,6	12,7	12,4	12,6	11,7	10,9	13,0	13,5	11,5	11,5
2008.08.05	22,5	11,1	11,5	12,2	9,7	12,5	12,2	10,1	7,3	11,6	9,4	12,2
2008.08.06	21,5	9,0	11,3	11,5	9,2	11,7	10,4	10,6	7,1	12,7	6,5	12,7
2008.08.07	21,5	7,9	9,9	10,5	8,9	11,3	10,0	10,1	6,8	13,9	8,6	9,5
2008.08.08	23,6	6,6	10,9	8,6	6,4	10,6	11,0	9,9	7,4	11,5	8,3	10,0

17. melléklet A kezelése CO₂ fluxus értékei (Saját forrás)

Dátum	Levegő hőmérséklet	Csapadék (mm)	Kontrol	Mulcs	N 50	N 100	N 150	Forgatás 1x ásómlységben	Forgatás 2x ásómlységben	Lazítás	Lazítás + elmunkálás	Rögös felszín	Tömörödött felszín
2008.07.28	33	0	0,0210	0,0243	0,0162	0,0162	0,0178	0,0194	0,0226	0,0146	0,0194	0,0162	0,0259
2008.07.29	30,3	0,2	0,0131	0,0180	0,0163	0,0180	0,0196	0,0147	0,0098	0,0147	0,0131	0,0114	0,0228
2008.07.30	24,5	0	0,0116	0,0166	0,0166	0,0166	0,0150	0,0150	0,0100	0,0150	0,0116	0,0116	0,0233
2008.07.31	24,5	0,2	0,0134	0,0235	0,0218	0,0168	0,0218	0,0151	0,0134	0,0134	0,0168	0,0134	0,0218
2008.08.01	22	0	0,0100	0,0300	0,0183	0,0233	0,0200	0,0100	0,0150	0,0117	0,0150	0,0117	0,0200
2008.08.05	22,5	5,8	0,0084	0,0167	0,0134	0,0167	0,0167	0,0134	0,0134	0,0100	0,0134	0,0151	0,0201
2008.08.06	21,5	0	0,0000	0,0067	0,0084	0,0134	0,0067	0,0067	0,0067	0,0067	0,0067	0,0084	0,0067
2008.08.07	21,5	0	0,0000	0,0067	0,0067	0,0084	0,0084	0,0067	0,0067	0,0067	0,0067	0,0067	0,0067
2008.08.08	23,6	3,4	0,0050	0,0133	0,0083	0,0083	0,0083	0,0083	0,0067	0,0083	0,0067	0,0100	0,0067

18. melléklet A statisztikai elemzések eredményei a tápanyag-visszapótlásos területeken (Saját forrás)

Kezelés	Beavatkozás	Átlag	Átlag szórása	Változók	Korreláció (r)	p	R ²	F	y=a+bx
Műtrágyázás	50 N hatóanyag	0,014	0,0064	CO ₂ fluxus-talajnedvesség	0,438	0,007	0,192	8,091	F=0,002+0,001*talajnedvesség
	100 N hatóanyag	0,015	0,0066	CO ₂ fluxus-talajnedvesség	0,363	0,03	0,132	5,155	F=0,009+0,001*talajnedvesség
	150 N hatóanyag	0,014	0,0081	CO ₂ fluxus-talajnedvesség	0,433	0,008	0,188	7,858	F=0,005+0,001*talajnedvesség

19. melléklet A mezőgazdasági gépfelhasználás nha-ban kifejezett értékei (Saját forrás)

Gazdálkodási év	Tábla száma	Talajművelési rendszer	Elővetemény	Főnövény	II. talaj kategória nha/ha	Eltérés %	Össz területre nha/parcella
2005/2006	275	Hagyományos	Napraforgó	Őszi búza	7,605	56,14	12,40
2005/2006	276	Redukált	Napraforgó	Őszi búza	4,27		23,35
2008/2009	271	Hagyományos	Napraforgó	Őszi búza	9,84	90,37	15,54
2008/2009	273	Redukált	Napraforgó	Őszi búza	8,89		48,63
2008/2009	275	Hagyományos	Őszi árpa	Napraforgó	5,82	75,07	9,48
2008/2009	276	Redukált	Őszi árpa	Napraforgó	4,37		23,88
2007/2008	271	Hagyományos	Silócirok	Napraforgó	8,64	72,48	13,65
2007/2008	273	Redukált	Silócirok	Napraforgó	6,26		34,26
2007/2008	275	Hagyományos	Őszi káposztarepce	Őszi árpa	8,49	61,49	13,84
2007/2008	276	Redukált	Őszi káposztarepce	Őszi árpa	5,22		28,55
2006/2007	271	Hagyományos	Pannonbüköny	Silócirok	3,27	54,43	5,17
2006/2007	273	Redukált	Pannonbüköny	Silócirok	1,78		9,75
2005/2006	271	Hagyományos	Őszi árpa	Pannonbüköny	5,24	139,76	8,28
2005/2006	273	Redukált	Őszi árpa	Pannonbüköny	7,32		40,06
2006/2007	275	Hagyományos	Őszi búza	Őszi káposztarepce	11,03	60,52	17,98
2006/2007	276	Redukált	Őszi búza	Őszi káposztarepce	6,68		36,53

20. melléklet A gépfelhasználás teljesítményben kifejezve (Saját forrás)

Gazdálkodási év	Talajművelési rendszer	Főnövény	kWh/ha a Borsos et al. (2004)	kWh/parcella	60/1992. (IV.1.) Korm. Rendelet 4. mell. alapján (kWh/ha)	60/1992. (IV.1.) Korm. Rendelet 4. melléklet alapján (kWh/parc.)	Eltérés % a 60/1992. Korm.Rend . arányában (kWh/ha)
2005/2006	Hagyományos	Őszi búza	200,13	326,21	202,50	330,08	98,83
2008/2009	Redukált	Őszi búza	233,94	1279,65	157,60	862,07	148,44
2005/2006	Redukált	Őszi búza	112,35	614,58	140,80	770,18	79,80
2008/2009	Hagyományos	Őszi búza	258,87	409,02	163,40	258,17	158,43
2008/2009	Hagyományos	Napraforgó	153,05	249,47	140,50	229,02	108,93
2008/2009	Redukált	Napraforgó	114,89	628,46	90,00	492,30	127,66
2007/2008	Hagyományos	Napraforgó	227,41	359,31	203,50	321,53	111,75
2007/2008	Redukált	Napraforgó	164,84	901,66	149,90	819,95	109,96
2007/2008	Hagyományos	Őszi árpa	223,38	364,11	106,30	173,27	210,14
2007/2008	Redukált	Őszi árpa	137,36	751,38	80,00	437,60	171,71

2006/2007	Hagyományos	Silócirok	86,16	136,13	63,10	99,70	136,54
2006/2007	Redukált	Silócirok	46,89	256,51	37,30	204,03	125,72
2005/2006	Hagyományos	Pannonbükön	137,90	217,88	143,60	226,89	96,03
2005/2006	Redukált	y	192,73	1054,24	140,30	767,44	137,37
2006/2007	Hagyományos	Ő. káposztar.	290,35	473,27	121,10	197,39	239,76
2006/2007	Redukált	Ő. káposztar.	175,73	961,25	112,90	617,56	155,65

21. melléklet A mezőgazdasági gépek kalkulált üzemanyag fogyasztása (Saját forrás)

Gazdálkodási év	Tábla száma	Talajművelési rendszer	Főnövény	Gázolaj fogyasztás 60/1992. (IV. 1.) Korm. Rendelet alapján (kg/ha)	Gázolaj fogyasztás (l/ha), azaz 0,45 l/kWh, azaz 2,22 kWh/l 6 évnél idősebb gépnél (IV. 1.) Korm. Rend. alapj.	Gázolaj fogyasztás (l/ha), ha 2,77 kWh/l esetén 60/1992. (IV. 1.) Korm. Rendelet alapján
2005/2006	275	Hagyományos	Őszi búza	61,36	91,13	73,10
2008/2009	273	Redukált	Őszi búza	47,76	70,92	56,90
2005/2006	276	Redukált	Őszi búza	42,67	63,36	50,83
2008/2009	271	Hagyományos	Őszi búza	49,52	73,53	58,99
2008/2009	275	Hagyományos	Napraforgó	42,58	63,23	50,72
2008/2009	276	Redukált	Napraforgó	27,27	40,50	32,49
2007/2008	271	Hagyományos	Napraforgó	61,67	91,58	73,47
2007/2008	273	Redukált	Napraforgó	45,42	67,46	54,12
2007/2008	275	Hagyományos	Őszi árpa	32,21	47,84	38,38
2007/2008	276	Redukált	Őszi árpa	24,24	36,00	28,88
2006/2007	271	Hagyományos	Silócirok	19,12	28,40	22,78
2006/2007	273	Redukált	Silócirok	11,30	16,79	13,47
2005/2006	271	Hagyományos	Pannonbükön	43,52	64,62	51,84
2005/2006	273	Redukált	Pannonbükön	42,52	63,14	50,65
2006/2007	275	Hagyományos	Őszi káposztarepce	36,70	54,50	43,72
2006/2007	276	Redukált	Őszi káposztarepce	34,21	50,81	40,76

22. melléklet A H1 jelű tábla hozamai és NDVI értékei (Saját forrás)

Gazdálkodási év	Talajművelési rendszer	Főnövény megnevezése	Hozam (t/ha)	NDVI
2005/2006	Hagyományos	Őszi búza	2,8	0,25-0,35
2005/2006	Hagyományos	Pannon bükön	0,6	0,21-0,3
2005/2006	Redukált	Őszi búza	2	0,25-0,4
2005/2006	Redukált	Pannon bükön	0,5	0,24-0,36
2006/2007	Hagyományos	Őszi káposztarepce	2,6	0,3-0,41
2006/2007	Hagyományos	Silócirok	21,4	0,34-0,46
2006/2007	Redukált	Őszi káposztarepce	2,5	0,21-0,29
2006/2007	Redukált	Cirok	17,2	0,47-0,57

2007/2008	Hagyományos	Őszi árpa	6,8	0,23-0,26
2007/2008	Hagyományos	Napraforgó	3,86	0,5-0,59
2007/2008	Redukált	Őszi árpa	7,7	0,12-0,25
2007/2008	Redukált	Napraforgó	3,11	0,48-0,58
2008/2009	Hagyományos	Napraforgó	2,54	0,47-0,59
2008/2009	Hagyományos	Őszi búza	3,76	0,28-0,33
2008/2009	Redukált	Napraforgó	2,4	0,48-0,54
2008/2009	Redukált	Őszi búza	2,9	0,1-0,3
2009/2010	Hagyományos	Őszi árpa	6,8	0,24-0,26
2009/2010	Hagyományos	Szősös bükköny	0,7	0,3-0,38
2009/2010	Redukált	Őszi árpa	7,7	0,1-0,2
2009/2010	Redukált	Szősös bükköny	0,6	0,25-0,36

23. melléklet A talaj- és levegő hőmérsékleti értékek repce tarlón (Saját szerkesztés)

Mérés időpontja	Talajhőmérséklet (°C)		Levegő hőmérséklet (°C)	
	Redukált m.	Hagyományos m.	Redukált m.	Hagyományos m.
2007.06.25	23,5	30,7	32,2	33
2007.07.12	24,8	25,5	27,5	26,1
2007.07.19	24,5	26,7	25,7	29
2007.08.16	23,9	27,6	26	31,6

24. melléklet A talaj- és levegő hőmérsékleti értékek őszi árpa tarlón (Saját szerkesztés)

Mérés időpontja	Talajhőmérséklet (°C)		Levegő hőmérséklet (°C)	
	Redukált m.	Hagyományos m.	Redukált m.	Hagyományos m.
2008.06.24	21,2	20,3	31	31
2008.07.07	22,2	27,4	33	35,5
2008.07.29	23,6	26,6	27,9	29,9
2008.08.08	22,9	23,6	25,6	28

25. melléklet Átlag talajnedvesség % értékek 600 mm-es mélységben (Saját szerkesztés)

Talaj mélység (mm)	Átlag talajnedvesség %	
	Redukált m.	Konvencionális m.
100	30,1	28,6
200	25,4	26,8
300	25,1	25,6
400	26,2	24,6
500	23,8	24,6
600	21,0	24,4

26. melléklet A talajminták nedvességtartalmának laboratóriumi eredményei (Saját forrás)

Talajminta	Nedvesség-tartalom (g)	Nedvességtartalom tömeg%-ban ($n_s\%$)	Térfogat% ($n_{tf}\%$)	Pórustérfogat% ($n_p\%$)
Normál 0-25 cm	20,8	26,26	38,077	84,076
Normál 25-50 cm	19,7	24,53	35,568	78,533
Belvíz perem 0-25 cm	22,1	28,36	41,122	90,812
Belvíz perem 25-50 cm	22,4	28,86	41,847	92,418
Vízzel borított 0-25 cm	24,8	32,97	47,806	105,565
Vízzel borított 25-50 cm	24,5	32,45	47,052	103,909

27.melléklet A talajminták laboratóriumi nedvesség mérési eredményei (Saját forrás)

Talajminta	n_{mm}	$n_{mm}/25\text{ cm}$	$n_m^3/ha/25\text{ cm}$
Normál 0-25 cm	380,7	95,19	951,75
Normál 25-50 cm	355,6	177,8	1778
Belvíz perem 0-25 cm	411,2	102,8	1028
Belvíz perem 25-50 cm	418,4	209,2	2092
Vízzel borított 0-25 cm	478	119,5	1195
Vízzel borított 25-50 cm	470,5	235,25	2352,5

28. melléklet Dendrogram (Saját forrás)

C A S E		0	5	10	15	20	25
Label	Num	+-----+-----+-----+-----+-----+					
225_kút	3	-+-----+					
227_kút	4	-+-----+-----+					
230_kút	6	-----+					
228_kút	5	-+-----+-----+					
297_kút	7	-+-----+-----+					
220_kút	1	-----+-----+					
224_kút	2	-----+					

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Szeretnék Köszönetet mondani Dr. Juhász Csaba egyetemi docens Úrnak, valamint Dr. Zsembeli József tudományos főmunkatárs, igazgató Úrnak, hogy lehetőséget biztosított számomra és támogatott a doktori kutatásaim lefolytatásában.

Ezúton szeretnék köszönetet mondani Dr. Tamás János Professzor Úrnak, a Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet vezetőjének, az általa nyújtott segítségért.

Emellett szeretnék köszönetet mondani a Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet dolgozóinak a közös munkáért és az általuk nyújtott segítségért, kiemelten Dr. Fórián Tündének köszönöm a térinformatika területén adott iránymutatásait.

Köszönettel tartozom a Debreceni Egyetem Karcagi Kutató Intézet előző igazgatójának, Dr. Blaskó Lajos Professzor Úrnak, hogy a karcagi kutató munkám engedélyezte, valamint az intézet munkatársainak a karcagi kutatások lefolytatásában nyújtott segítségükért.

Köszönettel tartozom volt szakdolgozómnak, Riczu Péternek a terepi mintavételezésben nyújtott segítségéért.

Köszönöm családomnak és barátaimnak a kitartást, türelmet és támogatást.

NYILATKOZAT

Ezen értekezést a Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Karán a Kerpely Kálmán Doktori Iskola keretében készítettem, a Debreceni Egyetem doktori (Ph.D.) fokozatának elnyerése céljából.

Debrecen, 2014. szeptember 24.

.....
a jelölt aláírása

NYILATKOZAT

Tanúsítom, hogy Szöllősi Nikolett doktorjelölt 2013-ban a fent megnevezett Doktori Iskola keretében irányításommal végezte munkáját. A zeértekezésben foglalt eredményekhez a jelölt önálló alkotó tevékenységével meghatározóan hozzájárult, az értekezés a jelölt önálló munkája. Az értekezés elfogadását javaslom.

Debrecen, 2014. szeptember 24.

.....
a témavezető aláírása