

1. A kísérleti módszerek, körülmények

A pályázatban szereplő célkitűzések megvalósításához a Pannon Egyetem Georgikon Karának (Keszthely) kísérleti telepén már évtizedek óta folyó szántóföldi kisparcellás kísérletek képezték alapját. A kísérletek tényezői és ezek kombinációi a kumulatív hatást is figyelembe véve viszonylagos pontossággal írják le a jelenségeket, a következtetések csak szignifikáns eredményeket tartalmaznak. A feldolgozott anyag azokat a fontosabb tápelemekkel kapcsolatos kísérleti eredményeket tartalmazza, amelyek még nem, vagy csak előadásokon vált publikussá. Az OTKA támogatásával készült publikációk listáját mellékeljük. Az alábbiakban közölt kísérletek és laborfeldolgozást többnyire vagy teljesen az OTKA T046845 sz. pályázata finanszírozta. A kísérletek feldolgozását, kivitelezését és kiértékelését a 2005-2006 és 2007. években végeztük el és foglaljuk össze rövid jelentésbe.

A kísérleti hely és talaja

A kísérleteket nyugat-magyarországi talaj és klimatikus viszonyok között folytattuk le, keleti hosszúság $17^{\circ} 14'$, északi szélesség $46^{\circ} 46'$, a talajtípus Ramann-féle barna erdőtípus (Eutric Cambisol) 112 m tengerszint feletti magasságnál. Az altalajvíz szintje általában 3 m mélységű. A térség mérsékelt csapadékmennyiséggel és enyhe hőmérsékleti kondíciókkal jellemezhető. Az évi csapadék összeg 683 mm, az éves átlagos hőmérséklet $10,5^{\circ}\text{C}$, (1901-2000).

Talajfizikai tulajdonságok:

- térfogattömeg	1,53 g cm ⁻³
- frakciók	< 0,2 μm 26,8 %
	6,3-2,0 10,8 %
	20 – 6,3 10,8 %
	63-20 5 51,6 %
	Kation kicserélő kapacitás 139 mval kg ⁻¹

Agrokémiai paraméterek: (természetes állapotú)

C _{org}	0,812 %
H %	1,2-1,8 %
N _{org}	0,08 %
y ₁	2,15
pH	7,1
P ₂ O ₅	22 mg kg ⁻¹
K ₂ O	57 mg kg ⁻¹
MgO	90 mg kg ⁻¹

Csapadék (mm)

	I.	II.	II.	I-III. össz.	IV.	V.	VI.	IV-VI. össz.	VII.	VIII.	IX.	VII-IX. össz.	X.	XI.	XII.	X-XII. össz.	Évi össz.	Elt. 100 éves átlagtól
1901-2000	34,5	35,0	38,5	108,0	52,0	69,0	79,0	200,0	76,0	72,0	61,0	209,0	56,0	61,0	49,0	166,0	683,0	-
2001-2005 átlag	30,72	34,28	39,7	104,7	64,82	37,38	42,08	144,28	56,52	77,04	62,32	195,98	52,68	36,72	47,14	136,54	598,96	-84,04
2006	40,1	28,4	26,7	95,2	82,1	99,8	84,6	266,5	20,8	140,0	11,1	171,9	14,3	21,3	11,3	46,9	580,5	-102,5
2007	31,8	48,4	62,9	143,1	2,1	119,9	53,5	175,5	58,2	114,7	95,4	268,3	41,8	54,8	28,4	125,0	711,9	+28,9

Hőmérséklet °C

	I.	II.	II.	I-III. átl.	IV.	V.	VI.	IV-VI. átl.	VII.	VIII.	IX.	VII-IX. átl.	X.	XI.	XII.	X-XII. átl.	Évi átlag	Elt. 100 éves átlagtól
1901-2000	-1,06	1,42	5,48	1,94	10,92	15,78	18,97	15,22	20,91	20,30	16,33	19,18	10,63	5,24	1,26	5,71	10,51	-
2001-2005 átlag	-0,8	0,72	5,86	2,086	10,46	17,06	19,7	15,74	21,36	20,96	15,14	19,15	11,18	5,8	1,0	5,59	10,65	+0,14
2006	-2,5	-0,1	4,0	1,4	12,1	15,1	19,1	15,43	22,6	18,2	17,1	19,3	12,4	6,7	3,0	7,36	10,87	+0,36
2007	4,2	5,4	7,6	5,73	12,8	17,5	21,1	17,13	21,9	20,4	13,6	19,3	9,1	3,9	-0,1	4,3	11,62	+1,11

Az OTKA támogatásával az alábbi tartamkísérleteket támogattuk és dolgoztuk fel:

1. Nemzetközi szerves és műtrágyázási kísérlet (IOSDV). International Organische- und Stickstoff Dauerversuche. Beállítás éve: 1984
2. Minimális és forgatásos talajművelési rendszerek vizsgálata bikultúrában. Beállítás éve: 1963.
3. Kukorica monokultúra trágyázása (NPK) Beállítás éve: 1969.
4. Szervestrágyázás és műtrágyázási kísérletek vetésforgókban (Kemenesy) Beállítás éve. 1963.
5. Precíziós kemizálási kísérlet kukorica monokultúrában. Beállítás éve: 2002.

A kísérletek elrendezése és kezelések

1. Kéttényezős sávos elrendezésű, 3 ismétléses randomizált kísérlet, parcellaméret (6x8m) bruttó 48 m². parcella szám: 135. (IOSDV)

Tényezők: A szerves és műtrágyák
a₁ (I) NPK
a₂ (II) NPK+35 t ha⁻¹ istállótrágya
a₃ (III) NPK+szalma, szár, zöldtrágya + N kiegészítés
B N műtrágya adagok
N₀-N₄, P₂O₅: 100 kg ha⁻¹, K₂O: 100 kg ha⁻¹

Vetésforgó: kukorica – őszi búza – őszi árpa

Istállótrágya kukorica alá szántva 35 t ha⁻¹ a vetésforgóban

Zöldtrágya: Raphanus sativus var. Oleiformis – alávetések, őszi árpa tarlójába

Szalma a III-as blokkban az ott termett melléktermék szecskázva leszántva (1 kg N/100 kg szalma SZA kiegészítéssel)

B Nitrogén műtrágyázás

	kukorica	ő.búza	ő.árpa
N ₀	-	-	-
N ₁	70	50	40
N ₂	140	100 (50+50)	80
N ₃	210	150 (50+50+50)	120 (80+40)
N ₄	280	200 (100+50+50)	160 (80+40+40)

2. A talajművelési kísérletet osztott parcellás (split-plot) elrendezésben 4 ismétlésben állítottuk be 1963-ban búza-búza-kukorica-kukorica bikultúrában.

Parcellaméret: 87 m² (6x14,5 m). Parcellaszám: 120.

A tényező: talajművelés

a₁ szántás + elmunkálás + vetőágy készítés

a₂ minimális talajművelés (no-tillage)

a₃ sekély, tárcsás művelés (tárcsás művelés 2-3-szor talajállapottól függően + vetőágy készítés)

B tényező: műtrágyázás

	N	N	
b ₁	0	0	P ₂ O ₅ , K ₂ O 100 kgha ⁻¹ egységesen
b ₂	180	120	
b ₃	240	160	
b ₄	300	200	
b ₅	360	240	
	kukorica	búza	

3. A kukorica monokultúrás kísérletet 1969-ben állítottuk be split-plot elrendezésben 4 ismétlésben. Parcella mérete: (18,0x14,3) 266,4 m², alparcella (14,8 x6,0) 88,8 m². Parcella szám: 48.

A tényező: műtrágya mennyisége

B tényező: N megosztás

Kezelés		N kg/ha			P ₂ O ₅ kg/ha	K ₂ O kg/ha
		ősz	Tavaszi1	Tavaszi2		
a ₁	b ₁	-	-	-	-	-
	b ₂	-	-	-	-	-
	b ₃	-	-	-	-	-
a ₂	b ₁	-	104,3	-	104,3	104,3
	b ₂	104,3	-	-	104,3	104,3
	b ₃	-	69,5	34,8	104,3	104,3
a ₃	b ₁	-	108,6	-	208,6	208,6
	b ₂	208,8	-	-	208,6	208,6
	b ₃	-	139,0	69,6	208,6	208,6
a ₄	b ₁	-	312,8	-	312,8	312,8
	b ₂	312,8	-	-	312,8	312,8
	b ₃	-	208,6	104,2	312,8	312,8

4. A vetéscserzés kísérleteket Kemenes Ernő állította be 1963-ban. Kéttényezős sávos elrendezésű 4 ismétléses elrendezésű. Parcellaméret: 129,2 m² (7,6 x 17 m), a parcellák száma: 160.

Tényezők: A trágyázási változatok

a1 kontrol

a2 alacsony NPK szint

a3 intenzív műtrágyázás NPK

a4 műtrágyák + istállótrágya

B (B₁-B₂) vetésforgók 5 szakaszosak

A műtrágya adagokat a mindenkori növény faj igénye szerint számolták ki.

5.A precíziós kísérlet kéttényezős, véletlen blokk elrendezésű búza és kukorica monokultúra, 2002-ben állítottuk be.

A kukorica kísérletben:

A tényező műtrágyázás	Ősszel	T ₁	T ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O
N ₀	0	0	0	0	0
N ₁	50	150	0	100	100
N ₂	0	150	50	100	100

B tényezők: növényvédelmi kezelések *
CH ₀ növényvédelem nélkül
CH ₁ inszekticid, fungicid
CH ₂ herbicid, inszekticid, fungicid
CH ₃ inszekticid, fungicid, herbicid + kapált

*A peszticidek a mindenkori aktuális növényvédő szerek voltak

A laboratóriumi vizsgálatok minden esetben (fő- és melléktermékek, talaj) a Fejér Megyei Mezőgazdasági Szakigazgatási Hivatal Növény és Talajvédelmi Igazgatóság Talajvédelmi laboratóriuma végezte, egységes szabványok szerint.

Talaj tápanyagvizsgálati módszerek, eszközök, mérési bizonytalanság

Vizsgálat neve	Módszer	készülék	Bizonytalanság
pH (KCl)	MSZ-08-0206-2; 1978	Digitális pH-mérő, Radelkis OP-300, Sentron	0.05
Kötöttség (KA)	MSZ-08-0205; 1978	Kötöttség keverő gép, LR 40	1-3
Összes só	MSZ-08-0206-2; 1978	Konduktométer, RadelkisOK-102/1	5-7.5 rel. %
CaCO ₃	Msz-08-0206-2; 1978	Kalciméter. LABOR MIM	5-7.5 rel. %
Humusz	MSZ-08-0452; 1980	Spectronic Genesys 5	2.5-7.5 rel. %
P ₂ O ₅	MSZ 20135; 1999	ICP Thermo Jarrell Ash ICAP 61E	2.5-5 rel. %
K ₂ O	MSZ 20135; 1999	ICP Thermo Jarrell Ash ICAP 61E	2.5-5 rel. %
Na	MSZ 20135; 1999	ICP Thermo Jarrell Ash ICAP 61E	4.7-5 rel. %
Összes N	FIA 13:1991	FIAstar, TECATOR	5-10 rel. %
Mg	MSZ 20135:1999	ICP Thermo Jarrell Ash ICAP 61E	2.5-5 rel. %
SO ₄ -S	MSZ 20135:1999	ICP Thermo Jarrell Ash ICAP 61E	2.5-5 rel. %
Zn	MSZ 20135:1999	ICP Thermo Jarrell Ash ICAP 61E	5-10 rel. %
Cu	MSZ 20135:1999	ICP Thermo Jarrell Ash ICAP 61E	5-10 rel. %
Mn	MSZ 20135:1999	ICP Thermo Jarrell Ash ICAP 61E	4-7.5 rel. %

2005-2007 pályázati időszakban 673 db talaj- és növényvizsgálatot végeztünk el.

N indexek

$$\text{N harvest index (HI\%)}_N = \frac{\text{a szemtermés N tartalma}}{\text{a szem és szalma (összes biomassza) N tartalma}} * 100$$

$$\text{NUE (kg}^{-1} \text{ szem abszorbeált N)} = \frac{\text{szemtermés kg ha}^{-1}}{\text{N abszorbeált éréskor kg ha}^{-1}}$$

N hatékonyság

$$\text{AE (Agronómiai hatékonyság (kg szemtermés}^{-1} \text{ az adott N mt))} = \frac{\text{N műtrágyázott kezelések szemtermése (kg ha}^{-1}) - \text{kontroll parcellában felvett szemtermés (kg ha}^{-1})}{\text{az adott N műtrágya mennyiség (kg ha}^{-1})}$$

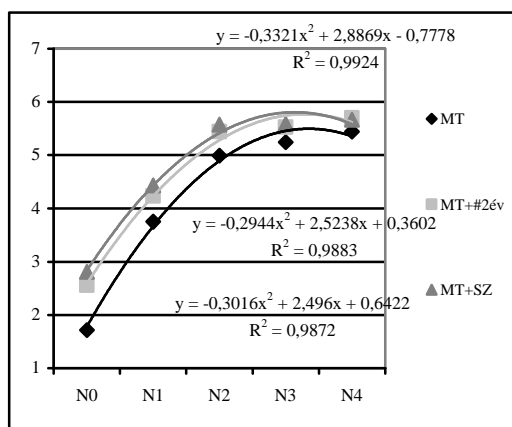
$$\text{AREN (Összes N felvétel kg/ha}^{-1} \text{ az adott N műtrágyából)} = \frac{\text{N felvétel a kezelésekben kg ha}^{-1} - \text{N felvétel a kontroll parcellában kg ha}^{-1}}{\text{az adott N műtrágya kezelések (kg ha}^{-1})}$$

2. Eredmények

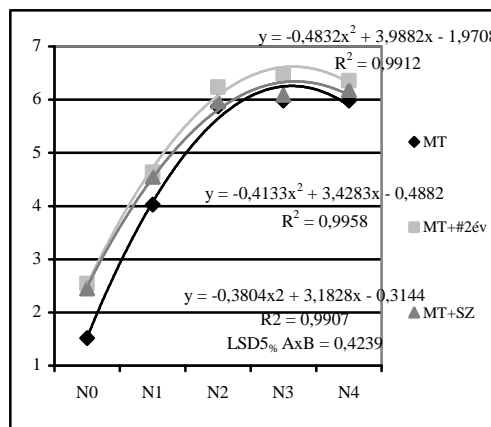
Termékek - szerves és műtrágyázás

A növekvő N adagok hatását másodfokú egyenlettel értékeltük a különböző szerves anyag bázisán (M=műtrágya, I=istállótrágya, SZ=szalma trágya, Z=zöldtrágya). Az őszi búza termése az évek átlagában és a tápanyag ellátás függvényében 2-6 t ha⁻¹ között változott. Szerves anyag nélkül (I) az átlagos termésszint szignifikánsan alacsonyabb volt, a (II-III) másik monokultúrákhoz képest, ahol szerves trágyák is beszántásra kerültek (1-2. ábra). Az abszolút N₀ parcella (2 évtized) termett átlagosan 2 tha⁻¹ búza szemtermést, ami a talaj természetes tápanyag ellátó képességére utal, míg szerves trágyák használata esetén az N₀ kezelés 1000 kgha⁻¹ több termést adott. A szerves trágyák pozitív hatása minden N műtrágya szinten szignifikáns volt a csak NPK kombinációkhoz képest.

1. ábra őszi búza szemtermés 8 rotáció
86 % sza. (t/ha)



2. ábra őszi búza szalmatermés 8 rotáció
88 % sza. (t/ha)



A biomassza produkció (szem és szalma egyaránt) a 150 kg ha⁻¹ N adagnál volt a legnagyobb, az N₃ szerves és műtrágya kezelésnél kaptuk a maximális termést. Az 1-3. sz. táblázat tartalmaz néhány paramétert a N trágyázással kapcsolatosan (abszolút DM-re számítva) konkretizálva az 1-2. ábrák jelleggörbéit. A harvest index 1/1 volt szárazanyagban számítva. A N tartalom a szemben 2,38 mg kg⁻¹, a szalma esetében ez 0,477 mg kg⁻¹ volt a kombinációk átlagában. A felvett N 80 %-a a szemben 20 %-a, szalmában (gyökérben) kumulálódott, bár a N műtrágyaadagok nagyságától függően ez kismértékben változott. A maximális biomassza produkció 100-150 kg ha⁻¹ termett, ahol a N mérleg kisebb mértékben pozitív ill. egyensúlyi állapotban volt. Az N₀ parcellák kivont N értékeiből következtethetünk a talaj természetes N szolgáltató képességére, amely búzánál ezen éveken 37 kg ha⁻¹ N⁻¹ volt, az istállótrágya másodévi utóhatása mintegy 30 kg ha⁻¹ N-re tehető.

1. táblázat A búza termése és N trágyázási indexei (2005-2007) 8.VF

	Szem DM t/ha	Szalma DM t/ha	Szem N mg/kg	Szalma N mg/kg	Szem kivont N kg/ha	Szalma kivont N kg/ha	Összesen kivont N kg/ha	N mérleg (műtrágya) N kg/ha
N ₀ I.	1,478	1,334	2,17	0,333	32,07	5,00	37,07	-37,07
N ₂	4,291	5,170	2,05	0,347	87,06	20,38	108,34	+8,34
N ₄	4,680	5,265	2,72	0,428	127,29	25,61	152,90	+47,10
N ₀ II.	2,202	2,236	2,28	0,540	50,20	11,18	61,38	-61,38
N ₂	4,681	5,485	2,32	0,386	108,59	21,17	129,76	+29,76
N ₄	4,902	5,595	2,56	0,509	125,49	28,48	153,97	+46,03
N ₀ III.	2,415	2,155	2,33	0,361	56,27	7,78	64,05	-64,05
N ₂	4,792	5,256	2,36	0,451	113,09	23,70	136,79	+36,79
N ₄	4,868	5,448	2,68	0,615	130,46	33,50	163,96	+36,04
SzD _{5%}	0,4023	0,3645	0,1439	0,1122				

2. táblázat

	HI _N	NUE	AE	AREN
N ₀ I.	86,5	48,78	-	-
N ₂	81,7	29,76	28,13	0,7127
N ₄	87,8	30,60	16,01	0,5791
N ₀ II.	81,8	35,87	-	-
N ₂	83,7	36,07	16,53	0,6838
N ₄	81,5	29,89	13,50	0,4629
N ₀ III.	86,5	33,64	-	-
N ₂	82,7	35,03	23,77	0,7274
N ₄	79,6	29,69	12,26	0,4995

3. táblázat A talaj C_{org}, P₂O₅, K₂O tartalma (25 cm) 8. rotáció

	C _{org} %	H%	Total N m/m%	H t ha ⁻¹	AL-K ₂ O mg/kg	AL-P ₂ O ₅ mg/kg
N ₀ I.	1,105	1,906	0,126	71,47	243	361
N ₂	1,156	1,993	0,117	74,73	198	394
N ₄	1,146	1,976	0,120	74,10	209	320
N ₀ II.	1,389	2,386	0,159	89,47	463	660
N ₂	1,389	2,400	0,167	90,00	332	713
N ₄	1,305	2,246	0,158	84,22	357	749
N ₀ III.	1,334	2,300	0,140	86,25	260	331
N ₂	1,276	2,200	0,131	82,50	247	331
N ₄	1,235	2,313	0,138	86,73	170	275

4. táblázat A búza termékek és P trágyázási indexek (2005-2007) 8.VF Búza tarló

	Szem DM t/ha	Szalma DM t/ha	Szem P ₂ O ₅ mg/kg	Szalma P ₂ O ₅ mg/kg	Szem kivont N kg/ha	Szalma kivont N kg/ha	Összesen kivont P ₂ O ₅ kg/ha	P mérleg (műtrágya) P ₂ O ₅ kg/ha
N ₀ I.	1,478	1,334	0,544	0,193	8,18	2,57	10,75	+89,25
N ₂	4,291	5,170	0,488	0,158	20,94	8,17	29,11	+70,89
N ₄	4,680	5,265	0,523	0,123	24,5	6,44	30,94	+69,06
N ₀ II.	2,202	2,236	0,517	0,212	11,38	4,74	16,12	+83,88
N ₂	4,681	5,485	0,512	0,169	23,96	9,27	33,23	+66,72
N ₄	4,902	5,595	0,494	0,153	24,2	8,56	32,76	+67,24
N ₀ III.	2,415	2,155	0,537	0,179	12,96	3,86	16,82	+83,18
N ₂	4,797	5,256	0,508	0,163	24,36	8,56	32,96	+67,04
N ₄	4,868	5,448	0,505	0,156	26,77	8,50	35,27	+64,73
SzD _{5%}	0,4023	0,3645	0,045	0,0278				

5. táblázat A búza termése és K trágyázási indexei (2005-2007) 8.VF Búza tarló

	Szem DM t/ha	Szalma DM t/ha	Szem K ₂ O mg/kg	Szalma K ₂ O mg/kg	Szem kivont N kg/ha	Szalma kivont N kg/ha	Összesen kivont K ₂ O kg/ha	K mérleg (műtrágya) K ₂ O kg/ha
N ₀	1,478	1,334	0,424	1,193	6,27	15,91	22,18	+77,82
N ₂	4,291	5,170	0,401	1,081	17,20	55,28	72,48	+27,52
N ₄	4,680	5,265	0,409	1,435	19,40	75,55	94,95	+5,05
N ₀	2,202	2,236	0,388	1,326	7,83	29,65	37,48	+62,52
N ₂	4,681	5,485	0,416	1,353	19,38	74,21	93,59	+6,41
N ₄	4,902	5,595	0,382	1,563	18,72	87,44	106,16	-6,16
N ₀	2,415	2,155	0,436	1,243	10,52	26,78	37,30	+62,70
N ₂	4,797	5,2526	0,415	1,260	19,90	66,18	86,08	+13,92
N ₄	4,868	5,448	0,394	1,566	19,17	85,31	104,48	-4,48
SzD _{5%}	0,4023	0,3645	0,0450	0,0278				

A N tápanyag harvest indexe ($HI_{N\%}$) mutatja, hogy az abszorbált N 80 %-a a szemtermésben található. A szemtermés tömeg $30-40 \text{ kg ha}^{-1}$ N-t a talajból, $10-30 \text{ kg ha}^{-1}$ N-t pedig a műtrágyából vette fel. Az adott N műtrágya visszanyerése a kontrollhoz képest 40-70 % volt. A C_{org} tartalom (%) a H% tartalom, továbbá a szántott réteg humusz tömege (t/ha) növekedett a szervesztrágyák kijuttatásával, a N műtrágya szerepe ebben kisebb jelentőségű volt.

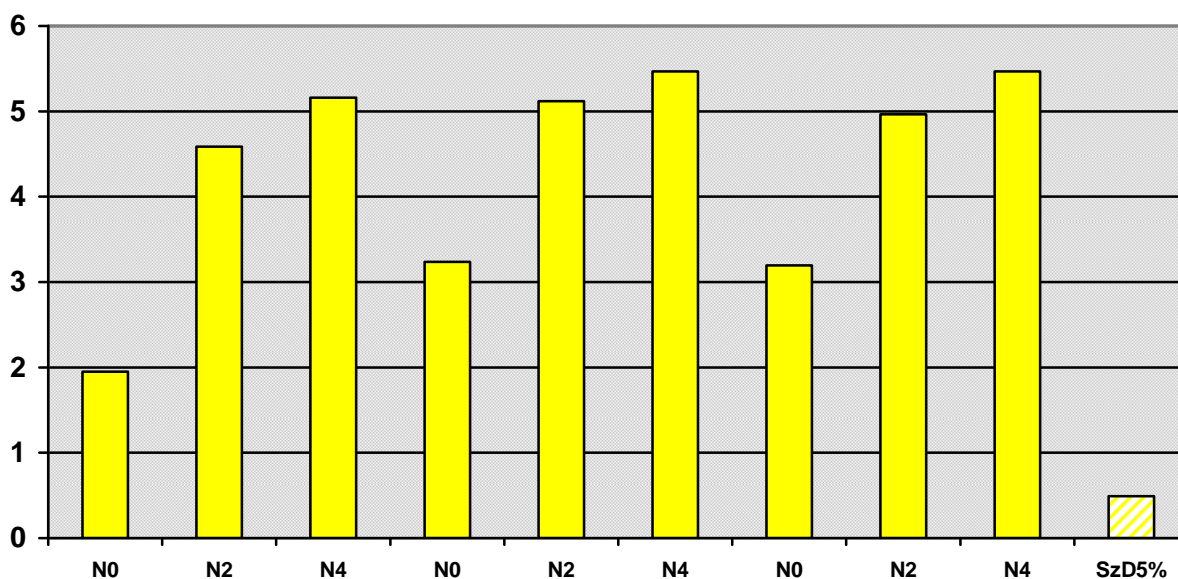
Az $AL-P_2O_5$ növekedést a talajban az istállótrágyázás jelentősen növelte, feltehetően a pozitív P mérleg kumulatív hatásáról van szó a 23 év során. Figyelemre méltó, hogy a rendszeresen szalma-szár leszántása ellenére a K_2O tartalom a talajban több év után sem növekedett számottevően. A P mérleg minden kezelésben pozitív, ugyanakkor a K mérleg a N szintekkel és a termések nagyságával párhuzamosan csökken. Ez értékes támpontot ad a tájegység kálium tápanyag ellátására nézve is.

Ugyanebben a vetésciklusban az őszi árpa az őszi búza után került, a N hatások hasonlóak voltak, mint a búzánál. Az „A” tényező hatása (I és SZ) mintegy 1000 kg ha^{-1} terméstoppleletet eredményezett az abszolút kontrollhoz képest. A talaj N szolgáltató képessége 35 kg ha^{-1} , az istállótrágyázott blokk 3 évi utóhatásban $+17 \text{ kg/ha}$, a szalma szár leszántás $+15 \text{ kg ha}^{-1}$ N többletet jelentett. Az istállótrágya 3 évi utóhatása és a szalma leszántás N kiegészítéssel közel azonos hatású volt, köztük szignifikáns differencia nem volt.

N_2 szinten a szerves és csak inorganikus kezelések között a terméstopplelet még szignifikánsnak bizonyult, magasabb N kezeléseknél különbség nem volt. Az optimális N adag a trikulturás kísérletben őszi árpánál 120 kg/ha N műtrágya hatóanyag. A N harvest index (HI_N) e növény tekintetében is 70-80/20-30 szem/szalma arányt mutatott.

A P és K mérleg minden kezelésben, pozitív volt, amely jelenti azt, hogy az egységesen adott P_2O_5 100 kg ha^{-1} bőven fedezte a szem és szalma által kivont $20-30 \text{ kg ha}^{-1}$ P_2O_5 és a $20-80 \text{ kg ha}^{-1}$ K_2O igényt. Az őszi árpa III. blokkjában jelentős K luxusfogyasztás tapasztalható.

3. ábra őszi árpa (t/ha) 2004-2007 IOSDV 86 % DM



6. táblázat

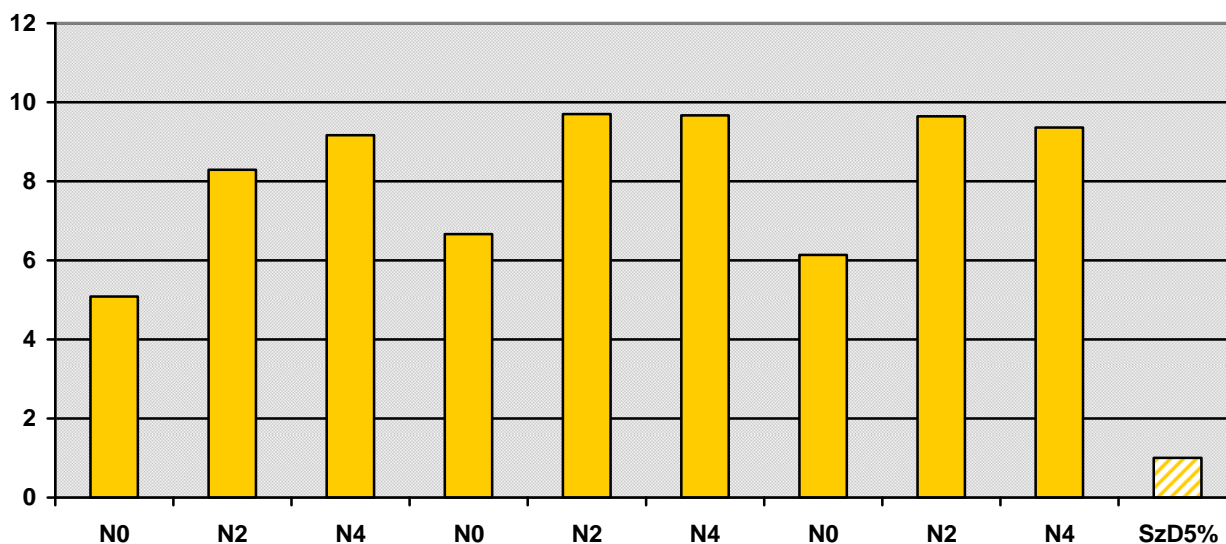
I.

II.

III.

Tápanyag mérleg kg/ha									
N	-35,64	-10,04	+47,71	-52,40	-14,28	+38,05	-50,24	-34,11	+41,60
P ₂ O ₅	+81,10	+64,10	+64,15	+78,33	+64,06	+60,34	+79,85	+59,42	+63,51
K ₂ O	+79,27	+26,89	+15,22	+52,94	+12,44	+11,96	+59,67	+19,47	+11,75
Talajvizsgálat									
H%	1,976	1,940	1,853	2,203	2,373	2,219	2,216	2,140	2,353
Össz.N%	0,131	0,131	0,124	0,130	0,136	0,135	0,133	0,138	0,139
P ₂ O ₅ mg/kg	539	399	332	583	553	521	403	361	327
K ₂ O mg/kg	311	262	211	393	303	284	297	376	274

4. ábra Kukorica (t/ha) 2004-2007 IOSDV 86 % DM



7. táblázat

I.

II.

III.

Tápanyag mérleg kg/ha									
N	-52,37	+32,13	+136,15	-101,08	+5,48	+96,56	-96,54	-20,09	+88,03
P ₂ O ₅	+82,11	+69,87	+64,47	+75,95	+61,79	+57,66	+76,23	+64,26	+56,25
K ₂ O	+60,63	+16,27	+1,00	+37,23	+35,39	-31,01	+56,23	+3,28	-21,34
Talajvizsgálat									
H%	1,82	1,87	1,76	2,14	1,97	2,24	1,96	1,95	2,03
Össz.N%	0,123	0,131	0,136	0,171	0,167	0,171	0,153	0,169	0,166
P ₂ O ₅ mg/kg	392	404	382	646	559	598	537	492	404
K ₂ O mg/kg	211	230	181	316	247	259	388	265	220

8. táblázat Kukorica N 2005-2007. IOSDV

	Szem N%	Szár N%	Szem kivont kg/ha	Szár kivont kg/ha	Összes kivont kg/ha
N₀ I.	0,931	0,386	40,68	11,69	52,37
N₂	1,079	0,541	76,82	31,05	107,87
N₄	1,140	0,732	89,83	54,02	143,85
N₀ II.	1,265	0,670	72,48	28,60	101,08
N₂	1,270	0,750	105,92	49,95	134,52
N₄	1,360	0,833	113,01	70,44	183,44
N₀ III.	1,266	0,567	72,28	24,26	96,54
N₂	1,286	0,735	106,60	51,30	160,09
N₄	1,436	0,904	115,59	76,38	191,97
Átlag I.	1,05	0,553			
II.	1,30	0,678			
III.	1,33	0,735			
Főátlag	1,226	0,685			
SzD5% AB	0,190	0,238			

9. táblázat Kukorica K₂O 2005-2007. IOSDV

	Szem K ₂ O mg/kg	Szár K ₂ O mg/kg	Szem kivont kg/ha	Szár kivont kg/ha	Összes kivont kg/ha
N₀ I.	0,248	0,942	10,83	28,54	39,37
N₂	0,241	1,16	17,15	66,58	83,73
N₄	0,245	1,08	19,30	79,70	99,0
N₀ II.	0,276	1,10	15,80	46,97	62,77
N₂	0,267	0,636	22,26	42,35	64,61
N₄	0,283	1,256	23,51	107,5	131,01
N₀ III.	0,270	0,663	15,40	28,37	43,77
N₂	0,249	1,09	20,64	76,08	96,72
N₄	0,293	1,157	23,58	97,76	121,34
Átlag I.	0,245	0,962			
II.	0,275	0,999			
III.	0,271	0,961			
Főátlag	0,263	1,00			
SzD5% AB	0,052	0,3638			

10. táblázat Kukorica P₂O₅ 2005-2007. IOSDV

	Szem K ₂ O mg/kg	Szár K ₂ O mg/kg	Szem kivont kg/ha	Szár kivont kg/ha	Összes kivont kg/ha
N ₀ I.	0,262	0,210	11,45	6,36	17,89
N ₂	0,271	0,189	19,29	10,84	30,13
N ₄	0,274	0,227	21,59	13,94	35,53
N ₀ II.	0,295	0,181	16,33	7,72	24,05
N ₂	0,305	0,192	25,43	12,78	38,21
N ₄	0,315	0,189	26,17	16,17	42,34
N ₀ III.	0,298	0,170	16,50	7,27	23,77
N ₂	0,289	0,169	23,95	11,79	35,74
N ₄	0,333	0,208	26,80	16,95	43,75
Átlag I.	0,264	0,209			
II.	0,306	0,187			
III.	0,306	0,182			
Főátlag	0,294	0,193			
SzD5% AB	0,052	0,073			

A kukorica szemtermés (DM) a N műtrágyák adagjának növelésével 3-8 tha⁻¹ között változott. A csak műtrágyázásban részesült kezelések 3-7 tha⁻¹ között növekedtek, az istállótrágya és a szalma leszántás hatása ez esetben is mintegy 1000 kgha⁻¹ szemtermés többletet jelentettek a kontroll és az ½ -es kezelésekben, az istállótrágya és az elővetemény melléktermékének hasznosítása között különbség nem volt.

A szem N-tartalma 1,0 – 1,3 %, a szár N tartalma 0,5-0,7 % között változott, ami az egyes kezelésekben a kontrollhoz képest szignifikáns 0,190, ill. 0,238 növekedést jelentett a n ellátottság növekedésével párhuzamosan. Az összesen kivont n kg/ha mennyisége 50-200 kg/ha N volt, amelynek eredményeképpen a N mérleg az optimális és maximális terméseknél is pozitív volt. A legnagyobb terméseket a mérleg-egyensúlyi állapotnál tapasztaltuk. A talaj természetes N szolgáltató képessége (kontrol) 50 kg/ha, istállótrágyát is kapott blokkban 100 kg/ha, a szalmatrágyás kezelésekben 96 kg N/ha mennyiségre tehető. A szemtermés K₂O tartalma a kísérleti főátlagot tekintve 0,263 mg/kg, a szár esetében 1,00 mg/kg volt. A N adagokkal kisebb fajlagos tápanyag változás következett be. A szár esetében a szemtermés fajlagos értékei hasznosnak bizonyult. A terméssel párhuzamosan a K felvétel szinte lineárisan növekedett 30-120 kg/ha K₂O mennyiségi tartományban. A K mérleg minden (N₀-N₄) kezelésben pozitív maradt, ugyanakkor > 9,0 tha⁻¹ termésnél a természetes és a műtrágyákban adott kálium készlet kevésnek bizonyult, a mérleg kismértékben negatívvá vált.

A szem P₂O₅ mg/kg értéke a csak műtrágyát kapott blokkhoz képest szignifikánsan nagyobb volt az istállótrágya és a szalmatrágya hatására, azonban a b tényező között az egyes kezelésekben nem volt különbség. (szem főátlaga 0,294 mgkg⁻¹, szár 0,193 mgkg⁻¹)

A P mérleg minden kezelés esetében pozitív volt, az adott 100 kg/ha P₂O₅ műtrágya fedezte a szükségletet, a szervesztrágyázás esetén jelentős és szignifikáns P feltöltődés tapasztalható. A fenti adatok felhívják a figyelmet arra, hogy az intenzív kukorica termesztés nem hiányolhatja a szervesanyagok pótlását és a melléktermékek visszajuttatásának szükségességét.

A precíziós növénytermesztési kísérletekben a peszticidok és a tápanyagok kölcsönhatásait tanulmányoztuk.

A kísérletben a posztemergens kezelésként május végén az alábbi hatóanyag-kombinációt alkalmaztuk: 2-4 D, petoxamid, terbutilazin, rimszulfuron, tifenszulfuron-metil (11. táblázat). Az előző években alkalmazott Motivell Turbo-hoz képest a kukoricán is látszottak enyhébb herbicid-tünetek.

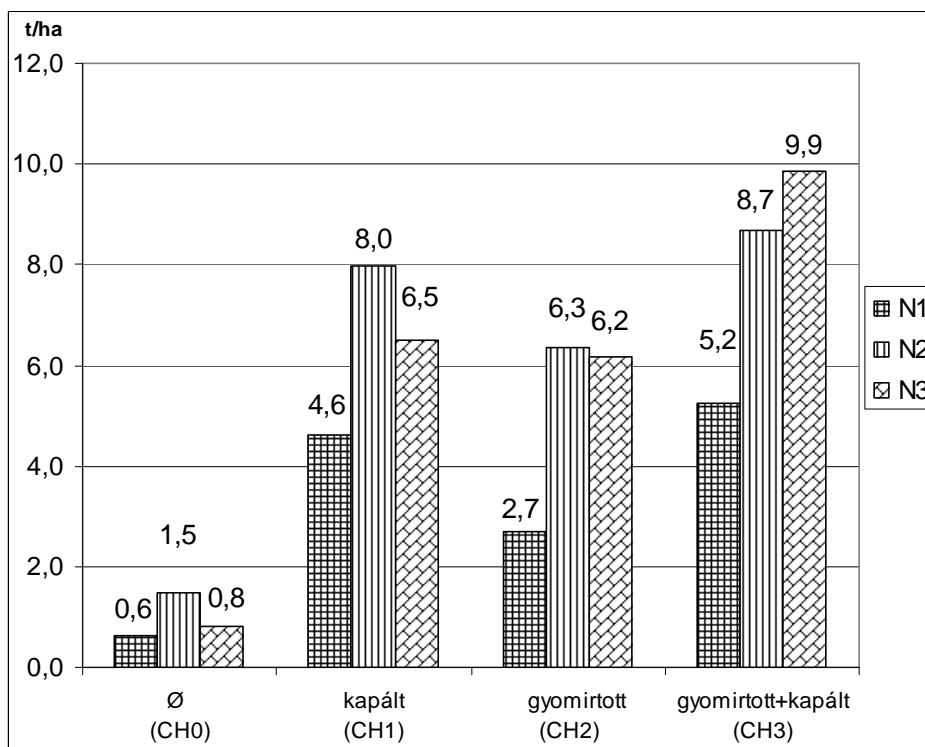
A kapálást kézi kapával végeztük, a kikapált gyomnövényeket a tábláról lehordtuk. A terméseredmények 14%-os víztartalomra vonatkoznak. A gyomfelvételezéseket a Balázs-Ujvárosi módszerrel végeztük.

11. táblázat Növényvédelmi kezelések (B)

CH0	nem kapált
CH1	kapált
CH2	nem kapált + herbicid
CH3	kapált + herbicid

A legmagasabb termést a gyomirtás és kapálás kombinációjával, N3 (N200,P100,K100) tápanyag-ellátási szinttel értük el (9,9 t/ha), a legalacsonyabb termésszintet a várakozásnak megfelelően a kapálást, gyomirtó szert és műtrágyát nélkülöző N1 és CH1 kezelés kombinációjánál mértünk (0,6 t/ha). A tavalyi eredményeinkhez képest idén a kapálás jobban növelte a termést, átlagosan 5,4 t/ha-ral, mint a vegyszeres gyomirtás (4,1 t/ha). Tehát a kapálás és a kelés utáni gyomirtó szeres állománykezelés hatásfoka hasonló, és az eredményes kukoricatermés eléréséhez szükséges a gyomok megfelelő mértékű visszaszorítása.

5. ábra Kukorica terméseredménye t/ha Keszthely, 2007



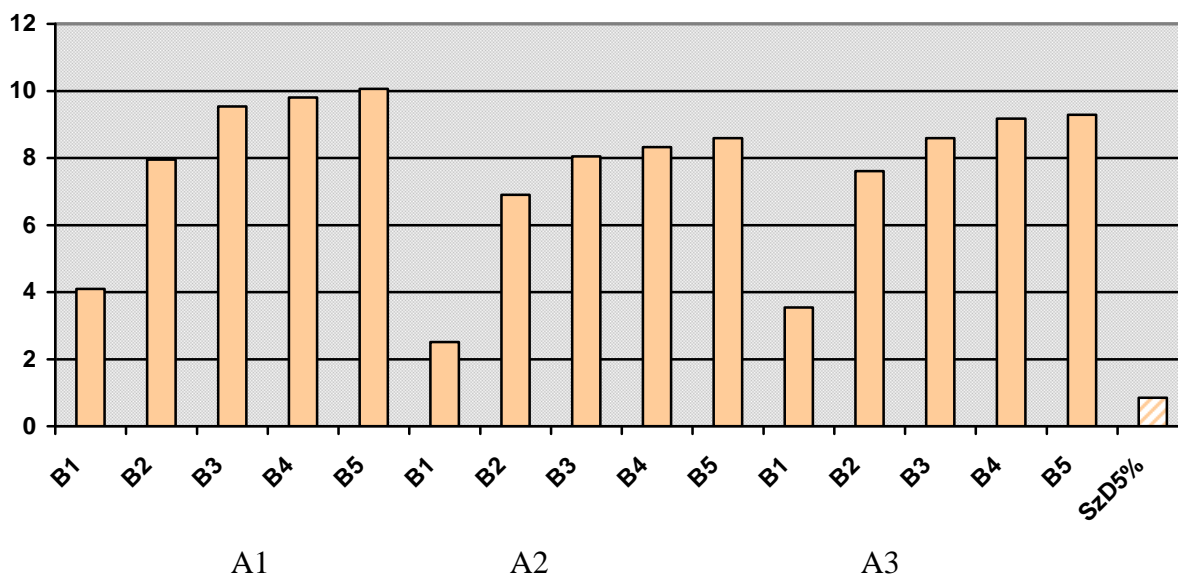
A talajművelési kísérlet B tényezőjétől (műtrágya), ugyanolyan eredményeket kaptunk, mint az egyéb szántóföldi kísérletekben, azonban a talajművelés hatása a korábbi éveknek megfelelően rendszertől függően következetesen és szignifikánsan változott.

A 240/100/100 NPK adag felett a termés nem növekedett, az alatti N szint alatt azonban főként a kontrollhoz viszonyítva termésnövekedéseket eredményezett. A 2-4 t/ha⁻¹ kontroll termésektől függően, amely az évjáratok által erősen befolyásolt, a fenti műtrágya adagokkal 8-10 t/ha⁻¹ érhető el bikultúrában a talajművelési kombinációk átlagában.

A hagyományos közép-mély szántás + elmunkálás + vetőágy készítés adta a legnagyobb termést. (12 t/ha⁻¹ a₁b₃), a legkisebb termést az a₂b₁ kombinációban kaptuk műtrágya kontroll és no-tillage rendszerben. A talajművelések hatására az alábbi kísérleti főátlagok utalnak: A₁ 8,29, A₂ 6,87, A₃ 7,64 t/ha⁻¹.

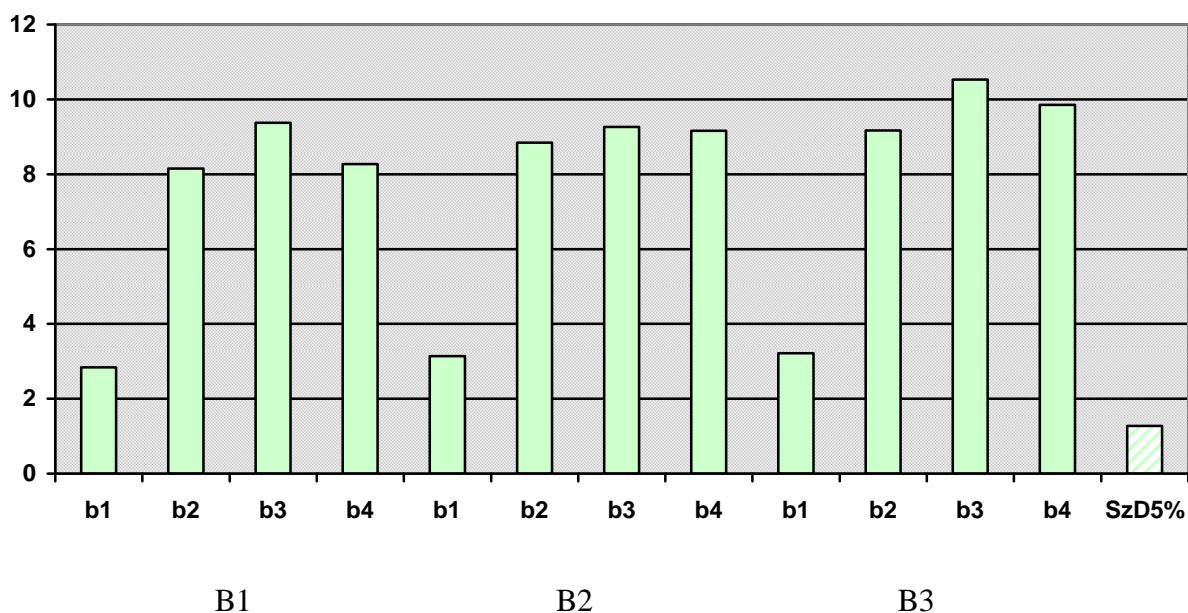
A forgatásos talajművelési rendszer és a sekélyebb tárcsás művelési rendszer termése szignifikánsan nagyobb volt, mint a művelés nélküli talajművelési rendszerben. Mint korábban is azt leközlöttük, a terméskülönbségek okai, talajnedvesség, tömörödés, gyomosodás, a műtrágya P felső 10-15 cm-ben való elhelyeződése.

6. ábra Kukorica talajművelési kísérlet (t/ha) 2005-2007 (86 % DM)



A kukorica monokultúra kísérletekben, ahol növény váltás évtizedek óta nem történt, a műtrágyák és a N műtrágya adagok megosztásának hatásánál vonhatunk be, vélhetően megbízható következtetéseket. Az eredményeket az 7. ábra szemlélteti.

7. ábra Kukorica monokultúra (t/ha) 2005-2007 86 % DM

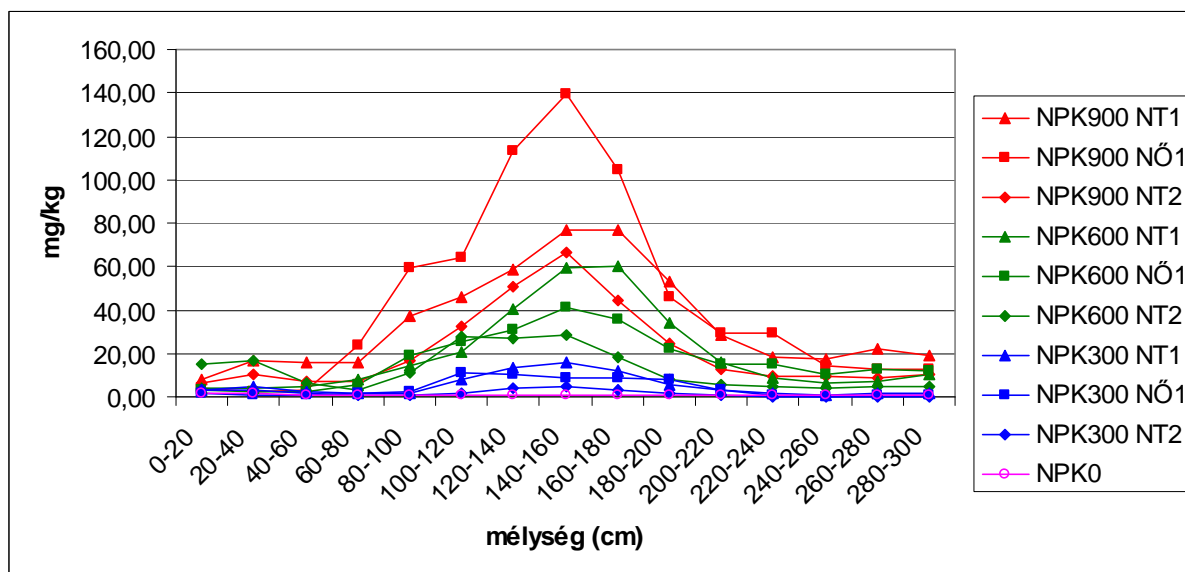


A kísérleti eredmények mutatják azt, hogy monokultúrában is nagy kukorica terméseket lehet elérni, de itt a N műtrágya felhasználás pazarlóbb, a kívánatosnak mondott 8-10 t/ha kukorica szemterméshez legalább 200 kg/ha N műtrágyára van szükség. Ugyanezt a termésmennyiséget vetésforgóban lényegesen kisebb műtrágyaadaggal elérhetjük. A 300 kg/ha N a termést nem növelte, sőt a termésdepressziót okozott.

Meg kell említeni azt, hogy a 2007-es évben a védekezés ellenére is jelentős kukoricabogár kártétel volt tapasztalható. (2007-ben az A₁b₁ kombinációban 1,43 t/ha, 1,21 Aa₁b₂ és 1,34 t/ha a₁B₃) Továbbá a jelentős csapadék hiány miatt is kisebb lett az átlagszint. Az évek átlagában az a₃-as adag N adta a legnagyobb termést az évjárártól függetlenül. A nagyobb műtrágya adagok (> 200 kg/ha N) ez esetben a vissza nem térülő költségek forrása, tovább, ha nem szignifikánsan is de termés csökkentő tényező és a többlet N, mint szennyező forrás ennél a pontnál már bizonyítható.

A talaj nitrát-nitrogén tartalmát mindegyik vizsgálati tényező szignifikánsan befolyásolta és ezek összes kombinációja is szignifikáns volt.

8. ábra. A talaj NO₃⁻-tartalmának vertikális változása kukorica monokultúrában növekvő műtrágya adagok és eltérő N kijuttatási változatok hatására



Tényezők hatásának szignifikanciája:

Tényező	Szignifikancia szint
NPK adagok	0,1%-on szignifikáns
N kijuttatás mód	0,1%-on szignifikáns
Mélység	0,1%-on szignifikáns
NPK adagok×N kijuttatás mód	0,1%-on szignifikáns

A növekvő NPK adagok fokozatosan növelték a talaj nitrát tartalmát, amelynek akkumulációs csúcsai a 160 cm közeli rétegekben voltak kimutathatók (8. ábra). A N kijuttatás változatai közül a tavasszal két adagban megosztva (2/3-1/3) történő kijuttatási változatban voltak legalacsonyabbak a nitrát tartalom értékek. Legmagasabb nitrát tartalmat az NPK900-as kezelés őszi egy adagban történő N kijuttatási változata esteben mértünk, ami jelentősen meghaladja az 50 mg/kg-os környezetvédelmi határértéket.

Összefoglalás

Talaj- és növényvizsgálatokkal, továbbá egzakt szabadföldi kisparcellás kísérletek terméseredményeivel és biomassza mérésével járultunk hozzá az eddigiek során a hazai és nemzetközi irodalmakban leírtakhoz, hangsúlyozva azt, hogy az eredmények elsősorban a nyugat-dunántúli barna erdőtalajokon járulhatnak hozzá a növénytermesztési technológiák fejlesztéséhez, a talajtermékenység fenntartásához és fokozásához.

A jelentésben foglaltak publikáció formájában még nem jelentek meg. A már megjelent publikációk listáját csatoljuk.

- Mono-, bikultúrában, továbbá 5 szakaszos vetésforgóban vizsgáltuk a C, N, P, K tápanyagok körforgalmát, hasznosulását, feltöltődését és esetleges kimosódását.
- A számításokból tápanyagmérlegeket készítettünk, amelyből számos következtetés vonható le.
- Fel kell hívni a figyelmet a talajok C tartalmának, illetve humusztartalmának megőrzésére és fokozására, amely a fenntartható mezőgazdasági fejlődés záloga.
- A szántóföldi biomassza energetikai hasznosítása esetén, komplex szemlélettel valósítható csak meg a célkitűzés, figyelembe véve az alapvető humuszmérlegek táblaszintű sajátosságait.
- A talaj multifunkcionális tulajdonságokat tartalmazó érték, amely fizikai és agrokémiai, továbbá szerves anyag és víztároló szerepet működtető rendszer nagy értéket hordoz.
- Dolgozatunkban és publikációinkban az egyes kísérleti eredményeken keresztül újabb információkat adunk az optimálisnak tűnő N, P, K műtrágyázás gyakorlatához, a kemizáláshoz, a vízmegőrző és talajvédő talajművelés rendszeréhez, a különböző szerves trágyák fontosságát hangsúlyozva a műtrágyázás mellett. Az eredmények felhasználhatók a vetésváltási rendszerek tervezéséhez, a CO₂ körforgalommal és bioenergetikával kapcsolatos kutatásokban is.