

SOIL TILLAGE AND CROP PRODUCTION

JOLÁNKAI MÁRTON¹, TARNAWA ÁKOS¹,
SZENTPÉTERY ZSOLT², KASSAI M. KATALIN¹

¹ Szent István University, Crop Production Institute
2100 Gödöllő, Péter Károly utca 1.

E-mail: jolankai.marton@mkk.szie.hu

² Szent István University, Institute of Management
and System Engineering

2100 Gödöllő, Péter Károly utca 1.

Soil tillage has always been a determining factor regarding specific requirement and profitability of crop production. The present contribution is providing a brief overview on the relationship between crop production and soil tillage, introducing the development of land use systems from the historical roots to the complex agronomic technologies of the recent period.

The farmer makes his arable soil from a natural soil or old arable soil. He develops and maintains a deep rooting zone, easily penetrated by air, water, and roots. It holds water between rains, but allows the excess to pass through it. It has a balanced supply of nutrients. It neither washes away during rains nor blows away with high winds. The combination of practices to use depends on what is necessary to develop and maintain a soil as nearly as possible to the ideal on a sustained long-time basis. Successful farmers choose the practices for their fields according to two primary considerations: the practices that should come near the ideal, and how will the costs and returns fit into the farm budget.

TALAJTANI ÉS NÖVÉNYTERMESZTÉSI KUTATÁSOK TARTAMKÍSÉRLETEKBEN

KÁTAI JÁNOS¹, PEPÓ PÉTER², SÁRVÁRI MIHÁLY²

¹ Debreceni Egyetem MÉK Agrokémiai és Talajtani Intézet
4032 Debrecen, Böszörményi út 138.

² Debreceni Egyetem, MÉK Növénytudományi Intézet
4032 Debrecen, Böszörményi út 138.

E-mail: pepopeter@agr.unideb.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

A tartamkísérletek olyan interdiszciplináris kutatási lehetőséget biztosítanak, amelyek unikális jellegűek mind a növénytermesztésben, mind a növénytermesztéshez kapcsolódó társdiszciplínák (talajtan, agrometeorológia, növénytan, növényélettan, növényvédelem stb.) esetében. Eltérő ökológiai feltételek (Látókép – csernozjom talaj, Hajdúböszörmény – réti talaj) mellett évtizedek óta vizsgáljuk a legfontosabb szántóföldi növények, így a kukorica különböző agrotechnikai elemekre adott reakcióját, valamint az agrotechnikai tényezők talajra gyakorolt hatását. A tartamkísérleti eredményeink azt bizonyították, hogy a talajtulajdonságok alapvetően meghatározzák a kukorica reálizált termésszintjét, valamint a kukorica agrotechnikai tényezőkre adott termésszintjét. A csernozjom talajon magasabb termésszint érhető el, mint réti talajon, ugyanakkor a termésszinttel méréselkeltebbek. Tartamkísérleteink eredményei alapján megállapítható, hogy rendkívül szoros összefüggés van a víz- és tápanyagellátás között. Optimális tápanyagellátással a kukorica WUE vízhasznosítási értékei jelentősen javíthatók. A talajtani vizsgálatok eredményei szerint a műtrágyázás hatására jelentősen változott a csernozjom talaj AL-oldható P₂O₅ és AL-oldható K₂O tartalma. Ugyancsak változások következtek be a mo-

nokultúra és trikulturna kukorica tartamkísérletben a csernozjom talaj nitrát tartalmában is.

Kulcsszavak: tartamkísérletek, talajtípus, termés, talaj tápanyagtartalma

BEVEZETÉS

A szántóföldi növénytermesztésben az ökológiai, a biológiai és agrotechnikai tényezők bonyolult kölcsönhatást gyakorolnak a termesztett növény termésmennyiségére, termésbiztonságára, a növényállományok különböző paramétereire. Ezeknek a tényezőknek a hosszú távú hatásai leghatékonyabban tartamkísérletekben tanulmányozhatók. A világ legrégebbi tartamkísérleteit 130-150 évvel ezelőtt létesítették (ROTHAMSTED 1843, GRIGNON 1875, ILLINOIS 1876, HALLE 1878 stb.). A tartamkísérletek értékes eredményeket szolgáltatnak részben az agrotechnikai tényezők adott növény terméssére gyakorolt hatásairól, a talaj tulajdonságainak változásáról, valamint a környezeti tényezők (éghajlat) hatásáról és a környezetvédelmi összefüggésekről (JOHNSTON 1997, KÖRSCHENS 2006, HEJCMAN és KUNZOVÁ 2010).

A kukoricatermesztés egyik legfontosabb termést meghatározó tényezője a szakszerű, a környezeti, agrotechnikai feltételeket figyelembe vevő tápanyagvisszapótlás, trágyázás. Számos hazai és külföldi kutatási eredmény bizonyítja, hogy a kukorica tápanyagigényes növény, a talaj természetes tápanyagkészletét jól használja, de igényli és meghalálja a szakszerű trágyázást is (GYÖRFFY 1966, DEBRECZENI és DEBRECZENINÉ 1983, MENYHÉRT 1985, RUZSÁNYI 1992, BERZSENYI 1993, SÁRVÁRI 1995a, PEPÓ et al., 2000, PEPÓ 2001). A kukorica a harmonikus tápanyag-visszapótlást (NPK, mezo- és mikroelemek) igényli, azonban döntő hatású a nitrogén (BOCZ 1974).

Viszonylag kevés azoknak a szántóföldi növényeknek a köre, amelyek monokultúrában, ill. részleges monokultúrában termesztetők. SÁRVÁRI (1995c) szerint a kukorica részleges monokultúrás termesztése lehetséges, mely esetben jó alkalmazkodó képességű hibriddel, a

tőszám 5-10 ezer ha⁻¹ csökkentésével, öntözés alkalmazásával lehet a természés kockázatát mérsékelni. A részleges monokultúrás termesztés lehetőségét is jelentősen korlátozza az elmúlt években erőteljesen terjedő és károsító amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera*).

A monokultúra kedvezőtlen hatása a terméscsökkenés mellett abban is megnyilvánul, hogy nagyobb műtrágya adagok kijuttatása válik indokolttá (SÁRVÁRI és GYŐRI 1982, SÁRVÁRI 1995c, SÁRVÁRI és SZABÓ 1998).

Igen fontos termést befolyásoló agrotechnikai tényező a tőszám helyes megválasztása a kukoricatermesztésben (SÁRVÁRI 1995b). SÁRVÁRI és SZABÓ (1998), SÁRVÁRI et al., (2002) vizsgálatai szerint a tőszám megválasztásánál a hibrid speciális tőszám reakcióján túl a termőhelyi adottságokat, az évjáráthatást, valamint a víz- és tápanyagellátás közötti interakciókat szükséges figyelembe venni.

A tartamkísérletek kiváló lehetőséget nyújtanak a talajtulajdonságok változásainak meghatározására.

KÁDÁR (2003) megállapította, hogy 30 éves műtrágyázás hatására, a szántott rétegben, a felvehető foszfor- és kálium elemtartalom a nagyhörsöki mészlepedékes csernozjom talajon számottevően megnövekedett. A feltalaj foszforkészlete közel hétszeresére növekedett, amíg a kálium tartalom, több mint megkétszereződött a kontroll talaj káliumtartamához viszonyítva.

A görbeházi tartamkísérletben, műtrágyázás hatására kismértékben változott a feltalajban a nitrát-tartalom (SÁRVÁRI, 2003). Az intenzív foszfortrágyázás hatására a 7 és 8-szorosára növekedett a felvehető foszfortartalom. A talajok káliumtartalmának növekedése az agyagásványok kálium fixálása miatt szintén kisebb mértékűnek bizonyult.

A műtrágyázás hatására ugyanebben a görbeházi kísérletben (a kísérlet 42-44. évében) a nitrát-tartalma a feltalajban a kontroll értékének 3-4-szerese volt (KÁTAI, 2015). Intenzív foszfortrágyázás hatására a 2,5 és 5-szörösére növekedett a tartamkísérletben. A talajok kálium-

tartalmának növekedése az agyagásványok kálium fixálása miatt, - a kezelésetől függően - közel 10-30%-kal emelkedett.

A karcagi réti csernozjom talajon beállított tartamkísérletben nagy dózisú műtrágyázás közel 3-szorosára növelte a talajok felvehető foszfortartalmát és 1,5-szeresére az AL-oldható káliumtartalmát (BLASKÓ és ZSIGRAI, 2003).

A hazai talajtani és növénytermesztési kutatások, a talaj – növény – produkció – minőség, valamint a fenntartható fejleszhető technológiák csak tartamkísérletekben számszerűsíthetők. A magyarországi tartamkísérletek nemzeti kincsnek számítanak.

A természetesen növekedésében meghatározó szerepe volt a korszerű biológiai alapok (kukorica hibridek) megjelenésének, a műszaki-technikai háttér fejlődésének, a kemikália felhasználás növekedésének és a nagyobb szakértelemnek (BOCZ, 1976; DEBRECZENI, 1987). A kukoricatermesztés egyik alapvető feltétele, hogy a biológiai alapot helyesen válasszuk meg (PEPÓ és PEPÓ, 1993).

BLASKÓ (1983) megállapította, hogy réti talajon tartós műtrágyázás hatására a talaj Ca és Mg tartalma jelentősen változik, de a talaj mikrobiológiai változás nyomon követhető KÁTAI, 1999).

ANYAG ÉS MÓDSZER

A tartamkísérletek beállítása 1983. évben történt mészelepedékes csernozjom talajon. A tartamkísérletek Debrecentől 15 km-re, a Hajdúságban található (É szélesség 47° 33', K hosszúság 21° 27'). A kísérletek beállításakor végzett kiindulási talajvizsgálati eredmények azt bizonyították, hogy a csernozjom talaj fizikai és kémiai tulajdonságai, valamint vízgazdálkodási paraméterei rendkívül kedvezőek.

A kísérleti terület művelt rétegének a humusztartalma 2,6-2,8%, a talaj $pH_{KCl} = 6,36-6,58$, azaz csak enyhén savanyú. A talaj kedvező N-szolgáltató képességű, az AL - oldható P_2O_5 tartalma közepes (133 mg/kg), az AL-oldható K_2O tartalma pedig jó (240 mg/kg). A csernozjom talaj tápanyag-ellátottsága (N, P_2O_5 , K_2O) jelentősen változott az

elmúlt évtizedek alatt a tartamkísérletekben alkalmazott agrotechnikai elemek (trágyázás, öntözés, vetésváltás) hatására. A kísérlet talaja kedvező talajfizikai tulajdonságokkal (középkötött, vályog típus) jellemezhető. A talaj vízgazdálkodási tulajdonságai kedvező vízbefogadó és jelentős víztartó képességet bizonyítanak. A tartamkísérletben termesztett növények vízellátása szempontjából mértékadó talajszelvényben (0-2 m) a talaj mintegy 580-600 mm vizet képes megtartani, tárolni, amelynek kb. 50%-a a diszponibilis víz mennyisége. A kísérleti területen a talajvíz átlagos mélysége 3-5 m, amely miatt a növények vízellátásában csak mérsékelt szerepet játszik.

A tartamkísérletben a növényfajok termésmennyisége szempontjából legfontosabb agrotechnikai elemek vizsgálatát végezzük, melyek a következők:

Polyfaktorális tartamkísérlet (LTE 1)

- vetésváltás
monokultúra: kukorica
bikultúra: kukorica – búza váltás évenként
trikultúra: borsó – búza – kukorica vetési sorrend
 - trágyázás
5 tápanyagkezelés: kontroll, alapdózis N = 50 kg/ha, $P_2O_5 = 35$ kg/ha, $K_2O = 40$ kg/ha, valamint az alapdózis 2, 3, 4-szeres mennyisége
 - A műtrágyák közül a foszfor és kálium mennyiségének 100%-át, a nitrogénnek 50%-át összesen juttatjuk ki. A maradék 50% nitrogént koratavasszal fejtrágyaként alkalmaztuk.
 - vízellátás
Három eltérő vízellátottsági változat szerepel a tartamkísérletben.
 - öntözés nélkül (Ö₁)
 - feladagú öntözés (a vízhiány 50%-át pótoljuk öntözéssel) (Ö₂)
 - teljes adagú öntözés (a vízhiány 100%-át pótoljuk öntözéssel) (Ö₃)
 - egyéb agrotechnikai elemek
- növényvédelem (búza), állománysűrűség (kukorica), vetésidő (borsó)

Szántóföldi növényfajok genotípus x tápanyag x egyéb agrotechnikai elemek közötti interaktív hatások vizsgálata (LTE 2)

- őszi búza genotípusok
- kukorica genotípusok
- napraforgó genotípusok

A kukorica kísérleti talaj típusos réti talaj Hajdúböszörményben. A kísérlet 1967-ben lett beállítva, az NPK műtrágyázás és a kukorica termesztése közötti összefüggésből a 2016-os eredményeket közöljük.

A tartamkísérlet talajának szerves-anyag tartalma 4,2 %, AL-oldható P_2O_5 tartalma 50-300 mg/kg, a K_2O tartalma 140-230 mg/kg a műtrágyakezelést függően.

A műtrágyakezelés kontroll (műtrágyázás nélküli); N_{80} , P_2O_5 50, K_2O 60 kg /ha és N_{160} , P_2O_5 100, K_2O 120 kg /ha hatóanyag.

A kísérleti évben (I-IX. hó) 260,2 mm-rel több csapadék hullott a 30 éves átlaghoz (445,8 mm) viszonyítva.

A kísérletben 10 eltérő genetikai hátterű és eltérő tenyészidejű hibridek szerepeltek 50-90 ezerig terjedő tőszámokon.

Az elővetemény kukorica volt, a vetésidő 2016. április 2, a betakarítás időpontja szeptember 30.

A kísérletek kiértékelése varianciaanalízissel és parabolikus regressziós analízissel történt.

A kísérleteket a KITE támogatásával végezzük.

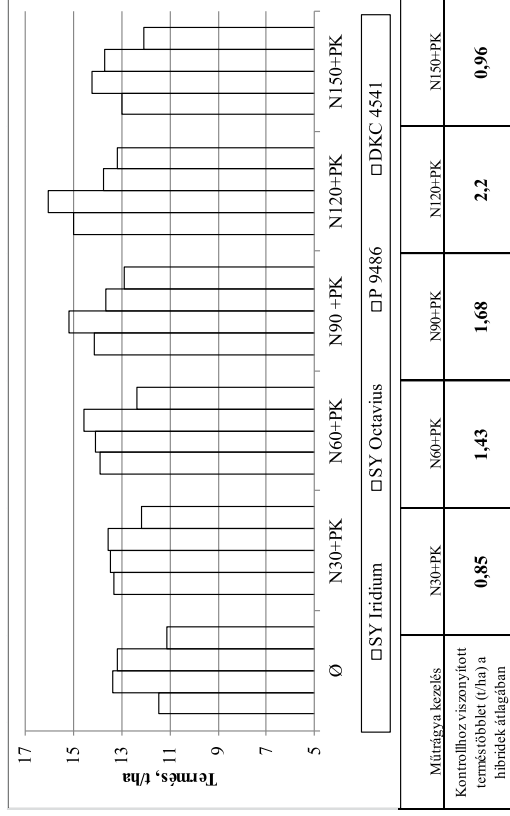
Vizsgálataink során rendszeresen meghatározzuk a talaj AL-oldható foszfor- és káliumtartalmát EGNÉR et al., (1960) szerint, valamint a nitrát nitrogén mennyiségét. FELFÖLDY (1987) módszerével. A mintavétel 1999-2000-ben, valamint 2009-2010-ben tavaszi és őszi időszakban történt. Értékeljük, összehasonlítottuk a kísérlet 16 és 17. évi átlagértékeit a 26. és 27. évben kapott értékekkel. A vizsgálatokat négy ismétlésben végeztük, eredményeinket variancia-analízissel értékeltük.

EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

A kukorica különleges helyet foglal el a gabonanövények között, mivel a legnagyobb terméspotenciállal rendelkezik a mérsékelt égövi termesztett növények között. A nagy terméspotenciál kihasználásához megfelelő ökológiai, biológiai és agrotechnikai feltételek szükségesek. Az elmúlt évtizedekben a kukorica termésátlagának növekedéséhez mind a nemesítés, mind az agrotechnika hozzájárult. A kukorica ökológiai feltételekre kifejezetten szenzibilis növényi kultúra. Időjárási szempontból a vizellátás kiemelkedő jelentőségű, különösen a kritikus fenológiai fázisokban (virágzás, termékenyülés, szemtelítődés). Különösen nagy jelentőségűek azok a tartam- és egyéb kísérletek, amelyek elterő termőhelyeken és talajtípusokon a Debreceni Egyetem MFK Növénytudományi Intézetében végzünk évtizedek óta. A Látóképi Kísérleti Telepen kiváló víz- és tápanyag-gazdálkodású meszlepedékes csernozjom talajon, a Görbeházi Kísérleti Telepen pedig típusos réti talajon végezzük a kukorica kísérleteinket.

Az eltérő ökológiai feltételek esetleges negatív hatásainak mérésében – tartamkísérleteink eredményei szerint – fontos szerepet játszik a megfelelő, adaptív genotípus megválasztása, valamint a termőhelyhez és hibridhez igazított agrotechnika.

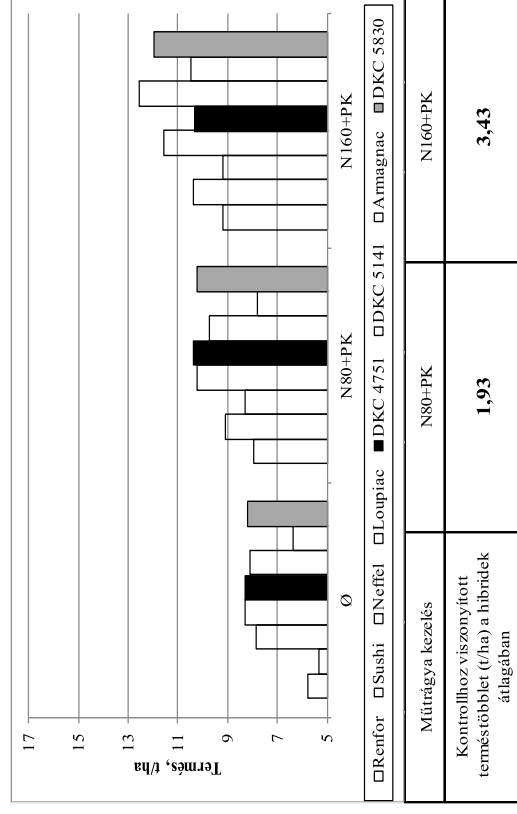
A csernozjom talaj kiváló természetes tápanyag-szolgáltatást jól bizonyítja a kontroll (1983. év óta műtrágyázás nélkül) kezelésben elért igen magas, 11,15-13,38 t/ha termésszint (1. ábra). A vizsgált kukorica hibridek termése műtrágyázás hatására 1,5-3,5 t/ha-ral nőtt genotípusától függően. A műtrágyázás hatására kapott maximális termésszint 13,21-16,06 t/ha között változott. A hibridek átlagában a műtrágyázás hatására 2,2 t/ha terméstöbbletet kaptunk. A hibridek optimális N+PK adagja N=60-120 kg/ha +PK között változott.



1. ábra: A trágyázás hatása a kukorica hibridek termésére tartamkísérletben (Debrecen-Látókép, csernozjom talaj, 2015)

A termőhely, elsősorban a réti talaj kedvezőtlenebb víz- és tápanyag-gazdálkodási tulajdonságait bizonyították a Görbeházi Kísérleti Telepen beállított kukorica tartamkísérletek eredményei a 2015. évben. A réti talaj korlátozottabb természetes tápanyag-szolgáltató képességét – a csernozjom talajhoz viszonyítva – a vizsgált kukorica hibridek kontroll kezelésben (műtrágyázás nélkül) elért alacsonyabb termésszintjei igazolták vissza. Míg a Látóképi Telepen, csernozjom talajon a hibridek kontroll termésszintje 11,15-13,38 t/ha volt a 2015. évben, addig a Görbeházi Telepen (2. ábra) réti talajon a kukorica hibridek kontroll termése 5,34-8,33 t/ha között változott. Bár a vizsgált hibridek különbözőek voltak a két kísérletben, de mindkettőben korszerű genotípusokat teszteltünk, melyek jelentős potenciális termőképességgel rendelkeznek. A réti talajon a kijuttatott műtrágyák hatására sokkal jelentősebb termésnövekedést tudtunk elérni. A vizsgált hibrideknél a műtrágyázás hatására kapott termésthöbbllet 2,0-4,5

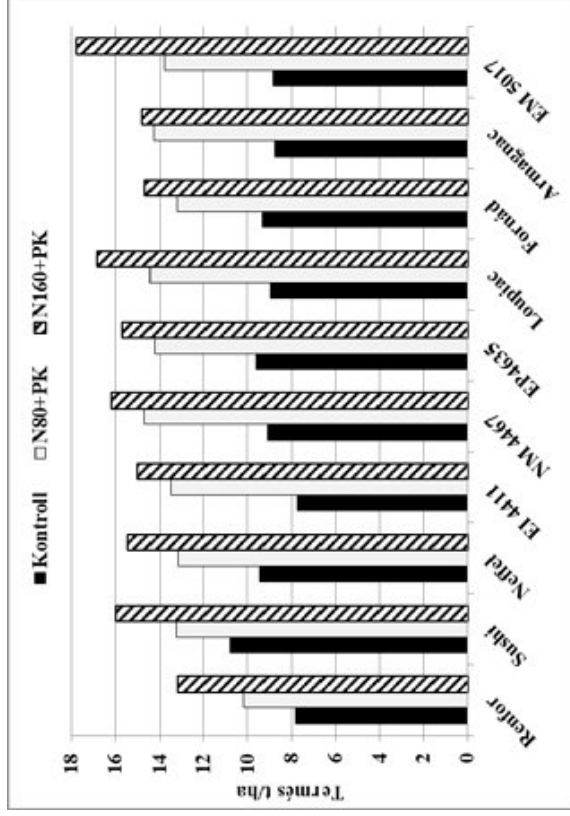
t/ha között változott. A kukorica hibridek termésmaximuma 9,21-12,59 t/ha volt réti talajon. A réti talaj relatíve mérsékeltebb tápanyagtőkét és kisebb tápanyag-szolgáltató képességét az bizonyítja, hogy a kukorica hibridek a termésmaximumukat lényegesen nagyobb trágyaadagnál ($N_{160}+PK$) tudták realizálni, mint a csernozjom talajon beállított kísérletünkben ($N_{60-120}+PK$).



2. ábra: A trágyázás hatása a kukorica hibridek termésére tartamkísérletben (Görbeháza, réti talaj, 2015)

Megállapítható, hogy a 2016-os év átlag felett csapadékos volt, kedvező eloszlással. A vizsgált 10 hibrid átlagában 17,62 t/ha-os termésthöbblletet értünk el. Az eredmények bizonyítják, hogy rendkívül kedvező biológiai alapokkal rendelkezünk. Nem csak a termőképességük, hanem a terméshöbblletük is kedvező.

Kedvezően csapadékos évjáratban érvényesült a hosszabb tenészi idejű hibridek potenciálisan nagyobb termőképessége.



SzD_{5%} hibrid = 0,52, műtrágyázás = 0,29, kölcsönhatás = 1,28 t/ha

3. ábra: A műtrágyázás hatása a kukoricahibridek termésére a tőszámok átlagában (Görbeháza, 2016.)

A tartamkísérleti eredményeink azt bizonyították, hogy csernozjom talajon az évjárat és azon belül is elsősorban a vízellátottság alapvetően meghatározza a kukorica termésmennyiségét mindhárom vetésváltásban (1. táblázat). A legkisebb termést monokultúrában és száraz évjáratban kaptuk öntözés nélkül (5039-8182 kg/ha). Az átlagos és kedvező csapadékelátottságú évjáratban a terméseredmények 10 536-12 019 kg/ha és 11 662-12 071 kg/ha között változtak öntözés nélkül. A legnagyobb öntözéshatást száraz évjáratban kaptuk vetésváltástól függően 3341-4858 kg/ha között változott az öntözés terméstöbblete. Átlagos évjáratban minimális öntözési terméstöbbletet kaptunk (1276-1323 kg/ha) vetésváltástól függően.

1. táblázat: Évjárat, vetésváltás és öntözés hatása a kukorica termésére tartamkísérletben (Debrecen, csernozjom talaj, N_{opt} +PK, 1986-2014)

Vetésváltás	Termés (kg/ha)			Csapadékos évjárató év (21%)
	Száraz évjárat 11 év (38%)	Átlagos évjárat 12 év (41%)		
Vízellátás				
<u>Monokultúra</u>				
nem öntözött	5039 d	10 536 d	1323*	11 662 c
öntözött	9897 b	11 859 bc		11 624 c
<u>Bikultúra</u>				
nem öntözött	8182 c	3341*	1276*	11 723 bc
öntözött	11 523 a		13 295 a	11 821 bc
<u>Trikultúra</u>				
nem öntözött	7619 c	3466*	11 547 c	12 071 ab
öntözött	11 085 ab		12 831 ab	12 268 a

*öntözési terméstöbblet (kg/ha) a, b, c, d jelölések szignifikáns különbségeket jelentenek SzD5% szinten

A tartamkísérleti eredményeink ugyanakkor azt is egyértelműen bizonyították, hogy mindhárom vetésváltásban (monokultúra, bikultúra, trikulúra) optimális tápanyagellátással a kukorica vízhasznosítása lényegesen kedvezőbbé vált a tápanyaghiányos kontroll kezeléshez képest. Száraz évjáratban a kontroll tápanyagkezelésben a WUE értékek 9,5-23,7 kg/1 mm között változtak, míg átlagos vízellátottságú évjáratban 20,8-30,6 kg/1 mm WUE értékeket kaptunk (2. táblázat). Ehhez képest az N_{opt} +PK kezeléseknél a kukorica vízhasznosítása jelentős javulást mutatott, ami azt jelenti, hogy száraz évjáratban a WUE értékek 15,2-28,2 kg/1 mm, átlagos évjáratban pedig 35,8-40,4 kg/1

mm között változtak (2. táblázat). Ezek a vizsgálati eredmények azt bizonyították, hogy igen szoros interaktív hatás mutatható ki a tápanyag és vizellátás vonatkozásában a kukoricatermesztésben.

2. táblázat: A kukorica vízhasznosítása (WUE = Water use efficiency) különböző évjáratban (Debrecen, csernozjom talaj, nem öntözött)

Vetésváltás	Műtrágyázás	Száraz évjárat	Átlagos évjárat
		termés kg/1 mm csapadék a vegetációs periódusban	
Monokultúra	Kontroll	9,5 d	20,8 d
	N _{opt} +PK	15,2 c	39,1 a
Bikultúra	Kontroll	22,1 b	28,4 c
	N _{opt} +PK	27,2 ab	35,8 ab
Trikkultúra	Kontroll	23,7 ab	30,6 bc
	N _{opt} +PK	28,2 a	40,4 a

a, b, c, d betűk szignifikáns különbségeket jelentenek SzD_{5%} szinten

Kukorica monokultúrában a műtrágyázás hatására a talajok foszfortartalma (3. táblázat) növekedett, mind öntözetlen, mind öntözött körülmények között. Az azonos öntözetlen kezelések között nem találtunk lényeges különbséget. Az öntözött kezelések esetében, kezelésenként és a kezelésektől függően 10-40 mg/kg növekedést is tapasztaltunk.

A tíz éves műtrágya hatás a talajok káliumtartalmát az öntözetlen kezelésekből 40-60 mg/kg-mal, az öntözött kezelésekből pedig 100-115 mg/kg-mal emelte.

A rendszeres műtrágyázás hatására négy-öttszörösére növekedett a talajok nitrát-tartalma a monokultúra, öntözetlen kontrolljához viszonyítva. A talajok nitrát-tartalma, az azonos kezelésekből 1,5-2 szeresére növekedett a két mérési időpont között. Az esetek többségében az öntözött dózisok hatására nagyobb nitrát-tartalmat határoztunk meg.

3. táblázat: A kukorica monokultúra kezeléseik ásványi tápanyagtartalmának változása a 1999-2000 és 2009-2010 között (Debrecen-Látókép) (KÁTAI, 2006 ÉS KÁTAI ET AL., 2014)

Kezelések sorszáma, kezeléseik/paraméterek	1999-2000			2009-2010		
	AL-P ₂ O ₅ mg/kg	AL-K ₂ O mg/kg	NO ₃ mg/kg	AL-P ₂ O ₅ mg/kg	AL-K ₂ O mg/kg	NO ₃ mg/kg
öntözetlen kezeléseik						
1. Kontroll	48,6	222,0	7,4	60,5	280,0	13,9
2. N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	*85,6	*241,0	7,8	85,5	288,3	21,3
3. N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	*148,3	*277,0	*16,2	*112,8	*306,5	18,0
4. N ₁₈₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	*181,8	*306,5	*10,4	*185,3	*348,3	*37,6
5. N ₂₄₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀	*216,2	*346,0	*16,5	*214,5	*372,0	*34,2
SzD _{5%}	14,68	15,74	7,5	43,47	20,82	16,19
öntözött kezeléseik						
6. Kontroll	47,6	241,0	6,6	58,8	348,3	14,9
7. N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	*62,3	247,0	*14,5	78,8	345,0	23,6
8. N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	*81,3	255,0	*15,0	*116,3	350,0	24,2
9. N ₁₈₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	*114,9	*287,0	*31,8	*164,5	*402,5	*47,8
10. N ₂₄₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀	*140,3	*282,0	*32,8	*181,3	*394,5	23,4
SzD _{5%}	14,68	15,74	7,5	44,73	21,07	16,43

A trikkultúrában (4. táblázat) az egyes kísérleti blokkon belül a kontrollhoz viszonyítva – a monokultúrához hasonlóan – három négyszeresére növekedett az AL-oldható foszfortartalom. Tíz év alatt az öntözetlen, hasonló kezeléseik foszfortartalma csak 10-15 mg/kg-mal növekedett, amíg öntözés melletti műtrágya kezeléseik a dózisok emelkedésével nagyobb mértékben növelték azt.

A trikkultúrában az öntözetlen és az öntözött kezelésekből egyaránt 100-130 mg/kg-mal nőtt a káliumtartalom.

Az öntözetlen kezeléseik nitrát-tartalma 2-5-szörösére emelkedett. Az öntözött kezeléseik nitrát értékei 2000-ben is lényegesen nagyobb-

bak voltak, mint az öntözetlen kezeléseké. Az öntözetlen és öntözött kezeléseik talajaiban hasonló mennyiségű nitrátot határoztunk meg.

4. táblázat. A kukorica trikulturna kezeléseik ásványi tápanyagtartalmának változása a 1999-2000 és 2009-2010 között (Debrecen-Látókép) (KÁTAI, 2006 ÉS KÁTAI ET AL., 2014.)

Kezelések sorszáma, kezeléseik/paraméterek	1999-2000			2009-2010		
	AL-P ₂ O ₅ mg/kg	AL-K ₂ O mg/kg	NO ₃ mg/kg	AL-P ₂ O ₅ mg/kg	AL-K ₂ O mg/kg	NO ₃ mg/kg
11. kontroll	39,4	156,0	4,1	50,3	257,5	20,3
12. N ₆₀ ^P ₄₅ K ₄₅	*59,6	156,0	10,6	76,3	*291,3	25,2
13. N ₁₂₀ ^P ₉₀ K ₉₀	*107,0	174,0	7,0	95,5	*286,5	*35,6
14. N ₁₈₀ ^P ₁₃₅ K ₁₃₅	*148,5	*193,0	*12,8	*157,8	*318,3	*46,6
15. N ₂₄₀ ^P ₁₈₀ K ₁₈₀	*165,1	*210,0	*11,8	*178,0	*347,8	*44,2
SzD _{5%}	14,68	15,74	7,5	52,38	21,07	10,94
öntözött kezeléseik						
16. kontroll	36,2	187,0	8,4	44,3	269,5	18,5
17. N ₆₀ ^P ₄₅ K ₄₅	*51,1	197,0	*22,0	65,5	282,8	26,4
18. N ₁₂₀ ^P ₉₀ K ₉₀	*86,3	*212,0	*47,0	*104,8	*308,3	33,8
19. N ₁₈₀ ^P ₁₃₅ K ₁₃₅	*119,8	*250,5	*48,0	*159,3	*355,8	*60,9
20. N ₂₄₀ ^P ₁₈₀ K ₁₈₀	*122,4	*231,5	*46,0	*146,3	*351,0	*62,6
SzD _{5%}	14,68	15,74	7,5	54,81	19,72	15,63

KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Az NPK műtrágyázás mellett kiemelkedő jelentősége van a vízellátottságnak. A klímaváltozás miatti időjárási szélsőségek indokolják a hazai öntözés fejlesztését.

A korszerű, harmonikus NPK tápanyagellátásnak a talaj tápanyagtartalma és az adott kukorica hibrid igényéhez kell igazodni, a két tényezőt összehangba kell hozni.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A publikáció elkészítését a EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00008 számú projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

IRODALOMJEGYZÉK

- BERZSENYI, Z., 1993. Az N-műtrágyázás és az évjárat hatása kukorica hibridek (Zea mays L.) szemtermésére és N-műtrágyareakciójára tartamkísérletekben az 1970-1991 években. Növénytermelés, 42, 11: 49-63.
- BLASKÓ, L., 1983. Réti talaj AL-oldható Ca és Mg tartalmának változása tartós műtrágyázás hatására. Növénytermelés 32 (4) 539-547.
- BLASKÓ, L., ZSIGRAI Gy., 2003. A műtrágyázás és mészállapot összefüggései réti csernozjom talajon (Karcag). In: Műtrágyázás, talajszavanyodás és a meszezés összefüggései az OMTK kísérlethálózat talajain. 2. kiadás. (Szerk. Blaskó L. és Zsigrai Gy.) Karcag-Keszthely. 107-136. p.
- BOCZ, E., 1974. A szántóföldi növények hazai trágyázásának irányelvei. Egyetemi jegyzet, Debrecen, ATE 65-67.
- BOCZ, E., 1976. Trágyázási útmutató. Mezőgazdasági kiadó, Budapest. 120-132.
- Debrcezeni B., 1987. A magyar mezőgazdaság NPK mérlege. Nemzeti Mezőgazdasági Szemle (2-3) 150-153.
- DEBRECZENI, B., DEBRECZENI, B.-né, 1983. A tápanyag- és vízellátás kapcsolata. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.

- EGNÉR, H., RIEHM, H., DOMINGO, W.R., 1960. Untersuchungen über die chemische Bodenanalyseals Grundlage für die Beurteilung de Nährstoffzustandes der Böden. II. K. LantbrHögsk. Ann 26. pp. 199-215.
- FELFÖLDY, L., 1987. Biological Water Qualification. (In Hungarian) 4th ed. Vízügyi Hidrológia. Vízgazdálkodási Intézet Budapest. Vol. 16. pp. 172-174.
- GYÓRFFY, B., 1966. Különböző termesztési tényezők hatása a kukorica termésére. Komplex I. In: Kukoricatermesztési kísérletek 1961-1964. (Szerk.: I'so I.). Akadémiai Kiadó, Budapest, 67-74.
- HEJCMAN, M., KUNZOVA, E., 2010. Sustainability of winter wheat production on sandy-loamy Cambisol in the Czech Republic: Results from a long-term fertilizer and crop rotation experiment. Field Crops Research, 115. 191-199.
- JOHNSTON, E. A., 1997. The value of long-term experiments in agricultural, ecological and environmental research. Advances in Agronomy, 59. 291-333.
- KÁDÁR, I., 2003. A műtrágyázás hatása a talaj termékenységre, meszlepedékes csernozjom talajon (Nagyhörcsök). In: Műtrágyázás, talajsavanyodás és a meszesítés összefüggései az OMTK kísérlethálózat talajain. 2. kiadás. (Szerk. Blaskó L. és Zsigrai Gy.) Karcag-Keszthely. 55-68. p.
- KÁTAL, J., 1999. Talajbiológiai jellemzők változása trágyázási tartamkísérletben. Agrokémia és Talajtan 48 (3-4) 348-358.
- KÁTAL, J., 2006. Changes in soil microbiological properties in long-term fertilization experiments. (In Hungarian) Agrokémia és Talajtan. Vol. 48, No 3-4, pp. 348-358.
- KÁTAL, J., 2015. Effect of extreme precipitation on nutrient content and microbiological processes in soil. Növénytermelés. Vol. 64. Suppl. 2/2015. The impact of climate change on agriculture. 91-100.p.
- KÖRSCHENS, M., 2006. The importance of long-term field experi-

- ments for soil science and environmental research – a review. Plant Soil Environ., 52. (Special Issue): 1-8.
- MENYHÉRT, Z., 1985. Kukoricatermesztés kézikönyve. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- PEPÓ PÁ., PEPÓ PÉ., 1993. Biological background of sustainable (Zea mays L.) production. Landscape and Urban Planning, 27. 179-184.
- PEPÓ, P., 2001. A genotípus és a vetésváltás szerepe a kukorica tápanyagellátásában csernozjom talajon. Növénytermelés, 50. 2-3: 189-202.
- PEPÓ, P., RUZSÁNYI, L., KISS, I-né., 2000. A kukorica hibridspecifikus trágyázása. Gyakorlati Agroforum, 11, 3: 51-52.
- RUZSÁNYI, L., 1992. A főbb növénytermesztési tényezők és a vízelátás kölcsönhatásai. Akadémiai doktori értekezés tézisei, Debrecen.
- SÁRVÁRI, M., GYÓRI, Z., 1982. A monokultúrában és vetésváltásban termesztett kukorica. Növénytermelés, 31: 177-185.
- SÁRVÁRI, M., 1995a. A kukoricahibridek termőképessége és trágyareakciója réti talajon. Növénytermelés, 44. 2: 179-191.
- SÁRVÁRI, M., 1995b. A tőszám szerepe a fajtaspecifikus kukorica-termesztési technológiában. Növénytermelés, 44. 3: 261-270.
- SÁRVÁRI, M., 1995c. Monokultúrák természetes hatása a kukorica termésre réti talajon, műtrágyázási tartamkísérletekben. Növénytermelés, 44. 4: 359-374.
- SÁRVÁRI, M., SZABÓ, P., 1998. A termesztési tényezők hatása a kukorica termésére. Növénytermelés, 47. 2: 213-221.
- SÁRVÁRI, M., FUTÓ, Z., ZSOLDOS, M., 2002. A vetésidő és a tőszám hatása a kukorica termésére 2001-ben. Növénytermelés, 51. 3: 291-307.
- SÁRVÁRI, M., 2003. A műtrágyázás és mészállapot összefüggései réti csernozjom talajon (Hajdúböszörmény). In: Műtrágyázás, talajsavanyodás és a meszesítés összefüggései az OMTK kísérlethálózat talajain. 2. kiadás. (Szerk. Blaskó L. és Zsigrai Gy.) Karcag-Keszthely. 77-96.