NÖVÉNYTERMESZTÉSI RENDSZEREK HATÁSA A TALAJ SZERVES SZÉN MENNYISÉGÉRE, VALAMINT EGYES TALAJTULAJDONSÁGOKRA

DOKTORI ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

Gál Anita

Gödöllő

2006

A doktori iskola

megnevezése: Környezettudományi

tudományága: Talajtan, agrokémia, környezeti kémia

vezetője: Prof. Menyhért Zoltán
egyetemi tanár
Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar,
Környezetgazdálkodási Intézet, Ökológiai Mezőgazdasági Tanszék

témavezető: Prof. Michéli Erika
egyetemi tanár
Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar
Talajtani és Agrokémiai Tanszék

társ-témavezető: Prof. Tony J. Vyn
egyetemi tanár
Purdue University, School of Agriculture, Department of Agronomy
West Lafayette, Indiana, USA

....

Az iskolavezető jóváhagyása A témavezető jóváhagyása

BEVEZETÉS

A téma aktualitása és jelentősége

Az elmúlt 150 év alatt a légkör szén-dioxid tartalma mintegy 30 %-kal megemelkedett. A szén-dioxid és más üvegházhatású gázok légköri koncentrációja szoros összefüggésben áll a globális klímaváltozással. Az éghajlatváltozás hazai veszélyeivel számos kutató (Németh et al. (1998, 2002), Faragó és Kerényi (2003), Faragó et al. (2004), Várallyay (2004)), illetve a Változás–Hatás-Válasz Program (VAHAVA, 2006) foglalkozott és hívták fel a figyelmet a negatív következmények megelőzésének fontosságára.

A légköri szén-dioxid koncentráció csökkentésének egyik lehetősége a szén megkötése a légkörből a talajban. A talajban raktározott szén mennyisége közel háromszorosa a talajfelszín feletti biomassza és körülbelül kétszerese az atmoszféra széntartalmának (Eswaran et al., 1993).

A talajhasználattól függően a talajok az üvegházhatású gázokat elnyelhetik, vagy kibocsáthatják. A hagyományos művelést gyakran a szerves széntartalomban bekövetkező veszteség kíséri, míg kevésbé intenzív művelési rendszerek (például a művelés nélküli direktvetés) alkalmazásakor a talaj szenet köthet meg. A legtöbb szénmegkötést vizsgáló tanulmány azonban csak a szántott réteget vizsgálta és nem számolt a mélyebb rétegekben esetleg végbemenő változásokkal (West és Post, 2002), valamint egy adott területre vonatkozó becslések is a 0-30 cm-es mélység alapján készülnek.

A tanulmány célkitűzései

A talaj szénmegkötését vizsgáló tanulmányok többsége az utóbbi években a globális klímaváltozáshoz kapcsolódott, azonban a talajművelés okozta változások megértése több szempontból is fontos. A fenntartható mezőgazdasági termelésben a talaj szervesanyag minőségének és mennyiségének megőrzése kulcsfontosságú, hiszen a szervesanyag tartalom újbóli növelése hosszú és bonyolult folyamat. Doktori kutatásom fő célja – a talaj szénmegkötő képességének vizsgálata – mellett egyéb talajfizikai és talajkémiai paramétereket is vizsgáltam, melyek segítségével a különböző művelési rendszerek és a vetésváltás hatása a talajra együttesen jellemezhető.

Mindezek alapján célkitűzéseim a következők voltak:

- meghatározni a hagyományos művelés (szántás), csökkentett művelési rendszer (nehézkultivátorozás), művelési és vetési mód váltás valamint talajkímélő művelés (művelés nélküli direktvetés) hatását a talaj szerves szén és összes nitrogén tartalmára és mélységbeli eloszlására kukorica monokultúrában és szója-kukorica vetésváltásban külön az egyes mintázási szintekben és 1 m mélységig,
- vizsgálni a különböző talajművelési rendszerek és a vetésváltás hatását egyes talajfizikai tulajdonságokra (térfogattömeg, aggregátumstabilitás és víztartó-képesség), melyeket a talaj szervesanyag-tartalma befolyásol,
- vizsgálni a különböző talajművelési rendszerek és a vetésváltás hatását a talaj tápanyagellátottságára és a talaj pH-ra,
- meghatározni hasonlóságokat és különbségeket a különböző talajművelési rendszereket és növényi sorrendet reprezentáló kevert talajmintákból kivont huminsav és fulvosav frakciók elemi és molekuláris összetételében.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Mintavételi helyszínek

Kutatásomhoz két mintavételi helyszínt választottam ki, mindkét kísérleti terület a Purdue Egyetem Mezőgazdasági Kutatási és Oktatási Központjának (Agronomy Center for Research and Education) területén, West Lafayette közelében (USA, Indiana állam) található. A talaj sötét színű, nagy agyagtartalmú, agyagos vályog fizikai féleségű csernozjom réti talaj, - Typic Endoaquolls az USA Talajosztályozás (Keys to Soil Taxonomy) (Soil Survey Staff, 2006) és Gleyic Chernozem a Világ Talaj Referencia Rendszer (World reference base for soil resources) (IUSS working group, 2006) szerint - mely a felszíni 30 cm-es rétegben körülbelül 4 % szervesanyagot tartalmaz.

A **Purdue - Talajművelési Tartamkísérletet** 1975-ben kezdték el. Az elrendezés típusa kéttényezős osztott parcellás kísérlet négy szántóföldi ismétlésben. A kezelések közül a hagyományos szántást (SZ) és művelés nélküli direktvetést (DV) mintáztam meg kukorica (*Zea mays* L.) monokultúrában (KK) és szója (*Glycine max* (L.) Merr.)-kukorica vetésváltásban (SzK). Az őszi szántás mélysége 20-25 cm, a direktvetést egy menetben végzik. (West et al., 2002).

A **Purdue - Integrált Növényvédelmi Kísérletet** 1980-ban kezdték el. Az elrendezés típusa véletlen blokk négy szántóföldi ismétléssel (Sváb, 1981; Martin et al., 1991; Schreiber, 1992). A következő kezeléseket mintáztam meg kukorica monokultúrában:

- Művelés nélküli direktvetés (DV) – direktvetés 1980-2003 között (24 évig)
- Rövidtávú direktvetés (RT-DV) – szántás 1980-1996 között (17 évig)
  nehézkultivátoros művelés 1997-ben (1 évben)
  művelés nélküli direktvetés 1998-2003 között (6 évig)
- Rövidtávú nehézkultivátoros művelés (RT-NK) – szántás 1980-1996 között (17 évig)
  nehézkultivátoros művelés 1997-2003 között (7 évig)
- Nehézkultivátoros művelés (NK) – nehézkultivátoros művelés 1980-2003 között (24 évig).

Vizsgált paraméterek

Kémiai vizsgálatok

- Szerves szén (OC) és összes nitrogén (N) koncentráció (g/kg) (száraz égetéses eljárás)
- Szervesanyag (SZA) koncentráció (%) és talaj C/N arány
- Szerves szén és összes nitrogén tartalom (t/ha) 1 m mélységben és egyenlő talajtömegben
- Talaj foszfor (P), kálium (K) és kálcium (Ca) koncentrációja (ppm) és talaj pH (H_2O)
- A kivont és frakcionált humuszanyagok elemi összetétele (C, N, H, O koncentráció (%), C/N arány, H/C arány és huminsav - fulvosav arány (HS/FS arány))
- A kivont és frakcionált humuszanyagok molekuláris összetétele (Fourier transzformációs infravörös spektroszkópia).

Fizikai vizsgálatok

- Térfogattömeg (Tf) (g/cm^3)
- Makroaggregátumstabilitás nedves szitálással (közepes mért átmérő (KMÁ) meghatározás)
- Mikroaggregátumstabilitás reológiai módszerrel (Vane rotor)
- Víztartó-képesség bolygatatlan mintákon (pF 1,7 ; pF 2 ; pF 2,5), és bolygatott mintákon (pF 4,2) (térfogatszázalékban (tf%) és tömegszázalékban (t%)).

Statisztikai elemzés

Varianciaanalízist (ANOVA) végeztem a mintavételi mélységeken belül, és a középértékek közötti különbségeket a legkisebb szignifikáns differencia meghatározásával teszteltem P=0,05 szinten (SAS Institute, Inc., 2002). A humuszanyagok vizsgálatakor a középértékek átlagos négyzetes eltérését számoltam ki.

EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

A doktori értekezésben bemutatott eredmények közül az alábbiakban a legfontosabbakat ismertetem.

SZERVES SZÉN, ÖSSZES NITROGÉN, C/N ARÁNY ÉS TÉRFOGATTÖMEG

Purdue - Talajművelési Tartamkísérlet

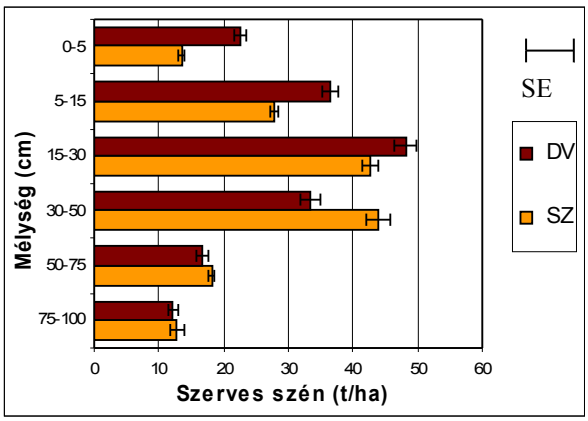
A művelésnek nagyobb hatása volt a talaj szén és nitrogén tárolására és térfogattömegére (1. táblázat, 1-2. ábra), mint a vetésváltásnak (2. táblázat, 3-4. ábra). A vetésváltás × művelés kölcsönhatás következetesen nem volt szignifikáns.

1. táblázat A művelés hatása (a két vetésváltás átlagolva) a szerves szén, szervesanyag, és összes nitrogén koncentrációra, C/N arányra és térfogattömegre az egyes mintavételi szintekben 1 m mélységig

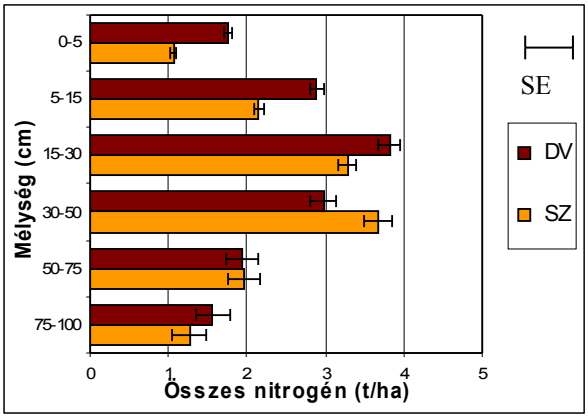
Mélység (cm)	OC (g/kg)			SZA (%)			N (g/kg)			C/N arány		Tf (g/cm^3)		
	DV		SZ	DV		SZ	DV		SZ	DV	SZ	DV		SZ
0-5	35,7	**	23,9	6,2	**	4,1	2,8	**	1,9	14,9	15,1	1,26	**	1,13
5-15	26,6	*	24,1	4,6	*	4,1	2,1	*	1,9	14,8	15,4	1,37	**	1,16
15-30	22,9		24,5	3,9		4,2	1,8		1,9	14,9	15,4	1,40	**	1,16
30-50	11,6	*	15,2	2,0	*	2,6	1,0	*	1,3	13,8	14,5	1,44		1,45
50-75	4,7		5,1	0,8		0,9	0,6		0,6	14,1	14,9	1,42		1,44
75-100	3,1	*	3,5	0,5		0,6	0,4		0,3	12,4	13,3	1,55		1,50

* Szignifikáns különbségek a két művelési rendszer között P=0,05 szinten
** Szignifikáns különbségek a két művelési rendszer között P=0,01 szinten
DV – művelés nélküli direktvetés SZ – szántás

A szerves szén és összes nitrogén tartalom (t/ha) nagyobb volt direktvetésben, mint a szántott talajban a 0-30 cm mélységben, azonban a 30-50 cm-es mélységben a szántott talaj rendelkezett szignifikánsan nagyobb szerves szén és összes nitrogén tartalommal.



1. ábra Szerves szén tartalom egységnyi területen a két művelési rendszer esetén az egyes mintavételi szintekben 1 m mélységig

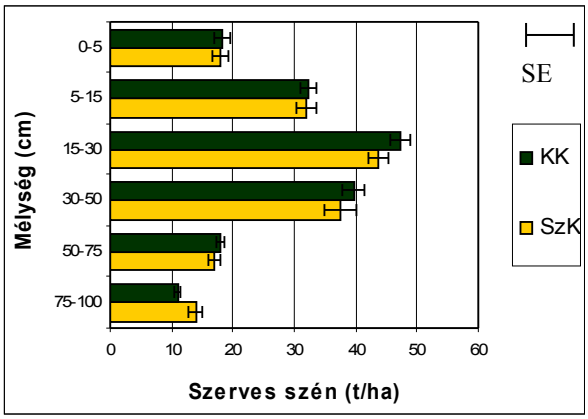


2. ábra Összes nitrogén tartalom egységnyi területen a két művelési rendszer esetén az egyes mintavételi szintekben 1 m mélységig

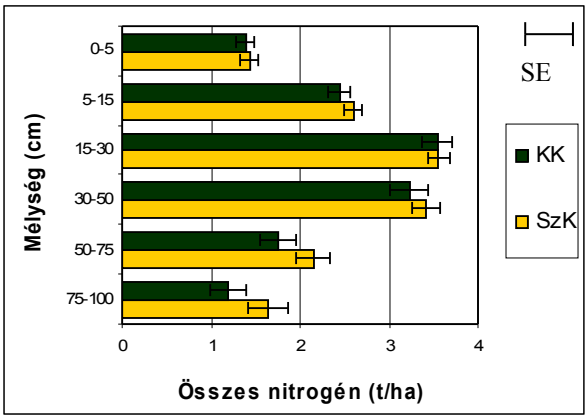
2. táblázat Vetésváltás hatása (a két művelési rendszer átlagolva) a szerves szén, szervesanyag, és összes nitrogén koncentrációra, C/N arányra és térfogattömegre az egyes mintavételi szintekben 1 m mélységig

Mélység (cm)	OC (g/kg)		SZA (%)		N (g/kg)		C/N arány		Tf (g/cm^3)	
	KK	SzK	KK	SzK	KK	SzK	KK	SzK	KK	SzK
0-5	30,7	29,0	5,3	5,0	2,3	2,3	15,4	14,6	1,18	1,21
5-15	25,7	24,9	4,4	4,3	1,9	2,0	15,8	14,4	1,24	1,28
15-30	24,4	23,1	4,2	4,0	1,8	1,9	15,9	14,4	1,30	1,27
30-50	13,8	13,0	2,4	2,2	1,1	1,2	15,3	13,0	1,44	1,45
50-75	5,0	4,8	0,9	0,8	0,5	0,6	17,2	11,9	1,43	1,43
75-100	2,9 *	3,8	0,5	0,7	0,3	0,4	15,7	10,5	1,53	1,52

* Szignifikáns különbségek a két vetésváltás között P=0,05 szinten
KK – kukorica monokultúra SzK – szója-kukorica vetésváltás



3. ábra Szerves szén tartalom egységnyi területen a két vetésváltás esetén az egyes mintavételi szintekben 1 m mélységig



4. ábra Összes nitrogén tartalom egységnyi területen a két vetésváltás esetén az egyes mintavételi szintekben 1 m mélységig

Purdue - Integrált Növényvédelmi Kísérlet

A szerves szén, szervesanyag és összes nitrogén koncentráció csökkent a mélységgel mindegyik művelési rendszer esetén. A térfogattömeg növekedett a mélységgel, de a különböző művelési rendszerek nem befolyásolták szignifikánsan egyik mintavételi mélységben sem. A szerves szén és összes nitrogén tartalomra megállapított trendet 1 m mélységig és egységnyi talajtömegre kiszámolva az alábbiakban összegzem:

Az 1 m mélységig megállapított trend a következő.

Szerves szén mennyiség (t/ha): RT-DV = DV > RT-NK > NK
Összes nitrogén mennyiség (t/ha): RT-NK > DV > RT-DV > NK

Az egyenlő talajtömegre megállapított trend a következő.
Szerves szén mennyiség (t/ha): DV = RT-DV > RT-NK > NK
Összes nitrogén mennyiség (t/ha): RT-NK > DV > RT-DV > NK

A TALAJ FOSZFOR, KÁLIUM, KÁLCIUM KONCENTRÁCIÓJA ÉS PH-JA

A talaj pH-jának és tápanyagtartalmának vizsgálata részben magyarázatot adhat a növény- és gyökérfejlődésben a művelés és vetésváltás hatására kialakuló lehetséges különbségekre, így információt szolgáltat a talajba visszajuttatott növényi maradványok mennyiségéről, a gyökérrendszer növekedéséről és vertikális rétegződéséről.

Purdue - Talajművelési Tartamkísérlet

Általában elmondható, hogy a művelés hatása jobban kifejezésre jutott, mint a vetésváltás hatása. A művelés és vetésváltás kölcsönhatása nem volt szignifikáns egyik tápanyagra sem. A művelés hatását a 3. táblázat mutatja.

3. táblázat A művelés hatása (a két vetésváltás átlagolva) a talaj pH-jára, foszfor, kálium és kálcium koncentrációjára az egyes mintavételi szintekben 1 m mélységig

Mélység	pH		P		K		Ca	
	(H_2O)		(ppm)		(ppm)		(ppm)	
(cm)	DV	SZ	DV	SZ	DV	SZ	DV	SZ
0.5	7,05 **	6,65	161,7 **	52,5	527,4 **	153,9	2949	3122
5-15	5,94 **	6,74	100,8 **	47,7	225,9 **	146,7	2603 **	3138
15-30	5,39 **	6,78	59,1	54,6	115,5 **	181,3	2236 **	3176
30-50	6,38	6,61	12,6 *	22,4	100,6 **	121,5	3239	3224
50-75	6,99	7,02	5,5 *	4,8	96,4	97,1	3056	3092
75-100	7,51	7,48	6,0 *	4,9	90,1	89,5	2676	2787

* Szignifikáns különbségek a két művelési rendszer között P=0,05 szinten
** Szignifikáns különbségek a két művelési rendszer között P=0,01 szinten
DV – művelés nélküli direktvetés SZ – szántás

Purdue - Integrált Növényvédelmi Kísérlet

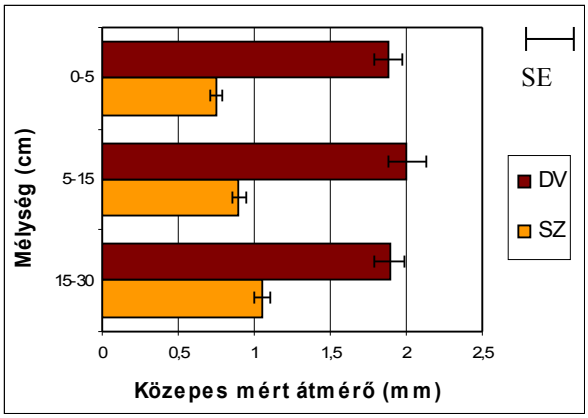
A talaj foszfor és kálium koncentrációja mindegyik művelési rendszer esetén csökkent a mélységgel. Habár a direktvetésben valamivel alacsonyabb volt a pH, mint a többi kezelésben, a művelés pH-ra gyakorolt hatása nem volt statisztikailag kimutatható.

A P és K koncentrációk mindegyik kísérleti területen az USA-ban használt műtrágyázási ajánlások (Tri-State Fertilizer Recommendations) (Vitosh et al., 1995) elfogadott kritikus értékei felett voltak és valószínűleg nem befolyásolták kedvezőtlenül a növényi biomassza produkciót egyik művelési rendszer esetén sem.

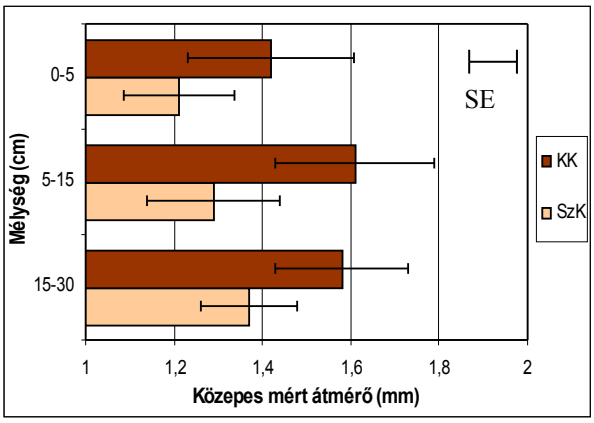
AGGREGÁTUMSTABILITÁS

Makroaggregátumstabilitás

A makroaggregátumstabilitást statisztikailag igazolhatóan befolyásolta a művelés (5. ábra), a vetésváltás (6. ábra) és bizonyos mélységekben ezek kölcsönhatása is. A makroaggregátumstabilitás következetesen nagyobb volt a direktvetéses talajban, mint a szántott parcellákban minden vizsgált mélységben. Ami a vetésváltás hatását illeti, a kukorica monokultúrában nagyobb volt a közepes mért átmérő, mint a szója-kukorica vetésváltásban, minden mintavételi mélységben.



5. ábra A művelés hatása a makroaggregátum-stabilitásra az egyes mintavételi szintekben 30 cm mélységig



6. ábra A vetésváltás hatása makroaggregátum-stabilitásra az egyes mintavételi szintekben 30 cm-es mélységig

Mikroaggregátumstabilitás

A mikroaggregátumstabilitást reológiai mérések alapján az abszolút folyáshatár értékekkel jellemezve úgy tűnik, hogy a mikroaggregátumstabilitást a művelés és a vetésváltás is befolyásolta (4. táblázat), bár a különbségek statisztikai igazolására nem történt elemzés a kis számú ismétlés miatt.

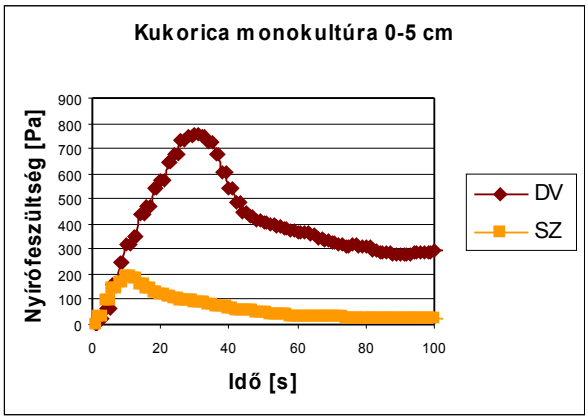
Az abszolút folyáshatár azt a nyírófeszültség értéket adja meg, amelyet a mikroaggregátumokban a részecske-részecske közötti kapcsolatok már nem tudnak tolerálni, a kötések megszakadnak és a talajszuszpenzió elfolyósodik.

4. táblázat A művelés és vetésváltás hatása a mikroaggregátumstabilitásra az egyes mintavételi szintekben 30 cm mélységig

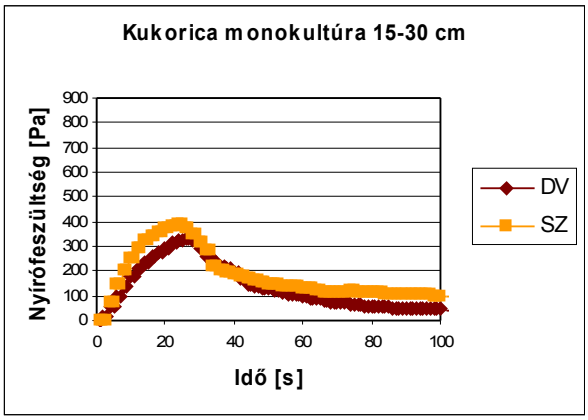
Mélység (cm)	Abszolút folyáshatár (Pa)			
	Direktvetés		Szántás	
	KK	SzK	KK	SzK
0-5	755	826	170	393
5-15	462	636	183	471
15-30	331	372	385	408

KK – kukorica monokultúra SzK – szója-kukorica vetésváltás

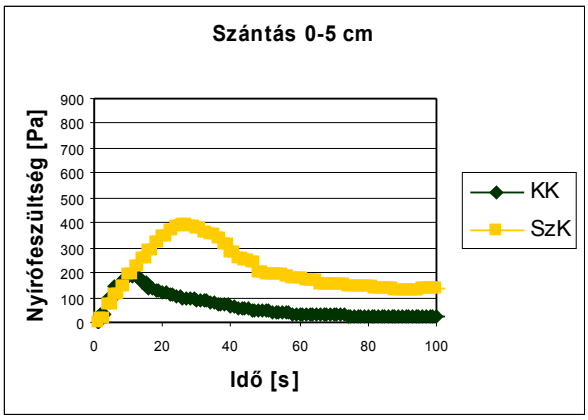
A kapott értékeket a makroaggregátum stabilitással összehasonlítva azt tapasztaltam, hogy míg a makroaggregátum stabilitás a mikroaggregátum stabilitáshoz hasonlóan nagyobb volt a direktvetéses parcellákban a szántott talajhoz képest (7-8. ábra), addig a termesztett növények hatása ellenkező módon érvényesült. A kukorica monokultúra nagyobb makroaggregátumstabilitást, de kisebb mikroaggregátumstabilitást eredményezett (9-10.ábra), mint a szója-kukorica vetésváltás.



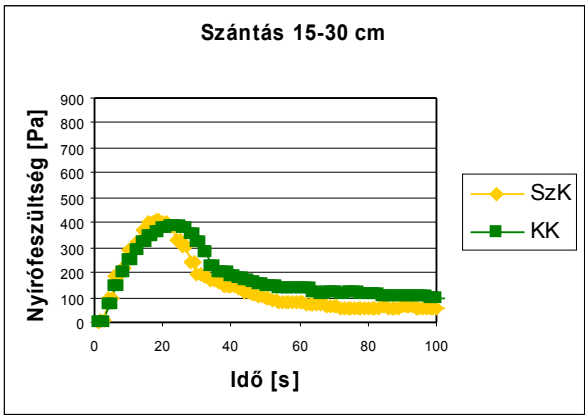
7. ábra A művelés hatása a mikroaggregátum-stabilitásra a 0-5 cm-es mintavételi mélységben kukorica monokultúrában



8. ábra A művelés hatása a mikroaggregátum-stabilitásra a 15-30 cm-es mintavételi mélységben kukorica monokultúrában



9. ábra A vetésváltás hatása a mikroaggregátum-stabilitásra a 0-5 cm-es mintavételi mélységben szántás esetében



10. ábra A vetésváltás hatása a mikroaggregátum-stabilitásra a 15-30 cm-es mintavételi mélységben szántás esetében

VÍZTARTÓ-KÉPESSÉG

A víztartó-képességet a művelés befolyásolta (5. táblázat), de a vetésváltás nem; a vetésváltás × művelés kölcsönhatása sem volt statisztikailag igazolható.

A művelés hatása a talaj térfogatszázalékban (tf %) kifejezett nedvességtartalmára szignifikáns volt P=0,01 szinten minden mintavételi mélységben, minden mért vízkapacitás értéknél (pF 1,7; pF 2 és pF 2,5). A művelés hatása a tömegszázalékban (t %) kifejezett víztartó-képességre kevésbé volt kifejezett.

5. táblázat A művelés hatása (a két vetésváltás átlagolva) a talaj térfogatszázalékban kifejezett nedvességtartalmára pF 1,7; pF 2 és pF 2,5 vízkapacitás értékeknél az egyes mintavételi szintekben 30 cm-es mélységig

Mélység (cm)	Nedvességtartalom térfogatszázalékban (cm^3/cm^3)					
	pF 1,7		pF 2		pF 2,5	
	DV	SZ	DV	SZ	DV	SZ
0-5	41 **	35	40 **	33	38 **	30
5-15	40 **	34	39 **	33	38 **	32
15-30	38 **	35	37 **	34	36 **	33

** Szignifikáns különbségek a két művelési rendszer között P=0,01 szinten
DV – művelés nélküli direktvetés SZ – szántás

A HUMUSZANYAGOK ELEMI ÖSSZETÉTELE

A huminsavak elemi összetétele a következő volt: szén 35,3-46,0 %, hidrogén 4,5-5,9 %, nitrogén 3,7-5,3 % és oxigén 44,1-56,0 %. A fulvosav frakció 26,3-38,2 % szenet, 4,8-6,6 % hidrogént, 3,4-4,2 % nitrogént és 51,1-65,5 % oxigént tartalmazott. A C/N arány huminsavak esetében 9,3 és 13,2 közötti, míg fulvosavakban 8,9-11,3 közötti értéket mutatott. A H/C arány értéke 1,3 és 1,6 között volt a huminsavak esetében és 2,0 és 2,3 között fulvosavaknál, ami arra utal, hogy a huminsavak több aromás komponenssel rendelkeznek, mint a fulvosavak.

A huminsav-fulvosav arány (HS/FS arány) a huminsavak és fulvosavak egymáshoz viszonyított mennyisége. Értéke 1,21 és 0,43 között volt és a mélységgel csökkent, jelezve azt, hogy a huminsav frakció aránya csökken és a fulvosav frakció aránya nő mélységgel lefelé haladva. A HS/FS arány nagyobb volt kukorica monokultúrában, mint a szója-kukorica vetésváltásban, valamint nagyobb volt direktvetésben, mint a szántott parcellákban, utalva a nagyobb molekulaméretű szerves kolloid frakcióra ezekben a kezelésekben.

A HUMUSZANYAGOK MOLEKULÁRIS ÖSSZETÉTELE

A humuszanyagok komplex, heterogén molekulák, ennek következtében FTIR spektrumuk is igen összetett. A spektrumokat egymást átfedő és széles csúcsok alkotják, ami értékelésüket megnehezíti. Amikor összehasonlítjuk az egy kezelésből, de különböző mintavételi mélységekből származó mintákat, azt figyelhetjük meg, hogy a direktvetéses parcellákból a különböző mintavételi mélységekből származó minták spektrumai változatosabbak, mint a szántott parcellákból származó talajok spektrumai. Szintén több eltérést lehet megfigyelni a felszíni szintből (0-5 cm) származó spektrumokon, mint a mélyebb 15-30 cm-es, és 30-50 cm-es mintavételi mélységekből származókon. A huminsav spektrumok szintén nagyobb variabilitást mutattak, mint a fulvosavak spektrumai.

ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK ÖSSZEFOGLALÁSA

Vizsgálataim alapján új tudományos eredményeim a következők:

1. Megállapítottam, hogy a művelés nélküli direktvetés jelentősen több szerves szenet és összes nitrogént tartalmaz a 0-30 cm-es mélységben, de nagy mértékű csökkenés tapasztalható a szántott parcellákhoz képest direktvetés esetén a 30-50 cm-es mélységben. E két művelési rendszerben hasonló volt a talaj szerves szén és összes nitrogén tartalma az 50-100 cm-es mélységben.

2. Különböző művelési rendszerek szerves szénmegkötő képességének összehasonlításakor a megállapítások pontosabbá tehetők, amennyiben a talajban a szerves szén akkumulációját 1 m mélységig vizsgálják. Továbbá, pontosabban becsülhető a valós szerves szén és összes nitrogén tartalom az egyes mintázási mélységekben, ha a talaj szerves szén és összes nitrogén tartalmát nem koncentrációban (g/kg) adják meg, hanem - figyelembe véve a különböző művelési rendszerek között a térfogattömegben adódó különbségeket - egységnyi területre vonatkoztatott tömegben (t/ha) vagy a térfogattömeggel korrigált egységnyi talajtömegre vonatkoztatva (t/ha).

3. Kukorica monokultúra alatt a talaj több szerves szenet tárolt, mint szója-kukorica vetésváltás esetén, de ez a többlet nem volt jelentős annak ellenére, hogy a kukorica monokultúrában a talajba visszajutott növényi biomassza mintegy 30 %-kal több, mint szója-kukorica vetésváltás esetén. A két vetésváltás esetén közel hasonló mennyiségben felhalmozódott szerves szén arra utal, hogy a maradványok mennyisége nem a legfontosabb tényező a talaj szénmegkötésében.

4. A direktvetés, a szántás és a nehézkultivátoros művelés szerves széntartalomra gyakorolt hatását összehasonlítva azt állapítottam meg, hogy ezeknek a művelési rendszereknek az alkalmazásával a talajban a szerves szén felhalmozódása a fenti sorrendben csökken.

5. Az aggregátumstabilitás vizsgálatok alapján azt a következtetést vontam le, hogy a kukorica és szója növények maradványai más típusú humuszanyagok képződésében vesznek részt, így az aggregátumstabilitás kialakulásának is más-más szakaszában és szintjén játszanak fontos szerepet.

6. Megállapítottam, hogy a 0-30 cm-es mélységig vizsgált mindhárom talajrétegben, a pF-görbe mindegyik mért pontján nagyobb volt a térfogatszázalékos nedvességtartalom a direktvetéses művelési rendszer alkalmazásakor, mint a szántás esetében. A vetésváltás víztartó képességre gyakorolt hatása nem volt igazolható.

7. A talaj humuszanyagainak vizsgálata során igazolni tudtam a különböző művelési rendszerek, a vetésváltás és a talajmélység hatására kialakuló különbségeket a különböző kezelésekből és mélységekből vett minták spektrumain. A vetésváltással összefüggő eltéréseket tapasztaltam a talajok huminsav/fulvosav arányában.

8. A 6 év direktvetés a 17 év szántásos periódust követően ugyanakkora széntartalmat eredményezett, mint a 24 éven át tartó folyamatos direktvetés, ami azt mutatja, hogy ezen a talajtípuson, az adott termesztési körülmények mellett a szántott és direktvetéses talajok között 17 év alatt kialakuló különbségek a széntárolásban kiegyenlítődtek, tehát a talaj képes szénmegkötésre bizonyos művelési rendszerek alkalmazása esetén.

JAVASLATOK

JAVASLATOK A GYAKORLATI ALKALMAZÁSHOZ

Különböző művelési rendszereknek és növényi sorrendeknek a talaj szénmegkötő képességére gyakorolt hatásának megítélésekor fontos, hogy mintavételkor a művelés mélysége alatti rétegeket is megmintázzuk, és az így kapott eredmények alapján vonjunk le következtetéseket az adott területre vonatkozóan.

Eredményeim azt mutatják, hogy a szerves szén tárolás szempontjából kisebb a különbség a direktvetés és a szántás között, mint a direktvetés és a nehézkultivátoros művelés között, ezért, ha néhány évnyi direktvetést követően szükségessé válik a talaj művelése, akkor a szántást ajánlom, amely előnyösebb a szénmegkötés szempontjából, mint a nehézkultivátoros művelés. Emellett a rövid távú direktvetés jelentősen nagyobb szén tárolása a nehézkultivátoros műveléssel szemben, a direktvetés nagyobb területen való alkalmazására hívja fel a figyelmet, még akkor is, ha ez rövidtávon történik. Eredményeim azt mutatják, hogy direktvetéses területek időnkénti hagyományos megművelése nem kedvezőtlenebb a folyamatos direktvetésnél a szénmegkötés szempontjából. Eltérő termesztési adottságokkal rendelkező területek és különböző talajtípusok megmintázása és vizsgálata szükséges azonban ennek a megállapításnak a széleskörű adaptálásához, mielőtt konkrét ajánlásokat teszünk.

A talaj nagyobb összes nitrogén tartalommal rendelkezett a szója-kukorica vetésváltásban, illetve direktvetésben. Ez alapján kisebb nitrogén műtrágya adagok kijuttatását javaslom ezekben a kezelésekben.

JAVASLATOK TOVÁBBI KUTATÁSHOZ

A művelés és vetésváltás szerves szén és összes nitrogén tartalomra gyakorolt hatását jobban meg lehetne érteni, ha több információ állna rendelkezésünkre a felszín alatt keletkező biomasszáról. A gyökerezési mélység vizsgálata a szántott réteg alatt jelentősen hozzájárul a talaj széntárolásának pontosabb becsléséhez. Szintén javaslom a talaj pH hatásának vizsgálatát a gyökérnövekedésre, hiszen az alacsony pH bizonyos mélységekben a hosszútávú direktvetés esetén részben megmagyarázhatja, miért csökken a szerves szén tartalom a mélységgel és a csökkenő pH-val párhuzamosan direktvetésben, de nem a szántott parcellákban.

A humuszanyagok vizsgálatakor, a spektrumokból nyert információ sok esetben nem egyértelműen döntő, hiszen az egyes csúcsok funkciós csoportokhoz rendelése nem egyértelmű komplex összetételű anyagokban. Ezért eredményeimet más módszerekkel is alá kellene támasztani, például ^{13}C szilárdtest mágneses magrezonancia spektroszkópiával és az E_4/E_6 arány meghatározásával. Ahhoz, hogy különböző talajművelési rendszerek szénmegkötésre gyakorolt hatását jobban megértsük, szükséges, hogy nagyobb hangsúlyt fektessünk a művelés és vetésváltás különböző szervesanyag frakciókra (aktív és passzív) gyakorolt hatásának vizsgálatára.

IRODALOMJEGYZÉK

ESWARAN, H., E. VAN DEN BERG, and P. REICH (1993): Organic carbon in soils of the world. *Soil Science Society of America Journal* 57:192-194.

FARAGÓ, T., és A. KERÉNYI (2003): Nemzetközi együttműködés az éghajlatváltozás veszélyének, az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentésére. Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium és a Debreceni Egyetem, Budapest - Debrecen. p. 70.

FARAGÓ, T., A. KERÉNYI, P. CSÓKA, P. CSORBA, I. FAZEKAS, C. MÁTYÁS, és G. SZABÓ (2004): Globális környezeti problémák és a riói megállapodások végrehajtásának helyzete. Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium és a Debreceni Egyetem, Debrecen. p. 166.

GLOBÁLIS KLÍMAVÁLTOZÁS PROGRAM. Változás—Hatás—Válasz-program (VAHAVA) (2006). Magyar Tudományos Akadémia. www.vahava.hu

IUSS WORKING GROUP (2006): World reference base for soil resources (WRB). A framework for international classification, correlation and communication. 2nd ed. *World Soil Resources Report No. 103.* FAO, Rome. p. 145.

MARTIN, M.A., M.M. SCHREIBER, J.R. RIEPE, and J.R. BAHR (1991): The economics of alternative tillage systems, crop rotations, and herbicide use on three representative East-Central Corn Belt Farms. *Weed Science* 39:299-307.

NÉMETH, T., P. CSATHÓ, and A. ANTON (1998): Soil carbon dynamics in relation to cropping systems in principal ecoregions of Eastern Europe, with particular regard to Hungarian experiences. In: R. Lal, J.M. Kimble, R.F. Follett and B.A. Stewart (Eds.) *Management of carbon sequestration in soil. Advances in Soil Science.* Chapter 18. CRC Press, Boca Raton, FL. p. 255-283.

NÉMETH, T., E. MICHÉLI, and L. PÁSZTOR (2002): Carbon balances in Hungarian soils, In: J. M. Kimble, Lal, R., Follett, R.F. (Eds.) *Agricultural practices and policies for carbon sequestration in soil*, Chapter 43. Lewis Publishers, Boca Raton, FL. p. 449-457.

SAS INSTITUTE. 2002. The SAS system for Microsoft Windows. Release 8.2. SAS Inst., Cary, NC.

SCHREIBER, M.M. (1992): Influence of tillage, crop rotation, and weed management on giant foxtail population dynamics and corn yield. *Weed Science* 40:645-653.

SOIL SURVEY STAFF (2006): Keys to Soil Taxonomy. 10th edition. Natural Resources Conservation Service, United States Department of Agriculture, Washington DC, USA. p. 341.

SVÁB, J. (1981): Biometriai módszerek a kutatásban. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. p. 85-261.

VÁRALLYAY, GY. (2004): Talajvédelmi stratégia az EU-ban és Magyarországon. *Talajvédelem, Különszám*. Talajtani Vándorgyűlés, Kecskemét. Talajvédelmi Alapítvány. p. 11-22.

VITOSH, M.L., J.W. JOHNSON, and D.B. MENGEL (1995): Tri-state fertilizer recommendations for corn, soybeans, wheat, and alfalfa. Extension Bulletin E-2567. Michigan State Univ., East Lansing, MI.

WEST, T.D., T.J. VYN, and G.C. STEINHARDT (2002): Cropping systems research report. Purdue University, Agronomy Department, West Lafayette. p. 3-13.

WEST, T.O., and W.M. POST (2002): Soil organic carbon sequestration rates by tillage and crop rotation: a global data analysis. *Soil Science Society of America Journal* 66:1930-1946.

AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉHEZ KAPCSOLÓDÓ KÖZLEMÉNYEK

Konferencia absztraktok

1. **A. Gál,** T. Szegi, B. Simon, B. Szeder, E. Michéli, E. Tombácz, Ádám Zsolnay, and J. Akagi. 2006. "Indicators of Soil Degradation Processes on a Chernozem Field in Hungary" 18th World Congress of Soil Science, Philadelphia, Pennsylvania, USA, 2006 (poszter)

2. R. A. Omonode, **A. Gál,** D.R. Smith, and T. J. Vyn. 2006. "Tillage and Rotation Effects on Greenhouse Gas Fluxes in Long-Term Corn-Soybean Systems" 18th World Congress of Soil Science, Philadelphia, Pennsylvania, USA, July 9-16, 2006 (poszter)

3. R. A. Omonode, **A. Gál**, D. E. Stott, S. Abney, T. J. Vyn. 2006. "Intermittent Chisel Tillage Effects on Soil Organic Carbon and Total Nitrogen Relative to Continuous No-Till and Chisel Plow Systems" 18th World Congress of Soil Science, Philadelphia, Pennsylvania, USA, July 9-16, 2006 (poszter)

4. **A. Gál**, E. J. Kladivko, E. Tombácz, E. Michéli, and T. J. Vyn. 2005. "Tillage and rotation effects on carbon sequestration and related aggregate stability" Abstract in CD of American Society of Agronomy Annual Meetings, Salt Lake City, USA, (szóbeli előadás)

5. **A. Gál**, P. Hegymegi, C. T. Johnston, E. Michéli, and T. J. Vyn. 2005. "Tillage and rotation induced differences in soil organic matter content and quality measured by several methods" Abstract in CD of American Society of Agronomy Annual Meetings, Salt Lake City, USA. (poszter)

6. **A. Gál**, T. J. Vyn, and R. A. Omonode. 2004. "Intermittent tillage effects on soil organic carbon relative to continuous no-till" Abstract in CD of American Society of Agronomy Annual Meetings. Seattle, USA. 2004. (poszter)

7. **A. Gál**, T. J. Vyn, E. Michéli, and E. J. Kladivko. 2004. "Sampling depth dependency of soil carbon changes with long-term tillage and rotation systems" Abstract in CD of American Society of Agronomy Annual Meetings Seattle, USA. (poszter)

8. T. Szegi, E. Michéli, E. Tombácz, and **A. Gál.** 2004. "Szerves-ásványi komplexek hatása a talaj mikroaggregátum stabilitására és tápanyag megkötésére" Talajtani Vándorgyűlés, Kecskemét, Hungary. (poszter)

9. **A. Gál,** E. Tombácz, T.J. Vyn, E. Micheli, and T. Szegi. 2003. "Impact of tillage on organic matter and aggregate stability" Abstract in CD of American Society of Agronomy Annual Meetings Denver, USA. (poszter)

10. **A. Gál**, E. Michéli, E. Tombácz, and T. Szegi. 2002. "Impact of soil degradation on organic matter and aggregate stability" Abstract in CD of American Society of Agronomy Annual Meetings Indianapolis, USA. (poszter)

11. T. Szegi, E. Michéli, E. Tombácz, **A. Gál**, and J. Lazányi. 2002. Rheological and adsorption properties of sand-clay complexes" Abstract in CD of American Society of Agronomy Annual Meetings Indianapolis. USA, 2002. (poszter)

Konferencia kiadványok

1. T.J. Vyn, R. A. Omonode, D. R. Smith, **A. Gal**, and P. Hegymegi. 2006 „Soil Sequestration and Gas Emissions of Carbon after 3 Decades of Tillage Systems for Corn and Soybean Production in Indiana" Proceedings (CD) of the 17th Triennial Conference of the International Soil Tillage Research Organisation (ISTRO). Kiel, Germany.

2. **A. Gál**, T. J. Vyn, P. Hegymegi, and E. Michéli. 2005. "Depth dependency in soil carbon sequestration" Proceedings of the IV. Alps-Adria Scientific Workshop. Portoroz, Slovenia. (Cereal Research Communications, Vol.33, p.369-372.) (szóbeli előadás)

3. P. Hegymegi, **A. Gál**, I. Czinkota, and T. J. Vyn. 2005. "Soil gas emission measurements in long term tillage experiments" Proceedings of the IV. Alps-Adria Scientific Workshop. Portoroz, Slovenia. (Cereal Research Communications, Vol.33, p.373-376.) (poszter)

4. T. Szegi, **A. Gál**, E. Michéli, and E. Tombácz. 2004. „Quantitative rheological parameters for predicting soil deformation" Eurosoil Conference. Freiburg, Germany. (szóbeli előadás)

5. E. Michéli, E. Tombácz, T. Szegi, and **A. Gál**. 2002. „Relationship of rheological parameters and erodibility of soils" Proceedings of the 12th International Soil Conservation Organization Conference. Beijing, China. Vol II. p. 110-115. 2002 (szóbeli előadás)

6. **A. Gál**, E. Michéli, und T. Harrach. 2002. „ Langzeiteffekte der Bodenbearbeitungssysteme auf die Humusqualität " Justus Liebig Egyetem - Szent István Egyetem Szimpózium. Gödöllő, 2002. (szóbeli előadás)

7. **A. Gál**, E. Michéli, E. Tombácz, and T. Harrach. 2002. „Impact of long-term tillage on organic matter and microaggregate stability". Proceedings of the I. Alps-Adria Scientific Workshop. p. 214-218., Opatija, Croatia. (poszter)

Tudományos folyóiratok

1. R. A. Omonode, T. J. Vyn, D.R. Smith, A. **Gál.** "Long-term Tillage Effects on Nitrous Oxide Fluxes in Continuous Corn and Corn-Soybean Rotation Systems" Journal of Environmental Quality. (előkészületben)

2. R. A. Omonode, T. J. Vyn, D. R. Smith, P. Hegymegi, **A. Gál.** "Soil carbon dioxide and methane fluxes from long-term tillage systems in continuous corn and corn-soybean rotations" Soil and Tillage Research. (bírálatra elküldve 2006. áprilisában)

3. **A. Gál**, E. Michéli, E. J. Kladivko, T. J. Vyn "Importance of depth in assessment of relative carbon and nitrogen accumulation with long-term no-till" Soil and Tillage Research. (bírálatra elküldve 2006. áprilisában)

4. R. A. Omonode, **A. Gál**, D. E Stott, T. S. Abney, and T. J. Vyn. 2006. "Short-term versus continuous chisel and no-till effects on soil carbon and nitrogen" Soil Science Society of Agronomy Journal. 70:419-425.

5. T. Szegi, E. Michéli, A. **Gál**, and E. Tombácz. 2004. **"**Művelt mezőségi talajok szerkezeti stabilitásának jellemzése a reológia módszerével" Agrokémia és Talajtan Vol. 53, p. 239-250. Budapest.