

## **Bevezetés, célkitűzések**

A vizsgálatokat, négy éven keresztül 2003-2006-ban, a Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum Földműveléstani Tanszékének Látóképi Kísérleti Telepén végeztük valamint külső helyszíneket is bevontunk a vizsgálatba. Az alkalmazandó módszerek között növény- és talaj vizsgálatok, környezeti paraméterek mérése valamint az összefüggések tisztázására statisztikai eljárások és a modellezés szerepelt.

A kidolgozandó témához a kutatási feltételek a Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum Kísérleti Telepe és az egyéb szervezeti egységei biztosították.

A kutatás az alábbi kérdésekre kereste a választ:

- A vetésváltás hatásának vizsgálata a talaj hasznosítható vízkészletére
- A vetésváltás hatásának vizsgálata a talaj tápanyag-szolgáltató képességére, különös tekintettel a könnyen felvehető nitrogénformákra
- A vetésváltás és műtrágyázás kölcsönhatásának vizsgálata
- A vetésváltás és öntözés kölcsönhatásának vizsgálata
- A vetésváltás és a talajművelés minősége közötti kapcsolat elemzése

A vetésváltás hatása a talaj termékenységére, a növényi produkcióra, (termésmennyiségre, az összes megtermelt szárazanyagra, termésbiztonságra)

## **A talaj hasznosítható vízkészlete és nitrát-nitrit tartalma**

A 2003-as év az átlagnál kissé melegebb és jóval szárazabb volt. Az évi középhőmérséklet 10,3°C, amely 0,4 °C-kal magasabb az 1961-90 közötti értéknél. A globálsugárzás ebben az évben az átlagos érték (1971-2000 év) 117% volt. A nyár rendkívül meleg volt. Júniusban a napi középhőmérséklet minden napon átlag feletti volt, a hőmérséklet havi átlaga 3-5 fokkal volt magasabb a megszokottnál. A lehullott csapadék több, mint 100 mm-rel volt kevesebb az átlagos értéktől.

2004 középhőmérséklete az átlag felett alakult és az átlagnál jóval csapadékosabb is volt. Az átlagos csapadékhoz viszonyítva több, mint 230 mm-rel esett több. Szinte minden hónapban több volt a csapadék, kivétel a május és szeptember, amikor az átlagos csapadék 70-75%-a hullott. A globálsugárzás értéke ebben az évben átlagos volt.

A 2005. év valamivel hűvösebb, és 22%-kal csapadékosabb volt az átlagnál. A csapadék éves eloszlása azonban nagy változékonyságot mutatott. A globálsugárzás évi mennyisége kicsivel átlag feletti volt, azonban a tenyészidőszak három kritikus hónapjában július, augusztus, szeptemberben az átlagnál kevesebb energia érte a felszínt. Ebben az évben a legtöbb napenergia májusban és júniusban volt. A tenyészidőszak havi átlaghőmérsékletei, augusztus kivételével, 0,1-0,7 °C-kal voltak magasabbak az átlagnál. Ennek az időszaknak a csapadékmennyisége április, július, augusztus és szeptember hónapban másfél-kétszerese volt az átlagnak.

Az 1-4. táblázatok a nem öntözött parcellák vízkészletét mutatják a 2003-2006-os időszakban. Sajnos 2006-ban a búza elővetemény parcelláin mért őszi nedvességértékek használhatatlanok voltak (mérőműszer hiba), ezért ezt a táblázatban nem tüntettem fel.

**1. táblázat: A talaj vízkészlete (mm), Debrecen, 2003.**

Kezelések	Nyár			Ősz		
	0-1m	1-2m	0-2m	0-1m	1-2m	0-2m
Vetésváltás nem trágyázott	196	200	396	182	187	381
Monokultúra	206	205	403	196	185	373
Nem trágyázott						
Vetésváltás 120 kg/ha N	193	206	399	191	201	382
Monokultúra 120 kg/ha N	208	218	426	188	194	354

**2. táblázat: A talaj vízkészlete (mm), Debrecen, 2004.**

Kezelések	Nyár			Ősz		
	0-1m	1-2m	0-2m	0-1m	1-2m	0-2m
Vetésváltás nem trágyázott	230	302	532	234	251	550
Monokultúra	244	297	541	273	249	450
Nem trágyázott						
Vetésváltás 120 kg/ha N	260	293	553	246	255	521
Monokultúra 120 kg/ha N	257	328	585	263	281	580

**3. táblázat: A talaj vízkészlete (mm), Debrecen, 2005.**

Kezelések	Nyár			Ősz		
	0-1m	1-2m	0-2m	0-1m	1-2m	0-2m
Vetésváltás nem trágyázott	296	264	581	269	187	486
Monokultúra	281	268	489	253	198	394
Nem trágyázott						
Vetésváltás 120 kg/ha N	287	258	519	260	181	436
Monokultúra 120 kg/ha N	285	278	594	255	205	491

**4. táblázat: A talaj vízkészlete (mm), Debrecen, 2006.**

Kezelések	Nyár			Ősz		
	0-1m	1-2m	0-2m	0-1m	1-2m	0-2m
Vetésváltás nem trágyázott	163	212	375	0	0	0
Monokultúra	168	205	373	185	215	400
Nem trágyázott						
Vetésváltás 120 kg/ha N	182	215	397	0	0	0
Monokultúra 120 kg/ha N	165	216	381	174	225	399

## A talaj tápanyag-szolgáltató képessége, talajvizsgálati eredmények

A termésre a legnagyobb hatással a nitrogén van, ezért először ezt a tápanyagformát vizsgáltuk meg. A növények számára a legkönnyebben felvehető nitrogénforma a nitrát és a nitrit. Megvizsgáltuk, hogyan alakul e két nitrogénforma mennyisége a talajszelvényben az öntözés, vetésváltás és trágyázás függvényében. A nem öntözött parcellák variancia-analízisének eredményét mutatja az 5. táblázat.

**5. táblázat: A nem öntözött parcellák nitrát-nitrit tartalmának szórás-analízise, Debrecen, 2003-2006.**

Dependent Variable: NO3-NO2-N (mg/kg sz.a.)					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	11965,668	5	2393,134	5,029	,000
Intercept	71917,820	1	71917,820	151,137	,000
vetesval	2884,869	2	1442,434	3,031	,049
tragya	5251,580	1	5251,580	11,036	,001
vetesval * tragya	5788,646	2	2894,323	6,082	,003
Error	181773,331	382	475,846		
Total	277987,099	388			
Corrected Total	193738,999	387			

A szignifikancia szintet 5%-osra választva megállapítható, hogy a vetésváltás statisztikailag igazolható módon befolyásolja a talaj nitrát és nitrit tartalmát. Ugyanez mondható el a műtrágyázásról is. A vetésváltás és műtrágyázás elsőrendű kölcsönhatása is szignifikáns, ami azt jelenti, hogy a műtrágyázás nitrát tartalmat befolyásoló hatása attól is függ, hogy melyik vetésváltásban vizsgálódunk. Érdekes, hogy a vetésváltásban kevesebb a talaj könnyen oldható nitrát tartalma, mint a monokultúrában, amit a Duncan-teszt is igazol (6. táblázat).

**6. táblázat: A vetésváltás hatása a talaj nitrát-nitrit tartalmára, Debrecen, 2003-2006.**

NO3-NO2-N (mg/kg sz.a.)			
Duncan <sup>a,b,c</sup>			
vetésváltás	N	Subset	
		1	2
bikultúra/kukorica	106	10,718	
bikultúra/ő. búza	106	14,269	14,269
kukorica monokultúra	176		17,436
Sig.		,204	,257

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 475,846.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 122,201.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

c. Alpha = ,05.

A trágyázás egyértelműen növeli a talaj nitrát és nitrit tartalmát. A 120 N kg/ha-os parcellák könnyen oldható nitrogén tartalma 70%-kal magasabb, mint a kontroll parcelláké (7. táblázat).

**7. táblázat: A trágyázás hatása a talaj nitrát-nitrit tartalmára, Debrecen, 2003-2006.**

Dependent Variable:				
trágyázás	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
0 N kg/ha	10,236	1,621	7,049	13,423
120 N kg/ha	17,817	1,606	14,659	20,974

A vetésváltás és trágyázás kölcsönhatása érdekes eredményt mutat. A bikultúrában egyértelmű az eredmény. A kontroll parcellákon alacsony, 5-7 ppm, a 120 N kg/ha parcellákon közel háromszor ennyi, 17-21 ppm a nitrát és nitrit tartalom.

**8. táblázat: A vetésváltás és trágyázás hatása a talaj nitrát-nitrit tartalmára, Debrecen, 2003-2006.**

**1. vetésváltás \* trágyázás**

Dependent Variable: NO3-NO2-N (mg/kg sz.a.)

vetésváltás	trágyázás	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
kukorica monokultúra	0 N kg/ha	18,753	2,299	14,232	23,274
	120 N kg/ha	16,058	2,352	11,433	20,682
bikultúra/kukorica	0 N kg/ha	5,225	2,941	-,559	11,008
	120 N kg/ha	16,642	3,055	10,636	22,648
bikultúra/ö. búza	0 N kg/ha	6,730	3,116	,603	12,858
	120 N kg/ha	20,750	2,889	15,069	26,431

Az öntözött parcellák variancia-analízisének eredményét mutatja a 9. táblázat. Öntözött körülmények között a vetésváltás nem befolyásolja a talaj nitrát-nitrit tartalmát. Az öntözés nitrogén kilúgzó hatása mindkét kezelésben erősen jelentkezik.

**9. táblázat: Az öntözött parcellák nitrát-nitrit tartalmának szórás-analízise, Debrecen, 2003-2006.**

Dependent Variable: NO3-NO2-N (mg/kg sz.a.)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	6353,867	5	1270,773	13,098	,000
Intercept	12018,254	1	12018,254	123,875	,000
vetesval	251,888	2	125,944	1,298	,274
tragya	5315,930	1	5315,930	54,792	,000
vetesval * tragya	407,062	2	203,531	2,098	,124
Error	39195,916	404	97,020		
Total	58556,212	410			
Corrected Total	45549,783	409			

A trágyázásnak öntözött körülmények között is szignifikáns hatása van a talaj könnyen felvehető nitrogénformáira. A trágyázott parcellák nitrát-nitrit tartalma közel ötszöröse a nem trágyázott parcelláknak.

**10. táblázat: A trágyázás hatása a talaj nitrát-nitrit tartalmára, Debrecen, 2003-2006.**

Dependent Variable:

trágyázás	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
0 N kg/ha	1,847	,705	,461	3,232
120 N kg/ha	9,180	,696	7,811	10,548

Az elvégzett vizsgálatok alapján az öntözött ill. öntözés nélküli körülmények között a talaj humusztartalmát sem a vetésváltás, sem a trágyázás nem befolyásolta szignifikánsan.

## A vetésváltás és műtrágyázás kölcsönhatása

A vetésváltásban termesztett kukorica egyértelműen, szignifikánsan több termést adott, mint a monokultúrában termesztett. Nem öntözött körülmények között monokultúrában 7,9 t/ha, vetésváltásban 9,7 t/ha volt a termés. Öntözött körülmények között hasonló a tendencia, 8,5 t/ha és 10,3 t/ha. A vetésváltás termésmenővelő hatása átlagosan 20-22%-os.

Nem öntözött körülmények között a nem trágyázott kukorica 6,3 tonnát terem hektáronként monokultúrában, és 8,6 t/ha-t vetésváltásban. Ez 37%-os termésmenővelő hatást jelent. Trágyázott körülmények között (120 vagy 240 kg N/ha) a vetésváltás termésmenővelő hatása 15-16%-ra mérséklődik.

Öntözött körülmények között nagyon érdekes eredményt kaptunk. A nem trágyázott parcellákon a vetésváltás termésmenővelő hatása 55%-os (monokultúra: 5,8 t/ha, bikultúra: 9,1 t/ha). Trágyázás nélkül az elmúlt három év (2004-2006) átlagában az öntözés csökkentette a kukorica termését! Amennyiben az öntözést műtrágyázással kombináljuk a vetésváltás termésmenővelő hatása mérséklődik, értéke 8-10% körül alakul. Kedvező víz- és tápanyag-ellátottság esetén némelyik évben teljesen el is tűnik a vetésváltás kedvező hatása.

## A vetésváltás és a talajművelés közötti kapcsolat

Az elvégzett vizsgálatok alapján a vetésváltás termést befolyásoló hatása függ a talajműveléstől.

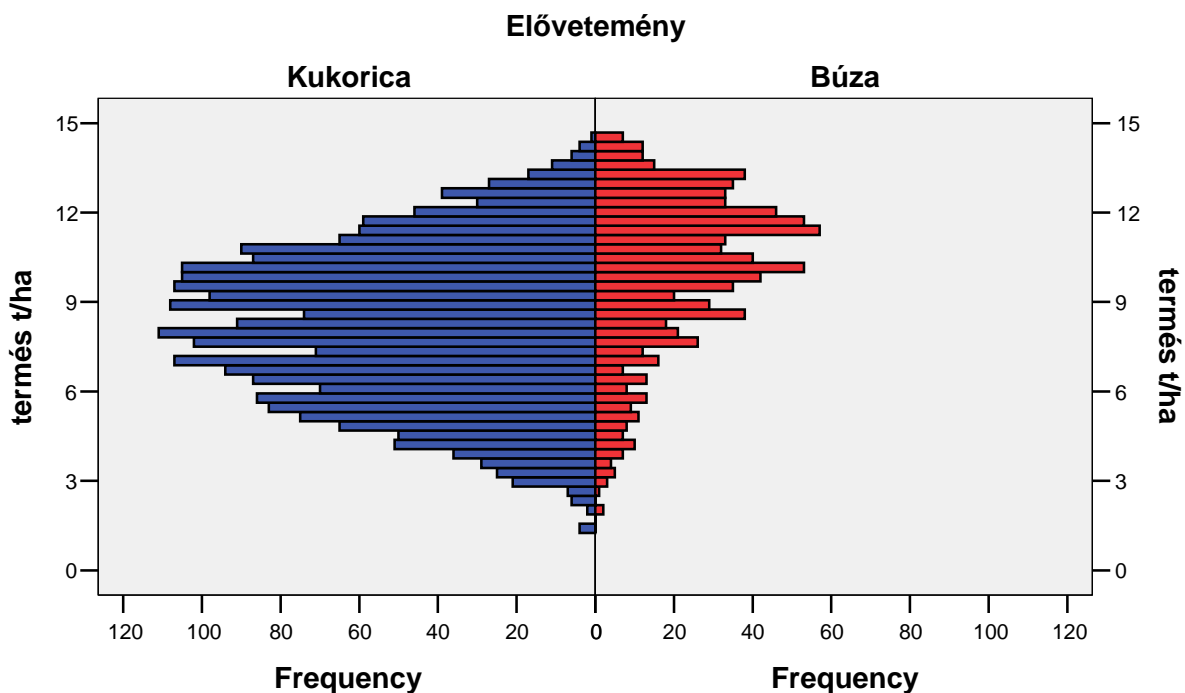
### 11. táblázat: A vetésváltás és talajművelés közötti kölcsönhatás, Debrecen, 2003-2006.

termés t/ha		95% Confidence Interval			
Elővetemény	Talajművelés	Mean	Std. Error	Lower Bound	Upper Bound
Kukorica	őszi szántás	8,225	,082	8,065	8,386
	tavaszi szántás	8,281	,095	8,094	8,467
	tárcsás	8,011	,095	7,824	8,197
Búza	őszi szántás	10,688	,174	10,347	11,029
	tavaszi szántás	10,434	,151	10,139	10,729
	tárcsás	9,385	,135	9,121	9,649

A 11. táblázat adataiból egyértelműen megállapítható, hogy a vetésváltás termésmenővelő hatása egyértelműen a forgatást alkalmazó talajművelés esetén nagyobb. Ebben az esetben megközelíti a 30%-ot. Forgatás nélküli talajművelés esetében ez a hatás 13%-ra mérséklődik. Ezt érdemes figyelembe venni napjaink modern talajművelési rendszereiben, ahol sok esetben a forgatást mellőzik.

## Termésbiztonság

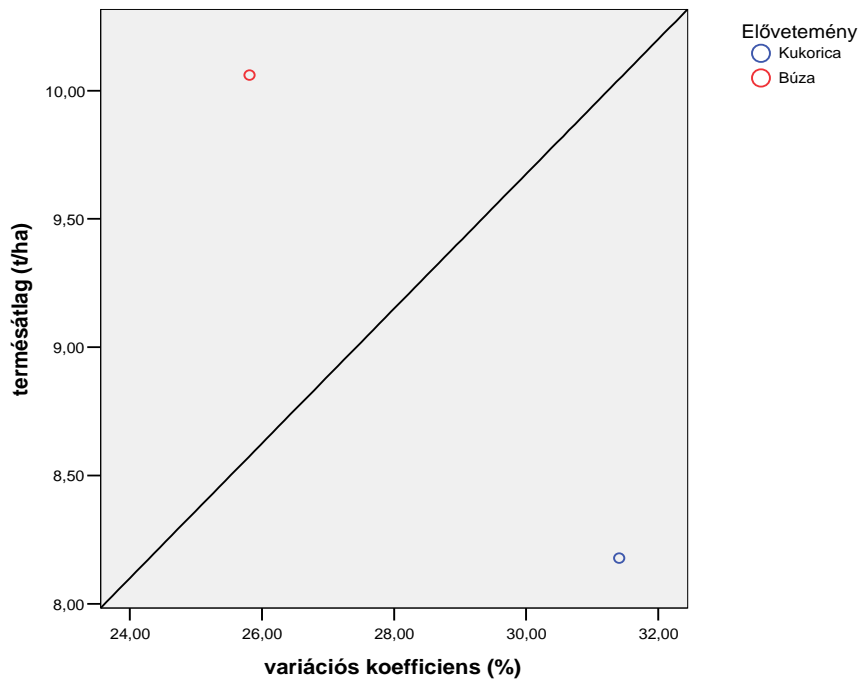
A növényvizsgálatok és terméskomponens analízisek eredményei alapján elmondható, hogy a területegységenkénti termés változásért elsősorban a tőszám, és csak másodsorban az egyedi produkció a felelős. A kis termések mindig kis állománysűrűség mellett alakultak ki. A kedvező termesztési beavatkozások csak kismértékben növelik az egyedi produkciót, sokkal jelentősebben javítják a megtermékenyülést, a produktív tövek számát.



**1. ábra: Az elővetemény hatása a kukorica termésére**

A 1. ábra mutatja a négy vizsgálati évben a kukorica termésének eloszlását (sűrűségfüggvény). Az ábrán jól látható, hogy búza elővetemény esetében a nagy termések előfordulása sokkal gyakoribb, mint monokultúra esetében. Monokultúrás termesztésben a közepesnél kisebb termések kialakulásának valószínűsége nagy, nagyobb a termesztés kockázata.

A termesztés színvonalának egyik mérője az elért termés nagysága, várható értéke. A másik fontos jellemző, ennek a termésnek a stabilitása. A stabilitást ebben az esetben a termésátlagok ingadozásával becsülhetjük meg. Nagy ingadozás, szórás esetén, a termesztés stabilitása kicsi, az egyéb tényezők termésre gyakorolt hatása nagy. Minél nagyobb a termesztéstől független, egyéb tényezők hatása, annál kockázatosabb a termelés. Ezért a termesztés kockázatát jól lehet becsülni a termésátlagok szórásával, ill. a 2. ábrán a szórás helyett a variációs koefficienssel. Az ábrán az átlótól balra helyezkedik el a kedvező, nagy várható értékű, kis variációs koefficienssel (kis kockázat) rendelkező kezelés, ami a vetésváltásban termesztett kukorica termését jelenti (10 t/ha termés, 26%-os variációs koefficiens). Monokultúrában a termés kisebb (8,2 t/ha) és az évenként termésszórás nagyobb (31%), tehát nagyobb a termesztés kockázata



**2. ábra:** Az elővetemény hatása a kukorica várható termésére és variációs koefficiensére.

## Összefoglalás

A kutatás szakmai része a tervezetteknek megfelelően haladt. Személyi változás ezen időszakban nem történt. Váratlan események csak ritkán hátráltatták a munkát, pl. szántóföldi műszerek meghibásodása, szondák eltulajdonítása, rongálás, stb.

Sokkal nagyobb akadályt jelentett a szeszélyesen változó gazdasági körülmény, ami az ÁFA, járulékok és elszámolási szabályok megváltozásán, ill. két esztendőben a már folyó kutatás támogatásának jelentős csökkentésén keresztül nehezítette a munkát. Az elvonás 2004-ben a dologi költséget 280eFt-tal, 2005-ben 200eFt-tal csökkentette. Az általános rezszi költségek közel 12%-át tették ki a támogatás összegének. A négy év során jelentősen nőttek az árak, pl. üzemanyag, energiahordozók, szolgáltatások, gyengült a forint, ami a támogatás reálértékét jelentősen csökkentette. A fent felsorolt okok miatt az évenként ténylegesen a kutatásra fordított összeg két évben alig haladta meg a 3 000-4 000 Eurót. Ennek ellenére nem történt költség túllépés.