



DEBRECENI EGYETEM
AGRÁR- ÉS GAZDÁLKODÁSTUDOMÁNYOK CENTRUMA
MEZŐGAZDASÁG-, ÉLELMISZERTUDOMÁNYI ÉS
KÖRNYEZETGAZDÁLKODÁSI KAR
NÖVÉNYTUDOMÁNYI INTÉZET

HANKÓCZY JENŐ NÖVÉNYTERMESZTÉSI, KERTÉSZETI ÉS
ÉLELMISZERTUDOMÁNYOK DOKTORI ISKOLA

Doktori iskola vezető:

Dr. Győri Zoltán
MTA doktora

Témavezető:

Dr. Pepó Péter
MTA doktora

NPK TÁPANYAGELLÁTÁS, ÖNTÖZÉS ÉS VETÉSVÁLTÁS
HATÁSA A RESEDA KUKORICA HIBRID TERMÉSÉRE
MÉSZLEPEDÉKES CSERNOZJOM TALAJON A HAJDÚSÁGBAN

Készítette:

Vad Attila

DEBRECEN

2010

TARTALOMJEGYZÉK

BEVEZETÉS	1
2. TÉMAFELVETÉS	4
3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	10
3.1. A tápanyagellátás hatása a kukorica termésére	10
3.1.1. A N-műtrágyázás hatása a kukorica termésére	11
3.1.2. A P-műtrágyázás hatása a kukorica termésére.....	14
3.1.3. A K-műtrágyázás hatása a kukorica termésére	16
3.1.4. A harmonikus tápanyagellátás hatása a kukorica termésére	18
3.2. A vízellátás hatása a kukorica termésére	22
3.2.1. A klimatikus tényezők hatása a kukorica termésére	22
3.2.2. Az évjárat hatása a tápanyaghasznosulásra.....	28
3.2.3. Az öntözés hatása a kukorica termésére	32
3.2.4. Az öntözés és a tápanyagellátás összefüggései.....	34
3.3. A vetésváltás hatása kukorica termésére	36
4. A VIZSGÁLATOK ANYAGA ÉS MÓDSZERE	42
4.1. A kísérlet helye, a kísérleti parcellák talajvizsgálati eredményei.....	42
4.2. A kísérlet beállítása, elrendezése	46
4.3. A kísérletben alkalmazott agrotechnika.....	47
4.4. Az eredmények értékelésének módszere	48
4.5. A vizsgált évek időjárásának jellemzése	49
4.5.1. A 2004. év időjárásának jellemzése.....	49
4.5.2. A 2005. év időjárásának jellemzése.....	50
4.5.3. A 2006. év időjárásának jellemzése.....	51
4.5.4. A 2007. év időjárásának jellemzése.....	52
4.5.5. A 2008. év időjárásának jellemzése.....	53
4.5.6. A 2009. év időjárásának jellemzése.....	54
5. EREDMÉNYEK ÉS AZOK ÉRTÉKELÉSE	57
5.1. A 2004. évi eredmények értékelése	57
5.2. A 2005. évi eredmények értékelése	60
5.3. A 2006. évi eredmények értékelése	62
5.4. A 2007. évi eredmények értékelése	66
5.5. A 2008. évi eredmények értékelése	69
5.6. A 2009. évi eredmények értékelése	72
5.7. A vizsgált évek adatainak összevont statisztikai értékelése	75
5.7.1. A vetésváltás, tápanyagellátás és öntözés interaktív hatásainak értékelése	75
5.7.2. A műtrágya optimumok és azok intervallumának meghatározása.....	79
5.7.3. A különböző direkt- és indirekt faktorok termésre gyakorolt hatásának vizsgálata korreláció analízissel.....	84
5.7.4. A különböző direkt- és indirekt tényezők termés alakító hatásának számszerűsítése variancia komponensek felosztásával	89
6. ÖSSZEFOGLALÁS	93
7. ÚJ ÉS ÚJSZERŰ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK	102

8. GYAKORLATBAN HASZNOSÍTHATÓ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

.....	103
IRODALOMJEGYZÉK	104
MELLÉKLETEK	

BEVEZETÉS

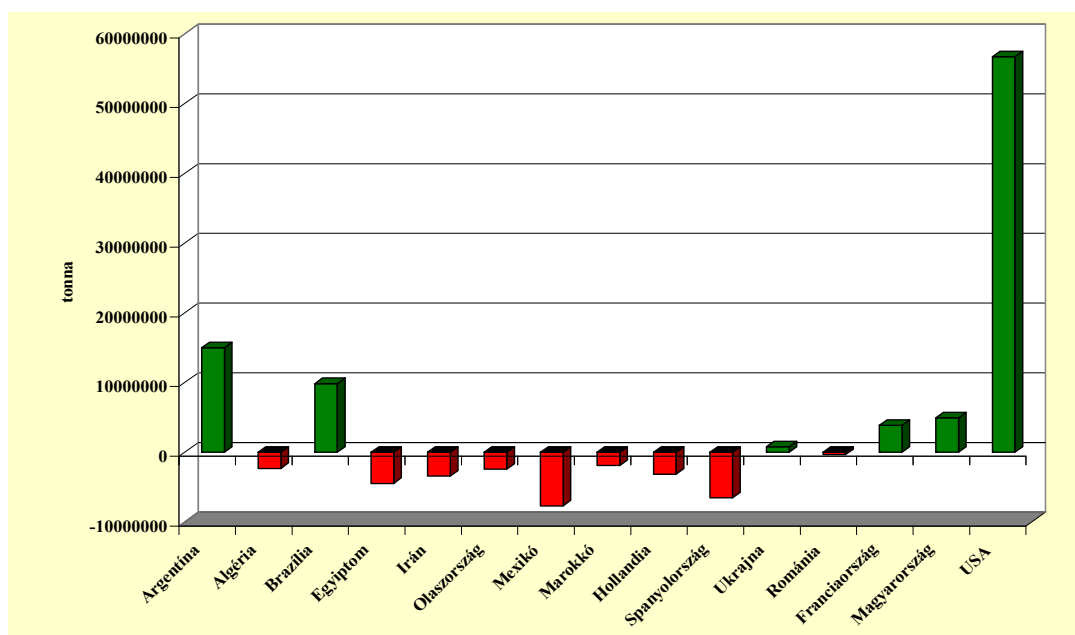
A világ növénytermesztésében meghatározó jelentőséggel bírnak a gabonafélék. Ezt bizonyítja, hogy a világ összes szántóterületének megközelítőleg felét gabonanövények foglalják el, amelyek közül 161 millió hektáros vetésterületével (*FAO adatok, 2008*) a kukorica a második helyen áll.

A kukorica az amerikai kontinensről származik, de az elsődleges géncentrum tekintetében a kutatói vélemények eltérnek. Egyesek szerint származási helye Peru. Mások szerint Mexikóból kiindulva terjedt el. Amerikából Európába spanyol hódítók közreműködésével került, majd elterjedve a többi kontinensen is az egész világot meghódította. Ezt napjaink kukoricatermesztése is bizonyítja. Magyarországra feltehetően Itáliából és Erdélyen keresztül Törökországból került be (ezt alátámasztja a „törökbúza” szinonim név). Ma már kukoricát szinte a világ minden részén termesztnek, ez a sokrétű hasznosíthatóságának és kiváló alkalmazkodóképességének köszönhető.

Kukoricatermesztés szempontjából meghatározó országok az USA, Brazília és Kína, mely 3 ország adja a világ vetésterületének közel 50 %-át, ugyanakkor a világon termelt összes kukorica 65 %-a e három országban kerül előállításra. Viszonylag nagy termésmennyiséggel rendelkezik még India, Indonézia és Argentína, mely országok által előállított termésmennyiség megközelíti a 20 millió tonnát. Európában Franciaország tölti be a vezető szerepet a termésmennyiség tekintetében, ugyanakkor – számunkra a földrajzi elhelyezkedésükből adódóan kedvezőtlenül – a vetésterület szempontjából meghatározó területtel bír Ukrajna és Románia. Amennyiben ezek az országok a technológiai szint tudatos emelése révén jelentős termésátlag növekedést érnek el, úgy Európában átvehetik a vezető szerepet, mely a hazai, egyébként is exportorientált kereskedelmi esélyeinket tovább rontaná. Ukrajna szerepét tovább erősítheti az a tény, hogy a felsorolt országok közül viszonylag alacsony szántóterületi aránnyal rendelkezik a kukorica vetésterülete, így a további termőterület-növekedés csak a technológiai szinttől függ. Ugyanakkor Románia esetében a közel 30 %-os szántóterületi arány arra utal, hogy a növény a vetésszerkezetben kiemelkedő szereppel bír, viszont ennek további növelése már több agrotechnikai problémát is okozhat (*1. táblázat*).

1. táblázat. Főbb kukoricatermesztő országok fontosabb mutatóinak alakulása
(FAO adatok, 2008)

	Vetésterület (ezer ha)	Részesedés a világ vetésterületéből (%)	Termésátlag (kg ha ⁻¹)	Termés- mennyiség (ezer t)	Szántó- területi arány (%)
Világ	161016,5	100	5109	822630	11,41
USA	31825,6	19,76	9658	307371	18,67
Kína	29882,9	18,55	5556	166024	21,25
Brazília	14445,2	8,97	4085	59007	24,27
India	8300,0	5,15	2324	19289	5,23
Indonézia	4003,3	2,48	4077	16320	18,19
Nigéria	3845,0	2,38	564	2168	10,53
Argentína	3412,1	2,11	6452	22014	10,49
Ukrajna	2440,1	1,51	4691	11446	7,52
Románia	2432,2	1,51	3227	7848	28,43
Franciaország	1702,0	1,05	9293	15816	9,23
Olaszország	1053,4	0,65	9010	9491	14,7
Magyarország	1199,6	0,74	7471	8962	26,12



1. ábra. Fontosabb kukoricatermesztő országok kereskedelmi egyenlege
(FAO, 2007)

A világ kukoricakereskedelmi tendenciáiban egyértelmű vezető szerepet tölt be az Amerikai Egyesült Államok. Közel 60 millió tonnás exportáru alappal, mely elsősorban közép-amerikai, ázsiai és afrikai piacokon jelenik meg. Az amerikai kontinens a világ exportáru alapjának közel kétharmadát adja, azonban ezek a tételek

javarészt Európát elkerülik. Az Európai Uniót tekintve az elmúlt években Franciaország mellett Magyarország jelent meg a piacon nagyobb mennyiségű export tételekkel, melynek Unión belüli piaca döntően Olaszország volt (1. ábra).

Az utóbbi évtizedben a bioetanol-előállítás a kukorica felhasználásának újabb irányzata lett. Az üzemanyag célú bioetanol-termelés 2009-ben 73,9 millió m³ volt, ami 11 %-kal haladta meg a 2008-as termelést. A legjelentősebb termelésnövekedést az USA produkálta 12 %-kal. Ezzel szemben Dél-Amerikában és Brazíliában a bioetanol-előállítása stagnált. A világ legnagyobb üzemanyagcélú bioetanol előállítója továbbra is az USA volt. Ebben az országban használják fel bioetanol-előállítás céljára a legtöbb kukoricát (több mint 100 millió tonna). Az Európai Unió a nemzetközi gabonatanács előzetes becslése alapján elsősorban az olcsó, nagy mennyiségben rendelkezésre álló alapanyag miatt 2009-ben 9 %-kal növelte termelését, ehhez 7,6 millió tonna gabonát, az előző évinél 40 %-kal többet használt fel. Az EU öt legnagyobb bioetanol előállítója Franciaország, Németország, Spanyolország, Lengyelország és Magyarország.

Kína Ázsia legnagyobb bioetanol előállítója maradt annak ellenére, hogy 2009-ben termelése csak 8 %-kal bővült. Kukorica ugyan nagy mennyiségben olcsón állt rendelkezésre, de Kína legnagyobb bioetanol termelő csoportja (TGC) átállította üzemait manióka alapanyagra.

Az elmúlt évek intervenciós problémái rávilágítottak hazánk piaci kitettségére. Az intervenciós felvásárlások átalakulására hazánk exportorientáltsága révén igen érzékenyvé vált a világpiaci folyamatok következményei miatt. A felvásárlási árak soha nem látott ingadozása következtében a kukoricatermelés biztonsága jelentős mértékben csökkent. Ezt a kiszámíthatatlanságot tovább növelte, hogy a hazai kukoricatermesztés rendkívül heterogén technológiai szint és háttér mellett folyt. Ebből adódóan az 1990-es évekhez viszonyítva a terméshibák is nagymértékben csökkentek, melynek következtében a kukoricatermesztés gazdaságossága kiszámíthatatlanná vált. Sok esetben extenzív körülmények között, kis táblákon történik a növény termesztése, ugyanakkor mezőgazdasági termelők szerkezetéből adódóan a nagyszámú kistermelő számára csak e növény termesztése jelent egyfajta termelési lehetőséget. Ezen irracionális állapot azonban hosszú ideig nem tartható, a kukoricatermesztési tényezők közül a terméshibák elsődleges tényezővé válik.

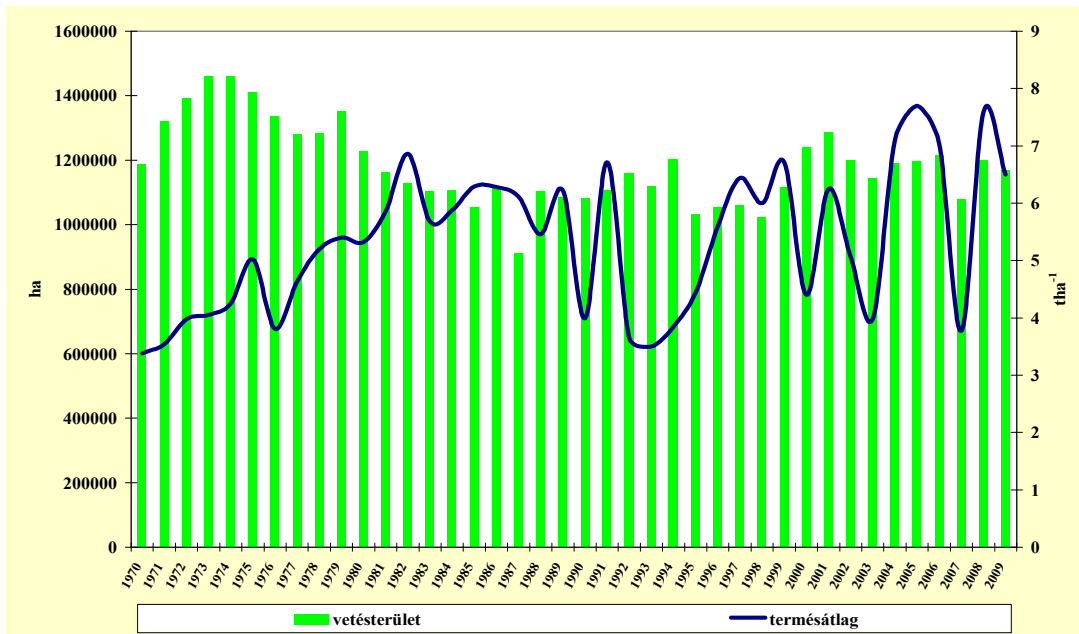
2. TÉMAFELVETÉS

Magyarországon a szántóföldi növénytermesztésben a gabonanövényeknek stratégiai szerepe van. Ezek közül is a búza és a kukorica a legjelentősebb. Az Európai Unióban a szemes kukoricatermesztésben Franciaországnak, Romániának, Olaszországnak és Magyarországnak van vezető szerepe.

Hazánkban a kukorica és a búza vetésterülete a 4,5 millió hektár szántóterületnek közel 50 %-át foglalja el. Az 1920-as évektől kezdődően a kukorica termőterülete meghaladta az 1 millió hektárt. Ez abból adódik, hogy az állattenyésztés legfontosabb takarmánybázisát szolgáltatta a kukorica.

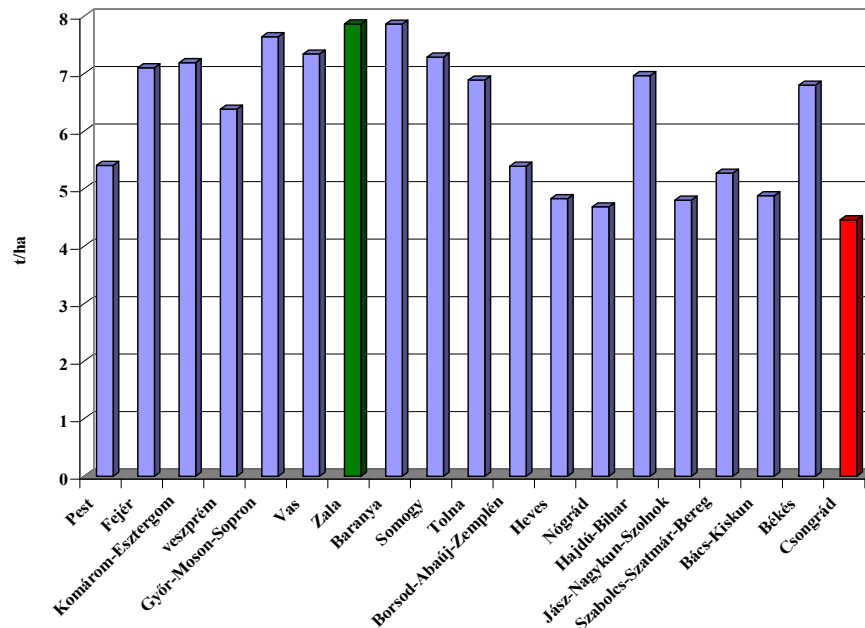
A termésátlagokat vizsgálva a kukoricatermesztésben három szakaszt különíthetünk el. A XX. század elején a termésátlagok alacsony szinten voltak. Majd a növénytermesztést érintő nagy horderejű változások, úgy mint a kemikáliák felhasználásának növekedése, a technológiai színvonal emelkedése, a genetikai előrehaladás, és végül a szakértelem és a hazai kutatások eredményei következtében megháromszorozódott az országos termésátlagunk, és elérte a hektáronkénti 5-6,7 tonnás termésátlagot. 1921-80 között a kukorica termésátlag közel lineárisan emelkedett. Az 1980-as évektől a rendszerváltásig a termésszínvonal meghaladta a 6 t ha⁻¹-t.

Az 1990-es évek elején az időjárásban jelentkező száraz periódus, a tulajdonviszonyok gyökeres átalakulása, az elaprózódott tulajdoni szerkezet kialakulása, a ráfordítások drasztikus csökkenése, a közgazdasági feltételek romlása mind közrejátszott abban, hogy a mezőgazdasági termelés volumene 30 %-kal visszaesett. A kukorica termésingadozása pedig elérte a 30-50 %-ot. Az 1990-es évek második felében a kedvező csapadék ellátottság eredményeként az országos termésátlag újra elérte, illetve meghaladta a 6 t ha⁻¹-t. A 2000-es évekből kiemelendő a 2000., 2003., illetve a 2007. év, melyek igen száraznak bizonyultak. Ezekben az években a kukorica termésátlaga 4 tonna körüli volt. 2004., 2006. és 2008. években a termésátlagok elérték, illetve meghaladták a 7 t ha⁻¹-t, amely annak köszönhető, hogy ezen évek csapadékelátottsága kedvező volt (2. ábra).



2. ábra. A kukorica vetésterületének és termésátlagának alakulása Magyarországon 1970-2009 között
(KSH adatok)

A hazai kukoricatermesztést kettősség jellemzi, ami egyértelműen abból adódik, hogy hazánk klimatikus adottságai a Duna két oldalán igen eltérőek. Míg Dunántúlra a kiegyenlítettebb, csapadékosabb éghajlat jellemző, addig a Dunától keletre eső részében jóval nagyobb időjárási szélsőségek mutatkoznak, melyek elsősorban a vízellátottságban jelentkeznek. Ezért a Dunától keletre eső megyék esetében determináló tényező az adott térség meghatározó talajtípusa, ugyanis a jobb vízgazdálkodási adottságok esetében ezek a talajok szélsőséges körülmények között is képesek a növény számára elfogadható vízellátást biztosítani. A 3. ábrán jól látható, hogy a Dunától keletre eső megyék közül a kiváló, löszön képződött csernozjom talajokkal jellemezhető megyék (Hajdú, Békés) termésátlaga kiemelkedik a többi keleti megye közül. Ezért különösen fontos, hogy ezeken a talajtípusokon termesztéstechnológiai kutatásokat végezzünk. Így az adott ökológiai környezetünkben olyan adatokkal rendelkezünk, mellyel a kukorica termésmennyisége jelentős mértékben növelhető, a termésbiztonsága számottevő mértékben javítható.



3. ábra. A kukorica termésátlagának megyénkénti alakulása Magyarországon
(AKII adatok, 2009)

A növénytermesztés eredményességét alapvetően az ökológiai, biológiai és agrotechnikai tényezők együttesen határozzák meg. Az ökológiai tényezők adottságként jelentkeznek, melyhez a biológiai, agronómiai és ökonómiai adaptáció az eredményes termelés kulcsa lehet. Az utóbbi években a klimatikus tényezők a szélsőségektől sem voltak mentesek, ami az alkalmazkodás fontosságát helyezi előtérbe. Ezt alátámasztja az a tény, hogy a termésingadozás mértéke jelentősen nőtt az elmúlt két évtizedben. A csapadék éves mennyiségének ingadozása mellett egyre nagyobb lett a tenyészidőszakon belüli szélsőséges eloszlás. Talajaink minősége európai viszonylatban jónak mondhatók, azonban a talajok kultúrállapota – számos esetben – elsősorban a termesztéstechnológia, illetve a talajművelés kényszerű redukciója miatt, sok kívánnivalót hagy maga után.

A termesztéstechnológiai tényezőket termésre gyakorolt hatásuk alapján súlyozni szükséges. Ezek alapján megkülönböztetünk ún. kritikus termesztéstechnológiai elemeket. A kritikus termesztéstechnológiai elemek a termést döntő mértékben meghatározzák, ezért ezeknél a tényezőknél egy ún. optimum szint biztosítása elengedhetetlen. A kukoricatermesztés esetében ilyen kritikus termesztéstechnológiai elemek a vetésváltás, az öntözés és a tápanyagellátás. Ezek a tényezők hatása azonban nem egyenként, hanem kölcsönhatásukban érvényesülnek.

Kísérleti eredmények bizonyítják, hogy a növényi produktumot döntően határozza meg a növény számára felvehető víz mennyisége. Ez összetevődik egyrészt a

talajban, tenyészidőszakon kívül tárolt víz mennyiségéből, illetve a természetes úton hullott csapadék mennyiségéből. Az egyenleg kiadási oldalán található a növények párologtatásával távozott víz mennyisége (transzspiráció), illetve a talajfelszín párolgása (evaporáció), valamint az egyéb veszteségek. Hazánkban e két tényezőcsoport egyenlegéből képzett mutatószám az évjáratok többségében negatív, így a megfelelő mennyiségű termés képződéséhez hiányzó vízmennyiséget pótolni szükséges. Azonban hazánkban az öntözött területek nagysága nem éri el a 200 000 hektárt. Ezekben a területeken is elsősorban zöldségtermesztés folyik. Az 1980-as években Magyarországon relatíve jelentős területen végezték a kukorica öntözését (gondoljunk csak az éppen a kukorica miatt meghonosodott „lineár öntözési technológiára”), azonban az 1990-es évek gazdasági struktúraváltozása, a mezőgazdaságban felhasznált inputok árának jelentős mértékű növekedése és a kedvezőtlen gazdasági folyamatok eredőjeként ez a termesztéstechnológiai elem a kukoricatermesztésben háttérbe szorult. Ugyanakkor az utóbbi években tapasztalható szélsőséges klímaváltozások (elsősorban az aszály) kedvezőtlen hatásainak mérséklésére kiváló eszköz az öntözés. Az öntözés költségigénye nagyon magas, ezért fontos megismernünk az öntözés hatékonyságát befolyásoló ökológiai, biológiai és agrotechnikai tényezőket.

A növényi élet alapja a víz mellett a különböző tápelemek. A műtrágya-felhasználás volumene Magyarországon jelentős változásokon ment keresztül az elmúlt fél évszázadban. LOCH (2004) a II. világháború utáni időszakról a rendszerváltás utáni évekig öt szakaszt különít el. 1960 előtt hazánkban a műtrágya-felhasználás (kevesebb, mint 30 kg ha^{-1}) igen alacsony szintű volt, amely kis terméssel párosult. A kukorica esetében ez alig haladta meg a 2 t ha^{-1} -t. Ezt követően intenzív növekedés indult meg a felhasznált hatóanyag (270 kg ha^{-1}) és a termés ($3\text{-}4 \text{ t ha}^{-1}$) tekintetében is, amely egészen a '70-es évek közepéig folytatódott. Ez idő alatt – illetve az ezt követő szakaszban is - a talajok feltöltődtek tápanyagokkal, így nem volt akadálya a további termésnövekedésnek. 1975-85 évek közötti állandó, nagyarányú műtrágyázásnak (280 kg ha^{-1}) köszönhetően a kukorica országos termésátlaga 6 t ha^{-1} -ig tovább növekedett. 1985-90 között már enyhén csökkenő tendencia figyelhető meg a műtrágya-felhasználásban (230 kg ha^{-1}). A talajok korábbi bőséges trágyázása miatt viszont a termésben csak kismértékű volt a változás. A rendszerváltás után azonban, a műtrágyák állami támogatásának megszűnésével járó áremelkedés, valamint az alacsony felvásárlási árak miatt erőteljesen, $30\text{-}40 \text{ kg ha}^{-1}$ -ra csökkent a kijuttatott műtrágya mennyisége. Ennek hatása már a termésen, elsősorban a termésingadozás mértékének

növekedésében, illetve a termés nagyságának évjáratától való függőségében mutatkozott meg. A rendszerváltástól napjainkig a műtrágya-felhasználásban enyhe növekedés tapasztalható. A termés nagyságát elsősorban mégis az évjárat jellege határozza meg. A jelenlegi műtrágyázásra a nitrogén túlsúlya a jellemző, melynek több oka is van. Ez a makroelem befolyásolja legnagyobb mértékben a termés nagyságát. Mobilis a talajban, nem raktározódik, ezért minden évben ki kell juttatni. A foszfor és a kálium esetében többéves hatásról beszélhetünk. Vagyis ezek évekig raktározódnak a talajban, de csak egy részük hozzáférhető a növény számára. A növények folyamatos táplálása miatt fontos rendszeres kijuttatásuk, hiszen a foszfor és a kálium is a terméshozam fokozásához, az ellenállóképesség növeléséhez járul hozzá. Mindezek mellett a harmonikus tápanyagvisszapótlás a sikeres, gazdaságos és környezetkímélő növénytermesztésnek egyik kulcseleme. Nem elég ismerni a növényfaj, fajta, hibrid igényét, hanem a tápanyagellátás tervezésekor a talaj tulajdonságait, tápanyag-készletét, tápanyag-raktározó és tápanyag-szolgáltató képességét is fontos ismerni.

Az agrotechnikai tényezők közül a legolcsóbb, ugyanakkor az egyik legnagyobb befolyással bíró elem a vetésváltás. Az elővetemény több szempontból is befolyásolja az őt követő növény fejlődését. Az elővetemény lekerülési ideje döntően a talajmunkák minőségét és a talaj beéredési folyamatait határozza meg. Az általa visszamaradt szármaradvány mennyisége és minősége az előbb említett tényezőkön kívül a talaj tápanyag- és szervesanyag-tartalmát egyaránt befolyásolja. Növényegészségügyi szempontból a közös kórokozók, kártevők és gyomok mennyiségét és károsításának mértékét is meghatározza az elővetemény. Az utóbbi évek szélsőséges csapadékeloszlásának következtében felértékelődött az elővetemény talaj vízkészletére gyakorolt hatása is. A növényi sorrend tudatos meghatározásával közvetett hatást tudunk gyakorolni a felhasznált inputok hatékonyságának alakulására.

A vetésváltás fontosságát kukorica tekintetében tovább növeli, hogy az utóbbi években megjelent és jelentős mértékben károsít az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte). A kártevő ellen ugyan léteznek különböző hatékonyságú vegyszeres beavatkozások, de legjobb hatékonyságú a vetésváltás. A monokultúra további hátránya a talaj víz- és tápanyagkészletének egyoldalú felhasználása, mely csak tudatos és precíz tápanyag-visszapótlással és öntözéssel enyhíthető.

Ph.D. doktori értekezésemben a Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma Kutató Intézetek és Tangazdaság Debreceni Kutató Intézet és Tangazdaság Látóképi növénytermesztési kísérleti telepén DR. RUZSÁNYI

LÁSZLÓ által alapított kísérletben, DR. PEPÓ PÉTER egyetemi tanár, intézetigazgató témavezetésével és szakmai irányításával, 2004-2009 között végzett kutatómunkám eredményeit foglaltam össze.

Kutatómunkám az alábbi kísérleti vizsgálatokra, területekre terjedtek ki:

- különböző évjáratok kukorica termésére gyakorolt hatásának vizsgálata
- az elővetemény és a vetésváltás kukoricatermesztésben betöltött szerepének komplex értékelése
- az öntözés a kukorica termésére gyakorolt hatásának vizsgálata
- a tápanyag-ellátás a kukorica termésére gyakorolt hatásának értékelése
- az előbb említett változó tényezők komplex vizsgálata, a közöttük lévő interakciók számszerűsítése
- a térségi viszonyokra adaptálható tápanyagellátási javaslat kidolgozása
- a különböző vizsgált termesztéstechnológiai tényezők termésre gyakorolt hatásának számszerűsítése.

Kísérleti eredményeink nagy jelentőséggel bírnak a térségi kukoricatermesztés eredményességének javításában. A megfelelő tápanyagellátás és öntözési rend meghatározásában, a kritikus termesztéstechnológiai paraméterek pontosításában.

3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

3.1. A tápanyagellátás hatása a kukorica termésére

A XIX. század közepén Liebig megalkotta a minimumtörvényt, mely szerint az a tápelem határozza meg leginkább a termés nagyságát, amely a növény igényeihez képest minimumban van. Ennek értelmében leglátványosabb termésnövekedést a minimumban levő tápelem pótlásával lehet elérni (LOCH, 2004). A növekvő tápanyag (trágya) adagok azonban egyre csökkenő hozamnövekedéssel járnak. Egy határ után kisebb az elérhető növekedés, mint a ráfordítás. Sőt, egy ponton túl a trágyázás terméscsökkenést okoz.

A tápanyagellátásnak a termesztési tényezők közül meghatározó szerepe van. A növénytermesztési kutatások egyik alapvető eleme. ÁRENDÁS (2006) szerint a trágyázás az a tényező, aminek segítségével leginkább mérsékelhetők az eltérő termőhelyek és a változó évjáratok okozta mennyiségi és minőségi anomáliák. BERZSENYI és GYÖRFFY (1995) megállapították, hogy a martonvásári eredmények szerint a termesztési tényezők közül a trágyázás 30,7 %-ban, a fajta 30,0 %-ban, a növényszám 20,3 %-ban, a növényápolás 16,3 %-ban és a talajművelés 2,7 %-ban járultak hozzá a kukoricatermés növeléséhez.

Meg kell különböztetnünk a trágyázás és a tápanyag-gazdálkodás fogalmát. A trágyázást mindig rövidtávra, egy évre tervezzük, melynek lényege, hogy a „következő terméshez szükséges tápelemeket biztosítjuk, javítjuk az aktuális ellátottságot”. A tápanyag-gazdálkodás hosszabb távra tekint előre. Tudatos emberi tevékenység, melynek során nemcsak a növény igényét vesszük figyelembe, hanem a különböző tápanyagformáknak és mennyiségeknek a talajra és a környezetre gyakorolt hatását is. Napjainkban a környezetvédelem, mint egy igen hangsúlyos kérdés került a középpontba. A környezet tehermentesítésének lehetősége abban rejlik, hogy csak annyi műtrágyát (vegyszert) juttatunk ki, amennyit a növény ténylegesen hasznosítani képes. A környezetkímélő tápanyag-gazdálkodás célja ennek a megvalósítása. A termőhely-specifikus trágyázás kialakítása során a növény igényeit és a környezeti adottságokat együttesen kell figyelembe venni, és ennek megfelelően szükséges meghatározni az optimális műtrágyaadagot (LOCH, 1999).

3.1.1. A N-műtrágyázás hatása a kukorica termésére

A nitrogén, mint növényi tápelem a növények fehérjeszintézisének alapeleme, így a vegetációs fejlődés dinamikáján keresztül az összes vegetatív és generatív termésre közvetlen vagy közvetett hatást gyakorol. Számos kísérleti eredmény és gyakorlati tapasztalat azt mutatja, hogy a műtrágyák közül a nitrogén műtrágyáknak van a legjelentősebb hatásuk a termésre. NAGY (2007) szerint a termesztéstechnológia elemei közül a nitrogén ellátottság befolyásolja legnagyobb mértékben a kukorica hozamát és a minőséget.

A kedvező N-szint elősegíti a kukorica gyors fejlődését, a generatív szakaszban a szemtelítődést és a megfelelő harvest index kialakulását, ezáltal a csövenkénti szemszám és az ezerszemtömeg növekedését (BOCZ és NAGY, 1981). N-hiány esetében kisebb a kukoricanövényben a szárazanyag-akkumuláció és lassú a szárazanyag-felhalmozódás dinamikája (HANWAY és RUSSEL, 1969; BERZSENYI, 1993a).

BOCZ (1974) véleménye szerint a három legfontosabb makrotápelem közül a nitrogén az elsődlegesen meghatározó jelentőségű a terméstöbbletek elérésében. Az érvényesülését a talaj tulajdonságai, a növényfaj és fajta sajátosságain kívül főleg az ökológiai tényezők szabják meg. A nagyobb műtrágyaszint nagyobb termést ad, de kedvezőtlen esetekben (száraz évjárat) negatív hatása is lehet.

NAGY (1986) illetve GYÖRFFY és I'SÓ (1966) kukorica műtrágyázási kísérletekben vizsgálták a műtrágyahatást, és a kapott eredmények is azt bizonyítják, hogy a nitrogén műtrágyázásnak van a legnagyobb hatása a termés alakulására, viszont. GYÖRFFY et al. (1965) a különféle N formák hatékonyságában nem talált jelentős eltérést.

Növényanalízis alapján 64 különböző trágyakezelést vizsgálva IZSÁKI (2005) megállapította, hogy a kukorica levelében legnagyobb koncentrációban a N (3-5 %) van jelen, ezt követi a kálium, majd a foszfor. A levél nitrogéntartalmának növekedése pozitív korrelációt mutat a szemtermés hasonló irányú változásával.

ANDA (1987) kísérletei alapján megállapította, hogy a nitrogén műtrágya mennyiségének növelésével arányosan a termés is nő. A nagyobb mennyiségű nitrogén hatóanyag miatt megnövekedik az állomány magassága, asszimilációs felülete, ezért a növény több sugárzási energia fogadására képes, valamint megváltozik a transzspiráció is. Mindez összességében magasabb termésben realizálódik.

HARMATI (1995) még a jó nitrogén szolgáltató képességű réti talajon is azt tapasztalta, hogy a nitrogén trágyázás elmaradása vagy adagjának alacsony szintje sokkal nagyobb termés kiesést okoz, mint a nem megfelelő P-ellátottság.

BERZSENYI (1993b) megállapította, hogy a N műtrágyázás hatására a csövenkénti szemszám 160 kg ha^{-1} N dóziséig nőtt, a 240 kg ha^{-1} N adag pedig csökkentette az értékét. Az ezerszem tömeg értéke 160 kg ha^{-1} N dóziséig jelentősen nőtt, a 240 kg ha^{-1} N adag alkalmazása esetén viszont már csak kismértékű növekedést tapasztalt.

KÁDÁR et al. (2000) meszes csernozjom talajon végzett kísérletében megállapította, hogy száraz évben a nitrogén műtrágya hatása teljesen elmaradt és a termés nagyságát a P és a K ellátás határozta meg. Ugyanakkor feltételezi, hogy a N túlsúly által kiváltott termés csökkenés részben a gyakoribb golyvásüszög-fertőzésre (*Ustilago maydis*) vezethető vissza. Ez a megállapítás azonban kisség túlzónak tűnik, ugyanis a golyvásüszög termés csökkentő mértéke nem feltétlenül okoz a publikációban feltüntetett mértékű termés csökkenést.

SZÉLL et al. (1993) műtrágyázási tartamkísérletekben vizsgálták a N-műtrágya termésmenvelő hatását. Megállapították, hogy 100 kg ha^{-1} N 34 %-os termésmenbbletet, míg 200 kg ha^{-1} N 50 %-os termésmenbbletet eredményezett 5 év átlagában a kontrollhoz viszonyítva. A 300 kg ha^{-1} -os dózis jobb esetben (csapadékosabb időjárás) közel egyforma termésmenvekedést biztosított, mint a 200 kg ha^{-1} , rosszabb csapadékelletottság mellett viszont már termés csökkenést okozott.

Az 1970-80-as években uralkodó mennyiségi szemléletet jól tükrözik az ebben az időszakban végzett trágyázási kísérletek, többek között EL-HATTAB és GHEITHE (1984) két éven át agyagtalajon folytatott kísérlete is. Vizsgálatukban a különböző N-trágyaadagok ($0-214 \text{ kg ha}^{-1}$ között, több lépcsőben) hatását figyelték a kukorica fontosabb termés komponenseire. A N kedvezően hatott a termésmennyiségre, nőtt a nyersfehérje tartalom. A legmagasabb termést 214 kg ha^{-1} N-nel érték el. Továbbá WERNER (1983) megállapította, hogy a kukorica $160-240 \text{ kg ha}^{-1}$ N műtrágya adagolása mellett mutat termésmenmaximumot.

BLASKÓ és ZSIGRAI (2000) egy 1967-ben beállított tartamkísérlet 1989-1997 közötti eredményei alapján megállapították, hogy réti talajon a 100 kg feletti N-adagok már nem növelték szignifikánsan a termést, és az ennél nagyobb adagok a talajsavanyodás folyamatát is felgyorsították.

Az 1990-es évek elejétől radikális változások történtek a kukorica műtrágyázásában. Ez köszönhető többek között a hibridek trágyahasznosító-képességének ugrásszerű javulásának, illetve környezetvédelmi szempontok, előírások szigorodásának is. Ezt alátámasztja SÁRVÁRI (1995), aki szerint a gyakorlatban korábban alkalmazott 150-200 kg ha⁻¹-os, illetve az ennél nagyobb adagú nitrogén műtrágyázást alkalmazni nemcsak szakmailag indokolatlan, hanem energiapazarlást és környezetszennyezést is jelent. SÁRVÁRI (1993) szerint, a hatékonysági és környezetvédelmi szempontokat figyelembe véve réti talajon a kukorica legkedvezőbb nitrogén adagja előveteménytől függően 60-120 kg hektáronként. Ugyanakkor NAGY (1996) vizsgálatai alapján igazolja, hogy a helyes N-adag megválasztásával az agrotechnikai hibák mérsékelhetőek.

SZÉLL és MAKHAJDA (2004) kukorica agrotechnikai kísérleteinek eredményei szerint a 140 kg ha⁻¹ N-dózishoz viszonyítva a N-műtrágyázás elhagyása 50 %-os, a 70 kg ha⁻¹ dózis, pedig 24 %-os termésnövekedést okozott. NAGY (1995) mészlepedékes csernozjom talajon öntözés nélkül 90-120 kg, öntözéssel termesztésben 150-170 kg N kijuttatását javasolja hektáronként.

ZSIGRAI (2003) vizsgálataiban megállapítja, hogy a rendszeres műtrágyahasználat bizonyos talajkémiai változásokat von maga után. Talajsavasodás nem kizárólag a túlzott N-trágyázás hatására alakul ki, de jelentős szerepe van benne, hiszen amit nem hasznosít a növény, az NO₃-ionok formájában akkumulálódik a talajban, előidézve ezzel a savasodást. Megfigyelte továbbá, hogy hosszabb távon a szuperfoszfátok használata is jelentősen hozzájárul a talaj savanyodásához. Célszerű tehát 6-8 évente melioratív meszeztést, illetve a talajjavítást követően fenntartó meszeztést alkalmazni – különösen a savanyodásra hajlamos talajokon.

Az egyéb, ipari melléktermékek közé tartozó nitrogénformák közül PEPÓ (2000) tapasztalatai alapján a Biofert egy olyan környezetbarát trágyaforma, amelynek ökonómiai hatékonysága a hagyományos N-műtrágyákénál lényegesen kedvezőbb. A Biofert mind az öntözés nélküli, mind az öntözéssel kukoricatermesztési technológiába sikeresen beiktatható, mint N-forrás. Vizsgálatai szerint mind az ősszel, mind a vegetációs periódusban (tavasszal, nyáron) kijuttatott azonos hatóanyagú Biofertnek a kukorica terméseredményére gyakorolt hatása megegyezett az azonos hatóanyagú N-műtrágyák terméstelepeivel. Ugyanakkor fontos megjegyezni, hogy ez a N forma mennyisége az utóbbi években jelentős mértékben csökkent a lizin előállítás

technológiájának változása miatt, így a felhasználás döntően az észak és dél alföldi térségekre koncentrálódik.

A különböző szerzők egyetértenek abban, hogy a különböző makrotápelemek közül a N termésmenvelő hatása a legnagyobb. Ugyanakkor a különböző szerzőknél igen széles intervallumban mozgott a tápelem optimuma, 80-240 kg ha⁻¹ szélsőértékek között ingadozik a meghatározott N optimum szint. A szerzők egyetértenek abban, hogy az alkalmazott N dózis nagyságát több agrotechnikai tényező jelentős mértékben befolyásolja.

3.1.2. A P-műtrágyázás hatása a kukorica termésére

A foszfor a generatív részek fejlődésében betöltött szerepénél fogva a termésképzés egyik legfontosabb alappillére. A P-trágyázásnál figyelembe kell vennünk, hogy a talaj 300-600 kg ha⁻¹ nagyságrendű könnyen oldható P-készletéből mindössze 1-2 kg van oldott formában jelen a talajoldatban. A növények ellátását tehát az oldódás sebessége határozza meg. A foszforvegyületek oldhatósága a talajban a kedvezőtlen átalakulási folyamatok következtében általában rohamosan csökken. Éppen ezért még azokon a talajokon is melyek a talajvizsgálatok alapján jól ellátottak, célszerű valamennyi foszfort pótolni, hogy könnyen oldható foszfátok legyenek jelen (LOCH, 1992).

LOCH és NOSTICZIUS (1983) véleménye az, hogy a foszforral jól ellátott növények szárazságtűrése általában jobb. A foszforhiány (a nitrogénhiányhoz hasonlóan) megnöveli az aszályérzékenységet, valamint hátrányosan befolyásolja a virág- és termésképzést, ami termésesökkenésben nyilvánulhat meg.

KÁDÁR (1987) szerint a foszforral jól ellátott területeken elegendő a terméssel felvett P mennyiségének pótlása, fenntartó trágyázást folytatva. A talajt gazdagító P-trágyázást szerinte a P-igényesebb kultúrák alá indokolt végezni. MARINOV (1985) megállapítása szerint a kukorica a sokéves rendszeres N-és K-trágyázás után is nagy termést adott. A P alkalmazása ezzel szemben csak jelentéktelen mértékben növelte a termést. A P-t tehát a búza és egyéb igényes növények alá kell adni, a kukoricát elegendő csak N-és K-trágyázni. Hasonló megállapítást tett KRISZTIÁN és HOLLÓ (1992) csernozjom barna erdőtalajon végzett kísérleteik eredményei alapján is.

Három évtizedes kísérleti eredmények felhasználásával elemezte ZSIGRAI (1997) a műtrágyázás, a csapadék és a termés kapcsolatrendszerét. Az adatok azt

mutatták, hogy a termésbiztonság növeléséért inkább a P-ellátás a felelős, kevésbé a N- és K-ellátás. 70-80 kg ha⁻¹ foszfor kijuttatása indokolt BLASKÓ és ZSIGRAI (2000) szerint, ami valamivel több, mint amennyit a növény a terméssel kivon a talajból. A nagyobb adagok a P-Zn antagonizmus miatt okozhatnak termés kiesést.

KÁDÁR et al. (2000) meglepő adatokként közlik, hogy kísérletükben meszes vályog csernozjom talajon a P túlsúly hatására igazolhatóan csökkent a betakarításkori tözsám, az ezerszemtömeg és a szemtermés, valamint nőtt a fuzáriumos szártörés aránya. Az egyoldalú P túlsúly esetén 3,4 t ha⁻¹, a kiegyensúlyozott PK ellátás során 6,2 t ha⁻¹ szemtermést mértek. Meszes csernozjom talajon a termés mennyiségének, minőségének és a talaj cellulózbontó aktivitásának javítása céljából elegendőnek tartja a 120-180 mg kg⁻¹ AL oldható P₂O₅ tartalmat.

Mészlepedékes csernozjom talajon végzett kísérletek alapján (LÁSZTITY és CSATHÓ, 1994, 1995) megállapították, hogy az eredetileg gyenge P-ellátottságú talajon a tartós 50 kg ha⁻¹ P₂O₅ /év adagú P-műtrágyázás a kukorica szemtermését 0,8-3,0 t ha⁻¹-al növelte. A P adag 100 kg ha⁻¹ év⁻¹ P₂O₅-re történő pótlólagos növelése viszont 0,4-0,7 t ha⁻¹-os csökkenést okozott a gyenge Zn-ellátottságú talajon, a P indukálta Zn-hiány következtében.

A kukorica optimális adagját HARMATI (1995) réti talajon 80 kg P₂O₅/ha, CSATHÓ (1992) csernozjom talajon 60 kg P₂O₅/ha értékben állapította meg. KADLICKSKÓ et al. (1988) szerint barna erdőtalajon a kukorica optimális foszforadagja csupán 50 kg ha⁻¹. A 100 kg P₂O₅/ha feletti trágyaadagok esetén, gyenge Zn-ellátottságú talajon előfordult, hogy a foszfor Zn-hiányt indukált és ez a kukorica 0,4-0,7 t ha⁻¹-os termés csökkenését okozta (CSATHÓ, 1989). Kukorica kukoricát követve nagyobb az optimális P adag, azaz 100-125 kg ha⁻¹, kukorica monokultúrában pedig 125-150 kg ha⁻¹ P₂O₅ hatóanyag (SÁRVÁRI, 1986).

POKOVAI et al. (2003) kísérleteiből kiderül, hogy a P közvetlenül befolyásolja a kukorica fejlődését. A kukorica a P-hiányos körülmények között később virágzott. Ebből arra következtetett, hogy a hímvirágzás kialakulásához nagyobb hőösszeget igényelt. Megfigyeléseik szerint a P-ellátás nem befolyásolta szignifikánsan a növényenkénti levélszámot, ellenben az első 10 levél megjelenésének sebességét igen.

Horvátországi kísérletben csak a szélsőségesen nagy, 2000 kg ha⁻¹ P₂O₅ hatóanyag kijuttatása befolyásolta láthatóan a termést (BANAJ et al., 2006). Ez az érték azonban a gyakorlati alkalmazástól teljes mértékben elrugaszkodott, így a vizsgálat

gyakorlati értéke kevésbé, tudományos értéke annál nagyobb. KOMLJENOVIC et al. (2006) is jelentős termésnövekedést figyeltek meg a P-trágyázás hatására.

A tápelemek közül mindenek előtt a foszfor igényli a talaj mélyebb rétegeibe való bedolgozást. Hazai kísérletek is bizonyítják, hogy az ekével leszántott foszfor hatás kedvezőbb volt, mintha azt tárcsával dolgozták be (PRETTENHOFFER, 1952).

Összességében a feldolgozott irodalmak alapján megállapítható, hogy a kísérletek túlnyomó többségében viszonylag mérsékelt foszfor dózisok ($50-100 \text{ kg ha}^{-1}$) mutattak kedvező termésre gyakorolt hatást, ugyanakkor monokultúrában ennél magasabb értékekről is beszámolnak.

3.1.3. A K-műtrágyázás hatása a kukorica termésére

A kálium a növényélettani folyamatok közül a növény vízgazdálkodására (aszálytűrés) és szénhidrát-szintézisére (keményítő-felhalmozódás) gyakorol jelentős hatást. Mindemellett a szilárdító szövetek fejlődésére gyakorolt kedvező hatása révén a szárszilárdsági paraméterekre is kedvezően hat.

NIKOLOVA és PCSELAROVA (1989) megállapították, hogy a kukorica K-szükségletének 24 %-át képes felvenni az altalajból. Ennek megfelelően K-trágyázásnál bizonyos korrelációs koefficienszt kell alkalmazni.

DEBRECZENI (1990) kísérletével bizonyította, hogy a jó káliumellátás fokozza a fotoszintetikus aktivitást, így a termés mennyisége és minősége szempontjából egyaránt fontos. A talaj megfelelő adottságának (anyagtartalom, agyagásvány-minőség, káliumtartalom, pH) figyelembevételével differenciált káliumműtrágyázásra van szükség. Ha káliumot kihagyjuk, úgy gyakran elmarad N és P hatása is.

SÁRVÁRI (1986) kísérletében réti talajon a nitrogén mellett a kálium bizonyult a legfontosabb tápanyagnak. Megfelelő N és P műtrágya adagok mellett a K-műtrágyázás 3-4 tonnával növelte a hektáronkénti termést. Monokultúras termesztés során a K műtrágyázás különös jelentőséggel bír. A jó káliumellátás fokozza a fotoszintetikus aktivitást, így a termés mennyisége és minősége szempontjából egyaránt fontos. KADLICKÓ et al. (1988) közepes mértékben erodálódott agyagbemosódásos barna erdőtalajon végzett K-hatás kísérletekben megállapították, hogy a kukorica termése 4 kísérleti évben szignifikánsan növekedett a kálium trágyázás hatására. Eredményeik szerint $45 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$ adag 310 kg ha^{-1} pótlólagos terméstöbbletet

eredményezett hektáronként. További termésnövekedés nem volt kimutatható. 135 kg ha⁻¹ adagtól már gyenge termésnövekedést tapasztaltak.

KRISZTIÁN et al. (1989) csernozjom barna erdőtalajon, illetve agyagbemosódásos barna erdőtalajon K-műtrágyázással 245-280 kg ha⁻¹ hozamnövekedést értek el kukoricánál, de az őszi búza esetén pozitív hatást nem tudtak kimutatni. A K műtrágyát a kukorica alá javasolták kijuttatni, míg búza esetén elhagyása is indokolt lehet. Rendszerüket periodikus K műtrágyázásnak nevezték.

RUZSÁNYI et al. (1994) réti talajon 3-4 t ha⁻¹ mértékű különbséget mértek K trágyázás nélküli, illetve a káliummal trágyázott parcellák termése között. KARIM et al. (2006) pakisztáni kísérleteikben a K-műtrágya hatását vizsgálták a kukorica termésére és termésképző elemeire. 50, 100, 200 kg ha⁻¹ K műtrágyát kijuttatva a termés 9,8 %, 4,5 % és 36,9 %-kal nőtt a kálium nélküli, csak nitrogén- és foszforkezeléshez képest. A LÁSZTITY és CSATHÓ (1994) által vizsgált 4 kísérleti évből a 100 kg ha⁻¹ K₂O műtrágyaadag két esetben növelte a kukorica hozamát 0,4-0,6 t ha⁻¹ mértékben.

ÁRENDÁS et al. (1998) vizsgálatai szerint is a foszfornál jobban reagált a kukorica a K-trágyázásra közepes K-szolgáltató képességű erdőmaradványos csernozjom talajon, ám a termésnövekedés mértéke nem érte el a statisztikai megbízhatóság határát.

A kukorica optimális K-adagját HARMATI (1981) öntözött réti talajon 120 kg K₂O/ha értéknek, CSATHÓ (1992) pedig csernozjom talajon 100-200 kg K₂O/ha nagyságnak találta. A kukoricatermesztés szempontjából kedvező évjáratban LÁSZTITY és CSATHÓ (1995) 100 kg K₂O/ha/év trágyaadag kedvező hatását tapasztalták. A kukorica hozama átlagosan 6,6 t ha⁻¹-ről 7,42 t ha⁻¹-ra növekedett. SZEMES et al. (1984) vizsgálatai alapján meszes homoktalajokban a K-ellátás javulása a kukorica termését monokultúrában 2,5-szeresére növelte. A jó és a rossz évjárat termésének hányadosa a gyenge K-ellátású parcellákban 1,7 (4,11 t ha⁻¹ és 2,47 t ha⁻¹), míg a jó ellátásúakban 1,1 volt.

CSATHÓ (1997) különböző talajadottságok mellett 30 éves adatsor alapján elemezte a K-hatást. Megállapította, hogy kötöttebb talajokon kisebb mennyiségű K is elég a termés növeléséhez. Ezzel szemben homokon, illetve homokos vályogon 70-130 kg ha⁻¹ -ral több hatóanyagra volt szükség hasonló termés eléréséhez, mint kötöttebb talajon, ahol a nagyadagú K-trágyázás hatástalannak bizonyult. A durvább textúrájú talajok káliummal való feltöltése indokolt, amely biztonságosan megalapozza a magas termést.

A kálium megítélése a citált szerzők eredményei alapján már nem olyan egységes, mint N és P esetében. Ez elsősorban annak köszönhető, hogy a talajtípus K tartalma jelentős mértékben befolyásolja a K műtrágya igényt. Több szerző a K önálló alkalmazása esetén jelentős termésmenővelő hatást nem tapasztalt, ugyanakkor lazább szerkezetű talajokon egyes szerzők jelentős mértékű K hatásról számolnak be. Az idézett szerzők által vizsgált K dózisok 45-200 kg ha⁻¹ értékek között mozogtak.

3.1.4. A harmonikus tápanyagellátás hatása a kukorica termésére

Az eltérő éghajlati- és talajadottságok esetében is a mindenkori cél a kukorica harmonikus tápanyagellátását biztosítani, ugyanis csak ezáltal kaphatunk megfelelő mennyiségű és jó minőségű termést. A vizsgálati eredményekben lévő különbségek okai, hogy az adott évben, években az adott talajtípuson végzett kísérletekben eltérők voltak a termesztési tényezők kölcsönhatásai, ezáltal különböző terméseredmények születtek, amelyhez tartozó optimális tápanyagmennyiség is eltérő volt. Általánosságban viszont megállapítható, hogy a tápanyagvisszapótlás mértéke az évek, évtizedek során jelentősen változott. Az 1970-es és 1980-as években egy magas színvonalú tápanyag visszapótlás történt, míg az 1990-es években ez drasztikus mértékben visszaesett. Napjainkban lassú növekedés tapasztalható, de ez még mindig elmarad a kívánatos mennyiségtől. A jövőben a talajvizsgálati eredmények figyelembevételével törekedni kell a harmonikus tápanyag-visszapótlásra, amely megteremtheti a környezetkímélő, hatékony és fenntartható kukoricatermesztés feltételét.

Az agrotechnikai tényezők közül a trágyázás jelentős hatással van a termésképződésre és a kialakuló termés mennyiségére KÁDÁR (2000) felhívta a figyelmet, hogy a trágyázásnak a hiányzó tápelemek pótlását kell szolgálnia. A trágyázás tervezésekor a talajból kivont tápanyagok mennyiségéből kell kiindulni.

A kukoricahibridek harmonikus tápanyagellátása érdekében ismerni kell a talaj laktátoldható P- és K-tartalmát, és ahhoz kell igazítani a kijuttatandó műtrágya mennyiségét. A műtrágyák hatékonyságát a talajok tápanyagszolgáltató képességén kívül a termőhely éghajlata és az adott év időjárása is nagyban befolyásolja (PEKÁRY, 1969).

SÁRVÁRI (1995) vizsgálatai alapján megállapította, hogy a kukorica számára a N és a K a két legfontosabb tápanyag. K műtrágya nélkül a N és a P mennyiségét

növelve a termés nem nőtt, viszont $100 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$ kijuttatása esetén a N és a P_2O_5 mennyiségét növelve a termés is ezzel arányosan nőtt. RUZSÁNYI (1987) kísérletében mészlepedékes csernozjom talajon a N mellett szintén a K volt a legfontosabb tápanyag. A K műtrágyázás megfelelő N és P adagok mellett hektáronként 3-4 t ha^{-1} -al is növelte a termést. Különösen nagy jelentősége van a K trágyázásnak a monokultúras termesztésben.

NIKOLOV és SZTAMBOLIEV (1975) megállapították, hogy a műtrágyázás hatékonysága nemcsak az adag nagyságától, hanem a hatóanyagok arányától is függ. 6:1=N: P arányától viszonylag nagy termés várható, míg N : P = 1 : 1 arány esetén a termés csökken.

HARMATI (1995) szerint meszes réti talajon végzett kísérletei alapján megállapította, hogy a N műtrágyázásnak terménynövelő hatása van, amelyet viszont befolyásol P ellátottság mértéke és a tőszám is. A kedvezőtlen N : P arány várhatóan terméscsökkenést okoz.

PROKSZÁNÉ et al. (1995) réti öntéstalajon eltérő évjáratokban azt tapasztalták, hogy a N-műtrágya adagolása nélkül a P és a K-műtrágyát nem érdemes kiadni, mert alacsonyabbak a termések, mint trágyázás nélkül, mivel a kiadott P és K-műtrágya tovább növelte a relatív N-hiányát.

LÁSZTITY és CSATHÓ (1995) mezőszégi talajon végzett kísérletük alapján megállapították, hogy a K x N kölcsönhatás a kukorica szemtermésében jelentkezett, amikor a N-adagok növelése a K-hatást is növelte. A K x P kölcsönhatások a kukorica szemtermés esetén elsősorban a száraz, meleg évjáratokban volt szignifikáns.

I'SÓ (1966) 1963-ban 57 %-kal, majd 1964-ben 76 %-kal tudta növelni a kukorica termését NPK és szerves-trágyázási kísérletben a trágyázatlan kezelésekhez képest. PEKÁRY (1969) a kompolti kukorica kísérletében az 1968-as aszályos évben a legnagyobb terméseket a kontroll parcellákon kapta. A N és P-műtrágyázással a kukorica termése 1 t ha^{-1} -al esett vissza.

KÁPOSZTA (1974) csernozjom talajon folytatott kísérletekben 130 kg ha^{-1} összes műtrágya hatóanyag alkalmazásával a trágyázatlan kontrollhoz képest szignifikáns terméstöbbletet kapott, de a műtrágyaadag további növelése már nem volt eredményes.

BOCZ (1976) az 1970-es évekre az Országos Műtrágyázási Tartamkísérlet (OMTK) eredményei alapján tiszántúli talajokra átlagosan $275\text{-}370 \text{ kg ha}^{-1}$, szélső értékben $220\text{-}440 \text{ kg ha}^{-1}$ vegyes hatóanyagot javasolt kijuttatni.

LÁNG (1976) tápanyagokkal közepesen ellátott talajon 6 t ha⁻¹-os termés eléréséhez 150-180 kg N, 110-120 kg P₂O₅ és 110-150 kg K₂O kijuttatását javasolja hektáronként. A K mennyisége csökkenthető, ha a kukoricaszárát rendszeresen beszántjuk a talajba.

GYÖRFFY (1979) szerint több év átlagában az NPK műtrágyázás hatékonyabb volt, mint a szerves-trágyázás. Azokban az években, amikor a szerves-trágyát közvetlenül a kukorica alá juttatta ki, akkor nem ért el szignifikáns termésnövekedést. KARKI et al. (2005) viszont a legnagyobb termést, szárazanyag akkumulációt N 120, P₂O₅ 26,2, K₂O 41,5 kg ha⁻¹ műtrágya adagnál, illetve N 120 + 10 t ha⁻¹ szerves trágya + 5 kg ha⁻¹ Zn kezeléskor érte el.

MENYHÉRT (1979) kísérlete alapján a kukorica a teljes vegetáció alatt felvett tápanyag mennyisége kg ha⁻¹-ban 11 t ha⁻¹ szemtermés esetén 264 kg ha⁻¹ N, 110 kg ha⁻¹ P₂O₅, 264 kg ha⁻¹ K₂O.

LÁSZTITY et al. (1985) kísérleti adatai szerint kukorica esetében „10 t szem + a hozzá tartozó melléktermés eléréséhez 270-300 kg N, 50-70 kg P (100-150 kg P₂O₅), 50-100 kg K (60-120 kg K₂O), 70-90 kg Ca, 40-50 kg Mg, 1-4 kg Fe, 400-800 g Mn, 300-400 g Zn, 100-200 g Cu hektáronkénti tápelem-kivonással számolhatunk”.

KOVÁCS (1994) megállapította, hogy gödöllői tartamkísérletben (1973-80) a kukorica terméshozama és beltartalma a 300 kg ha⁻¹-os vegyes hatóanyagszintnél volt a legkedvezőbb.

NAGY (1996) 1989-94 között mészlepedékes csernozjom talajon vizsgálta a műtrágyázás hatását a kukorica terméseredményeire. A kontroll parcellák mellett N 120, P₂O₅ 90, K₂O 106 kg ha⁻¹ és ennek kétszeres dózisát alkalmazták. Az átlagtermés műtrágyázás nélkül 5,81-6,88 t ha⁻¹ között alakult, az alacsonyabb műtrágyaadagnál 9,15-10,27 t ha⁻¹ volt, a nagyobb adagnál, pedig 9,22-10,01 t ha⁻¹.

A jelenleg termesztett hibridek zöme maximális termését már alacsonyabb műtrágyaadagoknál éri el. Ezt bizonyítják SÁRVÁRI és JAKAB (2000) vizsgálatai is. Véleményük szerint a jelenleg termesztett hibridek többségének az előveteménytől és az évjárattól függően már a 60-120 kg ha⁻¹ N hatóanyag és az arányosan hozzátartozó foszfor és kálium jelenti az agroökológiai műtrágya optimumot.

SVECNJAK et. al. (2004) 1996 és 1999 között 12 kukorica hibrid trágyareakcióját vizsgálták extenzív és intenzív termesztési körülmények között. Az intenzív technológiában a dózisok N 213, P₂O₅ 130, K₂O 130 kg ha⁻¹, az extenzívben N

105, P₂O₅ 104, K₂O 104 kg ha⁻¹ voltak. Az intenzív technológiában a termések (11,42 t ha⁻¹) szignifikánsan magasabbak voltak, mint az extenzívben (8,21 t ha⁻¹).

2003-ban, kedvezőtlen évjáratban a kontroll parcellákhoz képest a legkisebb, N 40, P₂O₅ 25, K₂O 30 kg ha⁻¹ dózis növelte legnagyobb mértékben a termést (4,84-5,47 t ha⁻¹), és az ennél nagyobb trágyaadagok nem növelték szignifikánsan a termésátlagot. Viszont 2004, csapadékos évben még az N 120, P₂O₅ 75, K₂O 90 kg ha⁻¹ dózis mellett is elérte a termésnövekedés (1,13-2,63 t ha⁻¹) a megbízhatósági határt (SÁRVÁRI, 2005).

KHAN et al. (2006) Pakisztánban végzett szántóföldi kísérletben a kontrollhoz képest az N 120, P₂O₅ 90, K₂O 75 kg ha⁻¹ műtrágyadózisnál érték el a maximális termést, míg SLYUDEEV (2003) 1999-2001 között oroszországi kilúgzott csernozjom talajon beállított kukoricatrágyázási kísérletben a legnagyobb termést (6,07 t ha⁻¹) az N 70, P₂O₅ 70, K₂O 70 kg ha⁻¹ trágyaszinten érte el, 80 ezer t/ha állománysűrűség mellett. SÁRVÁRI et al. (2006) hatékonysági és környezetvédelmi szempontból, az elővetemény és az évjárat függvényében a kukorica optimális műtrágyaadagját N 60-120, P₂O₅ 45-90, K₂O 53-106 kg ha⁻¹ hatóanyag mennyiségben határozta meg.

SZIRTES és GÁL (1980) réti csernozjom talajon végzett kísérletük alapján megállapították, hogy a talaj felületére szórt NPK műtrágya még öntözött viszonyok közt sem érvényesül. Az N felületi, és a PK talajba keverési alkalmazása esetén azonos a műtrágya érvényesülés az NPK talajba keveréskor kapott értékkel.

NPK műtrágyázással nemcsak a termés nagyságát lehet növelni, hanem bizonyos agrotechnikai tényezők kedvezőtlen hatását is tompítani lehet, pl. a monokultúrás termesztés terméscsökkenő hatását (SZÉLL et al., 2004). Továbbá a tápanyagellátás optimális szintje csökkenti a szem víztartalmát (NAGY és ZEKE, 1981) és javítja a növény vízhasznosítását (KOVÁCS, 1982; NÉMETH és BÚZÁS, 1991; DOBOS és NAGY, 2003).

A növények P- és K-ellátása nagyobb mértékben függ a talaj tápanyag-szolgáltató képességétől, mert a növények a kijuttatott adagnak csak kis részét hasznosítják közvetlenül. Ezért a kijuttatás módja, ideje egyszerűbb, a többi művelettel összehangolható. Ezzel szemben a N kijuttatásának ideje, módja, mennyisége tekintetében több tényező összhangját kell figyelembe venni, mivel könnyen mozog a talajban és többnyire könnyen hozzáférhető formában van jelen. A tápanyag-visszapótlás a mérlegelven alapszik, vagyis annyi tápanyagot kell kijuttatni, amennyi lekerül a terméssel a területről (SZALÓKI és SZALÓKINÉ, 2006).

HOFFMANN et al. (2006) 1963-ban alapított tartamkísérlet eredményei alapján megállapították, hogy az istállótrágya kezelésekhöz képest a hatóanyag ekvivalens NPK műtrágya alkalmazása magasabb termést eredményezett.

KISMÁNYOKI és DEBRECZENI (2002) 28 éves műtrágyázási tartamkísérlet eredményeit dolgozták fel. Megállapították, hogy a talajok természetes termékenysége alapvetően meghatározza a termés nagyságát. Az optimális műtrágyakezelések hatására ugyanakkor jelentősen növekedett a termés a kontrollhoz viszonyítva (135 %). Az évjárat hatása azonban felülmúlhatja a műtrágyázás hatását.

JOVANOVIC et al. (2007) Szerbia középső területein végzett műtrágyázási kísérletekben az NPK trágyakezelések átlagában 13 %-os termésnövekedést tapasztaltak a műtrágyázatlan kezelésekhöz viszonyítva. Ez azonban igen alacsony értéknek tekinthető főleg annak függvényében, hogy a kísérletek elsősorban száraz évjáratokban lettek kivitelezve.

SÁRVÁRI et al. (2008) szerint nem a műtrágya adag nagysága, hanem az NPK harmonikus aránya a döntő. A kontrollhoz viszonyítva N 40, P₂O₅ 25, K₂O 30 kg ha⁻¹ dózissal, igen kis hatóanyag kezeléssel 2-3 t ha⁻¹-os termésnövekedést is elérhetünk. Ha ezt a kis adagot megdupláztuk, akkor a termésnövekedés már 0,5-1,0 t ha⁻¹ volt, míg ötszörös adagjánál már több esetben termésdepresszió lépett fel.

A szerzők egybehangzó véleménye szerint a kukorica termésmennyiségét nagyobb mértékben befolyásolja a harmonikus NPK trágyázás, mint a bármelyik elem tekintetében végzett egyoldalú trágyázás. A harmonikus tápanyagellátás termésnövelő hatása a vizsgálatokban igen széles intervallumban mozgott, ami köszönhető az eltérő évjáratoknak és változatos helyszíneknek.

3.2. A vízellátás hatása a kukorica termésére

3.2.1. A klimatikus tényezők hatása a kukorica termésére

Magyarország éghajlatában egyaránt érvényesülnek atlanti, kontinentális és mediterrán hatások, és eredményeznek igen változatos tér- és időbeli megoszlású időjárási helyzeteket. Hazánk éghajlatát jellemzi az éghajlati elemek igen nagy tér- és időbeli variabilitása. Az Alföldön a párolgás mértéke felülmúlja a csapadék mennyiségét (VÁRALLYAI és LÁNG, 2001). Az ökológiai rendszeren belül igen fontos tényező a talaj-környezet és az időjárás-környezet kapcsolatrendszer. Az

időjárás-környezet nem állandó, hanem folyamatosan változó ökológiai rendszer, melyben a növény alárendelt szerepet játszik (SZÁSZ, 1998). Ezzel összhangban a kukoricatermesztés eredményességét is az adott év időjárása, csapadék ellátottsága alapvetően meghatározza. Magyarország éghajlati adottságai kedvező feltételeket biztosítanak a kukoricatermesztés számára, viszont klímánk szélsőségekre hajló jellege, valamint az időjárás szeszélyes változása veszélyezteti a kukorica termésbiztonságát.

BOCZ (1976) is a növényi, az éghajlati és a talajtani tényezők közötti szoros kapcsolat fontosságát hangsúlyozza. E három tényező közül az éghajlati elemek módosíthatóak a legkevésbé, gyakorlatilag csak a csapadékhiány pótolható. SZÁSZ (2000) természeti adottságainkat értékelve megállapítja, hogy mind a talaj, mind pedig az éghajlat alapvetően kedvező feltételeket biztosít növénytermesztésünk számára. A talaj igen szerény időbeli változékonysága folytán csupán a termékek térbeli variabilitásának lehet okozója, míg az éghajlat – elsősorban a vízellátottság – nagy változékonysága idézi elő a termékek idő- és térbeli szórását.

VARGA-HASZONITS és MIKÉNÉ (1993) megállapították, hogy a növénytermesztést befolyásoló tényezők közül a meteorológiai tényezőket jellemzi a legnagyobb változékonyság. Ebből adódóan a klimatikus tényezők gyakorolják a legerőteljesebb hatást a növénytermesztésre. Rámutattak arra, hogy hazánkban a havi átlaghőmérsékletek az egész év folyamán magasabbak a szélességi körök átlagainál, ugyanakkor a csapadék mennyisége 1-2 hónaptól eltekintve mindig kevesebb a szélességi körök átlagaitól, valamint jellemzőek a nyári és az őszi hónapok nagy csapadékanomáliái.

A vízhiány a növényekben stresszállapotot okoz, ez a vízstressz. Ebben az állapotban a sztómák bezáródnak, az asszimiláció leáll. SZALAI (1994) vizsgálatai azt mutatják, hogy már a gyökérrendszer kis részének dehidrálódása is kiváltja a sztómák bezáródását, még akkor is, ha a vízzel jól ellátott gyökérrészek szállítják a vizet a földfeletti részeknek.

Az időjárás tényezők közül a vízellátás az egyik legfontosabb termést determináló tényező. Az optimálisnál kevesebb csapadék hatására csökken a fotoszintetikus aktivitás, a tápanyagfelvétel és intenzívebbé válik a növényi légzés (DEBRECZENI et al., 2004).

Hazánk szárazra hajló keleti térségeiben a globális felmelegedés okozta nagy vízhiány már a termesztés pusztá fenntarthatóságát is megkérdőjelezi, a szárazsági

index évtizedes 1000 körüli értéke az utóbbi években 3000-5000-re emelkedett (BOCZ, 1995).

A súlyosan aszálykáros területek aránya 1983-tól jelentősen megnőtt, a növekedés a hagyományosan vízhiányos, keleti, délkeleti térségektől északi és nyugati irányba történt (BOCZ, 1995).

A növénytermesztésben az egyes meteorológiai elemek nem egyenként fejtik ki hatásukat, hanem közöttük bonyolult hatások alakulnak ki, amelyek alapján lehet az évjáratokat minősíteni növénytermesztési szempontból. 1981-2000 közötti években az aszályos évjáratok mértéke duplájára (52,6 %) növekedett az átlagos évjáratok rovására (26,3 %) (PEPÓ, 2007).

Hazánkban, az utóbbi években nőtt a száraz, aszályos évjáratok gyakorisága, ezt bizonyítják SÁRVÁRI et al. (2006) által végzett vizsgálatok is. A vizsgált időszakban (1968-2004) a csapadék éves mennyisége 55,3 mm-rel, a kukorica tenyészidejében, pedig 23,1 mm-rel csökkent a 30 éves átlaghoz (565,5 mm, illetve 345,1 mm) képest. Ennek jelentős hatása van a terméseredmények alakulására, mivel a harmonikus tápanyagfelvételben a víznek limitáló szerepe van (BOCZ és NAGY, 1981). CSAJBÓK (2000) vizsgálatai alapján a monokultúrában termesztett kukorica esetén igen szoros összefüggés van a tenyészidőben lehullott csapadék és a termés között, valamint a téli félév csapadéka és a termés között is ($r=0,99$) olyan években, amikor a nyári csapadék mennyisége csekély.

Nemcsak a csapadék, hanem a hőmérsékleti viszonyok is megváltoztak. Az elmúlt 15 évben (1991-2005) az évi középhőmérséklet csupán 1991 és 2005 években volt alacsonyabb a 30 éves átlagnál, viszont a kukorica tenyészidejében (IV.-IX. hó) és kritikus időszakában (VI.-VIII. hó) mért középhőmérséklet minden évben meghaladta az erre az időszakra vonatkozó 30 éves átlagot (SÁRVÁRI, 2006). JOLÁNKAI (2009) szerint a jövőben várható aszály és szárazság az eddigiektől minőségileg eltérő, mert a felmelegedés és a szárazodás folyamatában jelenik meg, szélsőséges időjárási jelenségekkel. Ezt jelzi a súlyos aszályos évek gyakoriságának növekedése, amit MOLNÁR (1996) 17 meteorológiai állomás 110 éves adatsorának elemzése alapján támaszt alá. Vizsgálatai alapján évi átlagos 0,917 mm csapadékcsökkenést állapított meg. Az 1983. évi igen súlyos aszály elemzését, értékelését BOCZ (1984) végezte el, hangsúlyozva a víztakarékos talajművelés, a megfelelő vetésváltás, fajtamegválasztás, az öntözés fontosságát. RUZSÁNYI (2000) megállapította, hogy a hidrometeorológiai szélsőségek előfordulásának gyakorisága – amelyet a Szász-féle szárazságindexszel

jellemezhetünk – az utóbbi évtizedekben megnőtt. A csapadékos évek gyakorisága csak kis mértékben csökkent, míg a száraz évek gyakorisága 22,5 %-ról 50 %-ra nőtt 1981-1999 között, az 1860-1900 időszakhoz képest. Az utóbbi tíz évben romlottak a kukoricatermesztés ökológiai feltételei, nőtt az aszályos évjáratok gyakorisága. Ez azt jelenti, hogy jelenleg nagy valószínűséggel tíz évből öt-hat évben kell számítanunk szárazságra, kedvezőtlen vízellátásra, aminek eredményeként a termésingadozás az 1980-as években tapasztalt 10-20 %-ról az 1990-es évekre 30-50 %-ra nőtt (SÁRVÁRI, 2001; PEPÓ et al., 2002).

KOVÁCS (1982) szántóföldi kísérletei alapján az évjárathatás kiemelkedő jelentőségére hívja fel a figyelmet és megállapítja, hogy a kritikus években az évjárat és a fajtreakciók sokkal jelentősebbek, mint a műtrágya és tőszámkezelések.

PINTÉR (1979) megállapítja, hogy a különböző évjáratok időjárési viszonyai eltérően hatnak a különböző tenyészidejű hibridek fejlődésére. Megállapítja továbbá, hogy a hibridek termésmagyságát befolyásolja a tenyészidejük hossza, valamint hogy a hosszabb tenyészidejű hibridek igényesebbek a vízellátásra, és általában gyengébb alkalmazkodóképességgel rendelkeznek.

SZÁSZ (2000) szerint a kukorica jelentős vízigénye genetikai és ökológiai okokra vezethető vissza. Az utóbbi főként klimatikus sajátosságokból adódik, ugyanis „a kukorica nagy vízigényű időszaka alatt következik be a levegő párologtató képességének a maximuma”, amely bizonyos évjáratokban jelentősen hozzájárul a kukorica vízigényének növekedéséhez.

SÁRVÁRI (1999) az utóbbi évek szélsőséges időjárési viszonyait a globális klímaváltozás következményeként értékeli. Az egyre gyakrabban jelentkező aszályos évjáratok miatt felértékelődött a jelentősége biológiai alapoknak és az agrotechnikai tényezők okszerű használatának.

A klimatikus tényezők vizsgálata során SÁRVÁRI és SZABÓ (1998) megállapítja, hogy a nagy terméseszkendést az 1990-es évek elején a kedvezőtlen klimatikus viszonyok, nem pedig a kedvezőtlen agrotechnikai tényezők okozták. Ezt bizonyítja az a tény, hogy 1991-ben a műtrágya felhasználás mélypontján mérsékelten csapadékos évben a kukorica országos termésátlaga ismét megközelítette a 7 t ha⁻¹-t. Továbbá felhívják a figyelmet arra, hogy amennyiben a műtrágyafelhasználás a jelenlegi alacsony színvonalon marad, akkor a nem kielégítő műtrágyázás lesz a termésmegnövekedés legfontosabb akadályozó tényezője.

A kukoricatermesztés nagymértékben fejlődött a technikai előrehaladásnak köszönhetően, de a termesztés még ma is legalább annyira függ az időjárástól, mint a múltban, ezért a szántóföldi kísérleteket végző kutatóknak figyelembe kell venni az időjárás hatását a kísérletek eredményeire (DALE és DANIELS, 1995). A holland és angol szakirodalmi adatok szerint nem lehet egyértelmű összefüggést találni a tenyészidőszak csapadéka és a kukorica termése között, bár egyes esetekben a termőhely adottságaitól is függően, szoros kapcsolatot is megfigyeltek (CARREKER et al., 1972). Európa nyugati területeinek ökológiai feltételei nagymértékben eltérnek a hazai viszonyoktól. A kedvezőbb vízellátottság (csapadék, magas talajvíz) magyarázza a fenti eredményt.

Jugoszlávia viszonylag száraz körülményei között vizsgálták a kapcsolatot a kukorica termése és a tenyészidő csapadéka között DUMANOVIC et al. (1996). Számításaik szerint 1978-1985 között a szeptember- június közötti csapadék és a termés között volt a legnagyobb a korrelációs koefficiens (0,771).

JENEY et al. (1985) a klímajellemzők alakulását 65 %-ban az évjáratnak, 35 %-ban az országon belüli területi elhelyezkedésnek tulajdonítja. A legfontosabb klímajellemzőnek a csapadék mennyiségét, és a csapadék eloszlását tartja.

BERZSENYI és GYÖRFFY (1997) száraz években $3,83 \text{ t ha}^{-1}$, csapadékos években $6,0 \text{ t ha}^{-1}$ átlagtermést kaptak, ezáltal hívják fel a figyelmet az évjárat nagyon jelentős termést befolyásoló hatására. Továbbá javasolják a trágyázási kezelések és az évjáratok hatásának értékelésére a szokásos eszközökön túl a stabilitás-analízis alkalmazását is, a tartamkísérletek többoldalú, reális vizsgálatának céljából. A stabilitás-analízis módszerének alkalmazásával kimutatták, hogy száraz évjáratban az alacsonyabb trágyázási szintnek nagyobb a stabilitása.

KRISZTIÁN és HOLLÓ (1997) tartamkísérleteik eredményei alapján megállapították, hogy az aszályra hajlamos térségekben bizonyítottan jelentős mértékű terméscsökkenést okoz a kukorica monokultúrás termesztése.

RUZSÁNYI (2000) a kukorica termésének stabilitását különböző évjáratokban hét agroökológiai körzetben vizsgálta 1960-1997 között. Ezek alapján megállapította, hogy a kukorica termésstabilitásában az évjárat hatását a jó talaj és a megfelelő termesztéstechnológia jelentősen csökkentheti. Az évjárattípusok közül a kukorica termésstabilitására legkedvezőbben az átlagos csapadékú évjárat hatott. Mind a száraz, mind a csapadékos évjáratban közel azonos mértékű terméscsökkenés következett be.

NAGY és HUZSVAI (1995) 14 éves tartamkísérlet adatait értékelve gyenge negatív korrelációt állapított meg a tenyészidőbeli csapadék és a havi átlaghőmérsékletek, a tenyészidőszak átlaghőmérséklete és a szemtermés között, míg pozitív korrelációt találtak az elővetemény betakarításától a vetésig lehullott csapadék és a termés, valamint a tenyészidő csapadéka és a termés között.

RUZSÁNYI (1992b) vizsgálatai azt mutatják, hogy a mélyen gyökerező növények termését a tavaszi induló nedvességkészség, vagyis az előző évi és a téli félévben lehullott csapadék határozza meg erőteljesen. A szélsőségesen száraz nyártól eltekintve a téli félév csapadéka, ha bőséges, képes az elővetemény hatásából adódó nedvességi különbségeket megszüntetni (RUZSÁNYI, 1984).

A kukorica terméshozamának növelése érdekében a klimatikus tényezőket módosítani nem tudjuk, viszont mérsékelni lehet az időjárás okozta kedvezőtlen hatásokat, termőhelyhez igazodó hibridválasztással és szakszerű, a növény igényeit kielégítő, hibridspecifikus agrotechnika alkalmazásával (PEPÓ, 2006). MARTON et al. (2005) szerint az évjárat okozta termésingadozás mérséklésének alapvető eszköze a hibridek szárazságtűrésének nemesítéssel történő javítása.

A talaj vízellátottsága meghatározza a gazdaságosan felhasználható tápanyag mennyiségét, annak hasznosulását. A trágyázás, anélkül, hogy felborítaná a növény vízháztartását, vízigényt növelő tényező. A trágyák közül elsősorban a nitrogén növeli a levélfelületet, ennek következtében a vízigényt (HANK és FRANK, 1951).

A tápanyagellátás és a vízfelhasználás kapcsolatát vizsgálva, RUZSÁNYI (1973) kísérleti eredményekre támaszkodva megállapította, hogy a különböző növényfajoknak eltérő a fajlagos vízfogyasztása, és a trágyázás a vízfogyasztást nagymértékben módosítja. A vízigény növekedésének mértéke növényfajonként eltérő. RUZSÁNYI (1992c) szerint búza és cukorrépa esetében a vízigény növekedése eléri a 40-80 mm-t, kukorica esetében, mivel a trágyázás kis mértékben növeli a levélfelületet, a 20-30 mm-t.

A műtrágya hatékonyságát a kukoricánál az elővetemény és a vízellátás közel azonos mértékben befolyásolta RUZSÁNYI (1991) vizsgálatai szerint. A karcagi OMTK kísérlet 30 éves adatsorának kiértékelése során ZSIGRAI (1997) arra a következtetésre jutott, hogy amíg a nitrogén és kálium műtrágyázás nem javította a terméshozamát, addig a rendszeres foszfortrágyázással a kedvezőtlen évjárathatás, ami elsősorban csapadékhiányt jelent, némiképp mérsékelhető volt.

Az utóbbi két évtizedből idézett szerzők egybehangzóan megállapítják, hogy nemcsak az időjárási szélsőségek, hanem azok előfordulásának gyakorisága is jelentős mértékben növekedett az elmúlt időszakban. Ez a termésbiztonságra nagyfokú negatív hatást gyakorol, amelynek enyhítésére az agrotechnikai elemek csak korlátozottan alkalmasak.

3.2.2. Az évjárat hatása a tápanyaghasznosulásra

Egy adott termőhelyen a termést meghatározó tényezők sorrendjében az évjárat után a tápanyagellátás következik. E két legjelentősebb termésbefolyásoló tényezőnek, az évjárat és a tápanyagellátás interakciójának vizsgálata már hosszú ideje a növénytermesztési kutatások középpontjában van, hiszen ez az a két tényező, amelynek az ismerete a gyakorlati szakemberek számára is rendkívül fontos.

LÁNG (1966) 1961-ben beállított, 4 éves trágyázási kísérletben vizsgálta a műtrágyázás hatását a kukorica termésére. A trágyázás hatására a termés évről-évre növekedett a kontrollhoz képest, míg a kontroll parcellákban a talaj termékenysége évről-évre csökkent. A műtrágyának nemcsak a termésnövelő hatása mutatkozott, hanem csökkentette a kedvezőtlen évjáratok okozta termésingadozás mértékét is. BOCZ (1962) is kiemeli a műtrágyázás termésingadozást mérséklő hatását, mivel műtrágyázással csökkenteni lehet a szélsőséges időjárási- és csapadékviszonyok termésre gyakorolt hatását.

BOCZ (1976) vizsgálatai alapján megállapítja, hogy kedvező időjárás esetén a nagyobb tápanyagszintű kezelések több termést adtak az alacsonyabb tápanyagszintű kezeléseknél, míg kedvezőtlen vízellátottságú évjáratban a műtrágyázás termésdepressziót okozott, a nagyobb tápanyagszinteken jelentős terméscsökkenés lépett fel. Rendkívül kedvezőtlen évjáratban már a műtrágyázás legalacsonyabb szintje is termésdepressziót okozott.

Az évjárat és a tápanyagellátás hatását vizsgálva DOBOS és NAGY (1998) megállapították, hogy a termés szignifikánsan változott az évjárat és a különböző tápanyagellátás hatására is. Ugyanezt erősítik meg JAKAB (1998), valamint SÁRVÁRI (2000) vizsgálatai is. Száraz, aszályos évjáratokban az általuk vizsgált hibridek terméscsökkenése elérte a 40-50 %-ot is egy átlagos évjáratához képest. Ugyanakkor már a 40 kg ha⁻¹ feletti N műtrágya hatóanyagok is termésdepressziót okoztak a legtöbb hibridnél.

A csapadék változékonyságának következtében a többi növénytermesztési tényező hatása jelentősen módosulhat, vagy el is maradhat (BERZSENYI et al., 2005). Az 1990-es évek alacsony terméseredményeit sok esetben a kedvezőtlen klimatikus tényezők okozták és nem a termesztési tényezők (SÁRVÁRI és SZABÓ, 1998). PINTÉR és SZIRBIK (1977) szerint is az évjáráthatás a legjelentősebb termésbefolyásoló tényező és a legnagyobb változékonyságot a tenyészidőszak alatti havi csapadékmennyiségek mutattak, a következő legnagyobb hatású tényező a tápanyagellátás volt.

KOVACEVIC (2004) horvátországi kísérletei alapján megállapította, hogy a kukorica tenyészideje alatt a talaj tápanyag-ellátottsága, a csapadék mennyisége és eloszlása szignifikánsan befolyásolja a kukorica termését. BERZSENYI és GYÖRFFY (1997) különféle statisztikai módszerekkel vizsgálták az évjárat-trágyázás interakcióját, és eredményeik az évjárat jelentős hatását bizonyították. Kísérleteik során száraz években az átlagtermés csupán 3,83 t ha⁻¹ volt, míg csapadékos évben elérte a 6,0 t ha⁻¹.

Hasonló megállapítást tett PEPÓ (2005), miszerint az adott tenyészév vízellátása nagymértékben meghatározza a trágyázás hatékonyságát. Kísérleti eredményei alapján megállapította, hogy a kukorica termésszintje 11-12 t ha⁻¹-on tart ható csernozjom talajon, de ehhez szakszerű öntözés és tápanyagellátás szükséges. Optimális mennyiségű tápanyag jelenléte a talajban, viszont nem biztosítéka a nagy termés elérésének, mivel erős vízhiány esetén a növény a tápanyagokat nem képes hasznosítani (DEBRECZENI és DEBRECZENINÉ, 1983) és a műtrágyák érvényesülése is elmarad (HUZSVAI, 2005). Aszályos évjáratokban a műtrágyázás hatástalan is lehet, sőt termésdepressziót is okozhat (PEKÁRY, 1969; BOCZ, 1976).

CSATHÓ et al. (1991) tartamkísérletében kimutatta, hogy az évjárat hatása jelentősen meghaladta a P hatások mértékét és megállapítja, hogy egyes években a jó tápanyagellátottság fokozhatja az aszálykárt. Vizsgálatai szerint az aszály a tápelemmel gyengén ellátott területen júniusban és július elején, a tápelemmel jól ellátott területen pedig július második felében és augusztusban okoz nagymértékű terméseszkökenést. A szárazság hatására fellépő terméseszkökenés okaiként kimutatták a meddő tövek számának jelentős emelkedését, a csövenkénti szemszám valamint az ezerszemtömeg eszkökenését. PEPÓ (2002) és GYURICZA (2005) szerint a kedvezőtlen időjárási hatásokat a megfelelő tápanyag-visszapótlással mérsékelni lehet.

LIANG et al. (1991) a vízellátás és a hőmérséklet hatását vizsgálva megállapítja, hogy az időjárás nagymértékű évi ingadozása elfedheti más agrotechnikai tényezők

hatását. Véleménye szerint az időjárás nemcsak elfedheti, hanem fel is erősítheti az egyes agrotechnikai tényezők hatását (monokultúras termesztés esetén az átlagosnál nagyobb termésdepresszió, műtrágyázott kezelésekben a vártnál nagyobb termés kialakulása).

DEBRECEZENI et al. (2006) trágyázási tartamkísérletek eredményei alapján megállapították, hogy a tenyészidőszak csapadéka erőteljes hatást gyakorol a terméseredmények alakulására és jelentős mértékben befolyásolja az alkalmazott műtrágyák hatékonyságát.

A 2005 és 2006-os évek termésadatainak összehasonlítása rámutat arra, hogy műtrágya nélkül, vagy alacsony szintű tápanyag-utánpótlás esetében a kukorica búza után természetesen lényegesen több termést ad, mint önmaga után vetve. A 2007-es év adatai arra figyelmeztetnek, hogy az aszályos időjárás alacsony termésszintet határoz meg, és nem engedi érvényesülni a műtrágyázás hatását (SZÉLL és DÉVÉNYI, 2009). Ugyancsak SZÉLL (2008) kísérleteiben a műtrágyadózisok növelése az aszálykárt nem mérsékelte. Ellenkezőleg, az adatok arra utalnak, hogy szélsőségesen kedvezőtlen időjárásban a túlműtrágyázással az aszálykárt növelhetjük is. Hasonló megállapítást tett SÁRVÁRI és BOROS (2009) illetve SÁRVÁRI et al. (2008) is, mely szerint szélsőségesen száraz, aszályos évben a műtrágyázásnak nem volt termésnövelő hatása, míg kedvező évben a műtrágyázás 40-50 %-kal is növelte a termést.

RUZSÁNYI (1992b) megállapította, hogy a kukorica optimális műtrágyaadagja aszályos évben 47-62 kg ha⁻¹ nitrogén, illetve 118-154 kg ha⁻¹ összes NPK volt. Öntözés esetén vagy csapadékos évben 125-141 kg ha⁻¹ nitrogén, illetve 313-354 kg ha⁻¹ összes NPK hatóanyag mutatkozott megfelelőnek.

A műtrágyázás hatását a termésre az adott évjárat csapadékviszonyai is befolyásolják. Ezt igazolják SÁRVÁRI és SZABÓ (1996) vizsgálatai, akik arra a következtetésre jutottak, hogy száraz aszályos években a maximális terméseket a mérsékelt adagú NPK kezeléseknél érték el a hibridek, a nagyobb műtrágyaadagok minden esetben termésdepressziót okoztak.

SÁRVÁRI (1995) a hajdúböszörményi réti talajon végzett kísérleteiben a kukorica hibridek leghatékonyabb és a környezetvédelmi szempontoknak is még megfelelő műtrágya adagja N 60-120, P₂O₅ 45-90, K₂O 53-106 kg ha⁻¹ hatóanyag volt. Szélsőségesen aszályos évjáratokban öntözés nélkül azonban már az N 30-60 kg ha⁻¹ hatóanyag is elegendő volt a kukorica számára ezen a kötött, humuszos réti talajon.

BERZSENYI és LAP (2006) műtrágyázási tartamkísérletükben 7 különböző műtrágyadózist alkalmaztak: 100-600 kg ha⁻¹-ig, 100 kg-onként növelve az NPK dózisokat. A kapott eredmények szerint a kukorica hibridek termése a 200-400 kg ha⁻¹ NPK dózisok mellett voltak a legnagyobbak. Ezt alátámasztották különféle statisztikai módszerekkel is. Az évekre végzett összetett varianciaanalízis azt mutatta, hogy az évjáráthatásnak van a legnagyobb a kukorica termésére.

NAGY és MEGYES (2005) vizsgálatai szerint az évjárat jelentősen hat a kukorica hibridek műtrágya-reakciójára – ezen belül elsősorban a csapadék –, mely hatás jól jellemezhető az 1 mm csapadékra jutó szemtermés tömegével.

Feltételezhető, hogy 2004-ben, 2005-ben és 2006-ban országosan több termést takaríthattunk be, mint amennyit a kijuttatott műtrágya alapján várhattunk volna, mert a kedvező csapadékelátottság a talaj tápanyagkészletének jó feltáródását eredményezte (SZÉLL, 2006).

A fenntartható kukoricatermesztésben nagyon fontos pontosan meghatározni az agroökológiai körülményeket (vízellátás, talaj), kiválasztani a megfelelő fajtát és harmonizálni az agrotechnikai elemek szintjét a gazdasági és biológiai környezettel. A tartamkísérleti eredményeink alapján a fenntartható kukoricatermesztés kulcselemei a vetésváltás, a tápanyagellátás, az öntözés, a növény-sűrűség és a gyomszabályozás. A kukorica termésszintje csernozjom talajon 11-12 t ha⁻¹ szinten tartható az előbb említett agronómiai elemek megfelelő szintű biztosításával (VAD et al., 2007).

Tartamkísérletben, csernozjom talajon eltérő évjáratokban vizsgálták VAD és PEPÓ (2009) a kukorica termésmennyiségét és termésbiztonságát különböző agrotechnikai modellek esetében. A legkisebb termést és legalacsonyabb termésbiztonságot a monokultúrás termesztési mód adta. Az évjárat vízellátottsága a termésmaximumot és a trágyázási terméstöbbletet egyaránt meghatározta.

Összefoglalva megállapítható, hogy az évjárat igen jelentős mértékben befolyásolja a kukorica termését. Hazánk éghajlati adottságai összességében kedvezőek a kukoricatermesztés számára. Az utóbbi évtizedben azonban sajnálatos módon fokozódtak időjárásunk szélsőségei. Főleg az aszályos évjáratok gyakorisága nőtt meg. Ez gyakran párosult az olykor hiányos és alacsony színvonalú agrotechnikával (szakszerűtlen vetésváltás, gyakori monokultúrás termesztés nem megfelelő talajművelés, hiányos tápanyagellátás, és növényvédelem), amely így együttesen jelentős mértékű terméseszköket okozott a 90-es években. Mindez arra hívja fel a

figyelmet, hogy a jövőben az éghajlati szélsőségek hatásának mérséklése érdekében nagyobb figyelmet kell fordítani az agrotechnikai elemekre, valamint a hibridek helyes megválasztására.

3.2.3. Az öntözés hatása a kukorica termésére

A csapadékhiány miatt bekövetkező aszály hatásainak mérséklése a termőhelyi viszonyokhoz leginkább alkalmazkodó termesztési technológiák kialakításával lehetséges. Elégtelen természetes vízellátottság esetén lényeges elem az öntözés, amely aszály esetén a növényállomány életébe történő leghatékonyabb beavatkozás (NAGY, 2007).

ANTAL et al. (1972) szerint az évek 25%-ában volt csak elegendő csapadék az Alföldön, így a hatékony szántóföldi növénytermesztés a jövőben sem mondhat le a vízhiányt mérséklő öntözésről. PETRASOVITS (1967, 1969) szerint akkor kell öntözéssel pótolni a vízhiányt, ha a lehullott csapadék és a talaj könnyen felvehető vízkészlete a növény igényét nem elégíti ki.

Az idősoros meteorológiai adatok elemzéséből az a következtetés vonható le, hogy egyes kapásnövények, szántóföldi zöldségfélék és gyümölcsök esetében – igaz néha 1-1 év kivételével – szinte mindig szükség lenne 100-150 mm vízpótlásra (LAJKÓ, 2007).

BOCZ (1976) szántóföldi kísérletekkel is igazolható megállapítása szerint az öntözéssel többé-kevésbé állandósítható az a kedvező vízellátottság, amit a nagy termésű évek természetes vízellátottságánál számszerűen megállapíthatunk. Száraz években a kukorica termése öntözéssel magas szinten tartható.

SZALÓKI (1987) megállapítása szerint, a termésátlagot növelő tényezők hatása annál jobban érvényesül, minél kedvezőbb a vízellátottság. A magasabb agrotechnikai színvonalon a jó vagy rossz vízellátottság termésátlag-differenciáló hatása nagyobb, mint az alacsonyabb szinten. SZŐKE MOLNÁR és SZALÓKI (1984) szerint az intenzív kukoricatermesztés biztonságához mindinkább nélkülözhetetlen lesz az ország egyes részein az öntözés.

LAJKÓ (2007) szerint az öntözés fejlesztésében elsőrendű célnak a termésbiztonság növelése, nem pedig a termésmennyiségek, ill. hozamszintek emelése. Hasonlóan fontos lehet viszont a minőségjavítás is. Ugyanakkor az öntözés fejlesztésének ma Magyarországon elsősorban a gazdasági lehetőségek szabnak gátat.

A vízpótlásnak az evapotranszpirációra gyakorolt hatása nem lineáris. A vízellátás optimuma felé haladva egyre mérsékeltebb nemcsak a termésátlag, hanem a vízfogyasztás növekedése is. (SZALÓKI, 1989). Ebből következően az öntözéssel csak olyan mértékig kell a talaj nedvességtartalmát növelni, hogy a természetes csapadék pótlására és a káros víztöbblet elkerülésére legyen lehetőség.

Az öntözés, miközben a növény vízigényét kielégíti, a következő évi kedvezőbb talajnedvesség kialakításához is hozzájárul. RUZSÁNYI és PETŐ (1990) megállapítása szerint öntözött elővetemények után a talaj hasznosítható nedvességkészlete 50-70 mm-rel több, mint nem öntözött elővetemények után. Az öntözéssel, CSELŐTEI (1978) szerint, szárazabb években, a kedvezőbb csapadékmennyiségű- és eloszlású évekhez viszonyítva nem csak az elmaradt csapadékot kell pótolni, hanem a magas hőmérséklet és alacsonyabb páratartalom vízfelhasználás növelő hatását is ellensúlyozni kell. Az elmaradt csapadék helyettesítésére szerinte 2-2,5-szeres öntözővíz kell. Megállapítása szerint egyes növények, főleg a legnagyobb vízfelvétel időszakában, a talaj mélyebb rétegeiből is jelentős mennyiségű vizet vesznek fel.

A kukorica a szakszerű öntözést meghálálja. Az öntözés terméstöbbletét az évjárat jellege, a vetésváltás alapvetően meghatározza. Csapadékos évjáratban az öntözés gyakorlatilag öntözéshatást nem lehetett tapasztalni. Átlagos évjáratban 1-2 t ha⁻¹, aszályos évjáratban 4-6 t ha⁻¹ terméstöbbletet eredményezett (PEPÓ, 2006).

ANTAL (1968) valamint POSGAY (1968, 1983) szerint csak a táblára érvényes csapadék- és talajvíz-viszonyok ismeretében adható helyes öntözési előrejelzés. LELKES (2003) szerint figyelmet kell fordítani a beállítható vízadagok nagy pontosságára és a kijuttatás egyenletességére, amellyel elkerülhetők az öntözés káros hatásai (felszíni eróziós eliszapolódás, talajtömörödés).

Az évjáratoktól függő termésingadozások elkerülése érdekében elengedhetetlenül szükséges, hogy a termelők nagyobb területen öntözzék a fontosabb szántóföldi kultúrákat, így a kukoricát is (NAGY, 2007). CSELŐTEI és HARNOS (1996) szerint a jövőben a nagy értékű zöldségnövények mellett elsősorban a kukorica, a cukorrépa, a burgonya és a nagy termelési értéket jelentő vetőmagtermesztés öntözése várható nagyobb területen.

PEPÓ (2007) szerint az aszály elleni védekezés agrotechnikai lehetőségei közül a legeredményesebb eszközt az öntözés jelenti. Az elmúlt másfél évtizedben – annak ellenére, hogy aszályos évjáratok gyakorisága nőtt – egyrészt csökkent az öntözésre

berendezett területek nagysága, másrészt – évjáráttól függően – erősen ingadozott a ténylegesen öntözött terület.

A feldolgozott irodalmak egybehangzóan azt bizonyítják, hogy az öntözés a szélsőségekkel terhelt időjárási viszonyok között az egyik legfontosabb eszköz a terméshozam növelése érdekében. Az öntözéssel elért terméshozam szintje minden esetben jelentős mértékű, ezért a hazai irodalmak többsége az öntözés további bővítését javasolja.

3.2.4. Az öntözés és a tápanyag ellátás összefüggései

Öntözési körülmények között a hatékony gazdálkodás feltétele a növények igényének megfelelő tápanyagellátása. Kísérleti eredmények igazolják, hogy a csapadék mennyisége és a talajban tárolt vízkészlet befolyásolja a trágyaszükségletet és a trágyahatást, azaz nagyobb vízellátottság mellett több műtrágyára van szükség. Viszont öntözött termesztésben sem szükséges $N_{240}+PK$ kg ha⁻¹ műtrágya kijuttatása, mert szignifikánsan nem növeli a termést az $N_{120}+PK$ kg ha⁻¹ trágyaadaghoz képest. A kimosódó nitrát mennyisége viszont jelentős lehet (MEGYES et al., 2005).

PEPÓ és NAGY (1997) öntözetlen viszonyok között 100-110 kg ha⁻¹, öntözés mellett pedig 140 kg ha⁻¹ N-hatóanyagot javasoltak kijuttatni a kukorica alá a műtrágyázás x öntözés pozitív kölcsönhatása miatt.

BOCZ és NAGY (1981) vizsgálataik szerint az öntözés és a műtrágyázás szignifikánsan növelte a terméseredményeket. Az öntözés és a műtrágyázás hatása először a gyökértömegben, majd a föld feletti részekben jelentkezik. A termésképző elemek közül a kezelések hatására a csöveken a sorok száma változott legkevésbé, míg az ezerszemtömeg és az egy csövön lévő szemek száma a kezelésekkel jelentősen nőtt.

NAGY (1994) szerint a trágyaszükségletet és a trágyahatást a csapadékmennyiség, illetve a talajban tárolt nedvességekészlet módosítja. A trágyahatás az optimális vízfelhasználáshoz közeledve nő, majd a káros víztöbblet beálltával csökken.

Hasonló megállapítást tett DEBRECZENI és DEBRECZENINÉ (1983), miszerint a műtrágyázás terméshozam növelő hatását az öntözés fokozza, de ugyanígy a műtrágyázás is javítja az öntözés hatását. Az öntözés és a műtrágyázás kölcsönhatását a talaj típusa, tápanyag-ellátottsága, vagy tápanyag szolgáltató képessége jelentős mértékben befolyásolja.

A műtrágyázás és az öntözés együttes szakszerű alkalmazása döntő fontosságú (POSZA, 1979, BREITSCHUH, 1985). Vizsgálataik szerint a gyenge tápanyag-ellátású talajon öntözés hatására a termés csökkent. Egy meghatározott NPK-szint után növekvő trágyaadagok hatására öntözetlen viszonyok között a termés csak kis mértékben nőtt. Jó tápanyagellátottságú talajon az öntözés termésfokozó hatása annál nagyobb, minél több tápanyag van a talajban. Hasonló megállapítást tett HARMATI (1984) is. Szerinte kellő öntözéshatást csak tápanyagokkal jól ellátott talajon lehet elérni, annak ellenére, hogy az öntözés elősegíti a talajok természetes tápanyagainak feltáródását és az alkalmazott műtrágyák hasznosulását. SZÁSZ (1968, 1988) kísérletei szerint is minél kedvezőbb a növény vízellátása az ásványi tápanyagellátásnak annál jobbnak kell lennie. Az öntözés hatása arányos a N-műtrágyázással. 90 kg ha⁻¹ N használata esetén 110 %-os terméstöbblet keletkezett (DEBRECZENI, 1976).

A tápanyagellátottság és az öntözés szoros összefüggésben van a talaj tápanyagszolgáltató-, illetve megtartó képességével. Öntözéssel körülmények között a kimosódás jelentős N-veszteséget okozhat. Az azt követő intenzívebb nitrifikáció által a N-tartalom azonban újra kiegyenlítődik, illetve javulhat. A P és K kimosódás öntözött körülmények között sem jelentős (DEBRECZENI, 1970). Ugyancsak DEBRECZENINÉ (1964, 1969, 1985) és DEBRECZENI (1973) kísérleteik alapján megállapították, hogy a jó tápanyagellátottságú talajokon rendszerint nagyobb az öntözés eredményeként megvalósuló optimális vízellátás hatása, mint a kisebb termékenységgű talajokon, ugyanakkor a műtrágyázás relatív és gyakran abszolút hatása (öntözés nélkül) a jó termékenységgű talajokon kisebb.

Kutatási eredmények igazolják, hogy a termesztési tényezők hatásai nem függetlenek egymástól. Az öntözés x műtrágyázás és a növényszám x műtrágyázás kölcsönhatás pozitív, ezért a termesztési színvonal megválasztásakor vagy módosításakor mindhárom tényezőt egyszerre kell megváltoztatni. Bármilyen termesztési szintet kívánunk elérni, az adott szinten egyszerre kell biztosítani az egyes tényezők legkedvezőbb kölcsönhatását (NAGY, 2007). Kísérleti eredményei szerint az öntözött kezelésben – ami egy magasabb termésszintet jelent – az öntözés x műtrágyázás pozitív kölcsönhatása miatt a gazdaságos műtrágyaadagok is nagyobbak, mint öntözés nélkül. A debreceni szántóföldi kísérlet eredményei szerint a hektáronkénti 240 kg nitrogén kijuttatása nem öntözött állományban semmilyen körülmények között nem ajánlott, mivel a 120 kg ha⁻¹ N-dózishoz képest megbízhatóan nem növeli a kukorica termését. Aszályos években viszont jelentős terméscsökkenést okoz. A

kutatás eredményei rávilágítanak arra is, hogy egyes évjáratokban öntözés hatására is előfordulhat termésnövekedés a nem kellő tápanyagellátottságú területeken. Ez felhívja a figyelmet arra, hogy az egyes tényezők legkedvezőbb kölcsönhatását, a tápanyag- és vízellátás harmonikus összhangját egyszerre kell biztosítani, azaz az öntözés hatását csak megfelelő mennyiségű tápanyag kijuttatásával lehet elérni.

Az öntözés és tápanyagellátás interakció mértékét az említett szerzők szinte kivétel nélkül nagymértékűnek tekintik, amely a két tényező együttes alkalmazását helyezi előtérbe. Az öntözés nagymértékben növeli a kijuttatott műtrágyák hatékonyságát, ezáltal gazdasági értelemben vett jelentősége is kimagasló.

3.3. A vetésváltás hatása a kukorica termésére

WESTSIK (1951) homoktalajon végzett vetésváltás kísérleteket. Mérései alapján megállapította, hogy a szakszerűtlen vetésváltás érzékenyebb az időjárásra. Ezen belül elsősorban a csapadékra. Az okszerű vetésváltásban termesztett növények nagyobb termést adtak, és a termés ingadozása is kisebb volt.

A növények elővetemény hatása egyéb körülményektől is függ. Minél kedvezőbbek a termesztési feltételek (talaj, időjárás, stb.), annál kevésbé érezhető az elővetemény hatása. Ezzel szemben minél mostohábbak a talaj- és trágyázási viszonyok, annál nagyobb gondot kell fordítani az elővetemények megválasztására (KEMENESY, 1959). Ugyancsak KEMENESY (1961) szerint a vetésváltás első fő célkitűzése az, hogy a forgó növényeinek össztermése a minél nagyobb legyen. A második pedig a talajerő fokozása.

Magyarországon a szántóterület közel 50 %-át a két fő növényünk, a kukorica és az őszi búza foglalja el. Ennek, és a felaprózódott birtokszerkezet következményeként nehéz követni a vetésváltás szabályait. A vetésváltás vagy monokultúrás termesztés kérdését azonban végleg eldöntötte az amerikai kukoricabogár gyors terjedése és lárvájának rendkívül nagy kártétele (SZÉLL, 2001, 2002; SZÉLL és HATALÁNÉ, 2003; SÁRVÁRI, 2004b).

PEPÓ (2006) szerint az agrotechnikai elemek közül meghatározó jelentőségű a vetésváltás. A kukorica részleges monokultúrát (3-5 év) eltűrő növény. A termesztéstechnológiai ráfordítások azonban a vetésváltásban termesztett kukoricánál érvényesülnek hatékonyan. A monokultúrában termesztett kukorica átlagos évjáratban

1-3 t ha⁻¹-ral, száraz, aszályos évjáratban 3-4 t ha⁻¹-ral kevesebb termést adott a vetésváltásban természetéhez képest.

PETRÓCZKI (2009) szerint a vetésváltás egy olyan technológiai elem van, amely költségnövekedést nem okoz, ez a szigorú vetésváltás vagy vetésforgó bevezetése, amely helyesen alkalmazva, kihasználva a kedvezőbb elővetemény-hatást költségcsökkenést és nagyobb hozambiztonságot jelenthet.

A hazai növénytermesztési szakirodalomban már a múlt században találhatók utalások a száraz és nedves időjárás miatti eltérő gazdálkodásra, NAGYVÁTHY (1821) már e század elején ajánlásokat adott a vetésforgó összeállításához száraz körülmények között. Hangsúlyozva a különböző kultúrnövények eltérő elővetemény értékét, vízfelhasználását.

Hazai száraz klimatikus viszonyaink között az elővetemény hatását az is jelentősen befolyásolja, hogy mennyi nedvességet használ fel, és mennyi nedvességet hagy hátra a következő növény számára (KEMENESY, 1959).

RUZSÁNYI (1984) vizsgálatai szerint a tavaszi talajnedvességi állapot kialakításában a téli félévben lehullott csapadék mellett az előveteménynek van meghatározó szerepe. RUZSÁNYI és PETŐ (1993) vizsgálatai szerint, adott csapadékviszonyok mellett, búza elővetemény után, kukorica előveteményhez viszonyítva tavasszal mintegy 50-60 mm-rel nagyobb a talaj nedvességekészlete.

GYŐRFFY (1975) szerint a kukorica monokultúrás termesztésekor fellépő termésdepresszió a fokozott gyomosodás kiküszöbölése esetén a talaj vízgazdálkodásával magyarázható.

KÖNNECKE (1969) megállapítása alapján az önmaga utáni termesztés minden gabonafajnál termés csökkenéssel jár. Ez a kukorica esetében nagyon csekély és nitrogénadagolással megszüntethető. Vizsgálatai azt mutatták, hogy a kedvezőtlen elővetemény hatások kiegyenlítése csak korlátozottan lehetséges, utóhatásuk 2-4 évig jelentős. Monokultúrában a zab károsodott a legnagyobb mértékben.

A kedvezőtlen időjárási hatások mérséklésében igen fontos szerepe van az agrotechnikának. A vetésváltásnak aszályos időjárásban kedvezőtlenebb talajadottságok mellett is lehet kiemelkedő szerepe. Jó talajokon is fontos termést kialakító tényező. Az elővetemények jelentős hatással vannak a talaj víz- és tápanyagkészletére, a talaj szerkezetére, a talaj művelhetőségére, a növényvédelmi helyzetre stb. A kedvező elővetemény esetében a visszamaradt vízkészlet duplája a nagy vízfogyasztású

elővetemény utáni értékeknek. Ez a tény különösen az aszályos évjáratban jelentős termésmódosító tényező (PEPÓ 2007).

A vetésváltás hatását többen is értékelték. PIERCE (1988) elsősorban a nitrogén- és vízfelvétel hatékonyságának változását figyelte. A vetésváltás megfelelő alkalmazásával költségkímélő és eredményes módon segíthetjük a rendelkezésre álló víz és tápanyagok jobb kihasználását (DEZSŐ és MARTIN, 1985.; HAMMEL, 1995.). Különböző őszi búza, borsó, kukorica vetésváltásokban végzett mérések alapján COLLINS (1992) megállapította, hogy a megfelelő vetésváltás kedvező hatással van a talajban élő mikroorganizmusok szaporodására. A talaj széntartalmában nem talált szignifikáns különbséget a különböző növényssorrendek hatására.

GYŐRFFY és BERZSENYI (1992) a martonvásári vetésváltás kísérlet adatainak feldolgozása alapján megállapították, hogy a szakszerű vetésváltás egy eredményes és költségtakarékos eszköz a károsítók elleni védekezésben.

PEPÓ et al. (2007) szerint a kukorica előveteménye jól mérhető, erőteljes hatást gyakorol a termés mennyiségére. Tartamkísérletükben több mint két évtizede vizsgálják az elővetemények termésre gyakorolt hatását. A csapadékkal jól ellátott évben az elővetemény-hatás mérsékeltebb volt, mint szárazabb évjáratban, azonban így is markáns hatás mérhető.

Bikultúrában (kukorica-szója) és monokultúrában termesztett kukorica termését és különböző növényssorrend talajnedvességre gyakorolt hatását elemezte COPELAND et al. (1993). Megállapításaik szerint a kukorica termése bikultúrában természetve 30 %-kal nagyobb volt, mint monokultúrában, a vízfelhasználás viszont csak 16 mm-rel volt több. JORGJ és KRISTO (1994) megvizsgálta a vetésváltás és a trágyázás hatását a kukorica levelének klorofiltartalmára. Az eredmények igazolták, hogy a kedvező vetésváltás és tápanyagellátás növeli a kukoricalevelek klorofill A és klorofill B tartalmát, valamint a levélterület indexet. A nagyobb klorofiltartalom hozzájárul a nagyobb termés eléréséhez.

A nyíregyházi Westsik vetésváltás kísérlet 60. éves adatsorának vizsgálata alapján LAZÁNYI (1997) felhívja a figyelmet a vetésváltás használatára, mert külön anyagi áldozatot nem igénylő, szervezéssel megoldható, ugyanakkor hatásos eszköznek tartja a termésszint növelésére, figyelembe véve a helyi sajátosságokat.

PEPÓ (2001) véleménye szerint a vetésváltás alapvetően befolyásolja az optimális N adag (+PK) nagyságát. Trikkultúrában az N_{113} +PK, bikultúrában az N_{147} +PK, monokultúrában az N_{187} +PK kg ha⁻¹ adagok bizonyultak optimálisnak a hibridek

átlagában. JAYNES és COLVIN (2006) az idény közepén kiegészítő N-trágyázást (69 kg ha^{-1}) alkalmazott, melynek hatására termésmnövekedést tapasztaltak, viszont a kimosódás mértéke is jelentősebb volt, mint az egyszeri N-trágyázás esetén. SHAPIRO és WORTMANN (2006) N-műtrágyázással a kukorica szemtermését 24 %-kal tudták növelni,

Ugyanakkor SÁRVÁRI és SZABÓ (1998) felhívták a figyelmet arra, hogy az elővetemény is hatással van a kukorica trágyaigényére. A megfelelő N adagok valamint a hozzátartozó P és K adagok búza elővetemény után trikultúrában $50\text{-}60 \text{ kg ha}^{-1}$ N+PK, búza elővetemény után bikultúrában $60\text{-}80 \text{ kg ha}^{-1}$ N+PK, kukorica elővetemény után $80\text{-}100 \text{ kg ha}^{-1}$ N+PK, kukorica monokultúrában $100\text{-}120 \text{ kg ha}^{-1}$ N+PK voltak.

RUZSÁNYI (1992a) vizsgálataiban kimutatta, hogy a kukorica termését csernozjom talajon jó elővetemény után öntözés nélkül a trágyázás csak kismértékben növelte. Ilyen termesztési körülmények mellett 60 kg ha^{-1} N-műtrágya kijuttatását elegendőnek ítélte. Közepesen jó elővetemény esetében $60\text{-}80 \text{ kg ha}^{-1}$ N-műtrágya alkalmazása a gazdaságos nagy termés tápanyagigényét biztosítani képes. Rossz elővetemény után és monokultúrában a kukorica több N-műtrágyát igényel, amelynek a szerző által javasolt mennyisége öntözés nélkül $120\text{-}140 \text{ kg ha}^{-1}$, öntözött körülmények között pedig $140\text{-}180 \text{ kg ha}^{-1}$. A kukorica számára a legkedvezőbb elővetemény a búza, közepes a bikultúra (búza-búza-kukorica-kukorica) és a legrosszabb a monokultúra. Az elővetemény meghatározza az optimális NPK tápanyag mennyiségét. Trikultúrában $50\text{-}60$, bikultúrában $60\text{-}80$ és monokultúrában $100\text{-}120 \text{ kg ha}^{-1}$ N + PK a szükséges műtrágya-hatóanyag mennyiség (SÁRVÁRI, 2004a). PEPÓ et al. (2000) csernozjom talajon trikultúrában 60 kg ha^{-1} N+PK, bikultúrában 120 kg ha^{-1} N+PK hatóanyag kijuttatását javasolja a kukorica számára.

Szintén a vetésváltás és a tápanyagellátás kapcsolatát vizsgálta BERZSENYI (1995). Szerinte a növényváltás, vagy vetésforgó alkalmas és olcsó módszere a tápanyagokkal történő takarékosabb gazdálkodásnak.

HAVLIN (1990) vetésforgókkal végzett kísérletek alapján arra a következtetésre jutott, hogy a talajművelés mellett a vetésváltás is hatással van a talaj nitrogén- és szerves eredetű szénforgalmára.

Őszi árpa, őszi búza, kukorica, lucerna kultúrák különböző sorrendben termesztésének a hatásait vizsgálta RAIMBAULT (1991). Megállapításai alapján a kukorica növekedése az őszi búza elővetemény után gyorsabb, a termése nagyobb volt,

mint lucerna elővetemény után. A monokultúras kukorica termesztés a talajszerkezet romlását okozta.

GYÖRFFY és BERZSENYI (1992) a martonvásári 30 éves vetésforgó kísérlet termésadatának értékelése után megállapította, hogy műtrágyázással a monokultúras termésdepresszió mértékét csökkenteni lehet, de megszüntetni nem.

PEPÓ et al. (2006) vizsgálatai szerint hajdúsági csernozjom talajon az alábbi műtrágya adagok tekinthetők agronómiaailag optimálisnak:

monokultúra	N 120-180 + PK
bikultúra	N 120 + PK
trikultúra	N 60-120 + PK.

Bizonyos esetekben a kukorica terméseredménye ugyan növekedett ezen optimális adagoknál nagyobb műtrágyakezelésekben, a növekedés azonban nem volt szignifikáns

Az OMTK 9 termőhelyen végzett kísérleteit elemezte DEBRECZENI és DVORACSEK (1994). Minden esetben a borsós vetésforgóban termesztett kukorica adta a legnagyobb termést, míg a monokultúrában termesztett kukorica termés kiesése 0,34-1,6 t ha⁻¹ között volt. Megállapították, hogy műtrágyázással a monokultúra hátrányait csak részben lehet kiegyenlíteni. A őszi búza-kukorica bikultúra és a monokultúra összehasonlításánál, trágyázás nélkül a 4,6 t ha⁻¹ feletti, optimális tápanyag-ellátottságnál a 4,0 t ha⁻¹ feletti környezetben a bikultúra került fölénybe. A norfolki típusú vetésforgó már 1,8 t ha⁻¹ környezeti átlagtól fölénybe került a monokultúrával szemben (BERZSENYI, 1995).

Mindezek mellett fontos szerepe van a vetésváltásnak az aszálykár mérséklésében, hatással van a kukorica termésére, a műtrágyázás hatékonyságára és a termésbiztonságra (RUZSÁNYI et al., 2000). 1973-94 között beállított tartamkísérletben a kukorica maximális termése trikultúrában 11,42 t ha⁻¹, bikultúrában 10,17 t ha⁻¹, míg monokultúrában 9,84 t ha⁻¹ volt. Műtrágyázás nélkül a tri- és bikultúra legnagyobb termése 7,66-7,88 t ha⁻¹ volt, addig monokultúrában csak 5,73 t ha⁻¹. Száraz években a monokultúra termése szignifikánsan alacsonyabb volt, mint a vetésváltásban termesztett kukoricáé, ami a talaj hasznos vízkészletének nagymértékű igénybevétele miatt következett be (SÁRVÁRI és EL HALLOF, 2006).

A vetésváltás előnyeit összegezve, megállapítható, hogy a szakszerű vetésváltás növeli a termésátlagokat, javítja más termesztéstechnológiai elemek hatékonyságát, és a kémiai anyagok megtakarításával segíti a környezetvédelmi törekvések teljesítését.

VAD és DÓKA (2009) vetésváltás a tápanyagellátás és az öntözés hatását vizsgálták a kukorica termésére különböző vízellátottságú években csernozjom talajon. Száraz évjáratban a maximális termés $4\,316\text{ kg ha}^{-1}$ volt monokultúrában. Bikultúra esetén öntözetlen körülmények között $7\,706\text{ kg ha}^{-1}$, trikultúra esetén $7\,798\text{ kg ha}^{-1}$ volt a termés. Száraz évjáratban a trágyázás öntözetlen körülmények között termés depressziót okozott. Az optimális vetésforgóval nagy mértékben csökkenthető az abiotikus stressz faktorok termést meghatározó szerepe. Száraz évjáratban $8,6\text{-}11,0\text{ t ha}^{-1}$, míg optimális csapadékellátottságú évben csernozjom talajon $13,7\text{-}14,2\text{ t ha}^{-1}$ termésmaximumot értek el megfelelő agrotechnikai elemek alkalmazásával.

A fejezetben idézett szerzők szinte egybehangzóan kerülendőnek tartják a kukorica monokultúras termesztését, ugyanakkor ennek termésre gyakorolt hatásának mértékét a szerzők nem egyöntetűen értékelték. A feldolgozott irodalmak alapján megállapítható, hogy a monokultúra káros hatásainak enyhítése végett a termesztéstechnológiai elemek nagyfokú összehangolására van szükség.

4. A VIZSGÁLATOK ANYAGA ÉS MÓDSZERE

4.1. A kísérlet helye, a kísérleti parcellák talajvizsgálati eredményei

Kísérleteinket a Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma Debreceni Tangazdaság és Tájkutató Intézet Látóképi Növénytermesztési Kísérleti Telepén végeztük. A kísérleti telep a Hajdúsági löszháton, Debrecentől 15 km távolságra, a 33-as főút mellett található.

A kísérleti terület talaja löszön képződött, mély humuszrétegű alföldi mészlepedékes csernozjom talaj. A kísérlet talaja jó kultúrállapotú, közép kötött vályog. A kísérlet területén a humuszos réteg vastagsága 80-90 cm között változik, amiből 40-50 cm az egyenletesen humuszosodott réteg. Az egyenletesen humuszos réteg átlagos humusztartalma 2,8 %. A CaCO_3 a szelvényben az átmeneti szintben 75-100 cm-es mélységben jelenik meg. A szénsavas mész általában lepedék formájában is látható a talajszemcséken. A mésztartalom ebben a rétegben 10-13 % között változik.

2. táblázat. A műtrágyázás és az öntözés hatása a talaj fizikai és kémiai tulajdonságainak változására monokultúrában és trikultúra vetésváltásban (Debrecen-Látókép, 1999-2000)

Monokultúra (öntözetlen)					
Tápanyag-kezelés	hy	K _A	pH (H ₂ O)	pH (KCl)	Hidrolitos aciditás
<i>N₀P₀K₀</i>	2,24	38,0	6,71	5,63	5,94
<i>N₆₀P₄₅K₄₅</i>	2,22	38,5	6,51	5,40	6,86
<i>N₁₂₀P₉₀K₉₀</i>	2,18	39,0	6,21	5,24	12,38
<i>N₁₈₀P₁₃₅K₁₃₅</i>	2,24	38,0	5,87	5,09	17,45
<i>N₂₄₀P₁₈₀K₁₈₀</i>	2,18	38,5	6,03	4,89	11,09
Monokultúra (öntözött)					
<i>N₀P₀K₀</i>	2,30	38,0	6,44	5,37	8,54
<i>N₆₀P₄₅K₄₅</i>	2,26	38,0	6,23	5,16	11,78
<i>N₁₂₀P₉₀K₉₀</i>	2,38	39,0	5,91	4,98	13,07
<i>N₁₈₀P₁₃₅K₁₃₅</i>	2,40	38,5	5,61	4,66	13,57
<i>N₂₄₀P₁₈₀K₁₈₀</i>	2,28	39,0	5,75	4,69	18,18
Trikultúra (öntözetlen)					
<i>N₀P₀K₀</i>	2,13	39,0	6,75	5,89	7,56
<i>N₆₀P₄₅K₄₅</i>	2,28	40,0	6,26	5,47	8,58
<i>N₁₂₀P₉₀K₉₀</i>	2,40	38,5	6,02	5,13	9,73
<i>N₁₈₀P₁₃₅K₁₃₅</i>	2,28	37,0	5,98	5,04	17,42
<i>N₂₄₀P₁₈₀K₁₈₀</i>	2,16	39,0	5,91	4,92	13,06
Trikultúra (öntözött)					
<i>N₀P₀K₀</i>	2,28	38,0	6,32	5,35	8,54
<i>N₆₀P₄₅K₄₅</i>	2,32	38,5	6,31	5,18	9,48
<i>N₁₂₀P₉₀K₉₀</i>	2,38	39,0	6,11	5,23	8,19
<i>N₁₈₀P₁₃₅K₁₃₅</i>	2,18	39,5	5,90	4,89	16,14
<i>N₂₄₀P₁₈₀K₁₈₀</i>	2,15	40,0	5,80	4,85	14,13

Forrás: Kátai J. adatai alapján, 2006

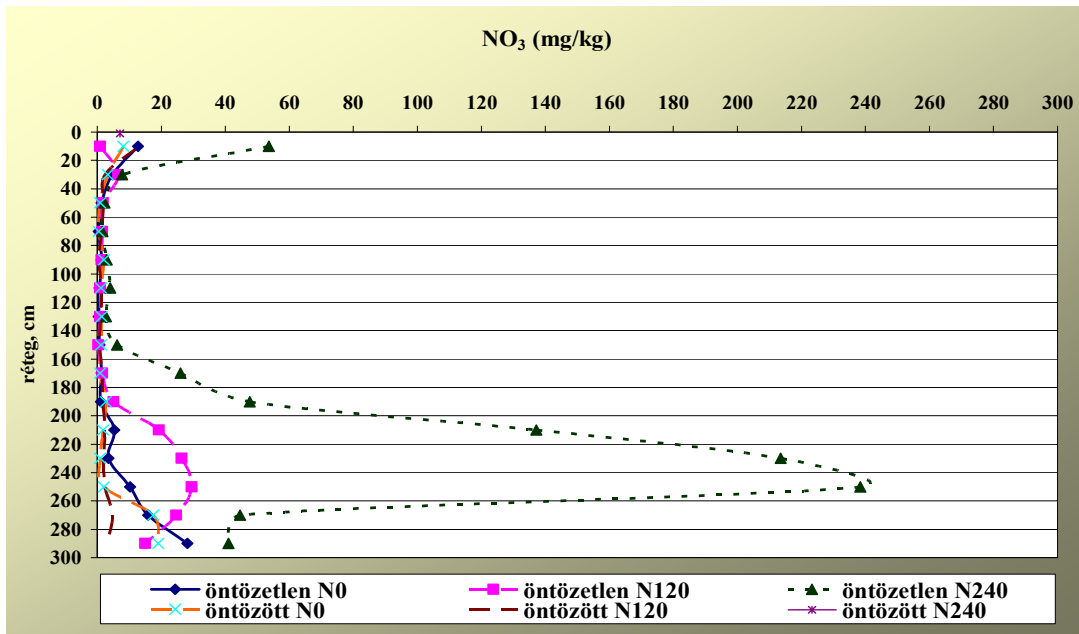
A talajvizsgálati eredmények alapján (KÁTAI, 2006) megállapítható, hogy a talaj fizikai tulajdonságai közül az *Arany-féle* kötöttségi szám esetén sem a vetésváltás, sem az öntözés nem okozott jelentős mértékű változást egyetlen trágyaszint esetén sem.

A talaj higroszkóposágát jelző *hy* értékek között sem az elővetemény, sem az öntözési variáns változásával jelentős különbségek nem mutatkoztak.

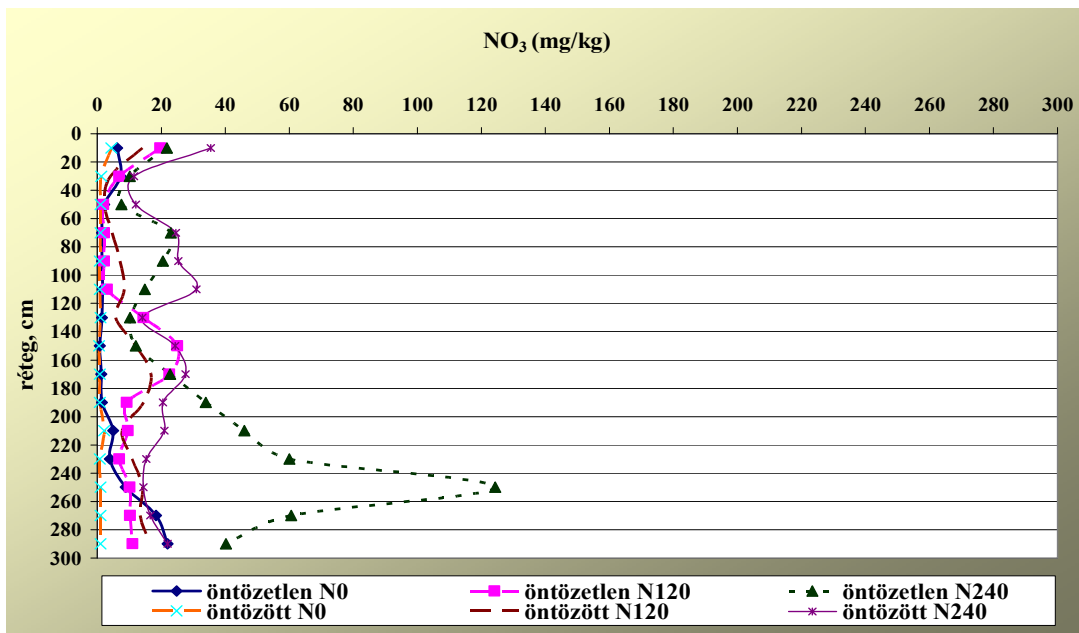
A tartamkísérletben végzett műtrágyakezelések hatására mind a vizes, mind a KCL-es pH (0,7-0,8) jelentős mértékben csökkent a növekvő trágyaadagok hatására. A kontroll kezelésekben öntözetlen körülmények között mind a vizes, mind KCL-os pH közel azonos eredményeket mutattak mono- és trikultúra esetén. Öntözött körülmények között mért értékek azonban mind a kontroll, mind a különböző műtrágyakezelések esetében mintegy 0,2-0,4 vizes és KCL-os pH csökkenést mutattak az öntözetlen körülményekhez mért értékekhez képest mono- és trikultúra esetén egyaránt.

A *hidrolitos aciditás* esetében a tartamkísérlet 17. évében szedett minták elemzése alapján konzekvens növekedést tapasztaltunk minden öntözési és vetésváltási modell esetén. Ugyanakkor öntözött körülmények között jóval nagyobb értékeket tapasztaltunk minden trágyaszinten az öntözetlen kezelésekhez képest (2. táblázat).

A Dr. Győri Zoltán által vezetett Regionális Műszerközpont 2000-ben végzett mérései alapján megállapítható, hogy a műtrágyázás hatására jelentős NO₃-N akkumulációs zóna alakult ki a kísérleti terület talaján 200-300 cm-es rétegében öntözetlen körülmények között, a legnagyobb trágyakezelés esetén (4. ábra). Ugyanakkor bikultúrában is hasonló tendenciák figyelhetők meg, viszont a felhalmozódási réteg jóval kisebb nitrát-N tartalmú, mint monokultúra esetén. Az őszi búza-kukorica vetésváltásban a két növény gyökérzete eltérő mélységből használja fel a rendelkezésre álló nitrogén hatóanyagot, így kevésbé tud kialakulni azonos talajrétegben nitrogén felhalmozódás. Mindkét vetésváltási modellben jól látható, hogy az öntözött kezelések esetében a nagy adagú trágyakezeléseknél sem alakult ki hasonló akkumulációs zóna, ami annak tudható be, hogy az öntözés által kiváltott erőteljes vertikális vízmozgás következtében a nitrát felhalmozódás nagy valószínűséggel a vizsgált talajszelvény alatt található. Ugyanakkor a felhalmozódási zóna hiányát az is okozhatja, hogy az öntözés által indukált erőteljesebb tápanyagfelvétel következtében kevesebb tápanyag marad a talajban (5. ábra).



4. ábra. A műtrágyázás hatása a talaj NO₃ nitrogén tartalmára monokultúrák termesztésben
(Debrecen-Látókép, 2000)
(Forrás: Györi Z. adatai alapján)



5. ábra. A műtrágyázás hatása a talaj NO₃ nitrogén tartalmára bikultúrák termesztésben
(Debrecen-Látókép, 2000)
(Forrás: Györi Z. adatai alapján)

Monokultúrában az Al-oldható P₂O₅ tartalom esetében kisebb mértékű változást tapasztaltunk a különböző trágyakezelések hatására mind öntözött, mind öntözetlen körülmények között a kísérleti terület 60-300 cm-es rétegét tekintve. Ugyanakkor a művelt rétegben 0-40 cm a növekvő trágyaadagok hatására jelentős mértékű P₂O₅

tartalom növekedés figyelhető meg. A nagy adagú trágyakezelések esetében 200 mg kg⁻¹ feletti értékek mértek mind öntözött, mind öntözetlen körülmények között. Mindkét öntözési modell esetén a 40 cm-es réteg alatt drasztikusan csökkent a talaj P₂O₅ tartalma, ami a tápelem művelt rétegben való felhalmozódására enged következtetni.

A kálium esetében – hasonlóan a foszforhoz – a talaj felső művelt rétegében (0-40 cm) a trágyakezelések hatására jelentős mértékű felhalmozódás mutatható ki a növekvő műtrágya kezelések hatására (320-420 mg kg⁻¹ értékek). Ugyanakkor a foszfornál sokkal erőteljesebb változás állapítható meg a talaj alsó rétegeiben (60-300 cm-es rétegek átlaga). Jelentős felhalmozódás figyelhető meg a legnagyobb NPK kezelés esetén, a kontroll kezelésnél mért értékek közel kétszeresét mérték. Ez arra enged következtetni, hogy a talajban a nitrogénhez hasonló, de jóval kisebb arányú felhalmozódási réteg jelenik meg a trágyakezelések hatására a talaj alsóbb rétegeiben. Ugyanakkor fontos megjegyezni, hogy ez a kálium tartalom növekedés elsősorban abból adódhat, hogy az aszályos periódusban a talajban repedések képződnek, így a hirtelen nagy mennyiségű csapadék hatására a talajkolloidok felületén kötött kálium lemosódhat az említett rétegbe (3. táblázat).

3. táblázat. A NPK tápanyagellátás hatása a talaj Al-oldható P₂O₅ és K₂O tartalmára monokultúrás kukoricatermesztésben (mg kg⁻¹)
(Debrecen-Látókép, 2000)

Monokultúra						
P ₂ O ₅	Öntözetlen			Öntözött		
	N ₀ P ₀ K ₀	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	N ₂₄₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀	N ₀ P ₀ K ₀	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	N ₂₄₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀
0-20 cm	186,5	166,8	278,6	85,1	133,1	206,1
20-40 cm	96,4	85,1	278,6	71,0	106,1	194,9
40-60 cm	36,9	42,6	45,4	36,9	31,2	48,3
60-300 cm átlaga	72,3	69,4	106,8	83,0	101,1	120,2
K₂O						
0-20 cm	226,1	247,3	323,7	234,0	317,8	423,0
20-40 cm	191,0	169,5	365,7	232,7	350,8	373,5
40-60 cm	152,6	111,7	171,8	171,2	178,8	209,3
60-300 cm átlaga	137,4	127,5	224,4	130,6	174,1	225,0

Forrás: Győri adatai alapján

Bikultúrában hasonló tendenciák figyelhetők meg, mint monokultúra esetében, azzal a különbséggel, hogy a talaj tápelem tartalmának abszolút értékei elsősorban foszfor tekintetében kisebb értékeket mutat (4. táblázat).

4. táblázat. A NPK tápanyagellátás hatása a talaj Al-oldható P₂O₅ és K₂O tartalmára bikultúras kukoricatermesztésben (mg kg⁻¹)

(Debrecen-Látókép, 2000)

P ₂ O ₅	Bikultúra					
	öntözetlen			Öntözött		
	N ₀ P ₀ K ₀	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	N ₂₄₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀	N ₀ P ₀ K ₀	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	N ₂₄₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀
0-20 cm	84,0	147,4	72,5	46,6	187,6	284,9
20-40 cm	58,1	84,0	267,8	37,9	63,9	153,1
40-60 cm	40,8	43,7	184,7	35,0	40,8	43,7
60-300 cm átlaga	100,5	103,0	135,4	89,0	130,0	151,5
K ₂ O						
0-20 cm	193,8	272,5	322,4	180,1	316,5	333,4
20-40 cm	173,7	174,1	228,6	133,6	154,8	310,4
40-60 cm	116,7	115,6	145,9	117,7	110,6	116,7
60-300 cm átlaga	109,7	134,3	193,9	91,4	143,5	199,1

Forrás: Győri adatai alapján

4.2. A kísérlet beállítása, elrendezése

Kutatásaimat 1983-ban DR. RUZSÁNYI LÁSZLÓ professzor úr által beállított, DR. PEPÓ PÉTER professzor úr által irányított polifaktoriális tartamkísérletben végeztem 2004-2009. között (1. melléklet). A tartamkísérletben beállított kezelések három fontos termesztéstechnológiai elem, illetve ezek interaktív hatásának vizsgálatát teszik lehetővé. Az első termesztéstechnológiai elem a vetésváltás, melyből három modell került beállításra:

- monokultúra
- bikultúra (búza, kukorica)
- trikultúra (borsó, búza, kukorica).

A következő elem a tápanyagellátás, a különböző tápanyagkezeléseket a 5. táblázat adatai mutatják. A kísérletben alkalmazott parcellaméret 9,2 m x 5 m, azaz 46 m². A műtrágya-kezelések a kísérletben randomizálva nyertek elrendezést négy ismétlésben. A P és a K teljes adagját, illetve a N 50 %-át összel juttattuk ki *Kemira Power* (11:16:16) műtrágya formájában az őszi szántást megelőzően, míg a fennmaradó N (50 %-)t ammónium-nitrát (N 34 %) formájában a tavaszi magágykészítést megelőzően kézi kiszórással juttattuk ki.

5. táblázat. A kísérletben alkalmazott műtrágyakezelések
(Debrecen-Látókép, 2004-2009)

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
<i>1. kezelés</i>	0	0	0
<i>2. kezelés</i>	60	45	45
<i>3. kezelés</i>	120	90	90
<i>4. kezelés</i>	180	135	135
<i>5. kezelés</i>	240	180	180

A harmadik vizsgált termesztéstechnológiai elem a kísérletben az öntözés. A kísérletben alkalmazott öntözési forgót, az öntözési normát és az öntözés időpontját évenkénti bontásban a 2. melléklet tartalmazza. Az egy öntözési forgóban kijuttatott öntözővíz mennyisége 50 mm volt, melyet az elfolyási veszteség csökkentése érdekében két részletben juttattunk ki. Az öntözés időpontját a kumulált vízhiány értékek, illetve az extrém száraz hőség napok (kék háttérrel megjelölt) által előidézett akut vízhiány tünetek határozták meg (3. melléklet). A 3. mellékletben zárójelben megjelölt kumulált vízhiány értékek az öntözés megkezdésének időpontjára vonatkoznak. 2009 júliusában a vízhiány és a hőség napok által indokolt öntözést technikai okok miatt nem tudtuk elvégezni. Az alkalmazott öntözési eljárás lineár típusú esőszerű öntözés. Öntöző berendezésünk Valmont típusú lineár (melléklet 1. kép), mely Wobbler típusú, alacsony nyomású (2 bar), belógó szórófejekkel van felszerelve, amelyek egyenként zárhatóak, így az öntözni kívánt, illetve a nem öntözött parcellákat elválaszthatjuk egymástól.

4.3. A kísérletben alkalmazott agrotechnika

A kísérletben alkalmazott talajművelési eljárásokban a konvencionális műveleteket helyezzük előtérbe. Arra törekedtünk, hogy a műveleteket mindig optimális időben végezzük el a talajszerkezet indokolatlan károsítása nélkül. A kísérletben a következő sorrendben végeztük a talajmunkákat:

- Tarlóhántás a kukorica monokultúra esetében közvetlenül a betakarítást követően végeztük. A bi- és trikultúra esetében a betakarítást követően, illetve a tarló gyomosodását figyelembe véve tarlóművelést végeztünk.
- Az őszi kiszórt műtrágya bekeverése ásóborona segítségével.
- Őszi mélyszántás 32 cm mélyen.

- Tavaszi szántáselmunkálás. Alkalmazott eszköze a germinátor. A kombinált magágykészítő eszköz lehetővé tette, hogy a műtrágyák horizontális fizikai mozgatása minél kisebb mértékű legyen.
- Magágykészítés (könnyű kombinált magágykészítő eszközzel).

A kukorica vetését a kísérletben mindhárom vetésváltási modell esetében egy időpontban végeztük. A kísérlet minden évében *Reseda (PR37M81)* hibridet vetettünk 60.000-es hektáronkénti tőszámmal. Minden évben április 20. körül.

A növényvédelmi kezelések a vetésváltásokat tekintve egységesek voltak. Ez alól kivételt képez a talajfertőtlenítés, melyet csak a monokultúras kísérletben alkalmaztunk a vetéssel egy menetben, az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) lárvakártételének kiküszöbölésére. A kijuttatott talajfertőtlenítő szer a teflutrin hatóanyagú *Force 1,5 G* mikrogranulátum volt, 12 kg ha⁻¹-os dózisban. A kísérletekben a gyomflórához leginkább alkalmazható herbicidket választottunk, melyeket a jó gyomirtó hatás elérése céljából preemergens és posztemergens permetezéssel is használtunk. A később kelő gyomok irtására egységesen mechanikai sorközművelést alkalmaztunk.

A parcellák betakarítását automata mérleggel felszerelt *Sampo 2010* típusú (melléklet 2. kép) parcella kombájn segítségével végeztük, mely *Oros 2011* típusú kétsoros kukorica adapterrel van felszerelve. A parcellák nettó területének betakarítását megelőzően a szegélyeket kivágtuk.

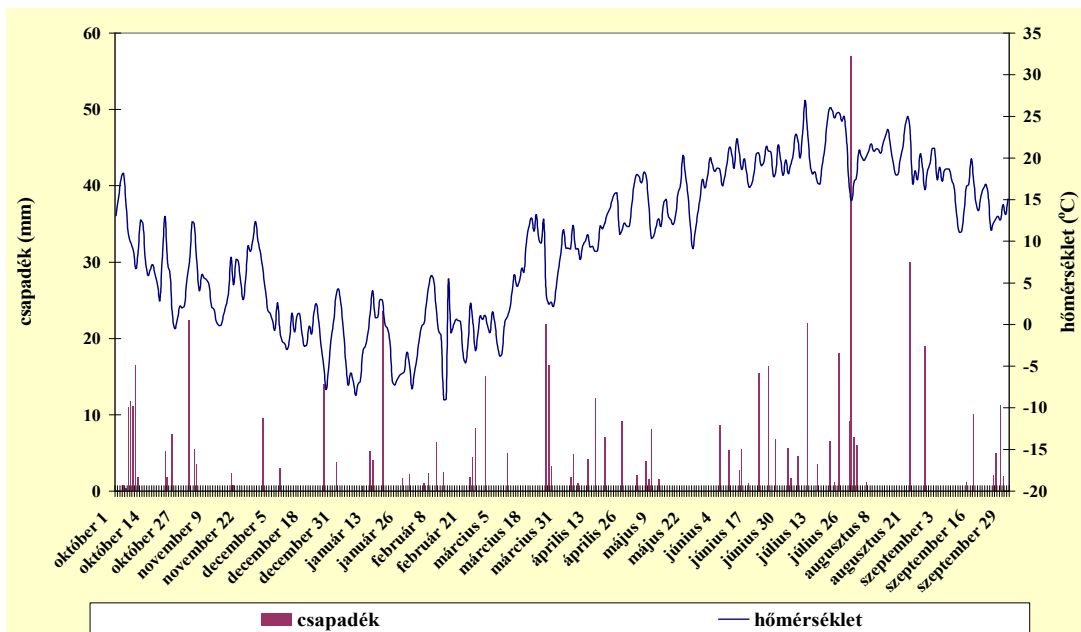
4.4. Az eredmények értékelésének módszere

Az adatok statisztikai értékelését *Microsoft Excel*[®], illetve *SPSS for Windows 13.0* programok segítségével végeztük el. Az eredmények statisztikai értékelésénél kéttényezős variancia analízist alkalmaztunk (SVÁB, 1973). Vizsgálatainkban a terméseredményeket 14,5 % nedvességtartalomra standardizálva adtuk meg. A trágyázás és az öntözés, termésre gyakorolt hatását regresszió analízissel értékeltük. A különböző függő és független változók közötti összefüggést a *Pearson-féle* korreláció számításával végeztük el. Az agrotechnikai tényezők termésre gyakorolt hatásának számszerűsítése variancia komponensek felosztásával készült.

4.5. A vizsgált évek időjárásának jellemzése

4.5.1. A 2004. év időjárásának jellemzése

A 2003. év októbere csapadékos időjárású volt (90,0 mm), amely jelentősen hozzájárult az előző száraz évben (2003 extrém száraz nyara) lecsökkent talajvízkészlet feltöltődéséhez. A novemberi (21,7 mm), a decemberi (20,8 mm) csapadék a sokévi átlagtól (45,2 mm, ill. 43,5 mm) ugyan elmaradt, de jól hasznosult. A január (37,2 mm) és február (41,6 mm) csapadékmennyisége kis mértékben meghaladta a sokévi átlagot (37,0 mm, ill. 30,2 mm). A hűvös márciusi időjárás miatti lassú kitavaszkodás, és az átlagot meghaladó csapadékmennyiség hatására tovább gyarapodott a talajban tárolt vízkészlet. Áprilisban a magasabb havi átlaghőmérséklet hatására kiváló minőségű talajelőkészítési munkát lehetett végezni. Május időjárását a szárazság és az átlagosnál hűvösebb hőmérséklet jellemezte. A relatíve alacsony hőmérsékletek miatt a kukorica fejlődése lényegesen májusban lassúbb volt. Júniusban a felmelegedő időjárás (19,3 °C, sokévi átlag 18,7 °C) és a lehullott csapadék hatására a kukorica fejlődése felgyorsult.



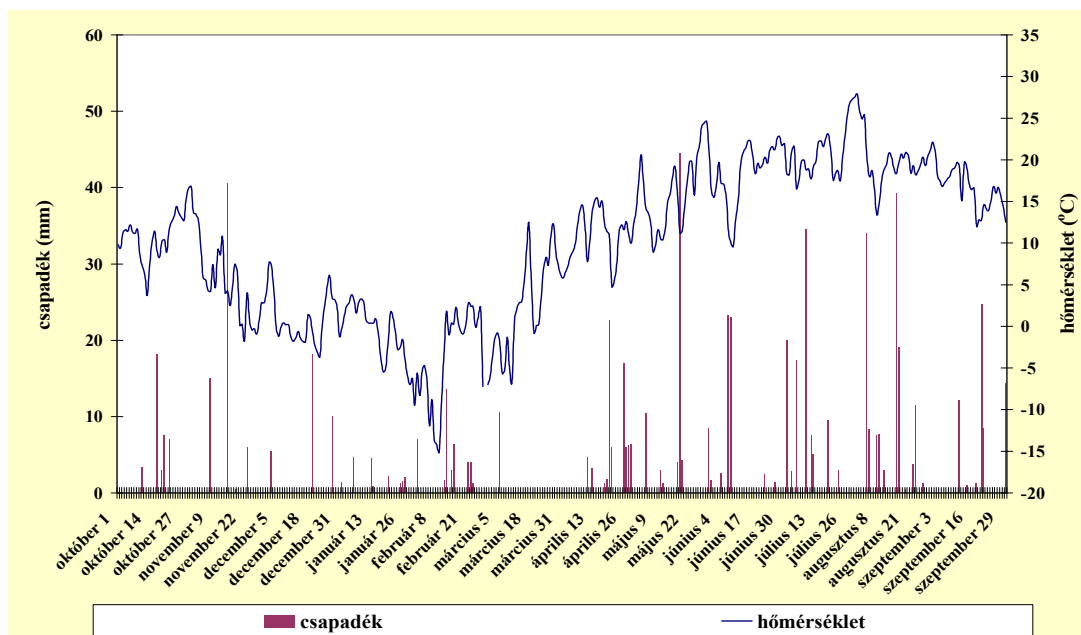
6. ábra. A hőmérséklet és a csapadék alakulása a téli és a nyári félévben
(Debrecen-Látókép, 2003-2004)

A júliusi időjárás a kukorica vegetatív és generatív fejlődéséhez az optimális közeli feltételeket biztosított. Az ideális időjárási viszony augusztus hónapban tovább folytatódott. A szeptember hónap csapadéka (31,3 mm, sokévi átlag 38,0 mm) és

hőmérséklete (15,3 °C, sokévi átlag 15,8 °C) hozzájárult a nagy termés kialakulásához (6. ábra).

4.5.2. A 2005. év időjárásának jellemzése

A 2004. évi őszi hónapok közül októberben a és novemberben a sokévi átlagokat (30,8 mm, ill. 45,2 mm) meghaladó csapadék hullott (7. ábra). A téli hónapokban lehullott csapadék elmaradt (decemberben 33,7 mm, sokévi átlag 43,5 mm, januárban 18,2 mm, sokévi átlag 37,0 mm) az átlagos mennyiségtől. A februári csapadék (40,6 mm, sokévi átlag 30,2 mm) hó formájában hullott. Az átlaghőmérséklet (-3,7 °C) lényegesen alacsonyabb volt a sokévi átlagnál. A télies időjárást és késői kitavaszkodást jól mutatja a március havi átlaghőmérséklet (2,2 °C), amely lényegesen alacsonyabb volt a sokévi átlaghoz viszonyítva. Márciusban nagyon kevés csapadék hullott (10,5 mm, sokévi átlag 33,5 mm). Április hónap csapadéka (74,9 mm) átlagos hőmérsékleti értékek mellett lényegesen meghaladta a sokévi átlagot. A májusban lehullott csapadék mennyisége (75,8 mm) ugyancsak meghaladta a sokévi átlagot (58,8 mm), amely



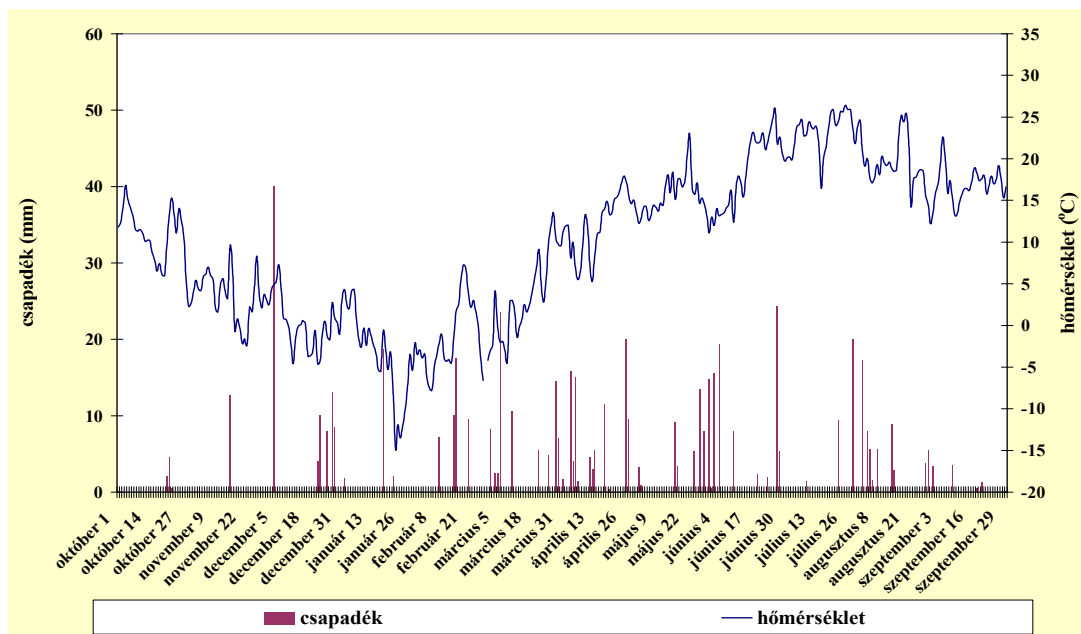
7. ábra. A hőmérséklet és a csapadék alakulása a téli és a nyári félévben (Debrecen-Látókép, 2004-2005)

kedvező vízellátottsági feltételeket biztosított a kukorica kezdeti fejlődéséhez. A május eltérő hőmérsékleti hatásait a havi átlaghőmérséklet nem tükrözi vissza (15,8 °C, sokévi átlag 16,2 °C). A június havi átlaghőmérséklet (18,4 °C) ugyancsak a sokévi átlaghoz

hasonlóan (18,7 °C) alakult. A csapadék (54,3 mm) ugyan elmaradt a sokévi átlagtól (79,5 mm), de a talajban tárolt vízkészlet biztosította a kukorica megfelelő vízellátását. Július hónapban jelentős mennyiségű csapadék hullott (99,7 mm, sokévi átlag 65,7 mm) és a hőmérsékleti viszonyok is kedvezően alakultak (21,1 °C, sokévi átlag 20,3 °C), amely igen kedvező termékenyülést és kezdeti szemfejlődést eredményezett. Augusztusban a sokévi csapadék átlag több, mint kétszerese hullott le (135,7 mm).

4.5.3. A 2006. év időjárásának jellemzése

A 2005. évi októberi és novemberi időjárást a szárazság (7,0 mm és 12,6 mm csapadék hullott), valamint az átlaghoz közeli hőmérsékleti értékek jellemezték. Decemberben bőséges mennyiségű csapadék hullott (83,5 mm, az átlag 43,5 mm). Bár januárban a csapadék (22,5 mm) nem érte el a sokévi átlagot. Februárban és márciusban viszont átlagot meghaladó csapadék hullott. A januári és februári kemény, hideg téli időjárás (-3,4 °C és -1,4 °C) március hónapban is tovább folytatódott, ugyanakkor a bőséges csapadék a talaj vízkészletének feltöltődését eredményezte (79,0 mm, az átlag 33,5 mm). A kedvezően induló vízkészlethez az áprilisi bőséges csapadék is



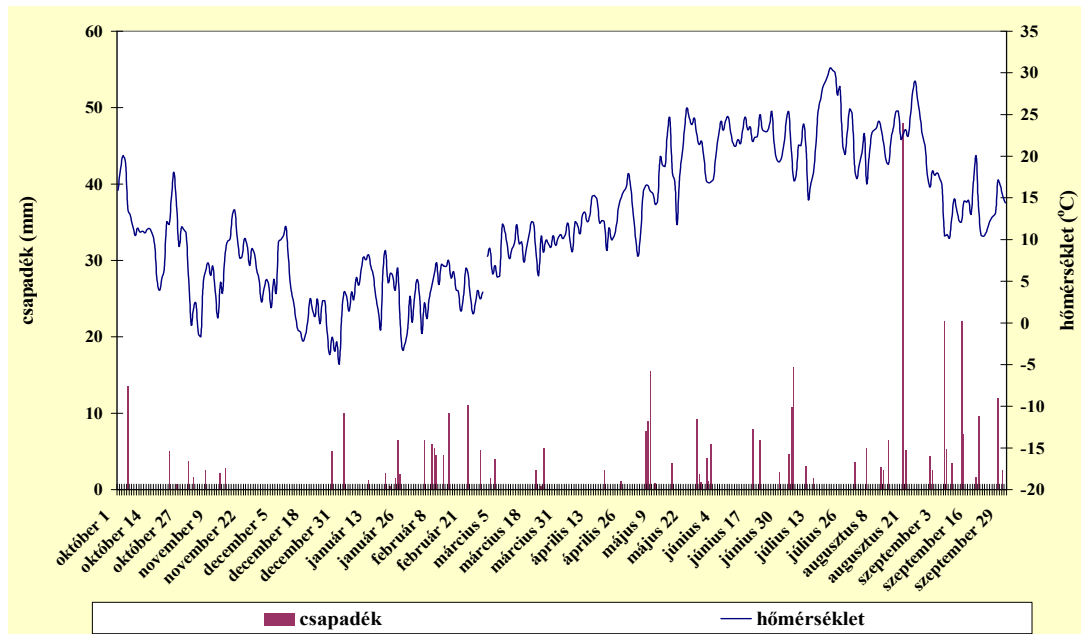
8. ábra. A hőmérséklet és a csapadék alakulása a téli és a nyári félévben
(Debrecen-Látókép, 2005-2006)

hozzájárult. A hőmérséklet április elején kifejezetten alacsony volt, majd április második felében az időjárás – szinte átmenet nélkül – kedvezően melegre váltott (a havi

átlaghőmérséklet 12,1 °C, az átlag 10,7 °C). A májusi időjárás átlag körül alakult, mind a csapadék, mind a hőmérséklet tekintetében. A június átlagos időjárási értékeket mutatott, de a hónap időjárása a hó elején és a végén jellegében jelentős eltérést mutatott. Június első fele kifejezetten hideg volt. Június második felében az időjárás erőteljesen felmelegedett. A július kifejezetten meleg (23,2 °C, az átlag 20,3 °C) és száraz (30,8 mm, az átlag 65,7 mm) volt. Az augusztus átlagos időjárási körülményekkel volt jellemezhető (8. ábra).

4.5.4. A 2007. év időjárásának jellemzése

A 2006 őszi időjárását október, november, december hónapokban a szárazság és az átlagosnál nagyobb hőmérsékleti értékek jellemezték. A sokévi átlaghoz képest októberben 22,5 mm (sokévi átlag 30,8 mm), novemberben 9,2 mm (45,2 mm), decemberben 5,0 mm (43,5 mm) csapadék hullott. Októberben a havi átlaghőmérséklet 11,3 °C (sokévi átlag 10,3 °C), novemberben 6,2 °C (4,5 °C), decemberben 2,2 °C (-0,2 °C) volt. Ez a száraz, rendkívül enyhe időjárás folytatódott januárban is (23,9 mm csapadék, +3,7 °C átlaghőmérséklet). A februári csapadék (53,2 mm, sokévi átlag 30,2 mm) valamelyest gyarapította a talaj vízkészletét, de a magasabb napi átlaghőmérséklet miatt (4,1 °C, a sokévi átlag 0,2 °C) az evaporáció is jelentős volt. Márciusban 14,0 mm (sokévi átlag 33,5 mm), áprilisban 3,6 mm (42,4 mm) csapadék hullott. A havi átlaghőmérséklet 9,1 °C (5,0 °C), ill. 12,6 °C (10,7 °C) volt. A május átlag körüli csapadékkal, valamint meleg időjárással (18,4 °C, sokévi átlag 15,8 °C) volt jellemezhető. A júniusi meleg és száraz időjárás hatására a növények fejlődése felgyorsult, de a vízhiány egyre nagyobb mértékben éreztette hatását. A szárazság hőségnapokkal párosulva júliusban is tovább folytatódott. Az erős napsütés hatására a felső levelek elhalása következett be, azaz a levéleszáradás a felső és alsó levélemeleteken egyaránt erőteljes mértékben előrehaladt. A sokévi átlagnál (65,7 mm) lényegesen kevesebb csapadék hullott júliusban. A havi átlaghőmérséklet (23,3 °C) jóval meghaladta az átlagértéket. Az augusztusi meleg (22,3 °C, a sokévi átlag 19,6 °C) és átlagos csapadékú időjárás (77,6 mm, a sokévi átlag 60,7 mm) ugyancsak kedvezőtlen volt a szemtelítődési folyamatokra. A nagyobb mennyiségű csapadék (kb. 50 mm) csak augusztus közepén érkezett. Ez az időjárás azt okozta, hogy a fiziológiai folyamatokat már szeptember elején minimális mértékben mutató állományokat szeptember második felében tudtuk betakarítani (9. ábra).

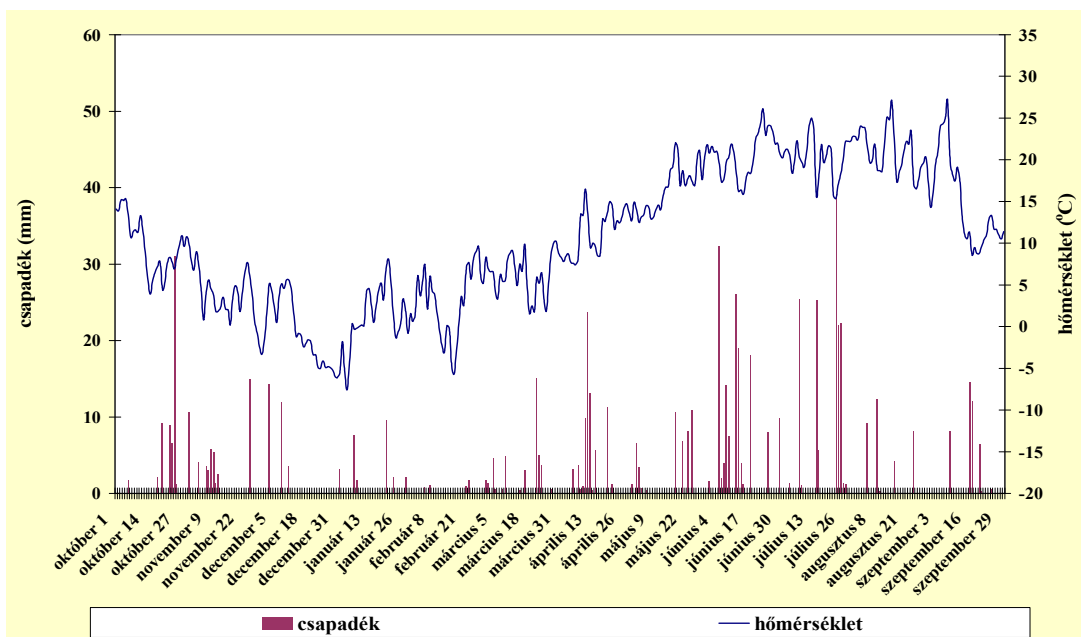


9. ábra. A hőmérséklet és a csapadék alakulása a téli és a nyári félévben
(Debrecen-Látókép, 2006-2007)

4.5.5. A 2008. év időjárásának jellemzése

A 2007. év őszi időjárása a talaj vízkészletének gyarapodásához kedvező volt. 2007. októberében lehullott jelentős mennyiségű csapadék (71,4 mm, a sokévi átlag 30,8 mm), valamint a novemberi átlagos mennyiségű csapadék (40,9 mm, a sokévi átlag 45,2 mm) jelentős mértékben gyarapította a talaj vízkészletét. Októberben a havi középhőmérséklet 9,7 °C (a sokévi átlag 10,3 °C), novemberben pedig 3,5 °C (átlag 4,5 °C) volt, ezek következtében lényegesen csökkent az evaporáció mértéke. A decemberben (29,8 mm), januárban (26,4 mm) és februárban (4,6 mm) lehullott csapadék mennyisége elmaradt a sokévi átlagtól. A tél rendkívül enyhe volt. Fagyok – kisebb, rövidebb időszakokat leszámítva – alig fordultak elő. A tavaszi hónapokat kedvező vízellátású időjárás jellemezte. Márciusban 41,7 mm csapadék hullott (az átlag 33,5 mm), a hőmérséklet pedig 6,2 °C volt (az átlag 5,0 °C). Az áprilist igen csapadékos (74,9 mm csapadék hullott, az átlag 42,4 mm) és az átlagot valamivel meghaladó hőmérsékletű (11,4 °C) időjárás jellemezte. A kukorica kezdeti fejlődésének nem kedvezett az, hogy májusban az átlagnál (58,8 mm) kevesebb csapadék hullott (47,6 mm), viszont a hőmérsékleti értékek meghaladták az átlagot (16,8 °C, az átlag 15,8 °C). Júniusban tekintélyes mennyiségű csapadék hullott (140,1 mm), ami közel kétszerese volt a sokévi átlagnak (79,5 mm). Ez a csapadékos időjárás meleggel párosult: a június

havi középhőmérséklet (20,6 °C) közel +2,0 °C-kal haladta meg a sokévi átlagot. A júliusi időjárást a kimagaslóan nagy mennyiségű csapadék (144,9 mm, az átlag 65,7 mm) és átlagos hőmérsékleti értékek (a havi átlag 20,4 °C, a sokévi átlag 20,3 °C) jellemezték. Az időjárás jelentős fordulatot vett augusztusban. Augusztusban 34,2 mm csapadék hullott (az átlag 60,7 mm), a havi átlaghőmérséklet (20,6 °C) pedig meghaladta a sokévi átlagot (19,6 °C). Ez a száraz, meleg időjárás kisebb mértékben kedvezőtlen irányba befolyásolta a kukorica transzlokációs, szentelítődési folyamatait. A szeptemberben lehullott csapadék mennyisége valamivel meghaladta a sokévi átlagot, a hőmérséklet (14,8 °C) azonban elmaradt attól (10. ábra).

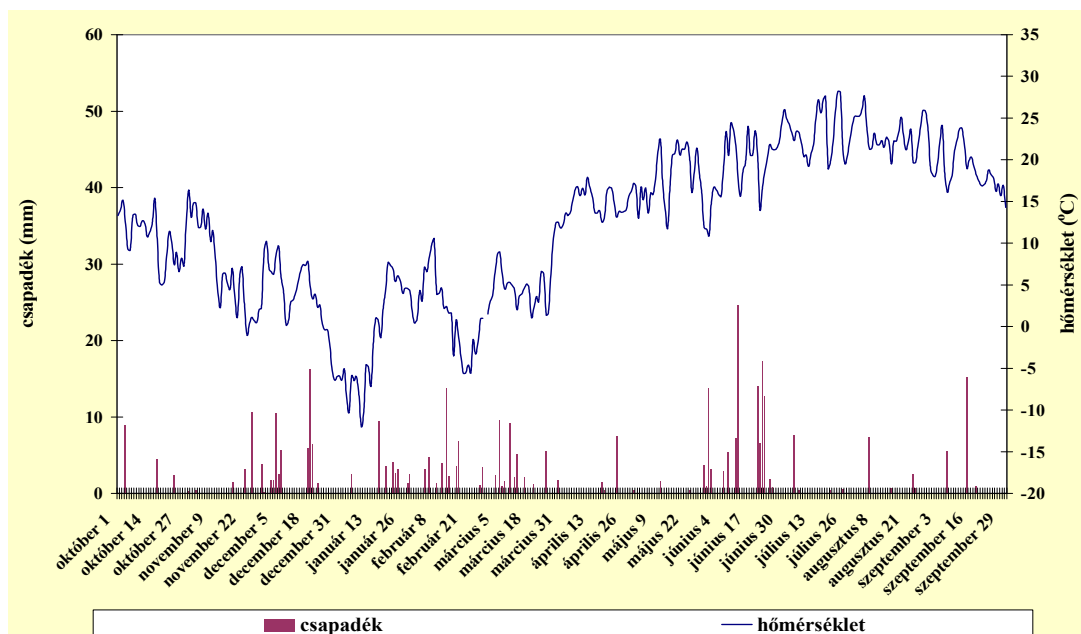


10. ábra. A hőmérséklet és a csapadék alakulása a téli és a nyári félévben
(Debrecen-Látókép, 2007-2008)

4.5.6. A 2009. év időjárásának jellemzése

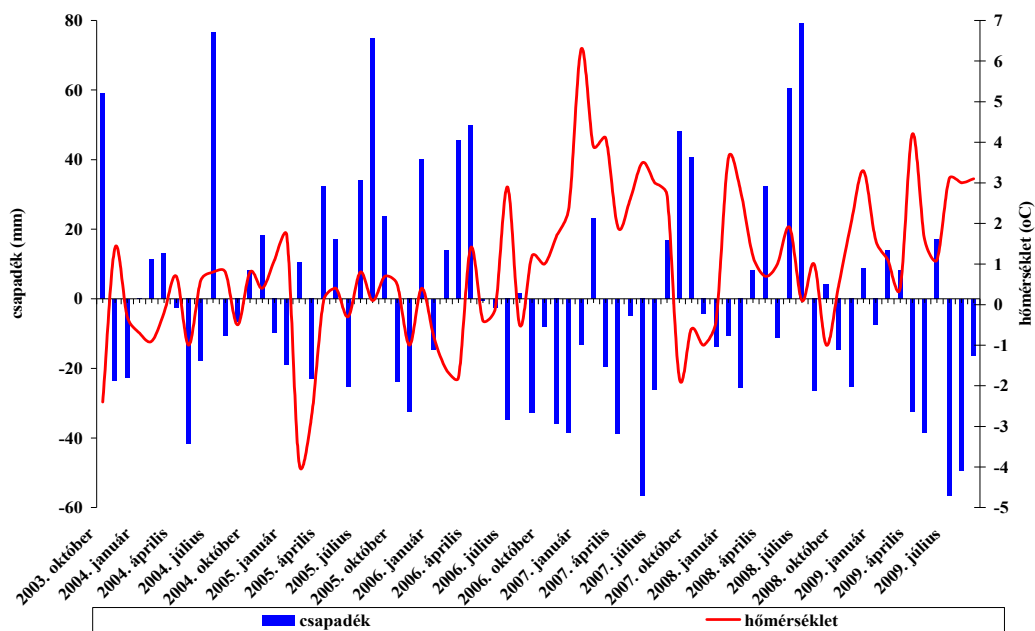
A 2008. évi őszi időjárást a csapadékszegénység jellemezte. A lehullott csapadék mennyisége októberben (16,1 mm), novemberben (19,8 mm) lényegesen elmaradt a sokévi átlagtól (30,8 mm, ill. 45,2 mm). A téli hónapokban átlag körüli volt a lehullott csapadék mennyisége. Decemberben 52,2 mm, januárban 29,5 mm, februárban 44,0 mm csapadék hullott. Ugyanakkor a téli időjárás mindhárom hónapban lényegesen enyhébb volt. A 2009. évben korai kitavaszkodást lehetett tapasztalni. Március első fele ugyan még meglehetősen hideg, zord volt. A hónap második felében, különösen a hónap végén viszont erőteljes felmelegedés kezdődött, amely erőteljesen és zavartalanul

tovább folytatódott áprilisban is. A márciusi csapadék (41,6 mm) a sokévi átlaghoz hasonlóan alakult, a havi átlaghőmérséklet (5,4 °C) is az átlagot csak alig haladta meg. Az április hónap kifejezetten csapadékszegény volt (9,9 mm csapadék hullott a sokévi 42,4 mm-rel szemben). Az áprilisi hőmérséklet (14,9 °C) lényegesen meghaladta a sokévi átlagot (10,7 °C). Ez a rendkívül meleg, száraz, aszályos időjárás május hónapban is tovább folytatódott. A sokévi csapadék (58,8 mm) töredéke (20,1 mm) hullott. Az is csak a hónap utolsó napjaiban. A májusi csapadékhiány rendkívüli meleggel párosult. A havi átlaghőmérséklet (17,4 °C) lényegesen meghaladta a sokévi átlagot (15,8 °C). A szokatlanul meleg időjárás júniusban is tovább folytatódott (a júniusi átlaghőmérséklet 19,8 °C volt, szemben a sokévi átlag 18,7 °C értékével). Ebben a hónapban viszont bőséges mennyiségű csapadék (96,6 mm) hullott (a sokévi átlag 79,5 mm). Júliusban a csapadék mennyisége mindössze 9,2 mm volt (a sokévi átlag 65,7 mm). A hőmérséklet pedig 3 °C-kal haladta meg a sokévi átlagot (23,4 °C, sokévi átlag 20,3 °C). Az augusztusi csapadékszegény (11,3 mm, a sokévi átlag 60,7 mm) és rendkívül meleg időjárás (22,6 °C, a sokévi átlag 19,6 °C) hatására a kukorica állományok asszimilációs felületének igen gyors leszáradása következett be. A növények augusztus végére, szeptember elejére nem rendelkeztek asszimiláló felülettel. Szeptember közepére a szemnedvesség erőteljesen lecsökkent. A betakarítást korán elkezdhattük (11. ábra).



11. ábra. A hőmérséklet és a csapadék alakulása a téli és a nyári félévben (Debrecen-Látókép, 2008-2009)

A vizsgálatok időtartama alatti időjárási változások alapján a vizsgálati időszak döntően két részre osztható (12. ábra). 2003 októbere és 2006 májusa közötti időszakot viszonylag csapadékos és nem kimagaslóan magas hőmérsékletű periódusok jellemezték. Gyakori volt az átlag feletti csapadék. Az extrém meleg periódusok viszonylag ritkák voltak. Ugyanakkor 2006 májusától extrém száraz időszak vette kezdetét, mely a talaj-nedvesség készletét jelentős mértékben csökkentette. Ebben az időszakban az időjárási szélsőségek gyakorisága jelentős mértékben megnövekedett. A 2006 májusától 2007 októberéig a kísérleti területen extrém csapadékszegény viszonyok mutatkoztak. Ez a szélsőségesség 2009-ben is tovább folytatódott. Elmondható ezért, hogy a kísérleti időszak második felében szélsőséges, extrém hőmérsékleti és csapadékviszonyok uralkodtak.



12. ábra. A hőmérséklet és a csapadék 30 éves átlaghoz viszonyított eltérése 2003-2009 között
(Debrecen-Látókép)

5. EREDMÉNYEK ÉS AZOK ÉRTÉKELÉSE

5.1. A 2004. évi eredmények értékelése

A 2004. tenyészév időjárása optimálishoz közeli feltételeket biztosított a kukorica állományok fejlődéséhez. A kedvező őszi – téli - kora tavaszi időjárást követően, a májusi szárazság és hidegebb időjárás csak részben hátráltatta az állományok fejlődését. A vegetatív és generatív fejlődés szempontjából meghatározó időszak (június-július-augusztus) szinte optimális feltételeket nyújtott a kukorica termésképződése számára. A szeptemberi időjárás a szemtelítődési folyamatokat segítette elő. A kedvező időjárási hatások eredményeként nagy terméseket értünk el.

A monokultúrás termesztésben öntözetlen körülmények között minden trágyaszinten megbízható, a szignifikancia szintet jelentős mértékben meghaladó terméskülönbségeket kaptunk. Legnagyobb mértékű termésnövekedést (6258 kg ha^{-1} , 90 %) az $N_{240}P_{180}K_{180}$ kezelésnél kaptuk. A különböző trágyaszintek közötti különbségek ebben az évben az $N_{120}P_{90}K_{90}$ trágyaszintig bizonyultak szignifikánsnak, az e fölötti trágyaszinteken ugyan további termésnövekedés tapasztalható, de ennek mértéke nem érte el a megbízható szintet.

Öntözött körülmények között a trágyareakció valamivel magasabb termésszinten hasonló értékekkel jellemezhető. A trágyakezelések hatására a 7157 kg ha^{-1} kontroll termése több mint kétszeresére, 14347 kg ha^{-1} értékre növekedett. A különböző trágyakezelések termésnövelő hatása 45,8-100,5 % között mozgott.

Öntözés hatására a trágyakezelések többségénél pozitív, azonban eltérő mértékű termésnövekedést tapasztaltunk. Ez alól kivételt képez az $N_{60}P_{45}K_{45}$ kezelés, melynél monokultúrás vetésforgó variáns esetén 659 kg ha^{-1} terméscsökkenést tapasztaltunk. Ez az érték azonban nem érte el a szignifikáns szintet. Az öntözés termésnövelő hatása ebben a vetésforgóban a két legmagasabb szintű trágyakezelésnél volt szignifikáns. Összességében az öntözés hatását vizsgálva megállapítható, hogy az öntözés termésnövelő hatása ebben a vetésváltásban viszonylag kismértékű volt (7,1 %), ami döntően a jó vízellátottságú év kedvező hatásának tulajdonítható.

Bikultúrás termesztés esetén jóval kisebb trágyahatások mutatkoztak, mint monokultúrás termesztés esetén. Hasonlóan az előzőekben elemzett trágyahatáshoz, az $N_{120}P_{90}K_{90}$ kezelésnél magasabb trágyaszinteken a trágyaszintek között már nem

találtunk a szignifikancia értékét meghaladó terméshövelkedést, ugyanakkor a kontroll kezeléshez képest minden trágyaszint szignifikáns mértékű terméshövelkedést eredményezett. Alapvető különbség azonban a kontroll termés mennyiségében mutatkozott, mely több, mint 2500 kg ha⁻¹-ral magasabb volt a monokultúrás termesztésnél mért kontroll terméshez viszonyítva. Öntözetlen körülmények között a trágyázással elért termés növelkedés relatív mértéke is jóval kisebb mértékűnek bizonyult. Értéke 13,9-38,3 % között mozgott.

Öntözés alkalmazása esetében a bikultúra vetéshövelgőben a trágyázás termésöbblete mind abszolút, mind relatív értékben jelentős mértékben lecsökkent (6,4-13,1 %). Ugyanakkor minden trágyakezelés szignifikáns terméshövelkedést eredményezett. Az öntözés hatása ebben a vetéshövelgési modellben sajátosan alakult. Mind a kontroll, mind az N₆₀P₄₅K₄₅ esetében jelentős (2049 illetve 1453 kg ha⁻¹) mértékű, szignifikáns terméshövelkményt kaptunk. Azonban az N₁₂₀P₉₀K₉₀ trágyakezelés esetén már nem volt szignifikáns mértékű a terméshövelkmény. Az ennél magasabb trágyaszinteken nem szignifikáns termésövelkenés következett be. A monokultúrához viszonyított öntözéshatás a kontroll, illetve alacsony tápanyagszinten azért okozhatott ilyen nagy különbséget a két vetéshövelgési modell között, mert monokultúrában a talaj tápanyagkészletének egyoldalú kihasználása miatt az öntözövíz által generált vegetatív és generatív növelkedés tápanyagszükségletét a növény nem tudta fedezni. Ugyanakkor bikultúra esetén az elővetemény búza eltérő (mind minőségi, mind mennyiségi értelemben) tápanyag-felhasználása miatt az öntözövíz által okozott növelkedés tápanyag háttere biztosított volt.

Trikultúrás vetéshövelgés esetén öntözetlen körülmények között a termés 10 404-13 179 kg ha⁻¹ értékek között változott. A kontroll termése a három vetéshövelgési modell közül ebben volt a legnagyobb. Ugyanakkor a maximális termés (13 179 kg ha⁻¹) mennyisége elmaradt a monokultúrában mért (13 397 kg ha⁻¹) értékétől. Ebben a vetéshövelgési és öntözési kombinációban sajátosan alakult a tápanyag-reakció. A trágyakezelések mindegyike szignifikáns terméshövelkedést eredményezett, ugyanakkor a tápanyagszintek között csak a kontroll és N₆₀P₄₅K₄₅ kezelés között tapasztalható szignifikáns különbség. Öntözetlen körülmények között abszolút értékben legtöbb termést az N₁₂₀P₉₀K₉₀ tápanyagszintnél mértünk. A relatív terméshövelkedés 21,4-26,7 % között mozgott, ami jól jelzi, hogy a különböző trágyaszintek között kismértékű volt az eltérés (6. táblázat).

6. táblázat. Az öntözés és a tápanyagellátás hatása a különböző vetésváltási rendszerekben a kukorica szemtermésére
(Debrecen-Látókép, 2004)

Termesztési mód Tápanyagkezelés (B)			Szemtermés						Öntözéshatás		
			Öntözetlen (A)			Öntözött (A)			Különbség	Relatív adat	
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	kg ha ⁻¹	Eltérés	%	kg ha ⁻¹	Eltérés	%	kg ha ⁻¹	%	
Monokultúra											
0	0	0	7 139	0	100,0	7 157	0	100,0	18	100,3	
60	45	45	11 091	3 952	155,4	10 432	3 275	145,8	-659	94,1	
120	90	90	12 728	5 589	178,3	13 529	6 372	189,0	801	106,3	
180	135	135	12 873	5 734	180,3	14 183	7 026	198,2	1 310	110,2	
240	180	180	13 397	6 258	187,7	14 347	7 190	200,5	950	107,1	
ÁTLAG			11 446	-	-	11 930	-	-	484	103,6	
SzD ₅ %(A)									934		
SzD ₅ %(B)									708		
SzD ₅ %(AxB)									1002		
Bikultúra											
0	0	0	9 675	0	100,0	11 724	0	100,0	2 049	121,2	
60	45	45	11 021	1 346	113,9	12 474	750	106,4	1 453	113,2	
120	90	90	12 755	3 080	131,8	13 263	1 539	113,1	508	104,0	
180	135	135	13 355	3 680	138,0	13 155	1 431	112,2	-200	98,5	
240	180	180	13 381	3 706	138,3	13 250	1 526	113,0	-131	99,0	
ÁTLAG			12 037	-	-	12 773	-	-	736	107,2	
SzD ₅ %(A)									958		
SzD ₅ %(B)									726		
SzD ₅ %(AxB)									1027		
Trikultúra											
0	0	0	10 404	0	100,0	10 704	0	100,0	300	102,9	
60	45	45	12 631	2 227	121,4	12 272	1 568	114,6	-359	97,2	
120	90	90	13 179	2 775	126,7	13 618	2 914	127,2	439	103,3	
180	135	135	12 854	2 450	123,5	14 261	3 557	133,2	1 407	110,9	
240	180	180	12 793	2 389	123,0	14 394	3 690	134,5	1 601	112,5	
ÁTLAG			12 372	-	-	13 050	-	-	678	105,4	
SzD ₅ %(A)									1675		
SzD ₅ %(B)									609		
SzD ₅ %(AxB)									855		

Öntözés hatására a tápanyagkezelések közötti különbség némileg módosult. A kontrollhoz viszonyítva minden tápanyagszint szignifikáns terméshozadékot eredményezett, ugyanakkor a növekvő trágyaadagok hatására az $N_{180}P_{135}K_{135}$ értékig a kezelések egymáshoz képest is szignifikáns terméshozadékot eredményeztek. Ilyen körülmények között legmagasabb termést az $N_{240}P_{180}K_{180}$ tápanyagszinten kaptunk, mely azonban az előző tápanyaglécshöz viszonyítva nem mutatott szignifikáns különbséget. A relatív termésváltozás az öntözött változatban 14,6-34,5 % között mozgott. Ezek az értékek magasabbak, mint bikultúra esetén, viszont jóval kisebbek, mint a monokultúrában tapasztalt értékek. Öntözés hatására az öntözetlen kezelésekhez képest egyetlen tápanyagszinten sem tapasztaltunk szignifikáns mértékű terméshozadékot, ami elsősorban a jó vízellátottságú évnél tulajdonítható. Összességében megállapítható, hogy a 2004. év kedvező időjárási viszonyai alacsony szintű öntözéshatást eredményeztek.

5.2. A 2005. évi eredmények értékelése

2005. tenyésztési időjárása kedvező volt a kukorica vegetatív és generatív fejlődésére. Különösen kedvező, gyakorlatilag optimális volt a vízellátása a tenyészidő teljes időszakában. A hőmérsékleti viszonyok is az átlag körül alakultak. Jellemző volt az évjáratra a levélszáradás késői megjelenése és lassú üteme, amely növelte a növényállomány asszimilációs időszakát. A kedvezőtlen időjárási hatások a vegetációs periódus egy-egy szűk szakaszára korlátozódtak (április második felének csapadékos időjárása, május eleji és június eleji hűvösebb időjárás). A kedvező időjárási hatások lehetővé tették a nagy termések kialakulását (7. táblázat). A kedvező csapadékviszonyoknak köszönhetően ebben az évben öntözni nem kellett.

7. táblázat. Az öntözés és a tápanyagellátás hatása a különböző vetésváltási rendszerekben a kukorica szemtermésére
(Debrecen-Látókép, 2005)

Termesztési mód			Szemtermés						Öntözéshatás	
Tápanyagkezelés			Öntözetlen blokk			Öntözött blokk			Különbőség	Relatív adat
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	kg ha ⁻¹	Eltérés	%	kg ha ⁻¹	Eltérés	%	kg ha ⁻¹	%
<i>Monokultúra</i>										
0	0	0	8403	0	100,0	7612	0	100,0	-791	90,6
60	45	45	10364	1961	123,3	10495	2 883	137,9	131	101,3
120	90	90	12285	3882	146,2	11667	4 055	153,3	-618	95,0
180	135	135	13436	5033	159,9	12671	5 059	166,5	-765	94,3
240	180	180	13685	5282	162,9	13207	5 595	173,5	-478	96,5
ÁTLAG			11635	-	-	11130	-	-	-504	95,5
*SzD ₅ %			401							
<i>Bikultúra</i>										
0	0	0	11006	0	100,0	11145	0	100,0	139	101,3
60	45	45	12348	1342	112,2	12288	1143	110,3	-60	99,5
120	90	90	12976	1970	117,9	12756	1611	114,5	-220	98,3
180	135	135	12466	1460	113,3	12637	1492	113,4	171	101,4
240	180	180	12510	1504	113,7	12116	971	108,7	-394	96,9
ÁTLAG			12261	-	-	12188	-	-	-73	99,5
*SzD ₅ %			411							
<i>Trikultúra</i>										
0	0	0	11331	0	100,0	10500	0	100,0	-831	92,7
60	45	45	13234	1903	116,8	13153	2653	125,3	-81	99,4
120	90	90	12902	1571	113,9	12915	2415	123,0	13	100,1
180	135	135	12824	1493	113,2	12805	2305	122,0	-19	99,9
240	180	180	12692	1361	112,0	12664	2164	120,6	-28	99,8
ÁTLAG			12597	-	-	12407	-	-	-189	98,4
*SzD ₅ %			453							

* az időjárási körülményekre való tekintettel öntözést nem alkalmaztunk, így a variancia analízist csak egy tényezőre, a tápanyagkezelésre futattunk

A vizsgált évben monokultúrás termesztés esetén magas termésszinteket értünk el, melyet elsősorban a kiváló vízellátottság eredményezett. A monokultúra kontrolljának termése az öntözetlen blokkban $8\,403\text{ kg ha}^{-1}$ volt. A trágyakezelések hatása a 2004. évhez hasonlóan alakult. A trágyakezelések mindegyike szignifikáns mértékű terménövekedést eredményezett. Legtöbb termést ($13\,685\text{ kg ha}^{-1}$) a legmagasabb ($\text{N}_{240}\text{P}_{180}\text{K}_{180}$) trágyaszinten mértük. A trágyakezelések egymáshoz viszonyított hatása tekintetében megállapíthattunk, hogy az $\text{N}_{180}\text{P}_{135}\text{K}_{135}$ kezelésig minden trágyaszint között szignifikáns terménövekedés mutatkozott. A relatív termésváltozás mértéke $23,3\text{-}62,9\%$ között alakult.

Bikultúra vetésváltási modellben az előző évhez képest magasabb kontroll termést ($11\,006\text{ kg ha}^{-1}$) értünk el, mely a monokultúrás termesztéshez képest is jelentős $2\,603\text{ kg ha}^{-1}$ terménövekedést jelent, ami a vetésváltás pozitív hatását támasztja alá. A monokultúrához képest viszonylag kis mértékű trágyahatást tapasztaltunk ($12,2\text{-}17,9\%$), így a trágyaszintek közötti szignifikáns különbség csak az $\text{N}_{120}\text{P}_{180}\text{K}_{180}$ kezelésig mutatható ki Abszolút értékben is ennél a trágyázási szintnél kaptuk a legmagasabb termést ($12\,976\text{ kg ha}^{-1}$). Az ennél nagyobb trágyaadagok esetében – bár nem szignifikáns mértékű – termésnövekedést állapíthatunk meg.

Trikultúrában a kontroll termése lényegében nem különbözött a bikultúrában mért értéktől. A legnagyobb termés az $\text{N}_{60}\text{P}_{45}\text{K}_{45}$ trágyaszinten értük el. A relatív termésváltozás értéke szűk intervallumban ($12,0\text{-}16,8\%$) mozgott. A kontrollhoz képest minden trágyaszint szignifikáns terménövekedést eredményezett, azonban az $\text{N}_{60}\text{P}_{45}\text{K}_{45}$ szinthez képest minden kezelésnél termésnövekedést tapasztaltunk, melynek mértéke a kontroll és $\text{N}_{240}\text{P}_{180}\text{K}_{180}$ kezelés esetén bizonyult szignifikánsnak.

5.3. A 2006. évi eredmények értékelése

A 2006. évi időjárásról megállapítható, hogy a rövidebb kedvezőtlen időszakoktól (késői kitavasodás, május és június elejei lehülés, júliusi kánikula) eltekintve alapvetően kedvező volt. Amely nagy termések kialakulását tette lehetővé (8. táblázat).

A monokultúrában az eddig vizsgált évekhez képest kevesebb termést kaptunk. A kontrollban mért mennyiségekhez ($6\,575\text{ kg ha}^{-1}$) képest öntözetlenül az eddigi évektől eltérően viszonylag kisebb relatív terménövekedést tapasztaltunk ($30,9\text{-}43,0\%$). Abszolút értékben az $\text{N}_{180}\text{P}_{135}\text{K}_{135}$ esetében mértük a termésmaximumot ($9\,403\text{ kg ha}^{-1}$).

ha⁻¹), ugyanakkor az N₁₂₀P₉₀K₉₀ kezelésnél mért terméseredményhez képest ez az érték már nem bizonyult szignifikánsnak. Az N₂₄₀P₁₈₀K₁₈₀ kezelésben az N₁₂₀P₉₀K₉₀, illetve az N₁₈₀P₁₃₅K₁₃₅ kezeléshez is szignifikáns mértékű termésnövekedést tapasztaltunk.

Öntözött körülmények között hasonló a trágyakezelések hatása jóval nagyobb mértékűnek bizonyult, amit alátámaszt a relatív termésváltozás intervalluma (43,6-72,9 %) is. A kontroll termése közel azonos volt az öntözetlen viszonyok között mért értékkel. Jelentős különbségek a magasabb trágyaszinteken mutatkoztak. Minden kezelés szignifikánsan növelte a kontrollhoz viszonyított termést. A termésmaximum – hasonlóan az öntözetlen variánshoz - az N₁₈₀P₁₃₅K₁₃₅ tápanyagszinten adódott. Ez az érték (10 780 kg ha⁻¹) minden kezeléshez képest szignifikánsan több volt.

Az öntözés hatására a kontroll és N₆₀P₄₅K₄₅ termésszintek kivételével szignifikáns termésváltozást állapíthatunk meg, melynek relatív értékei viszonylag szűk intervallumban (-5,2-19,5 %) mozogtak. A kontroll kezelésnél tapasztalt termésnövekedés mértéke nem bizonyult szignifikánsnak. Legnagyobb mértékű öntözéshatást az N₂₄₀P₁₈₀K₁₈₀ kezelésnél tapasztaltunk, melynek mértéke elérte az 1 676 kg ha⁻¹-t.

Bikultúra vetésciklusban öntözött körülmények között a kontroll termése (8 284 kg ha⁻¹) jelentős mértékben meghaladta a monokultúránál tapasztalt szintet (6 575 kg ha⁻¹). Monokultúrához képest a bikultúrában mért termések közel 2 tonnás különbséggel nagyobbak voltak. A vizsgált műtrágyakezelések mindegyike szignifikáns termésváltozást eredményezett, amelyek közül az N₁₂₀P₉₀K₉₀ szinten mértük a termésmaximumot (11 813 kg ha⁻¹). Az N₂₄₀P₁₈₀K₁₈₀ szinten a többi műtrágyázott parcellához viszonyítva szignifikáns termésnövekedést mértünk.

Öntözött körülmények között hasonló tendenciákat állapíthatunk meg. A monokultúrához viszonyított kontroll termése (9 428 kg ha⁻¹) magas volt, és ehhez képest minden trágyaszint szignifikáns termésváltozást eredményezett. A vizsgált tápanyagkezelések közül legnagyobb termést az N₁₂₀P₉₀K₉₀ trágyaszinten kaptunk. Az ettől magasabb trágyaszintek szignifikáns termésnövekedést okoztak. A trágyázás termésváltozó hatása az öntözött kezelésekhez képest kevésbé széles intervallumban mozgott (19,6-36,6 %).

Minden kezelésben pozitív öntözéshatást tapasztaltunk, amelynek mértéke szignifikáns volt a kontrollban, a N₁₂₀P₉₀K₉₀ és az N₂₄₀P₁₈₀K₁₈₀ kezelések esetében. Legnagyobb mértékű (1 353 kg ha⁻¹) a legmagasabb szintű, N₂₄₀P₁₈₀K₁₈₀ kezelésnél mutatkozott. Az öntözés hatása ebben a vetésciklusos modellben viszonylag kicsinek

bizonyult, 1,9-13,8 % intervallumban mozgott a különböző trágyakezelések függvényében.

Trikultúras vetésváltási modellben az előző két vetésváltáshoz viszonyítva jóval kisebb mértékű terméshövelkedést tapasztaltunk (16,3-24,8 %), mely elsősorban az öntözetlen kezelések magas (9 770 kg ha⁻¹) kontroll termésének tudható be. A különböző trágyakezelések hatására minden trágyaszinten szignifikáns terméshövelkedést mértünk. Abszolút mértékben legmagasabb termést az N₁₂₀P₉₀K₉₀ kezelésben kaptunk. Az ennél nagyobb trágyaszintek esetén termésnövelkedés mutatkozott, amelynek mértéke viszont nem haladta meg a szignifikáns értéket.

Hasonló tendenciákat állapíthatunk meg öntözött körülmények között azzal a különbséggel, hogy a kontroll termése kisebb volt, mint öntözetlen körülmények között. Ebből adódóan – bár a különböző trágyaszinteken mért termések abszolút értéke közel azonos volt – a terméshövelkedése (31,2-36,1 %) nagyobb volt, mint öntözetlen körülmények között. Az öntözés hatására csökkent a műtrágyázott parcellák terméshövelkedése. Legtöbb termést az N₁₂₀P₉₀K₉₀ szinten mértünk magasabb trágyaszintek – bár nem szignifikáns – termésnövelkedést okoztak.

Az öntözés hatása a 2006. évben a trikultúras vetéshövelgőben sajátosan mutatkozott meg. A kontrollban az N₁₂₀P₉₀K₉₀ és az N₁₈₀P₁₃₅K₁₃₅ trágyaszinteken az öntözés termésnövelkedést okozott, amelynek mennyisége viszont csak a kontrollban bizonyult megbízhatónak. A kis mértékű öntözéshatás részben a 2006 év kedvező időjárásának és a trikultúras termesztési mód talajának jó vízgazdálkodásának tulajdonítható. Összességében megállapítható, hogy a 2006. évben a kedvező időjárás körülményeknek köszönhetően a bi- és trikultúra vetéshövelgőben nagy mennyiségű terméseket, ugyanakkor kis értékű kezeléshatásokat kaptunk. Monokultúras termesztés esetén viszont a trágya- és az öntözéshatás jelentős volt.

8. táblázat. Az öntözés és a tápanyagellátás hatása a különböző vetésváltási rendszerekben a kukorica szemtermésére
(Debrecen-Látókép, 2006)

Termesztési mód Tápanyagkezelés (B)			Szemtermés						Öntözéshatás		
			Öntözetlen (A)			Öntözött (A)			Különbség	Relatív adat	
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	kg ha ⁻¹	Eltérés	%	kg ha ⁻¹	Eltérés	%	kg ha ⁻¹	%	
Monokultúra											
0	0	0	6575	0	100,0	6235	0	100,0	-340	94,8	
60	45	45	8671	2096	131,9	8952	2717	143,6	281	103,2	
120	90	90	9113	2538	138,6	9715	3480	155,8	602	106,6	
180	135	135	9403	2828	143,0	10780	4545	172,9	1377	114,6	
240	180	180	8604	2029	130,9	10280	4045	164,9	1676	119,5	
ÁTLAG			8473	-	-	9192	-	-	719	107,8	
SzD ₅ %(A)									587		
SzD ₅ %(B)									359		
SzD ₅ %(AxB)									508		
Bikultúra											
0	0	0	8284	0	100,0	9428	0	100,0	1144	113,8	
60	45	45	10856	2572	131,0	11276	1848	119,6	420	103,9	
120	90	90	11813	3529	142,6	12882	3454	136,6	1069	109,0	
180	135	135	11639	3355	140,5	11862	2434	125,8	223	101,9	
240	180	180	10124	1840	122,2	11477	2049	121,7	1353	113,4	
ÁTLAG			10543	-	-	11385	-	-	842	108,4	
SzD ₅ %(A)									711		
SzD ₅ %(B)									429		
SzD ₅ %(AxB)									606		
Trikultúra											
0	0	0	9770	0	100,0	8934	0	100,0	-836	91,4	
60	45	45	11362	1592	116,3	11723	2789	131,2	361	103,2	
120	90	90	12197	2427	124,8	12163	3229	136,1	-34	99,7	
180	135	135	11893	2123	121,7	11775	2841	131,8	-118	99,0	
240	180	180	11781	2011	120,6	11964	3030	133,9	183	101,6	
ÁTLAG			11401	-	-	11312	-	-	-89	99,0	
SzD ₅ %(A)									513		
SzD ₅ %(B)									389		
SzD ₅ %(AxB)									551		

5.4. A 2007. évi eredmények értékelése

A 2006. év őszenek száraz, meleg időjárása a téli, tavaszi és nyári hónapokban is folytatódott. Különösen kedvezőtlen volt a kukorica termésképzése szempontjából a virágzáskori és szemtelítődéskori hőség és szárazság, amelynek következtében a termésmennyiségek jelentősen csökkentek (9. táblázat). Az aszályos időjárás kedvezőtlen hatását a talaj jó vízgazdálkodása csak részben tudta ellensúlyozni. A tenyészidő végén (augusztus második fele, szeptember) érkező hűvös, csapadékos időjárás a felgyorsult fejlődés következtében a vegetáció befejező fenofázisaiban található kukorica állományok szemtelítődését, termésmennyiségét érdemben kevésbé tudta befolyásolni. A 2007 extrém, aszályos időjárása a kukorica növényállományát jelentősen próbára tette.

Öntözetlen körülmények között monokultúrában a kísérleti évek során legkisebb terméseredmények születtek. Jól mutatja ezt a kontroll termése ($2\ 685\ \text{kg ha}^{-1}$), illetve a legmagasabb, $\text{N}_{240}\text{P}_{180}\text{K}_{180}$ tápanyagszinten mért, kontrollhoz képest is alacsonyabb ($2\ 487\ \text{kg ha}^{-1}$) termés. A különbség azonban a szignifikancia határon belül maradt. A kezelések közül a kontrollhoz képest csak az $\text{N}_{60}\text{P}_{45}\text{K}_{45}$, illetve az $\text{N}_{120}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ kezelések eredményeztek szignifikáns termésnövekedést. Az ennél magasabb trágyaszintek az $\text{N}_{120}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ szinthez képest szignifikáns mértékű terméscsökkenést okoztak. A relatív termésváltozás mértéke széles intervallumban mozgott ($-7,4\text{-}60,7\ \%$), ami nem elsősorban a nagy trágyahatásnak, hanem az alacsony kontroll termésének tulajdonítható.

Az előbbiekkal ellentétben öntözött körülmények esetén a trágyázás csak pozitív előjelű termésváltozást eredményezett. Ez jól bizonyítja a trágyázás és az öntözés interaktív hatását, mely a tápanyagok kedvező vízellátottsági körülmények közötti hasznosulását eredményezte. Azonban nem csak a trágyahatás változott pozitívan. A különböző trágyaszinteken mért értékek abszolút értékben is jelentős mértékben növekedett. Minden trágyakezelés a kontrollhoz képest szignifikáns termésnövekedést eredményezett. A maximális termést az $\text{N}_{180}\text{P}_{135}\text{K}_{135}$ szinten kaptunk. Az ennél magasabb trágyaszint ($\text{N}_{240}\text{P}_{180}\text{K}_{180}$) már szignifikáns terméscsökkenést okozott. A relatív termésváltozás mértéke $36,4\text{-}64,8\ \%$ között változott, ami igen jelentős pozitív trágyahatást mutat.

9. táblázat. Az öntözés és a tápanyagellátás hatása a különböző vetésváltási rendszerekben a kukorica szemtermésére
(Debrecen-Látókép, 2007)

Termesztési mód Tápanyagkezelés (B)			Szemtermés						Öntözéshatás	
			Öntözetlen (A)			Öntözött (A)			Különbség	Relatív adat
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	kg ha ⁻¹	Eltérés	%	kg ha ⁻¹	Eltérés	%	kg ha ⁻¹	%
Monokultúra										
0	0	0	2685	0	100,0	5210	0	100,0	2525	194,0
60	45	45	3465	780	129,1	7105	1895	136,4	3640	205,1
120	90	90	4316	1631	160,7	8449	3239	162,2	4133	195,8
180	135	135	2691	6	100,2	8586	3376	164,8	5895	319,1
240	180	180	2487	-198	92,6	8007	2797	153,7	5520	322,0
ÁTLAG			3129	-	-	7471	-	-	4343	247,2
SzD ₅ %(A)									310	
SzD ₅ %(B)									235	
SzD ₅ %(AxB)									332	
Bikultúra										
0	0	0	6258	0	100,0	8413	0	100,0	2155	134,4
60	45	45	7012	754	112,0	9735	1322	115,7	2723	138,8
120	90	90	7706	1448	123,1	10970	2557	130,4	3264	142,4
180	135	135	7096	838	113,4	9965	1552	118,4	2869	140,4
240	180	180	6829	571	109,1	9189	776	109,2	2360	134,6
ÁTLAG			6980	-	-	9654	-	-	2674	138,1
SzD ₅ %(A)									492	
SzD ₅ %(B)									374	
SzD ₅ %(AxB)									528	
Trikultúra										
0	0	0	6716	0	100,0	8152	0	100,0	1436	121,4
60	45	45	7998	1282	119,1	10358	2206	127,1	2360	129,5
120	90	90	7062	346	105,2	10679	2527	131,0	3617	151,2
180	135	135	6802	86	101,3	9880	1728	121,2	3078	145,3
240	180	180	6630	-86	98,7	9918	1766	121,7	3288	149,6
ÁTLAG			7042	-	-	9797	-	-	2756	139,4
SzD ₅ %(A)									398	
SzD ₅ %(B)									302	
SzD ₅ %(AxB)									427	

Az öntözés termésmnövelő hatása az extrém száraz évjárat miatt kiugróan magas határértékek között változott. Kivétel nélkül pozitív irányba (94,0-222,0 %). A legnagyobb öntözéshatást (5 895 kg ha⁻¹) az N₁₈₀P₁₃₅K₁₃₅ trágyakezelésnél kaptunk, ami jól jelzi száraz évjáratban az öntözés meghatározó szerepét. Az öntözés által elért legkisebb termésmnövekmény 2 525 kg ha⁻¹ volt, melyet a kontroll trágyakezelésnél mértünk.

Bikultúra vetésváltási modellnél öntözetlen körülmények között – a monokultúrás modellel ellentétben – a különböző trágyaszintek egyike sem okozott terméscsökkenést. A kontroll termése 6 258 kg ha⁻¹ volt, ami jelentősen, 3 573 kg ha⁻¹-ral meghaladta a monokultúrában mért öntözetlen kontroll termését. Ez a jelentős termésmnövekedés jól mutatja az elővetemény megválasztásának fontosságát, mely a talaj vízkészletére gyakorolt hatása révén száraz körülmények között közvetlenül befolyásolja a termés mennyiségét. A kontroll terméséhez viszonyítva minden tápanyagszinten megbízható termésmnövekedést kaptunk. A trágyakezelések termésmnövelő hatása viszonylag szűk intervallumban mozgott (9,1-23,1 %). A termésmmaximumot az N₁₂₀P₉₀K₉₀ kezelésben mértük (7 706 kg ha⁻¹). Az ennél magasabb trágyaszintek öntözetlen körülmények között szignifikáns terméscsökkenést okoztak.

Öntözött körülmények között már jóval magasabb volt a kontroll termésszint (8 413 kg ha⁻¹), és ehhez képest minden trágyakezelés szignifikáns termésmnövekedést eredményezett. Legnagyobb termést az N₁₂₀P₉₀K₉₀ trágyakezelésnél kaptunk. Az ennél nagyobb trágyaadagok – hasonlóan az öntözetlen körülmények között mért értékekhez – szignifikáns terméscsökkenést okoztak. Öntözés hatására a viszonylag magas kontroll termés ellenére a relatív termésváltozás intervalluma is kiszélesedett (9,2-30,4 %), ami jól mutatja az öntözés x tápanyagellátás interakciók termésre gyakorolt pozitív hatását.

Öntözés hatására minden trágyaszinten jelentős mértékű, a szignifikancia szintet többszörösen meghaladó termésmnövekedést értünk el, amely jól bizonyítja száraz körülmények között az öntözés fontosságát. A legnagyobb öntözéshatást (3 264 kg ha⁻¹) az optimális, N₁₂₀P₉₀K₉₀ trágyakezelésnél kaptunk. Ebben a vetésváltási rendszerben az öntözés relatív hatása viszonylag egyöntetű volt. Az öntözéssel elért relatív termésmnövekmény értéke 34,4-42,4 % között mozgott.

A három vetésforgó közül az öntözetlen kontrollban trikultúra esetén kaptunk a legmagasabb termést (6 716 kg ha⁻¹). A tápanyagkezelések hatása azonban az eddig megfigyelt tendenciáktól eltérően alakultak, ugyanis termésmmaximum a legkisebb

N₆₀P₄₅K₄₅ kezelésnél mutatkozott. Ehhez képest minden trágyakezelés szignifikánsan kevesebb termést adott. A kontroll terméséhez képest is az N₆₀P₄₅K₄₅, illetve az N₁₂₀P₉₀K₉₀ kezeléseknél mértünk szignifikáns termésnövekedést. Az ennél nagyobb trágyaszintek nem okoztak szignifikáns változást. Ez a viszonylag gyenge trágyahatás jól látható a relatív termésváltozás szélső értékeiből is (-1,3-19,1 %).

Öntözött körülmények között a kontroll termése hasonlóan magas szintű volt. A trágyázás hatására elért termésnövekedés meghaladta a bikultúrában mért értékeket. Ugyanakkor a relatív termésváltozás szűkebb intervallumban mozgott (21,2-31,0 %). Legmagasabb termést az N₁₂₀P₉₀K₉₀ kezelés esetében értünk el, amely ugyan kis mértékben, de szignifikánsan magasabb minden egyes trágyakezelésnél. Jelentős különbség az öntözetlen kezeléshez képest, hogy a kontrollhoz viszonyítva minden tápanyagkezelésnél jelentős mértékű termésnövekedést.

Az öntözés hatása jelentősnek bizonyult, ugyanis minden trágyakezelés esetében – hasonlóan az előbbieken elemzett két vetésváltási modellhez – nagymértékű termésnövekedést tapasztaltunk. Az öntözés termésnövelő hatása a különböző trágyaszinteken 21,4-51,2 % között változott, ami meghaladta a bikultúrában mért értékeket. Az öntözés legnagyobb mértékű termésnövekedést, a termésmaximumot mutató N₁₂₀P₉₀K₉₀ kezelés esetén eredményezett.

5.5. A 2008. évi eredmények értékelése

A 2008. tenyészév időjárása kedvező volt a kukorica vegetatív és generatív fejlődése és termésképződése szempontjából. A kezdeti fejlődésének a hűvös időjárás nem kedvezett ugyan, de május közepétől az időjárási tényezők optimális szinten segítették a kukorica állományok fejlődését. Júniusban a termékenyülését, a júliusban kezdeti szemtelítődését segítették elő. Ennek eredményeként hatalmas vegetatív tömeg képződött. Az augusztusi száraz, meleg időjárás hatását a talaj kedvező vízkészlete mérsékelte. A szeptember első felének kánikulai időjárása az asszimilációs terület rendkívül gyors leszáradását, a szemtelítődési folyamatok kedvezőtlené válását okozta. A szeptember második felének hűvös, csapadékos időjárása már érdemben nem befolyásolta a szemtelítődést, és az állományok fiziológiai érése megtörtént. A kedvező vízellátás következtében – még az időszakosan jelentkező negatív időjárási folyamatok ellenére – 2008-ban nagy terméseredményeket értünk el (10. táblázat).

A 2008. évi bőséges csapadéknak köszönhetően öntözni nem kellett. Monokultúrában is kimagaslóan nagy kontroll termést mértünk ($9\,154\text{ kg ha}^{-1}$). Ez a magas termésszint a trágyázás hatására jelentősen tovább növekedett. A kontrollhoz viszonyított termésnövekmény elérte a $4\,633\text{ kg ha}^{-1}$ -t, amely termésmaximumot az $N_{180}P_{135}K_{135}$ trágyaszinten mértünk. Amely viszont $N_{120}P_{90}K_{90}$ trágyakezelés terméséhez ($13\,494\text{ kg ha}^{-1}$) viszonyítva csak a szignifikáns differenciánál kisebb termésnövekedést (293 kg ha^{-1}) eredményezett. A relatív termésváltozás mértéke trágyaszintenként nagymértékben különbözött. Ebből adódóan a relatív termésváltozás mértéke is tág intervallumban mozgott (20,8-50,6 %).

Bikultúras vetésforgóban a kontrollban vizsgált hat év tekintetében is a legmagasabb termést mértünk ($11\,613\text{ kg ha}^{-1}$). Ennek ellenére a kedvező vízellátottság eredményeként kimagasló kontroll terméséhez viszonyítva is minden trágyakezelés esetében 2 tonnát meghaladó termésnövekedést értünk el. Az évjárat sajátos jellegét jól bizonyítja, hogy a különböző tápanyagszintek között nem kaptunk szignifikáns mértékű terméskülönbséget. Ezt jól tükrözi a relatív termésváltozás, mely igen szűk intervallumban mozgott (17,9-21,7 %).

Tendenciájában a következő hasonló megállapítások tehetők trikultúra vetésforgó esetén is. A bikultúrához hasonlóan kiugróan nagy kontroll termést mértünk ($11\,291\text{ kg ha}^{-1}$). Ehhez viszonyítva a trágyázás minden tápanyagszinten 2 tonna feletti termésnövekményt biztosított. Termésmaximum ($13\,987\text{ kg ha}^{-1}$) $N_{120}P_{90}K_{90}$ trágyaszinten mutatkozott. A termésváltozás mértéke is a bikultúráéhoz hasonlóan szűk tartományban változott (18,0-23,9 %). Összességében a 2008. év eredményeiből megállapítható, hogy a kukorica dinamikai vízigényéhez leginkább megfelelő vízellátás esetén a monokultúra kivételével a különböző tápanyagkezelések közötti különbségek jóval kisebbek, mint az átlagos vagy száraz évjáratokban.

10. táblázat. Az öntözés és a tápanyagellátás hatása a különböző vetésváltási rendszerekben a kukorica szemtermésére
(Debrecen-Látókép, 2008)

Termesztési mód			Szemtermés						Öntözéshatás	
Tápanyagkezelés			Öntözetlen blokk			Öntözött blokk			Különbőség	Relatív adat
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	kg ha ⁻¹	Eltérés	%	kg ha ⁻¹	Eltérés	%	kg ha ⁻¹	%
Monokultúra										
0	0	0	9154	0	100,0	8830	0	100,0	-324	96,5
60	45	45	11057	1903	120,8	10827	1997	122,6	-230	97,9
120	90	90	13494	4340	147,4	12964	4134	146,8	-530	96,1
180	135	135	13787	4633	150,6	13729	4899	155,5	-58	99,6
240	180	180	13058	3904	142,6	13372	4542	151,4	314	102,4
ÁTLAG			12110	-	-	11944	-	-	-166	98,5
*SzD ₅ %			511							
Bikultúra										
0	0	0	11613	0	100,0	12314	0	100,0	701	106,0
60	45	45	13740	2127	118,3	13709	1395	111,3	-31	99,8
120	90	90	14137	2524	121,7	14152	1838	114,9	15	100,1
180	135	135	14003	2390	120,6	13859	1545	112,5	-144	99,0
240	180	180	13688	2075	117,9	13600	1286	110,4	-88	99,4
ÁTLAG			13436	-	-	13527	-	-	91	100,8
*SzD ₅ %			483							
Trikultúra										
0	0	0	11291	0	100,0	10874	0	100,0	-417	96,3
60	45	45	13323	2032	118,0	13576	2702	124,8	253	101,9
120	90	90	13987	2696	123,9	13857	2983	127,4	-130	99,1
180	135	135	13351	2060	118,2	14180	3306	130,4	829	106,2
240	180	180	13423	2132	118,9	13245	2371	121,8	-178	98,7
ÁTLAG			13075	-	-	13146	-	-	71	100,4
*SzD ₅ %			447							

* az időjárási körülményekre való tekintettel öntözést nem alkalmaztunk, így a variancia analízist csak egy tényezőre, a tápanyagkezelésre futattunk

5.6. A 2009. évi eredmények értékelése

2009. tenyészév időjárása a kukorica vegetatív és generatív fejlődésére, termésképződésére kedvezőtlen volt. Ezt a kedvezőtlen hatást a talaj víz- és tápanyaggazdálkodási tulajdonságai csak részben tudták ellensúlyozni. Kedvezőtlen hatású volt a kukorica vegetatív fejlődésére az áprilisi-májusi, valamint a júliusi-augusztusi kánikulai meleg és a hozzákapcsolódó teljes csapadékhiány. A még nagyobb terméseszkedés elmaradását a júniusi bőséges csapadéknak köszönhetjük. A kedvezőtlen időjárási hatások miatt 2009-ben a kísérletben mérsékeltbb terméseket kaptunk (11. táblázat).

Monokultúrában a kontroll termése $6\ 106\ \text{kg ha}^{-1}$ volt. Minden trágyaszinten szignifikáns mértékű termésmnövekedést regisztráltunk, melynek mértéke $2\ 545\text{-}3\ 304\ \text{kg ha}^{-1}$ között változott. Termés maximumot ($9\ 410\ \text{kg ha}^{-1}$) az $\text{N}_{180}\text{P}_{135}\text{K}_{135}$ szinten mértük. A relatív termésváltozás mértéke viszonylag magas volt, de szűk sávban mozgott (41,7-54,1 %). Öntözés hatására jelentős mértékben növekedett a műtrágyázás termésmnövelő hatása, melynek értéke $2\ 856\text{-}4\ 887\ \text{kg ha}^{-1}$ között mozgott. Legmagasabb termést ($11\ 520\ \text{kg ha}^{-1}$) a legmagasabb, $\text{N}_{240}\text{P}_{180}\text{K}_{180}$ trágyázási szinten értük el. A kontrollhoz viszonyított termésváltozás mértéke 43,1-73,7 % között változott, ami viszonylag tág tartománynak tekinthető.

Az öntözés hatása viszonylag mérsékeltnek tekinthető ebben a vetésváltási modellben. Az öntözés minden trágyakezelés esetén szignifikáns mértékű termésmnövekedést eredményezett. Ennek mértéke kontrollban és az alacsony trágyaszinten volt a legkisebb ($527\ \text{kg ha}^{-1}$). A legmagasabb öntözéshatást az $\text{N}_{240}\text{P}_{180}\text{K}_{180}$ tápanyagszintnél tapasztaltunk ($2\ 475\ \text{kg ha}^{-1}$). A termésváltozás relatív értékben 8,6-27,4 % közé tehető.

Bikultúra esetén öntözetlenül is viszonylag magas kontroll termést tapasztaltunk. A kontroll kezeléséhez képest minden tápanyagszinten szignifikáns termésmnövekedést kaptunk. A termésmaximumot $\text{N}_{120}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ termésszinten tapasztaltuk. A kezelések között viszonylag kis különbségek mutatkoztak ($923\text{-}2\ 210\ \text{kg ha}^{-1}$). Ez a kismértékű termésváltozás megmutatkozik a kontrollhoz viszonyított relatív termésváltozás értékeiben, mely alacsony szinten és szűk sávban változott (9,2-21,9 %).

Hasonlóan alakultak a terméseredmények öntözött körülmények között is, azzal az eltéréssel, hogy a trágyázás hatására kapott termésmnövekedés értékei jóval nagyobbak voltak ($2\ 301\text{-}3\ 524\ \text{kg ha}^{-1}$). A kontroll termés magas szintje miatt ezek a viszonylag

nagy értékek viszont kisebb relatív termésváltozásban jelentkeztek (22,1-33,8 %). A legnagyobb termést az $N_{120}P_{90}K_{90}$ tápanyagszintnél érték el.

Az öntözés hatására kapott termésváltozás mértéke $N_{60}P_{45}K_{45}$, $N_{120}P_{90}K_{90}$, illetve $N_{240}P_{180}K_{180}$ kezelések esetében volt szignifikáns. Az öntözés termésmenvelő hatása is alacsony volt (kontroll esetében 333 kg ha^{-1}), míg a legnagyobb öntözéshatás esetében is $1\,711 \text{ kg ha}^{-1}$ (3,3-15,5 %).

Trikultúrában viszonylag magas kontroll termést érték el ($8\,689 \text{ kg ha}^{-1}$). A termést minden trágyaadag szignifikánsan növelte. Az $N_{60}P_{45}K_{45}$ szinttől kezdődően a trágya hatása viszont csökkenő hatékonyságú volt. A magas kontroll termésnek köszönhetően a relatív termésváltozás eredményei is alacsonyak voltak (10,8-22,5 %).

Ezek az eredmények az öntözés hatására jelentősen módosultak, ugyanis a magas szintű ($9\,385 \text{ kg ha}^{-1}$) kontroll termés ellenére a trágyakezelések hatására nagy mértékű ($1\,824\text{-}3\,480 \text{ kg ha}^{-1}$) termésmenvekedés következett be. Ezek közül legtöbb termést ($12\,865 \text{ kg ha}^{-1}$) az $N_{120}P_{90}K_{90}$ tápanyagszinten kaptunk.

Az öntözés hatása a kontroll kivételével minden trágyakezelésben szignifikáns volt. Mértéke a három vetésváltási modell közül a trikultúrában volt a legnagyobb ($696\text{-}2\,952 \text{ kg ha}^{-1}$). Legnagyobb termésmenvelő hatást (29,8 %) az $N_{120}P_{90}K_{90}$ trágyakezelésnél kaptunk. Összességében megállapítható, hogy a sajátos időjárási körülményekkel jellemezhető 2009-ben az öntözés a termésmennyiségekre viszonylag kismértékű hatást gyakorolt.

11. táblázat. Az öntözés és a tápanyagellátás hatása a különböző vetésváltási rendszerekben a kukorica szemtermésére
(Debrecen-Látókép, 2009)

Termesztési mód Tápanyagkezelés (B)			Szemtermés						Öntözéshatás		
			Öntözetlen (A)			Öntözött (A)			Különbség	Relatív adat	
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	kg ha ⁻¹	Eltérés	%	kg ha ⁻¹	Eltérés	%	kg ha ⁻¹	%	
Monokultúra											
0	0	0	6106	0	100,0	6633	0	100,0	527	108,6	
60	45	45	8651	2545	141,7	9489	2856	143,1	838	109,7	
120	90	90	9008	2902	147,5	10789	4156	162,7	1781	119,8	
180	135	135	9410	3304	154,1	11247	4614	169,6	1837	119,5	
240	180	180	9045	2939	148,1	11520	4887	173,7	2475	127,4	
ÁTLAG			8444	-	-	9936	-	-	1492	117,0	
SzD ₅ %(A)									515		
SzD ₅ %(B)									372		
SzD ₅ %(AxB)									526		
Bikultúra											
0	0	0	10085	0	100,0	10418	0	100,0	333	103,3	
60	45	45	11446	1361	113,5	12907	2489	123,9	1461	112,8	
120	90	90	12295	2210	121,9	13942	3524	133,8	1647	113,4	
180	135	135	11831	1746	117,3	12892	2474	123,7	1061	109,0	
240	180	180	11008	923	109,2	12719	2301	122,1	1711	115,5	
ÁTLAG			11333	-	-	12576	-	-	1243	110,8	
SzD ₅ %(A)									1 240		
SzD ₅ %(B)									612		
SzD ₅ %(AxB)									866		
Trikultúra											
0	0	0	8689	0	100,0	9385	0	100,0	696	108,0	
60	45	45	10641	1952	122,5	11944	2559	127,3	1303	112,2	
120	90	90	9913	1224	114,1	12865	3480	137,1	2952	129,8	
180	135	135	9727	1038	111,9	11770	2385	125,4	2043	121,0	
240	180	180	9630	941	110,8	11209	1824	119,4	1579	116,4	
ÁTLAG			9720	-	-	11435	-	-	1715	117,5	
SzD ₅ %(A)									801		
SzD ₅ %(B)									607		
SzD ₅ %(AxB)									859		

5.7. A vizsgált évek adatainak összevont statisztikai értékelése

5.7.1. A vetésváltás, tápanyagellátás és öntözés interaktív hatásainak értékelése

A 6 év átlagában mért termésadatok minden vetésváltási modellben igazolták a trágyázás kontrollhoz viszonyított szignifikáns hatását. Öntözetlen körülmények között monokultúrás termesztésben a kontroll termése $6\,677\text{ kg ha}^{-1}$ volt a vizsgált évek átlagában. A trágyázás által elért termésnövekedés mértéke $2\,206\text{--}3\,590\text{ kg ha}^{-1}$ értékek között változott. Legtöbb termést ($10\,267\text{ kg ha}^{-1}$) az $N_{180}P_{135}K_{135}$ trágyaszinten mértünk. Ehhez képest sem az $N_{120}P_{90}K_{90}$, sem a $N_{240}P_{180}K_{180}$ kezeléseknél tapasztalt terméskülönbségek nem bizonyultak szignifikánsan kisebbnek. A relatív termésváltozás mértéke a hat év átlagában a trágyakezelések hatására viszonylag széles tartományban mozgott (33,0-53,8 %).

Őszi búza-kukorica vetésforgó alkalmazásakor a kontroll termése a monokultúrához képest jelentős mértékben növekedett ($9\,487\text{ kg ha}^{-1}$). Minden vizsgált trágyakezelésnél szignifikáns termésnövekedést tapasztaltunk. A termésmaximumot - a monokultúrához képest alacsonyabb szinten - $N_{120}P_{90}K_{90}$ kezelésnél mértük ($11\,947\text{ kg ha}^{-1}$). Az $N_{180}P_{135}K_{135}$ trágyakezelés a termésmaximumhoz képest nem mutatott szignifikáns eltérést. A trágyázás hatására a bikultúrában nagyobb terméstöbbleteket ($2\,810\text{--}5\,270\text{ kg ha}^{-1}$) mértünk, mint a monokultúrában. A termésmaximum ($11\,947\text{ kg ha}^{-1}$) az $N_{120}P_{90}K_{90}$ tápanyagszintjén mutatkozott, azonban az $N_{180}P_{135}K_{135}$ szinten mért $11\,732\text{ kg ha}^{-1}$ termés nem bizonyult szignifikánsan kisebbnek. A kontrollhoz viszonyított százalékos termésnövekedés (16,7- 25,9) kisebbnek bizonyult, mint a monokultúrában, ami a kontroll parcella nagy termésmennyiségének tulajdonítható.

A trikultúra vetésforgóban a kontroll termése ($9\,700\text{ kg ha}^{-1}$) meghaladta a bikultúrában mért értéket. A kontroll termés esetén a vetésforgó termésre gyakorolt hatása a monokultúrához képest $3\,023\text{ kg ha}^{-1}$ volt. A trágyakezelések hatása e vetésforgónál igen kiegyenlítettnek bizonyult. A különböző trágyaszintek között kis különbségek adódtak. Termésmaximumot ($11\,540\text{ kg ha}^{-1}$) az $N_{120}P_{90}K_{90}$ kezelésnél kaptuk. A trágyakezelés termésadatai között megbízható különbség nem volt. A relatív termésváltozás intervalluma a magas kontroll termésének és a trágyaszintek közötti kis különbségnek köszönhetően nagyon szűk (15-19 %) sávban mozgott.

Öntözött körülmények között a monokultúrás vetésforgóban mért kontroll termése ($6\,946\text{ kg ha}^{-1}$) volt. A trágyázás termésmenvelő hatása minden

tápanyagkezelésnél szignifikánsnak bizonyult. Legnagyobb mértékű volt a termésváltozás az $N_{180}P_{135}K_{135}$ trágyázási szinten ($4\,920\text{ kg ha}^{-1}$). Az $N_{240}P_{180}K_{180}$ kezelés esetében mért termés ettől a szignifikancia határon belüli értékkel volt csak kevesebb ($11\,789\text{ kg ha}^{-1}$). A relatív termésváltozás mértéke a vizsgált kezelés kombinációk közül a legnagyobb szélső értékek között mozgott (37,5-70,8 %), ami öntözött körülmények között a trágyázás kiemelkedő hatását bizonyítja. A trágyázási kezeléskombináció közel azonos eredményeket mutat – az $N_{60}P_{45}K_{45}$ szint kivételével – az öntözetlen bikultúra és trikultúra vetésforgókban tapasztalt trágyareakciókkal.

Őszi búza-kukorica vetésváltásban az öntözött kontroll termése ($10\,574\text{ kg ha}^{-1}$) mindegyik kontroll termését ($816\text{-}3\,897\text{ kg ha}^{-1}$ különbségi határértékkel) meghaladta. E magas kontroll szinthez képest is a termést minden trágyakezelés szignifikánsan növelte. A trágyaszintek terméseredményei között viszont viszonylag kis különbségek mutatkoztak. A legnagyobb termést $N_{120}P_{90}K_{90}$ kezelésnél mértünk. Ehhez képest minden trágyakezelés szignifikánsan kisebb termést adott. A magas kontroll termésének köszönhetően relatív termésváltozás mértéke a trágyázás hatására 14,0-22,9 % között mozgott.

Trikultúra esetében a kontroll termése szintén magas szinten mozgott. A vizsgált évek átlagában a bikultúrához viszonyítva közel azonos lefutású trágyareakció adódott. A termésmaximumot ($12\,683\text{ kg ha}^{-1}$) az $N_{120}P_{90}K_{90}$ termés szintnél mértünk, azonban az $N_{180}P_{135}K_{135}$ szint esetén mért termés ($12\,445\text{ kg ha}^{-1}$) szignifikáns terméscsökkenést nem mutat. A relatív termésváltozás mértéke – köszönhetően a magas kontroll termésének és a trágyaszintek között mutatkozó kis különbségeknek – 24,7-30,0 % között mozgott.

Összességében megállapítható, hogy a vetésváltás vizsgálatunkban erőteljes hatást gyakorolt a termések alakulására (12. táblázat). Öntözetlen körülmények között a monokultúrához képest egyrészt a termés maximumhoz tartozó tápanyagértékek csökkentek, ugyanakkor a trágyázás által elért terméstöbblet (trágyahatékonyság) nagymértékben növekedett. Legszembetűnőbb különbségek a kontroll termések között vannak, ugyanis öntözetlen körülmények között a bi- és trikultúra kontrolljának termése mintegy 3 t ha^{-1} -al több volt a monokultúra kontrolljának termésénél. Öntözött körülmények között hasonló tendenciákat állapíthatunk meg. Az öntözött kezelésekben kapott eredmények mintegy $1\text{-}1,5\text{ t ha}^{-1}$ értékkel haladták meg az öntözetlen körülmények között hasonló kezelés kombinációk terméseredményeit.

12. táblázat. A vetésváltási módok és a tápanyagellátás hatása öntözetlen és öntözött körülmények között a kukorica szemtermésére, termésmnövekedésére a kísérleti évek átlagában
(Debrecen-Látókép, 2004-2009)

Tápanyagkezelés (B)		Monokultúra		Bikultúra		Trikultúra			
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Termés	Eltérés	Termés	Eltérés	Termés
Öntözetlen (A)	0	0	0	6677	0	9487	2810	9700	3023
	60	45	45	8883	2206	11071	4394	11532	4855
	120	90	90	10157	3480	11947	5270	11540	4863
	180	135	135	10267	3590	11732	5055	11242	4565
	240	180	180	10046	3369	11257	4580	11158	4481
*Öntözött (A)	0	0	0	6946	0	10574	3628	9758	2812
	60	45	45	9550	2604	12065	5119	12171	5225
	120	90	90	11186	4239	12994	6048	12683	5737
	180	135	135	11866	4920	12395	5449	12445	5499
	240	180	180	11789	4843	12059	5112	12232	5286
SzD 5% (A)				1447		850		1018	
SzD 5% (B)				356		259		243	
SzD 5% (AxB)				504		366		344	

* az összevont értékelésben a hat éves időtartam adatai szerepelnek, így két évben az öntözés indokolt kihagyása miatt csak az öntözés utóhatást állt módunkban figyelembe venni

Az öntözés a hat év átlagában viszonylag mérsékelt hatást mutatott, ami egyrészt köszönhető a vizsgált évjáratok eltérő típusának (melyet az átlag elfed), illetve a csernozjom talaj kiváló vízháztartási adottságainak. A vizsgált évek átlagában legnagyobb mértékű termésmnövelő hatást monokultúra esetében mértünk (269-1 743 kg ha⁻¹), ami az öntözetlen kezelésekhez képest 4,0-17,3 %-os termésmnövekedést eredményezett. Bikultúra esetében a monokultúrához képest a különböző trágyaszinteken jóval kisebb öntözéshatást tudtunk kimutatni. Az öntözés termésmnövelő hatásának intervalluma 663-1 087 kg ha⁻¹ értékek között változott. A különböző trágyakezeléseken tapasztalt kis mértékű eltéréseknek tulajdoníthatóan, a relatív termésváltozás értékei 5,7-11,5 % között változtak. Ennél is szűkebb volt a trikultúra esetén tapasztalt relatív termésmnövelő hatás, mely 0,6-10,7 % között változott. Az öntözés a termésre a magasabb trágyaszinteken gyakorolt legnagyobb hatást (1 074-1 203 kg ha⁻¹ termésmnövekedés), ugyanakkor a kontroll kezelések esetén a termésmnövekedés elhanyagolható (58 kg ha⁻¹) volt (13. táblázat).

13. táblázat. Az öntözés és a tápanyagellátás hatása különböző vetésváltási rendszerekben termesztett kukorica abszolút és relatív terméshozadékára a kísérleti évek átlagában
(Debrecen-Látókép, 2004-2009)

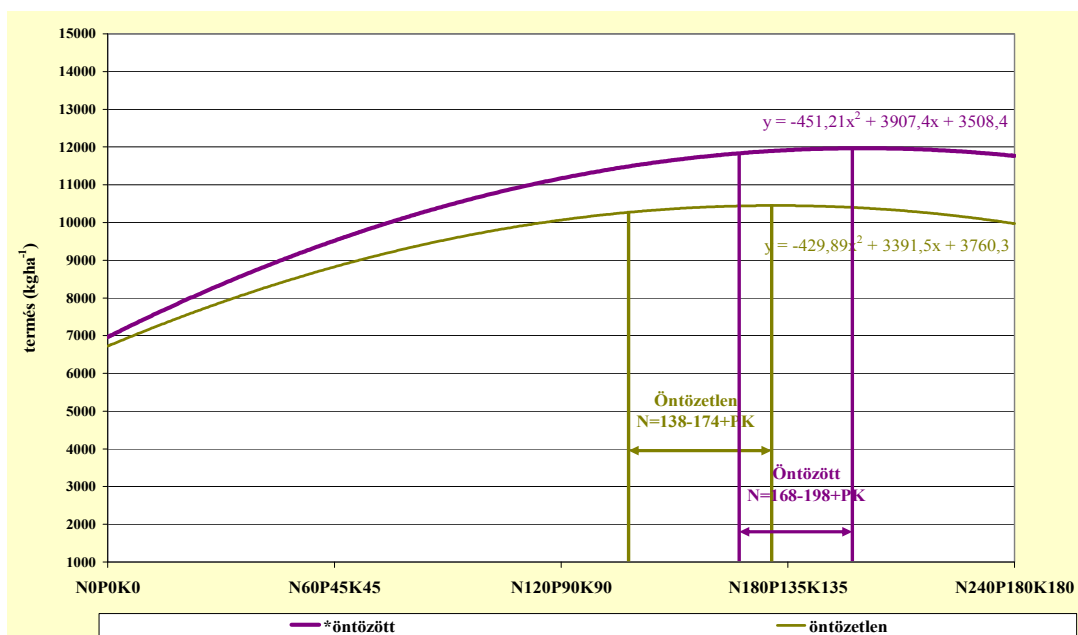
MONOKULTÚRA								
Tápanyagkezelés (B)			Öntözetlen (A)		Öntözött (A)		Öntözéshatás	
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	eltérés	eltérés	eltérés (kg)	eltérés %-	eltérés	eltérés
0	0	0	0	100,0	0	100,0	269	104,0
60	45	45	2206	133,0	2604	137,5	667	107,5
120	90	90	3480	152,1	4239	161,0	1028	110,1
180	135	135	3590	153,8	4920	170,8	1599	115,6
240	180	180	3369	150,5	4843	169,7	1743	117,3
SZD _{5%} (A)			1447					
SZD _{5%} (B)			356					
SZD _{5%} (AxB)			504					
BIKULTÚRA								
0	0	0	0	100,0	0	100,0	1087	111,5
60	45	45	1584	116,7	1491	114,1	994	109,0
120	90	90	2460	125,9	2421	122,9	1047	108,8
180	135	135	2245	123,7	1821	117,2	663	105,7
240	180	180	1770	118,7	1485	114,0	802	107,1
SZD _{5%} (A)			850					
SZD _{5%} (B)			259					
SZD _{5%} (AxB)			366					
TRIKULTÚRA								
0	0	0	0	100,0	0	100,0	58	100,6
60	45	45	1832	118,9	2413	124,7	640	105,5
120	90	90	1840	119,0	2925	130,0	1143	109,9
180	135	135	1542	115,9	2687	127,5	1203	110,7
240	180	180	1458	115,0	2474	125,4	1074	109,6
SZD _{5%} (A)			1018					
SZD _{5%} (B)			243					
SZD _{5%} (AxB)			344					

* az összevont értékelésben a hat éves időtartam adatai szerepelnek, így két évben az öntözés indokolt kihagyása miatt csak az öntözés utóhatást állt módunkban figyelembe venni

A vizsgált évek összevont értékelésének eredményei a térségben hasonló talajtípuson végzett, az irodalmi áttekintésben taglalt eredményekhez képest hasonlóan alakultak. Külföldi, illetve hazai, de más talajtípuson végzett eredményekhez képest magasabb terméseredményeket mértünk, amely elsősorban a mészlepedékes csernozjom talaj kiváló tulajdonságainak köszönhető. A trágyakezelések relatív hatását tekintve azonban az elemzett irodalmak egy részéhez képest kisebb mértékű termésváltozások mutatkoztak, amely elsősorban a magas kontroll terméssel magyarázható.

5.7.2. A műtrágya optimumok és azok intervallumának meghatározása

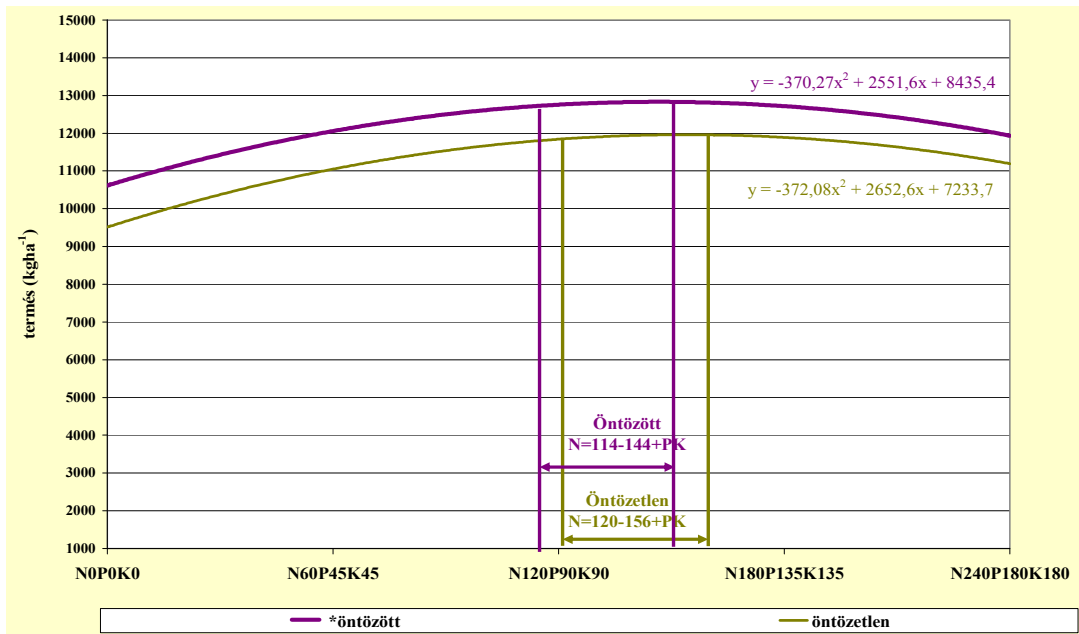
A 6 év eredményei alapján regresszió analízissel számított trágya optimum intervallum értékei öntözetlen körülmények között a vetésváltás hatására jelentős mértékben változtak (4. melléklet). Legmagasabb trágyaoptimumot a monokultúra esetében tapasztaltunk (N₁₇₄P₁₃₀K₁₃₀). A trágyaoptimum-intervallum meghatározásánál a termés maximumhoz tartozó trágyaérték és az ettől a szignifikáns terméskülönbség felével csökkentett tápanyagértéket vettük figyelembe. Monokultúra esetében ez az érték 36 kg N, 27 kg P és 27 kg K volt (13. ábra).



* az összevont értékelésben a hat éves időtartam adatai szerepelnek, így két évben az öntözés indokolt kihagyása miatt csak az öntözés utóhatást állt módunkban figyelembe venni

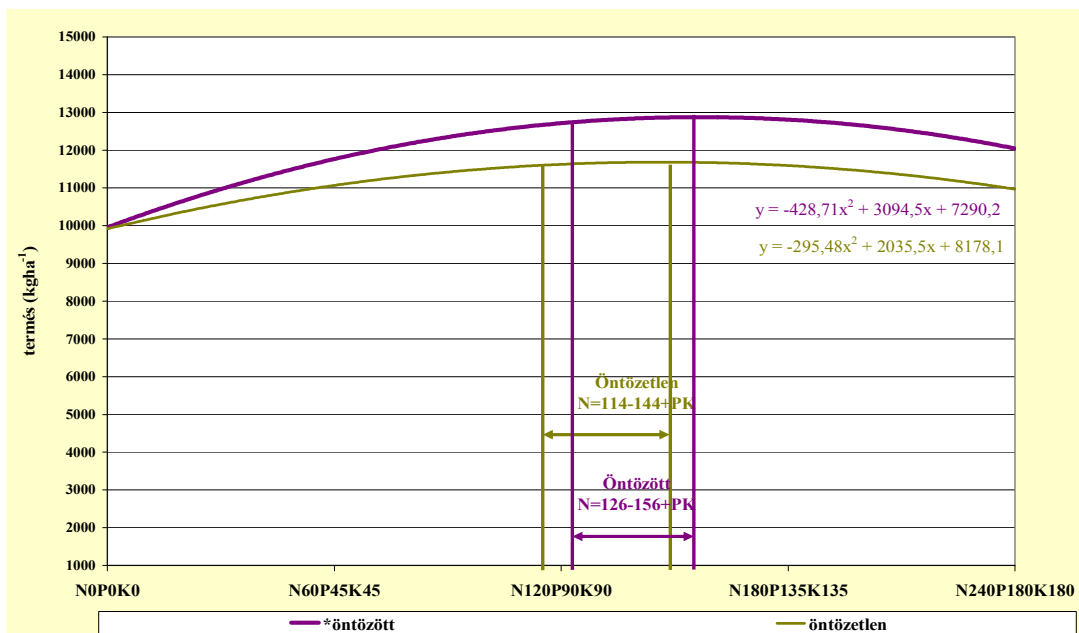
13. ábra. A tápanyag-ellátás hatása a kukorica termésére és a trágyaoptimum-intervallumok alakulása öntözetlen és öntözött viszonyok között monokultúrában (Debrecen-Látókép, 2004-2009)

Bikultúra esetén a trágyaoptimum-intervallum szélessége jelentős mértékben nem változott (36 kg NPK). Az intervallum szélsőértékeit tekintve azonban megállapítható, hogy a trágyaoptimum-intervallum 18 kg N, 13 kg P és 13 kg K hatóanyag kg értékkel alacsonyabb szinten mutatkozott (14. ábra).



* az összevont értékelésben a hat éves időtartam adatai szerepelnek, így két évben az öntözés indokolt kihagyása miatt csak az öntözés utóhatást állt módunkban figyelembe venni

14. ábra. A tápanyag-ellátás hatása a kukorica termésére és a trágyaoptimum-intervallumok alakulása öntözetlen és öntözött viszonyok között bikultúrában (Debrecen-Látókép, 2004-2009)



* az összevont értékelésben a hat éves időtartam adatai szerepelnek, így két évben az öntözés indokolt kihagyása miatt csak az öntözés utóhatást állt módunkban figyelembe venni

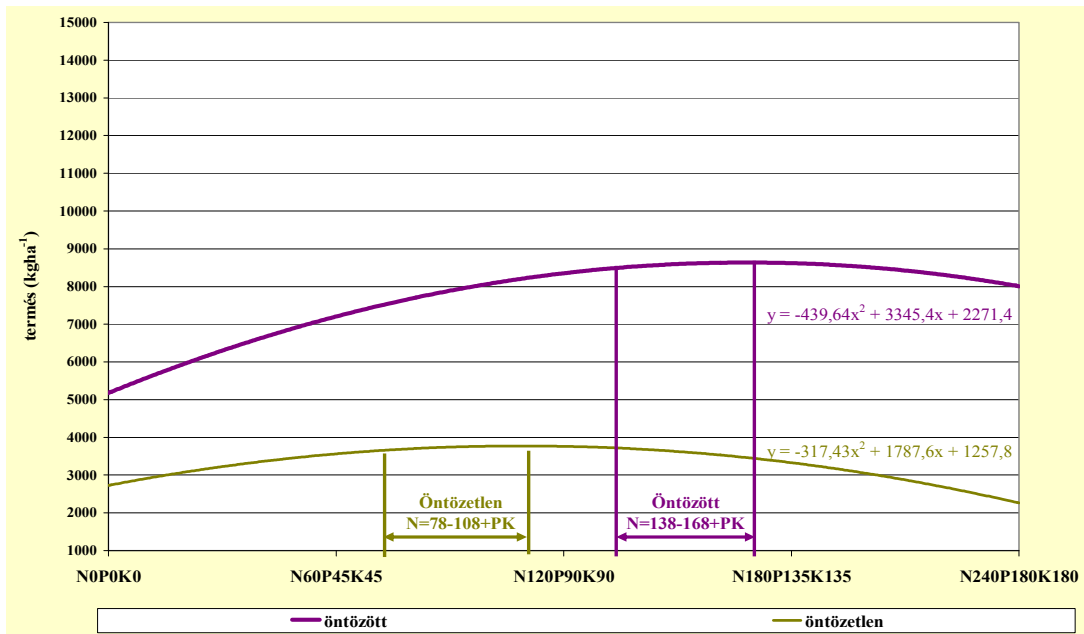
15. ábra. A tápanyag-ellátás hatása a kukorica termésére és a trágyaoptimum-intervallumok alakulása öntözetlen és öntözött viszonyok között trikultúrában (Debrecen-Látókép, 2004-2009)

Trikultúra esetén mind a trágyaoptimum-intervallum, mind annak szélsőértékei csökkenő tendenciát mutattak. A trikultúrában a termésmaximumhoz tartozó NPK szint a monokultúrához viszonyítva 30 kg-al kevesebb volt. Továbbá a trágyaoptimum-intervallum szélessége is csökkent (30 kg N, 23 kg P és 23 kg K) trikultúra vetésváltási modell esetén, mely a trágyahatékonyság növekedését mutatja (15. ábra).

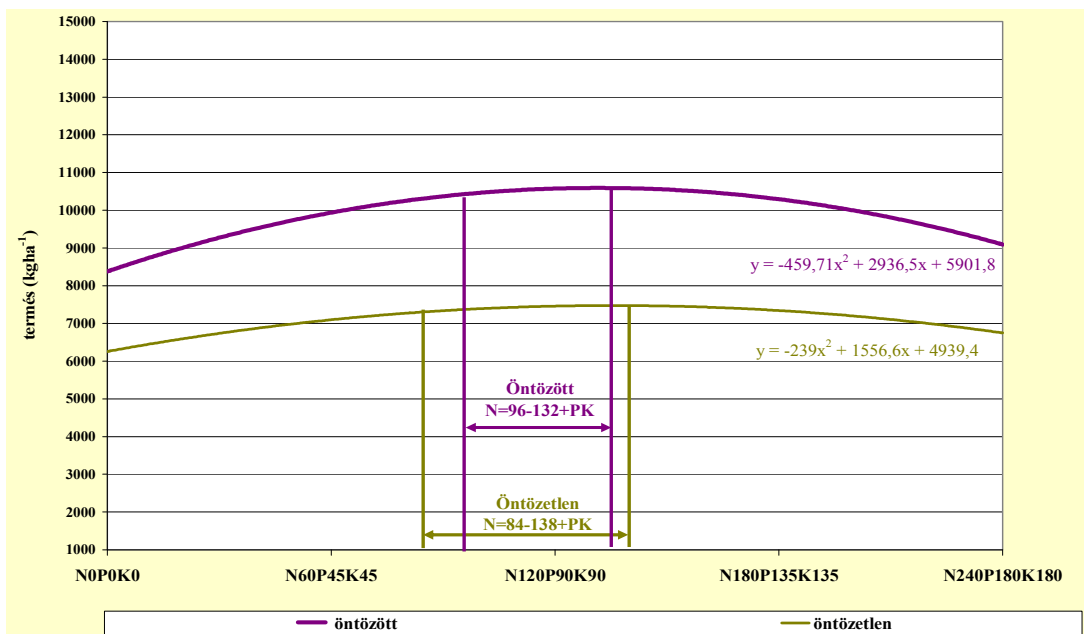
Öntözés hatására monokultúra esetén jelentős mértékű trágyaoptimum-növekedést tapasztaltunk (168-198 kg ha⁻¹ N, 126-148 kg ha⁻¹ P és 126-148 kg ha⁻¹ K). Az intervallum szélessége 30 kg ha⁻¹ N és 22 kg ha⁻¹ P és 22 kg ha⁻¹ K volt az öntözött monokultúras termesztés esetén. Jóval kisebb mértékű trágyaadagok adódtak az öntözött bikultúras termesztés esetén (114-144 kg ha⁻¹ N, 85-108 kg ha⁻¹ P és 85-108 kg ha⁻¹ K). Az öntözés hatására bikultúrában az öntözetlen bikultúrához képest is kismértékű csökkenés mutatkozott. Trikultúras termesztés esetén az öntözés hatására 12 kg ha⁻¹ értékkel növekedtek a N optimum szélső értékei (126-156 kg ha⁻¹), míg ugyanez a növekedés P és K esetében 9 kg ha⁻¹ volt. Összességében megállapítható, hogy a különböző vetésváltási modellek között a 6 év átlagában elsősorban a tápanyag intervallumok szélső értékeiben történt változás, az optimum-intervallum szélességet döntően az öntözés nem befolyásolta. Az öntözés a legnagyobb mértékű változást monokultúras termesztés esetén eredményezett, míg bi- és trikultúra esetén a szélsőértékek között annak hatására csak kismértékű változás mutatkozott öntözés hatására.

A 2007. extrém aszályos év sajátosan alakította a trágya optimumok szélső értékeit, és annak szélességét. Monokultúra esetén öntözés hatására a trágyaoptimum-intervallum szélessége nem változott (30 kg ha⁻¹ N), ugyanakkor 60 kg ha⁻¹-ral magasabb értékekkel határoztuk meg az optimum-intervallumot, mely monokultúras termesztés esetén kiválóan jellemzi az erőteljes öntözés x trágyázás interakciót. Öntözetlen körülmények között monokultúrában 78-108 kg ha⁻¹ N, 58-81 kg ha⁻¹ P és 58-81 kg ha⁻¹ K intervallumok adódtak (16. ábra).

A monokultúrában tapasztalt értékekhez képest a bikultúra jelentős szélsőérték és intervallum-növekedést mutatott (84-138 kg ha⁻¹ N, 63-103 kg ha⁻¹ P és 63-103 kg ha⁻¹ K). Ennek oka abban keresendő, hogy a bikultúras modellben viszonylag magas volt a kontroll termése, illetve a növekvő trágyaadagok csak kismértékű termésmenövelő hatást gyakoroltak a kukorica termésére (17. ábra).



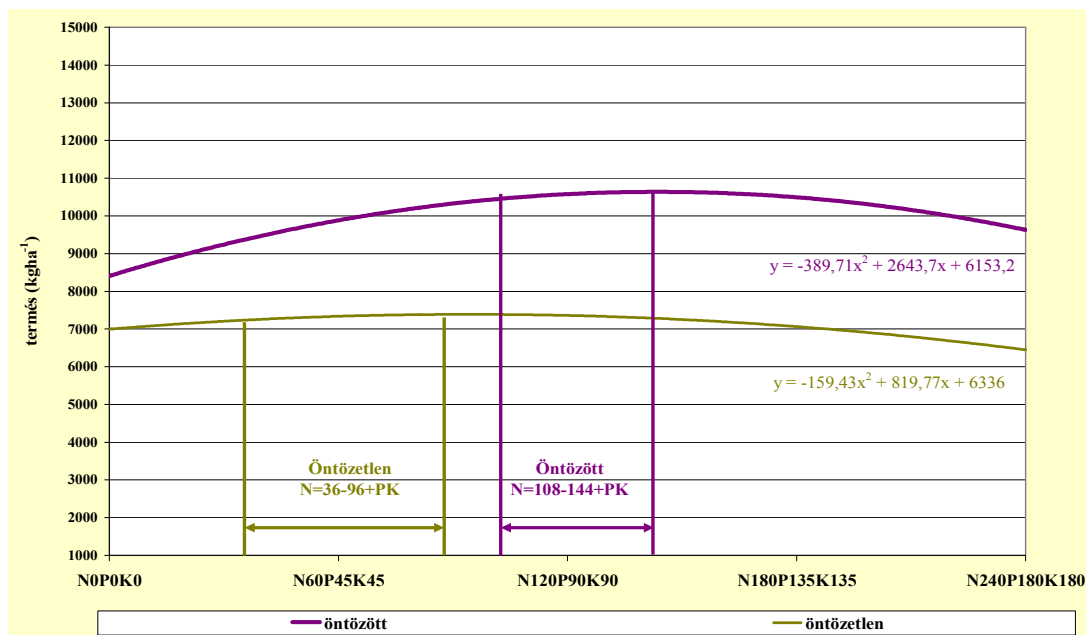
16. ábra. A tápanyag-ellátás hatása a kukorica termésére és a trágyaoptimum-intervallumok alakulása öntözetlen és öntözött viszonyok között monokultúrában (Debrecen-Látókép, 2007)



17. ábra. A tápanyag-ellátás hatása a kukorica termésére és a trágyaoptimum-intervallumok alakulása öntözetlen és öntözött viszonyok között bikultúrában (Debrecen-Látókép, 2007)

Az előzőekben említett hasonló tendenciákkal jellemezhető a trikultúrában tapasztalt trágyaoptimum-intervallum is (18. ábra) azzal a különbséggel, hogy a szélső

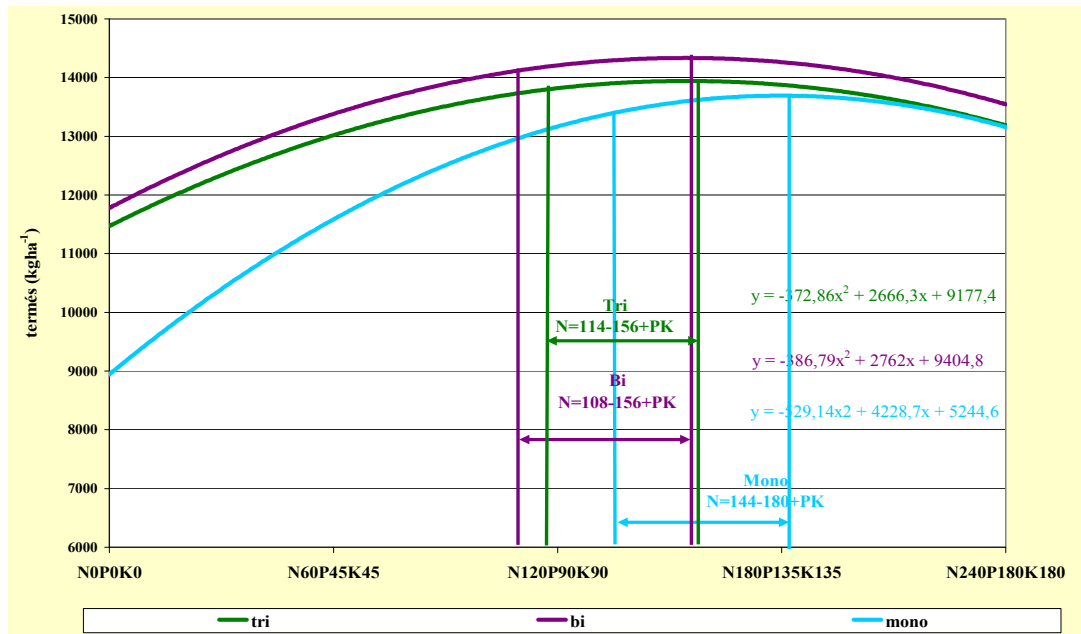
értékek jóval kisebbnek bizonyultak a másik két vetésváltási modellhez viszonyítva (36-96 kg ha⁻¹ N, 27-72 kg ha⁻¹ P és 27-72 kg ha⁻¹ K).



18. ábra. A tápanyag-ellátás hatása a kukorica termésére és a trágyaoptimum-intervallumok alakulása öntözetlen és öntözött viszonyok között trikultúrában (Debrecen-Látókép, 2007)

Összességében megállapítható, hogy ebben az aszályos 2007-es évben az öntözés – a bikultúra kivételével – markáns hatást gyakorolt a trágyaoptimum-intervallumra és annak szélső értékeire. Trikultúra esetén az öntözetlen kezelésben tapasztalt 60 kg ha⁻¹ szélességű intervallum a N esetében 36 kg ha⁻¹ értékre csökkent, ugyanakkor a trágyaoptimum-intervallum alsó értékében nagymértékű, 72 kg ha⁻¹ N növekedés figyelhető meg.

A kifejezetten csapadékos 2008. évben minden vetésváltási modellben viszonylag magas trágyaoptimumokat mértünk. Monokultúras termesztés esetén ez az intervallum 144-180 kg ha⁻¹ N, 126-148 kg ha⁻¹ P és 126-148 kg ha⁻¹ K értékek között mozgott. Bikultúra esetén ez az intervallum szélesebb lett, ugyanakkor a trágyaoptimum értéke monokultúrához képest 24 kg ha⁻¹-os csökkenést mutatott N esetében. Hasonló tendencia figyelhető meg trikultúra esetében is, kismértékű trágyaoptimum-intervallum alsó értékének növekedésére. Összességében megállapítható, hogy csapadékos évjáratban az NPK trágyaszintek minden vetésváltási modell esetében jelentős mértékben növekedtek a száraz évjáratban tapasztalt értékekhez képest. Legnagyobb mértékű volt ez a növekedés trikultúra esetében (19. ábra).



19. ábra. A tápanyag-ellátás hatása a kukorica termésére és a trágyaoptimum-intervallumok alakulása
(Debrecen-Látókép, 2008)

A trágyaoptimum-intervallum értékek jól beleilleszthetők a feldolgozott irodalmakban közölt értékek sorába, ugyanakkor – sajátos módon – a monokultúras termesztésben az irodalmi forrásokhoz képest magasabb tápanyagszintek és termésszintek adódtak, ami elsősorban a már említett kiváló talajadottságoknak köszönhető.

5.7.3. A különböző direkt- és indirekt faktorok termésre gyakorolt hatásának vizsgálata korreláció analízissel

Pearson-féle korreláció analízissel vizsgáltuk az öntözés és a tápanyagellátás termésre gyakorolt hatását. A korrelációs együtthatók kifejezik a független és függő változók közötti kölcsönhatások irányát és szorosságát. Vizsgálatainkban a 0,4 alatti értékkel jellemezhető korrelációt gyengének, a 0,5-0,7 közötti r értékeket közepesnek, míg a 0,7 feletti korrelációs együttható esetén a kapcsolatot szorosnak tekinthetjük. A vizsgált évek külön-külön történő elemzése során megállapítható, hogy a trágyázás hatását vizsgálatainkban az elővetemény és az évjárat is befolyásolta, míg az öntözés hatását döntően az évjárat határozta meg. Ezt alátámasztja a monokultúrában számított r értékek alakulása, mely szinte minden vizsgált évben – az extrém száraz 2007. év kivételével – szoros pozitív korrelációt mutatott (0,7357-0,9357). A legmagasabb r

értékek (0,87 vagy ennél magasabb értékek) a jó vízellátottságú években 2004, 2005, 2008 adódtak. Ez a tény jól mutatja a tápanyagellátás x vízellátottság interakciót, ami alapján a jó tápanyagellátottság hatására nagyobb vízigény lép fel, mely a kedvező, csapadékos évjáratokban a növény számára felvehetővé válik, így a trágyázás terménynövelő hatása még határozottabban jelenik meg. Az öntözéshatás – érthető módon – a száraz 2007. évben volt a legnagyobb (0,9051), illetve a szélsőséges csapadékeloszlással jellemezhető 2009. évben tapasztaltunk közepes mértékű öntözéshatást. A többi, kedvező vízellátottságú évben ez az összefüggés nem bizonyult szorosnak.

A vizsgált időszakban bikultúra vetésváltási modellben a monokultúrához képest kevesebb szoros, 0,7 feletti korrelációt tapasztaltunk. Trágyázás tekintetében csak a jó vízellátottságú 2004. évben tapasztaltunk szoros korrelációt (0,7189), mind 2005-ben, mind 2008-ban pedig pozitív, közepes mértékű volt az összefüggés. Ez a tény bizonyítja, hogy az elővetemény markáns hatást gyakorol a trágyázás hatékonyságára. Az elővetemény kedvezőbb tulajdonságai miatt a trágyázás hatása kevésbé hangsúlyos. Az öntözés – hasonló a monokultúrához – az aszályos 2007. évben markáns hatást gyakorolt a termések alakulására (0,8738).

Trikultúra vetésváltási modellben a bikultúrához hasonló összefüggéseket találtunk mind a korreláció irányát, mind erősségét tekintve. Így a legnagyobb mértékű trágyahatás a 2004. évben adódott a többi vizsgált évben a – száraz 2007. évet kivéve – pozitív, de csak közepes mértékű korrelációt tapasztaltunk. Az öntözéshatás – hasonlóan a másik két vetésváltási modellhez – csak a 2007. évben mutatott szoros összefüggést (0,8755).

Összességében megállapítható, hogy a trágyázás termésre gyakorolt hatása tekintetében a legtöbb pozitív szoros korrelációt a monokultúras termesztés esetén tapasztaltunk. Az öntözésnél minden vetésváltási modell esetében a száraz évben adódott szoros összefüggés, ugyanakkor a kedvező vízellátottságú években (2005, 2008) jelentéktelen mértékű, de negatív irányú összefüggés határozottunk meg (14. táblázat).

14. táblázat. Az öntözés és a tápanyagellátás termésre gyakorolt hatásának korreláció analízissel számított r értékei különböző vetésváltási modellek esetén (Debrecen-Látókép, 2004-2009)

		Monokultúra	Bikultúra	Trikultúra
2004	tápanyagellátás x termés	0,8754	0,7189	0,7261
	öntözés x termés	0,0924	0,2774	0,2320
2005	tápanyagellátás x termés	0,9357	0,5344	0,4890
	öntözés utóhatás x termés	-0,1235	-0,0508	-0,1045
2006	tápanyagellátás x termés	0,7357	0,4877	0,6819
	öntözés x termés	0,2544	0,3174	-0,0402
2007	tápanyagellátás x termés	0,1741	0,1390	0,0758
	öntözés x termés	0,9051	0,8738	0,8755
2008	tápanyagellátás x termés	0,8550	0,5583	0,6020
	öntözés utóhatás x termés	-0,0444	0,0501	0,0315
2009	tápanyagellátás x termés	0,7444	0,3771	0,2279
	öntözés x termés	0,4321	0,4860	0,6220

A 6 év eredményei alapján *Pearson-féle* korrelációval vizsgáltuk az öntözés hatását a termés x trágya kölcsönhatás mértékére és irányára. A három vetésváltási modell közül a monokultúra esetében igen szoros összefüggés adódott mind öntözetlen, mind öntözött körülmények között. Öntözetlen körülmények között a 2006-2007. évek kivételével szoros pozitív korrelációt mértünk (0,7636-0,9471). A 2006. évben csak közepes mértékű volt ez az összefüggés, míg 2007-ben gyenge és negatív irányú korreláció adódott. Ez utóbbinak magyarázata abban keresendő, hogy öntözetlen körülmények között az extrém száraz 2007. évben a trágyázás nem mutatott egyértelmű termésmenvelő hatást, a kijuttatott tápanyagok által indukált magasabb szintű vízfogyasztás fedezet nem állt rendelkezésre. Az öntözés látványos hatást gyakorolt a trágya x termés kölcsönhatás r értékeire. Minden vizsgált évben erős, pozitív irányú összefüggést tapasztaltunk, a vizsgált évek döntő többségénél ez az érték meghaladta az öntözetlen körülmények között számított értékeket (0,7944-0,9388). Leglátványosabb változás a 2007. évben mutatkozott, amikor az öntözetlen kezelésben számított negatív érték (-0,2354) erős pozitív kölcsönhatássá (0,7944) változott az öntözés hatására. Ez elsősorban annak köszönhető, hogy a magasabb trágyaszintek által generált nagyobb vízigényt az öntözéssel ki tudtuk elégíteni, mely a trágyareakció erősebbé válását eredményezte.

Bikultúra vetésváltási modell esetén szoros összefüggést csak 2004-ben, az öntözetlen kezelésben kaptunk (0,9163). A vizsgált évek közül 2007. és 2009. kivételével a többi év esetében csak közepes mértékű, pozitív összefüggés adódott. Ez jól mutatja az elővetemény talaj tápanyagtartalmára gyakorolt hatását. A nem egyoldalú

tápanyagfelhasználás következtében a talajban lévő tápanyagok a növény igényét jól ki tudták elégíteni, ezáltal a különböző trágyaadagok termésre gyakorolt hatása – elsősorban a nagy kontroll terméseknek köszönhetően – kisebb mértékű volt. Hasonló megállapítások tehetők öntözött körülmények között azzal a különbséggel, hogy a 2007. aszályos év kivételével közepes erősségű pozitív összefüggést állapítottunk meg.

Trikultúra esetén a monokultúrához képest jelentős mértékben csökkent a termés x trágya kölcsönhatás r értéke minden évben. Öntözetlen körülmények között 2007. és 2009. kivételével közepes mértékű pozitív korrelációt állapítottunk meg (0,4362-0,6833). Öntözés hatására jelentős mértékű változás csak 2004-ben és 2007-ben történt. Az előbbi esetben öntözés hatására a közepes mértékű összefüggés szorossá változott, míg az aszályos 2007. évben az öntözetlen körülmények között tapasztalt negatív irányú gyenge összefüggés (-0,3593) az öntözés hatására közepes mértékű pozitív r értékre változott. Összességében megállapítható, hogy az öntözés monokultúra esetében jelentős mértékben növeli a termés x trágya kölcsönhatást, ugyanakkor bi- és trikultúra esetén az elővetemény talaj tápanyagtartalmára gyakorolt kedvező hatása következményeként mérsékeltebb r értékekkel jellemezhető ez az összefüggés (15. táblázat).

15. táblázat. Az öntözés hatása a trágya x termés kölcsönhatás r értékeire
(Debrecen-Látókép, 2004-2009)

Év	Monokultúra		Bikultúra		Trikultúra	
	öntözetlen	öntözött	öntözetlen	öntözött	öntözetlen	öntözött
2004	0,8491	0,9102	0,9163	0,5327	0,5552	0,9058
2005	0,9471	*0,9388	0,5751	*0,4919	0,4362	*0,5427
2006	0,6603	0,8559	0,4739	0,5620	0,6833	0,6934
2007	-0,2354	0,7944	0,3345	0,2752	-0,3593	0,4640
2008	0,8267	*0,8841	0,6201	*0,4904	0,5949	*0,6133
2009	0,7636	0,8932	0,3465	0,5024	0,1704	0,3787

* mivel 2005-ben és 2008-ban öntözést nem alkalmaztunk, így az adatok az előző évi öntözés utóhatását mutatják

A 6 év átlagában vizsgált összefüggések mind a tápanyagellátás, mind az öntözés tekintetében pozitív, ugyanakkor mérsékelt eredményeket mutatnak. Ez elsősorban annak tulajdonítható, hogy a vizsgált évek az időjárás vonatkozásában igen ellentmondásosan alakultak, melynek közvetett hatása révén az egyes években tapasztalt markáns hatások az eredmények nagy szórása következtében az összevont értékelés során csak tendenciaként értelmezhetők. A tápanyagellátás tekintetében közepes pozitív korreláció adódott monokultúra esetében (0,4585), míg bi- és trikultúra esetén pozitív előjelű, de gyenge korrelációt kaptunk. Öntözés esetében a hat év

átlagában nem tudunk szorosabb összefüggést kimutatni, ami elsősorban annak a következménye, hogy a vizsgált évek közül 4 év átlagos, vagy azt meghaladó csapadékosságú volt, ugyanebben az időszakban csak 2007. és 2009. nevezhető száraz évjáratnak.

Az agrotechnikai tényezőkön kívül elemeztük a különböző meteorológiai paraméterek és a termés kölcsönhatását (16. táblázat). A vizsgált időjárási paraméterek közül mind a csapadék, mind a hőmérséklet markáns hatást gyakorolt a terméseredmények alakulására. A téli és nyári félév csapadéka minden vetésváltási modellben közepes, pozitív irányú kölcsönhatást mutatott. A téli félév csapadékának hatásában jelentős különbség nem volt a vizsgált vetésváltási modellek között. A nyári félév csapadéka a mono- és trikultúra esetében mutatott közepes mértékű pozitív hatást, ezt azonban bikultúra esetén nem tudtuk kimutatni. A tenyészidőszak hónapjaiban hullott csapadék közül a termésre a legnagyobb hatást a júniusi és júliusi csapadék gyakorolta, amely minden vetésváltási modellben közepes mértékű pozitív korreláció mutatkozott. Az áprilisi csapadék vonatkozásában is hasonló megállapítások tehetők azzal a különbséggel, hogy az összefüggés r értékei abszolút értékben némileg elmaradnak a június és július hónapban mért értékektől. A májusi hónap csapadékának hatása az eddigiektől merőben ellenkező tendenciát mutat, ugyanis kismértékű, de negatív kölcsönhatás mutatkozott. Ez nagy valószínűséggel közvetett hatás. A csapadékos május általában jelentősebb mértékű lehüléssel járt együtt, mely a kezdeti fejlődést jelentős mértékben hátráltatta.

16. táblázat. A termés és a különböző agrotechnikai és ökológiai paraméterek közötti kölcsönhatás elemzése Pearson-féle korrelációval eltérő vetésváltási modellekben

(Debrecen-Látókép, 2004-2009)

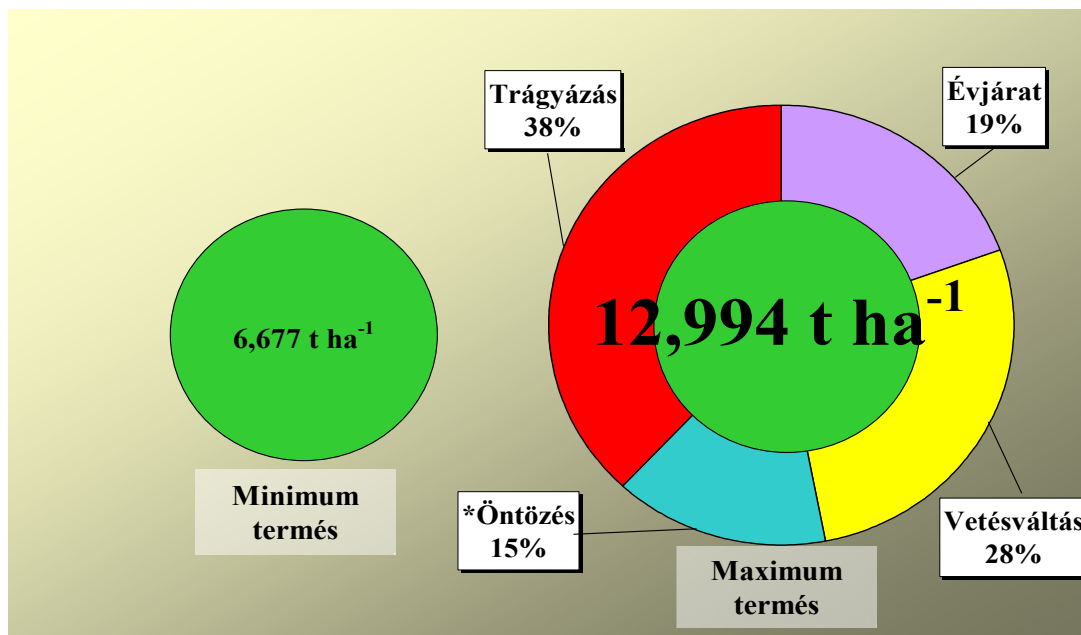
	Monokultúra	Bikultúra	Trikultúra
tápanyagellátás	0,4585	0,2614	0,2689
öntözés	0,1710	0,2264	0,1996
téli félév csapadéka	0,5479	0,5597	0,6125
nyári félév csapadéka	0,4566	0,3655	0,5309
áprilisi csapadék	0,4249	0,4010	0,5454
májusi csapadék	-0,0939	-0,1775	-0,0245
júniusi csapadék	0,4504	0,6209	0,4647
júliusi csapadék	0,5613	0,4905	0,6004
nyári félév hőmérsékleti átlaga	-0,5017	-0,3782	-0,6040
április hőmérsékleti átlaga	-0,3562	-0,2041	-0,4518
május hőmérsékleti átlaga	-0,4928	-0,4237	-0,5726
június hőmérsékleti átlaga	-0,4111	-0,3503	-0,4351
július hőmérsékleti átlaga	-0,6288	-0,5836	-0,6607

A hőmérsékleti adatok és a termés összefüggéseinek vizsgálatakor megállapítható, hogy a hőmérsékleti paraméterek a termésadatokkal kivétel nélkül negatív előjelű összefüggést mutatnak. Ez elsősorban annak következménye, hogy a hőmérséklet közvetett módon befolyásolja a termés alakulását. A vizsgált időszakban a magas léghőmérsékletekkel együtt az esetek döntő többségében szárazság párosult, így ez döntő mértékben befolyásolta a termések alakulását. A nyári félév hőmérséklete mind mono-, mind trikultúra esetén közepes negatív korrelációt mutatott. A hőmérséklet tekintetében mindhárom vetésváltási modellben meghatározó volt a május és július hónapok hőmérséklete. Ez utóbbi abszolút mértékben a legnagyobb értékekkel jellemezhető (-0,5836- -0,6657). A júniusi hőmérséklet mono- és bikultúrára gyakorolt közepes mértékű negatív hatást. A hőmérsékleti paraméterek a termést legkisebb mértékben bikultúra esetében befolyásolták. Ez a már előbb említett közvetett hatást figyelembe véve a bikultúra vetésváltási modell kedvező vízgazdálkodási paramétereit bizonyítja. Ez elsősorban annak köszönhető, hogy trikultúra esetén a borsó után vetett búza jóval nagyobb terméseket adott, mint a kukorica után vetve. Így a trikultúrában jelenlévő borsó kedvező hatásai a búzánál érvényesülnek. A jóval nagyobb vegetatív tömeg és termés víz- és tápanyagfelhasználása nagyságrendekkel nagyobb, ezáltal az utána vetett kukorica tápanyag és vízkészlete kisebb, mint bikultúrás vetésváltásban.

5.7.4. A különböző direkt- és indirekt tényezők termés alakító hatásának számszerűsítése variancia komponensek felosztásával

Kísérleteinkben a variancia komponensek felosztása alapján számszerűsítettük a vizsgált agrotechnikai tényezők termést alakító szerepét (5. melléklet). A vizsgált agrotechnikai tényezők szerepének meghatározásakor a kontroll termését tekintettük alapnak öntözetlen körülmények között monokultúrában, és a tényezőkombinációk által elért maximális terméshez tartozó terméshozamot osztottuk fel a vizsgált agrotechnikai paraméterek között. A hat vizsgálati év eredményeit alapul véve megállapítható, hogy a kontroll termések átlaga $6,677 \text{ t ha}^{-1}$ volt, mely a kísérletekben alkalmazott agrotechnikai tényezők hatására $12,994 \text{ t ha}^{-1}$ értékre növekedett (20. ábra). A vizsgált tényezők közül a hat év átlagában legnagyobb hatást ($38 \% = 2,398 \text{ t ha}^{-1}$) a trágyázás fejtette ki. Ezt követte a vetésváltás, melynek termést alakító szerepe 28% -ra tehető ($1,742 \text{ t ha}^{-1}$). A következő jelentős faktor az évjárat volt (19%), mely $1,230 \text{ t ha}^{-1}$ értékkel járult hozzá a terméshozam növekedéséhez. A vizsgált tényezők közül a legkisebb

mértékű hatást ($0,947 \text{ t ha}^{-1}$) az öntözés gyakorolt, amely a tényezők közül 15 % súllyal befolyásolta a termés alakulását.



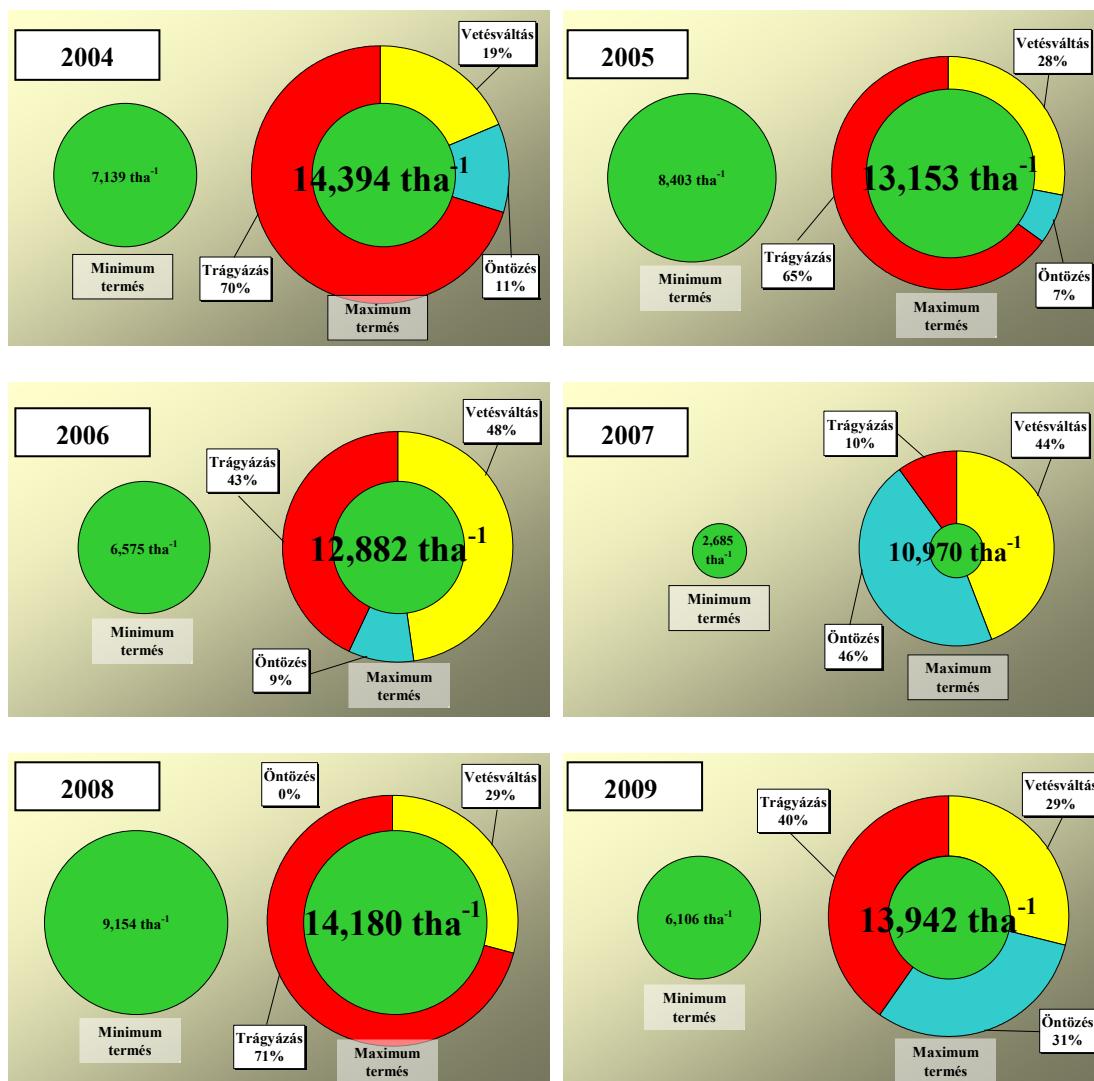
* az összevont értékelésben a hat éves időtartam adatai szerepelnek, így két évben az öntözés indokolt kihagyása miatt csak az öntözés utóhatást állt módunkban figyelembe venni

20. ábra. Különböző termést alakító tényezők szerepe a kukorica termésének alakulásában
(Debrecen-Látókép, 2004-2009)

A tényezők szerepének évenkénti értékelésénél jól látható, hogy a különböző évjáratok jelentős mértékben módosították az egyes faktorok súlyát (21. ábra). 2004-ben a kontroll termés nagysága (öntözetlen körülmények között monokultúrában) $7,139 \text{ t ha}^{-1}$ volt, mely az alkalmazott agrotechnikai tényezők hatására $14,394 \text{ t ha}^{-1}$ -ra növekedett. Legnagyobb súlyú volt a trágyázás ($70 \text{ \%} = 5,117 \text{ t ha}^{-1}$). Az öntözés és vetésváltás viszonylag kis mértékű hatása ($11 \text{ \%} = 0,790 \text{ t ha}^{-1}$, illetve $19 \text{ \%} = 1,348 \text{ t ha}^{-1}$), elsősorban annak tulajdonítható, hogy a 2004. év kiegyenlített vízellátottsággal jellemezhető, mely a trágyázás hatékonyságát jelentős mértékben növelni tudta.

2005-ben a kontroll termés nagysága $8,403 \text{ t ha}^{-1}$ volt, mely az optimális tényezőkombinációk hatására $13,153 \text{ t ha}^{-1}$ -ra növekedett. A hasonló időjárási körülmények következtében szintén a trágyázás domináns hatása mutatkozott meg ($65 \text{ \%} = 3,098 \text{ t ha}^{-1}$). A vetésváltás szerepe ebben az évben növekedett ($28 \text{ \%} = 1,345 \text{ t ha}^{-1}$). Ugyanakkor annak ellenére, hogy öntözést nem végeztünk, viszont a statisztikai értékelés során a kísérletben öntözöttként szereplő parcellák terméseredményeit is

figyelembe vettük ($7\% = 0,307 \text{ t ha}^{-1}$). Ez tekinthető öntözés utóhatásként is, ugyanis ezek a parcellák az előző évben öntözve voltak.



21. ábra. A különböző tényezők termésre gyakorolt hatásának évenkénti elemzése variancia komponensek felosztásával
(Debrecen-Látókép, 2004-2009)

2006-ban a kontroll termés nagysága $6,575 \text{ t ha}^{-1}$, a kísérletben mért maximális termés $12,882 \text{ t ha}^{-1}$ volt. A vizsgált tényezők közül közel azonos súllyal szerepelt a vetésváltás ($48\% = 2,994 \text{ t ha}^{-1}$) és a trágyázás ($43\% = 2,731 \text{ t ha}^{-1}$). Az öntözés szerepe ebben az évben mérsékelt volt ($9\% = 0,582 \text{ t ha}^{-1}$), ami annak köszönhető, hogy öntözés befejezése után rövid időn belül nagy mennyiségű csapadék hullott, amely a mesterséges vízpótlás hatását jelentős mértékben csökkentette.

A 2007-ben az extrém száraz körülmények miatt sajátosan alakult a vizsgált tényezők termésre gyakorolt hatása. A kontroll termés nagysága $2,685 \text{ t ha}^{-1}$ volt, ami a

legjobb kezelés esetében 10,970 t ha⁻¹-ra növekedett. Az eddigiekkel ellentétben legkisebb szerepe a trágyázásnak volt (10 %=0,826 t ha⁻¹), ugyanakkor az öntözés és a vetésváltás közel azonos értékekkel jellemezhető (46 %=3,810 t ha⁻¹, illetve 44 %=3,648 t ha⁻¹). Ezek az értékek alátámasztják, hogy a kijuttatott trágyaadagok víz nélkül nem hatnak, illetve stressz körülmények között a vetésváltás felértékelődik.

A kiváló vízellátottsággal jellemezhető 2008-ban igen magas kontroll termését mértünk (9,154 t ha⁻¹), mely az optimális kezeléskombináció esetén 14,180 t ha⁻¹ értékre növekedett. A kedvező vízellátottságnak köszönhetően öntözést nem alkalmaztunk, a statisztikai értékelés során is minimális hatást mutattunk ki (0,002 t ha⁻¹). Legnagyobb szerepe a trágyázásnak volt (71 %=3,553 t ha⁻¹). A vetésváltás szerepe mérsékeltebb volt (29 %=1,470 t ha⁻¹).

2009-ben a kontroll termése 6,106 t ha⁻¹, a maximális termés pedig 13,942 t ha⁻¹ volt. Az öntözés szerepe ebben a szélsőséges csapadékellátottsággal jellemezhető évben is megmutatkozott (31 %=2,405 t ha⁻¹). A trágyázás szerepe ugyan legnagyobb volt (40 %=3,181 t ha⁻¹), ettől a vetésváltás hatása csak kis mértékben maradt el (29 %= 2,250 t ha⁻¹).

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A növénytermesztés komplex rendszerének eredményességét alapvetően az ökológiai, biológiai és agrotechnikai tényezők együttesen határozzák meg. Az ökológiai tényezők determináltak. Az ehhez történő alkalmazkodás az eredményes termelés kulcsa lehet. Az elmúlt években a klimatikus szélsőségek gyakoriak voltak. Ebből adódóan a termésingadozás mértéke jelentősen nőtt.

Számos kísérleti eredmény bizonyítja, hogy a termést a növény számára felvehető víz határozza meg. Az utóbbi években tapasztalható szélsőséges klímajelenségek (elsősorban az aszályos periódusok gyakoriságának növekedése) kedvezőtlen hatásainak mérséklésére kiváló eszköz az öntözés. Az öntözés költségigénye igen magas, ezért fontos megismernünk az öntözés hatékonyságát befolyásoló ökológiai, biológiai és agrotechnikai tényezőket.

A növényi produktum alapjai a víz mellett a különböző makro tápelemek. Sok esetben a termés nagyságát a N befolyásolja legnagyobb mértékben. A foszfor és a kálium esetében többéves hatásról beszélhetünk. Rendszeres kijuttatásuk fontos, hiszen a foszfor és a kálium a termésbiztonság fokozásához, az ellenállóképesség növeléséhez járul hozzá.

Az elővetemény több szempontból is befolyásolja az őt követő növény fejlődését. Az elővetemény lekerülési ideje meghatározza döntően a talajmunkák minőségét és a talaj beéredési folyamatait. Az általa visszahagyott szármaradvány mennyisége és minősége a talaj tápanyag- és szervesanyag-tartalmát befolyásolja. Növényegészségügyi szempontból a közös kórokozók, kártevők és gyomok mennyiségét és károsításának a mértékét is meghatározza az elővetemény. Az utóbbi évek szélsőséges csapadékeloszlásának következtében felértékelődött az elővetemény talaj vízkészletére gyakorolt hatása is.

Kísérleteinket a Debreceni Egyetem Agrár- és Műszaki Tudományok Centruma Debreceni Tangazdaság és Tájkutató Intézet Látóképi Növénytermesztési Kísérleti Telepén végeztük. A kísérleti telep a Hajdúsági löszháton, Debrecentől 15 km távolságra, a 33-as főút mellett található.

Kutatásaimat 1983-ban DR. RUZSÁNYI LÁSZLÓ professzor úr által beállított, DR. PEPÓ PÉTER professzor úr által irányított polifaktoriális tartamkísérletben végeztem 2004-2009. között. A tartamkísérletben beállított kezelések három kritikus (vetésváltás,

tápanyagellátás, öntözés) termesztéstechnológiai elem, illetve ezek interaktív hatásának vizsgálatát teszik lehetővé.

Az adatok statisztikai értékelését *Microsoft Excel*[®], illetve *SPSS for Windows 13.0* programok segítségével végeztük el. Az eredmények statisztikai értékelésénél kéttényezős variancia analízist alkalmaztunk (SVÁB, 1973). A trágyázás és az öntözés, termésre gyakorolt hatását regresszió analízissel értékeltük. A különböző függő és független változók közötti összefüggést a *Pearson-féle* korreláció számításával végeztük el. Az agrotechnikai tényezők termésre gyakorolt hatásának számszerűsítése variancia komponensek felosztásával készült.

2004-ben a monokultúras vetésváltási modellben a különböző trágyaszintek közötti különbségek az $N_{120}P_{90}K_{90}$ trágyaszintig szignifikánsnak bizonyultak. Az ennél magasabb trágyaszinteken további szignifikáns termésnövekedést nem tapasztaltunk. Valamivel magasabb termésszinten hasonló megállapításokat tehetünk öntözött körülmények között. A trágyázás hatását jól mutatja, hogy a kontroll termésének mennyisége (7157 kg ha^{-1}) több, mint kétszeresére (14347 kg ha^{-1}) növekedett. Az öntözéshatás kis mértékű volt, ami a jó vízellátottságú év növényi vegetációra és generatív fejlődésre gyakorolt kedvező hatásának tulajdonítható. Bikultúras termesztés esetén jóval kisebb trágyahatások mutatkoztak, mint monokultúras termesztés esetén. Ebben a vetésváltási modellben a monokultúra kontroll terméséhez képest, mintegy 2500 kg ha^{-1} -ral magasabb kontroll termést mértünk. Ebben a vetésváltásban a trágyázás terméstöbblete mind abszolút, mind relatív mértékben jelentősen lecsökkent, ugyanakkor a kontroll és alacsony tápanyagszint esetében jelentős öntözéshatást mértünk. Trikulturában a tápanyagszintek között öntözetlenül csak az $N_{60}P_{45}K_{45}$ kezelésig szignifikáns különbséget tapasztaltunk a trágyaszintek között, öntözött körülmények között ez az érték $N_{180}P_{135}K_{135}$ volt.

A kedvező csapadékviszonyoknak köszönhetően 2005-ben a kísérletekben öntözést nem alkalmaztunk. A monokultúrában a trágyakezelések mindegyike szignifikáns mértékű termésnövekedést eredményezett. Legtöbb termést ($13\,685 \text{ kg ha}^{-1}$) a legnagyobb, $N_{240}P_{180}K_{180}$ trágyakezelésnél mértünk. Bikultúrában vetésváltási modellben a monokultúras termesztéshez képest is jelentős ($2\,603 \text{ kg ha}^{-1}$) termésnövekedést mértünk, ami a vetésváltás 2005. évi pozitív hatását támasztja alá. Trikulturában a legnagyobb termés az $N_{60}P_{45}K_{45}$ trágyaszinten értük el. Ugyanakkor a relatív termésváltozás értéke szűk intervallumban (12,0-16,8 %) változott. Minden

trágyaszint szignifikáns termésnövekedést eredményezett, azonban az $N_{60}P_{45}K_{45}$ szinthez képest minden kezelésnél termésnövekedést tapasztaltunk, melynek mértéke a kontroll és $N_{240}P_{180}K_{180}$ kezelés esetén bizonyult szignifikánsnak.

2006-ban monokultúra esetén abszolút értékben az $N_{180}P_{135}K_{135}$ trágyakezelés esetében mértük a termésmaximumot ($9\,403\text{ kg ha}^{-1}$). Öntözött körülmények között a trágyakezelések hatása jóval nagyobb mértékűnek bizonyult, amit a relatív termésváltozás intervalluma ($43,6\text{-}72,9\%$) is bizonyít. Az öntözés hatására a kontroll és $N_{60}P_{45}K_{45}$ termésszintek kivételével szignifikáns termésnövekedést állapíthattunk meg, melynek relatív értékei viszonylag szűk intervallumban ($-5,2\text{-}19,5\%$) változtak. Bikultúras vetésforgóban öntözetlen körülmények között a kontroll termése ($8\,284\text{ kg ha}^{-1}$) jelentősen meghaladta a monokultúránál tapasztalt szintet ($6\,575\text{ kg ha}^{-1}$). A vizsgált kezelések közül az $N_{120}P_{90}K_{90}$ tápanyagszinten mértük a termésmaximumot ($11\,813\text{ kg ha}^{-1}$). Öntözött körülmények között a monokultúrához viszonyítottan a kontroll termése ($9\,428\text{ kg ha}^{-1}$) magas volt, a vizsgált kezelések közül legnagyobb termést az $N_{120}P_{90}K_{90}$ trágyaszinten kaptunk. Az ettől magasabb trágyaszintek szignifikáns termésnövekedést okoztak. Minden kezelésben pozitív öntözéshatást tapasztaltunk. Ennek mértéke a kontroll, az $N_{120}P_{90}K_{90}$, illetve az $N_{240}P_{180}K_{180}$ kezelések esetében szignifikáns volt. Az előző két vetésváltáshoz viszonyítva trikultúras vetésváltási modellben kisebb mértékű relatív termésnövekedést tapasztaltunk ($16,3\text{-}24,8\%$), mely elsősorban az öntözetlen kezelések magas ($9\,770\text{ kg ha}^{-1}$) kontroll termésének tulajdonítható. Legmagasabb termést az $N_{120}P_{90}K_{90}$ kezelésben kaptuk. Öntözött körülmények között a relatív termésváltozás mértéke ($31,2\text{-}36,1\%$) magasabb szinten változott. Ugyanakkor az öntözés következtében ez az intervallum jóval szűkebb lett. Az öntözés hatása a 2006. évben sajátosan mutatkozott meg ebben a vetésforgóban. A kontroll esetében tapasztaltunk szignifikánsan termésnövekedést.

A 2007. évben öntözetlen körülmények között monokultúrában a kísérleti periódus során negatív rekord terméseredmények születtek. A kontroll termés ($2\,685\text{ kg ha}^{-1}$), illetve a legmagasabb, $N_{240}P_{180}K_{180}$ tápanyagszinten mért, kontrollhoz képest is alacsonyabb ($2\,487\text{ kg ha}^{-1}$) termés egyedülálló volt a vizsgált időszak alatt. A kezelések közül csak az $N_{60}P_{45}K_{45}$, illetve az $N_{120}P_{90}K_{90}$ kezelések eredményeztek szignifikáns termésnövekedést. Öntözött körülmények között minden trágyakezelés a kontrollhoz képest szignifikáns termésnövekedést eredményezett, a maximális termés az $N_{180}P_{90}K_{90}$ szinten adódott, az ennél magasabb trágyaszinten ($N_{240}P_{180}K_{180}$) már szignifikáns termésnövekedés következett be. Az öntözés termésnövelő hatása az

extrém száraz évjáratnak köszönhetően kiugróan magas határértékek között változott. Kivétel nélkül pozitív irányban (94,0-222,0 %). Abszolút értékben a terméshozam a közel legnagyobb öntözéshatásnál $5\,895\text{ kg ha}^{-1}$ volt, ami jelzi száraz évjáratban az öntözés meghatározó hatását. Az öntözés által elért legkisebb terméshozamot a kontroll trágyakezelésnél mértük. Bikultúra vetésváltási modellnél öntözetlen körülmények között a vizsgált trágyaszintek egyike sem okozott terméseszkedést, termésmaximumot az $N_{120}P_{90}K_{90}$ kezelés során mértük ($7\,706\text{ kg ha}^{-1}$). Öntözött körülmények között már jóval magasabb volt a kontroll termés szint ($8\,413\text{ kg ha}^{-1}$). Öntözés hatására minden trágyaszinten jelentős mértékű, a szignifikancia szintet többszörösen meghaladó terméseszkedést értünk el. Abszolút értékben legnagyobb öntözéshatást ($3\,264\text{ kg ha}^{-1}$) az optimális, $N_{120}P_{90}K_{90}$ trágyakezelésnél kaptunk. A három vetésforgó közül a legmagasabb öntözetlen kontroll termését ($6\,716\text{ kg ha}^{-1}$) borsó-őszi búza-kukorica vetésforgó esetén tapasztaltunk. A termésmaximum a legkisebb $N_{60}P_{45}K_{45}$ kezelésnél mutatkozott. Ehhez képest minden trágyakezelés szignifikánsan kevesebb termést adott.

Öntözött körülmények között a kontroll termése a bikultúráéhoz hasonlóan magas volt. A legnagyobb termést az $N_{120}P_{90}K_{90}$ kezelés esetében értünk el. Az öntözés hatása erőteljesnek bizonyult. Minden trágyakezelés esetében jelentős mértékű terméseszkedést tapasztaltunk. Az öntözés legnagyobb mértékű terméseszkedést a termésmaximumot mutató $N_{120}P_{90}K_{90}$ kezelés esetén eredményezte.

A kedvező csapadékviszonyoknak köszönhetően 2008-ban a kísérletekben öntözést nem alkalmaztunk. Monokultúrában kontrollban nagy termést mértünk ($9\,154\text{ kg ha}^{-1}$), ami jelentős mértékben növekedett a trágyázás hatására. A kontrollhoz viszonyított terméshozam elérte a $4\,633\text{ kg ha}^{-1}$ -t, mely a termésmaximumot eredményező $N_{180}P_{135}K_{135}$ szinten mértük. Bikultúras vetésforgó esetén a vizsgált hat év tekintetében is a legmagasabb kontroll termést mértük ($11\,613\text{ kg ha}^{-1}$). Jól bizonyítja az évjárat sajátos jellegét, hogy a különböző tápanyagszintek között nem adódott szignifikáns mértékű terméskülönbség. Tendenciájában a következő hasonló megállapítások tehetők trikultúra vetésforgó esetén is. A bikultúráéhoz hasonlóan kiugróan magas kontroll termést mértünk. Ehhez képest a trágyázás minden tápanyagszinten 2 tonna feletti terméshozamot eredményezett. Termésmaximum ($13\,987\text{ kg ha}^{-1}$) $N_{120}P_{90}K_{90}$ termés szinten mutatkozott. A termés változás mértéke is a bikultúráéhoz hasonlóan roppant szűk tartományban változott (18,0-23,9 %).

A 2009-es tenyészévben monokultúrában a kontroll termése $6\,106\text{ kg ha}^{-1}$ volt. Minden trágyaszint szignifikáns mértékű terméshozadékot eredményezett. A termés maximumot ($9\,410\text{ kg ha}^{-1}$) az $N_{180}P_{135}K_{135}$ szinten mértük. Öntözés hatására jelentős mértékben javult a műtrágyázás terméshozadó hatása. Az öntözés minden trágyakezelés esetén szignifikáns mértékű terméshozadékot eredményezett. Bikultúras vetésciklusnál a termésmaximumot $N_{120}P_{90}K_{90}$ termésszinten tapasztaltuk. Hasonlóan alakultak a terméseredmények öntözött körülmények között is, azzal a különbséggel, hogy a trágyázás hatására kapott terméshozadék értékei jóval nagyobb szintre tehetőek ($2\,301\text{--}3\,524\text{ kg ha}^{-1}$). A termésváltozás mértéke $N_{60}P_{45}K_{45}$, $N_{120}P_{90}K_{90}$, illetve $N_{240}P_{180}K_{180}$ kezelések esetében volt szignifikáns az öntözés hatására. Az öntözés terméshozadó hatása abszolút értékben is alacsony volt ebben az évben. Trikultúra vetésciklus modellben viszonylag magas kontroll termést értünk el ($8\,689\text{ kg ha}^{-1}$). Az $N_{60}P_{45}K_{45}$ szinttől kezdődően a trágyázás hatása csökkenő hatékonyságú volt. Ezek az eredmények jelentősen módosultak öntözés hatására, ugyanis a magas szintű ($9\,385\text{ kg ha}^{-1}$) kontroll termése ellenére is nagymértékű ($1\,824\text{--}3\,480\text{ kg ha}^{-1}$) terméshozadék következett be a különböző trágyaszinteken. Az öntözés hatása a kontroll kivételével minden trágyakezelés esetén szignifikáns volt, és mértéke a három vetésciklus modell közül ($696\text{--}2\,952\text{ kg ha}^{-1}$) ebben az évben volt a legnagyobb.

A vizsgált évek átlagában mért értékek minden vetésciklus modellben igazolták a trágyázás kontrollhoz viszonyított szignifikáns terméshozadó hatását. Öntözetlen körülmények között monokultúras termesztésben a kontroll termése $6\,677\text{ kg ha}^{-1}$ volt. A trágyázás által elért terméshozadék mértéke $2\,206\text{--}3\,590\text{ kg ha}^{-1}$ értékek között változott. Legnagyobb termést ($10\,267\text{ kg ha}^{-1}$) az $N_{180}P_{135}K_{135}$ trágyaszinten kaptunk. Ehhez képest sem az $N_{120}P_{90}K_{90}$, sem a $N_{240}P_{180}K_{180}$ kezelések nem okoztak szignifikáns termésváltozást. A relatív termésváltozás mértéke a hat év átlagában a trágyakezelések hatására viszonylag széles tartományban mozgott ($33\text{--}53,8\%$). Trikultúra vetésciklus alkalmazásakor a kontroll kezelés esetében mért termés a monokultúrához képest jelentős mértékben növekedett ($9\,487\text{ kg ha}^{-1}$). Minden trágyakezelés esetén szignifikáns terméshozadékot tapasztaltunk. A termésmaximumot $N_{120}P_{90}K_{90}$ kezelés esetén mértük ($11\,947\text{ kg ha}^{-1}$). A monokultúrában mért kontroll terméséhez viszonyítva ebben a vetésciklus modellben jelentős mértékű ($2\,810\text{--}5\,270\text{ kg ha}^{-1}$) abszolút terméshozadékot értünk el, a termésmaximum $N_{120}P_{90}K_{90}$ szinten mutatkozott. A trikultúra, vetésciklusban a kontroll termés értéke ($9\,700\text{ kg ha}^{-1}$) meghaladta a bikultúrában mért értéket. A kontroll terméséhez képest a vetésciklus

termésre gyakorolt hatása a kontroll termés esetén $3\,023\text{ kg ha}^{-1}$ volt. A trágyakezelések hatása ennél a vetésforgónál igen kiegyenlítettnek bizonyult. A különböző trágyaszintek között kis mértékű különbségek adódtak. Termésmaximum az $N_{120}P_{90}K_{90}$ kezelésnél adódott, a relatív termésváltozás intervalluma a magas kontroll-termésnek és a trágyaszintek közötti kis különbségnek köszönhetően nagyon szűk sávban mozgott.

A monokultúrás vetésforgó öntözött kontrolljának termése $6\,946\text{ kg ha}^{-1}$ volt. Legnagyobb mértékű volt a termésnövekedés az $N_{180}P_{135}K_{135}$ trágyázási szinten ($4\,920\text{ kg ha}^{-1}$). A relatív termésváltozás mértéke a vizsgált kezelés kombinációk közül a legnagyobb szélső értékek között mozgott (37,5-70,8 %), ami az öntözött körülmények között a trágyázás kiemelkedő hatását bizonyítja. Ez a kezelés kombináció közel azonos eredményeket mutat – az $N_{60}P_{45}K_{45}$ szint kivételével - az öntözetlen bikultúra és trikultúra vetésforgókban tapasztalt trágyareakciókkal. Őszi búza-kukorica vetésváltásban öntözetlen körülmények között a monokultúrás kontroll terméséhez képest a bikultúrás kontroll termése nagymértékben növekedett ($10\,574\text{ kg ha}^{-1}$). E magas kontroll szinthez képest is minden trágyakezelés szignifikánsan növelte a termést, de a trágyaszintek között viszont mérsékelt különbségek adódtak. A vizsgált kezelések közül legnagyobb termést $N_{120}P_{90}K_{90}$ kezelésnél mértünk, ehhez képest minden trágyakezelés szignifikánsan kisebb termést adott. Trikultúra esetében a kontroll termése magas volt. A trágyahatás a bikultúrához hasonlóan jó volt. A termésmaximumot ($12\,683\text{ kg ha}^{-1}$) az $N_{120}P_{90}K_{90}$ termés szintnél mértünk, a relatív termésváltozás mértéke 24,7-30,0 % között mozgott.

Az öntözés a hat év átlagában viszonylag mérsékelt hatást adott. A vizsgált évek átlagában legnagyobb mértékű termésnövelő hatást monokultúrában mértünk ($269\,174\,3\text{ kg ha}^{-1}$), ami az öntözetlen kezelésekhöz képest 4,0-17,3 %-os termésnövekedést eredményezett. Bikultúra esetében a monokultúrához képest a különböző trágyaszintek között jóval kisebb öntözéshatást tudtunk kimutatni. Az öntözés termésnövelő hatásának intervalluma $663\,108\,7\text{ kg ha}^{-1}$ értékek között változott. A különböző trágyakezeléseken tapasztalt kismértékű eltéréseknek tulajdoníthatóan, a relatív terméstöbblet értékei 5,7-11,5 % között változtak. Ennél is szűkebb volt a trikultúra esetén ennél is szűkebb öntözéshatást tapasztaltunk, amely 0,6-10,7 % között változott. Az öntözésnek a magasabb trágyaszinteken volt nagyobb termésnövelő hatása ($1\,074\,120\,3\text{ kg ha}^{-1}$ abszolút értékben mért termésnövekedés). Ugyanakkor a kontroll kezelések esetén elhanyagolható (58 kg ha^{-1}) termésnövekedést eredményezett.

A 6 év eredményei alapján regresszió analízissel számított trágya optimum intervallum értékei jelentős mértékben változtak öntözetlen körülmények között a vetésváltás hatására. Monokultúránál az intervallum értéke 36 kg N és 27 kg P és K volt, az intervallum szélessége bikultúra esetén nem változott (36 kg), azonban 18 kg N és 13 kg P és 13 kg K hatóanyag kg értékkel alacsonyabb szinten mutatkozott. Mind a trágyaoptimum-intervallum, mind annak szélsőértékei csökkentek trikultúra esetén. A termésmaximumhoz tartozó N szint 30 kg ha⁻¹-al kisebb trikultúránál a monokultúrához képest, a trágyaoptimum-intervallum is szűkült (30 kg N, 23 kg P és 23 kg K). Öntözés hatására monokultúra esetén jelentős mértékű trágyaoptimum-intervallum növekedést tapasztaltunk (168-198 kg ha⁻¹ N, 126-148 kg ha⁻¹ P és 126-148 kg ha⁻¹ K). Bikultúras vetésforgó esetén kisebb mértékű trágyaoptimum-intervallum értékek adódtak (114-144 kg ha⁻¹ N, 85-108 kg ha⁻¹ P és 85-108 kg ha⁻¹ K). Trikultúras termesztés esetén az öntözés hatására 12 kg ha⁻¹ értékkel növekedtek az öntözetlen kezelésekhez képest a N optimum szélsőértékei (126-156 kg ha⁻¹), míg ugyanez a növekedés P és K esetében 9 kg ha⁻¹ volt.

A 2007. extrém aszályos év sajátosan alakította a trágyaoptimumok szélsőértékeit, és annak szélességét. Monokultúrában a trágyaoptimum-intervallum nagysága öntözés hatására nem változott (30 kg ha⁻¹ N), ugyanakkor 60 kg ha⁻¹-ral magasabb értékekkel határozható meg az optimum-intervallum. A monokultúrában tapasztalt értékekhez képest a bikultúra jelentős szélsőérték és intervallum növekedést mutatott (84-138 kg ha⁻¹ N, 63-103 kg ha⁻¹ P és 63-103 kg ha⁻¹ K). A trikultúrában tapasztalt trágyaoptimum-intervallum hasonlóan alakult, azonban a szélső értékek jóval kisebbek voltak a vizsgált másik két vetésváltási modellhez viszonyítva (36-96 kg ha⁻¹ N, 27-72 kg ha⁻¹ P és 27-72 kg ha⁻¹ K).

A jó vízellátottsági paraméterekkel jellemezhető 2008-ban minden vetésváltási modellben magas trágyaoptimumokat tapasztaltunk. Monokultúrában ez az intervallum 144-180 kg ha⁻¹ N, 108-135 kg ha⁻¹ P és 108-035 kg ha⁻¹ K értékek közé tehető. Bikultúra esetén az intervallum szélesebb lett, de a trágyaoptimum-intervallum szélsőértékei a N esetében monokultúrához képest 36 kg ha⁻¹-os csökkenést mutatattak. Ez az érték P és K esetében 27 kg ha⁻¹. Hasonló tendencia figyelhető meg trikultúras vetésforgóban is.

Pearson-féle korreláció analízissel vizsgáltuk az öntözés és a tápanyagellátás termésre gyakorolt hatását. Az évek egyenkénti elemzése során megállapítható, hogy a trágyázás hatását döntően az elővetemény határozta meg, míg az öntözés hatását az

évjárat befolyásolta. Ezt jól mutatja a monokultúrában számított tápanyagellátás x termés r értékek alakulása, mely szinte minden vizsgált évben – az extrém száraz 2007. év kivételével – szoros pozitív korrelációt mutatott (0,7357-0,9357). A legmagasabb értékek a jó vízellátottságú években adódtak. Az öntözéshatás az aszályos, 2007-ben volt a legnagyobb (0,9051), illetve a szélsőséges csapadékeloszlással jellemezhető 2009-ben tapasztaltunk közepes mértékű öntözéshatást. A monokultúrában több szoros, 0,7 feletti korrelációt tapasztaltunk, mint a bikultúra vetésváltási modellben. Trágyázás tekintetében csak a jó vízellátottságú 2004. évben tapasztaltunk szoros korrelációt (0,7189) bikultúrában. Az öntözés az aszályos 2007. évben markáns hatást gyakorolt a termések alakulására (0,8738). Trikulturá vetésváltási modellben a bikultúrához hasonló összefüggéseket találtunk mind a korreláció irányát, mind erősségét tekintve.

A hat év eredményei alapján *Pearson-féle* korrelációval vizsgáltuk az öntözés hatását a termés x trágya kölcsönhatás mértékére és irányára. Szoros összefüggés adódott monokultúrában mind öntözetlen, mind öntözött körülmények között. Öntözetlenül a 2006-2007. évek kivételével szoros pozitív korrelációt határoztunk meg (0,7636-0,9471). Az öntözés erőteljes hatást gyakorolt a trágya x termés kölcsönhatásra. Minden vizsgált évben erős, pozitív irányú összefüggést tapasztaltunk, a vizsgált évek döntő többségénél ez az érték meghaladta az öntözetlen körülmények között számított értékeket (0,7944-0,9388). Legnagyobb volt a változás mértéke a 2007. évben, amikor az öntözetlen kezelésben számított negatív érték (-0,2354) erős pozitív értéké (0,7944) változott az öntözés hatására. Bikultúra vetésváltási modellben szoros összefüggést csak 2004-ben, az öntözetlen kezelésben kaptunk (0,9163). Trikulturá esetén a monokultúrához képest jelentős mértékben csökkent a termés x trágya kölcsönhatás r értéke minden évben.

A 6 év átlagában vizsgált összefüggések mind az tápanyagellátás, mind az öntözés termésre gyakorolt hatása tekintetében pozitív, ugyanakkor mérsékelt eredményeket mutatnak. A tápanyagellátás vonatkozásában közepes pozitív előjelű korreláció adódott monokultúra esetében (0,4585), míg bi- és trikulturá esetén pozitív előjelű, de gyenge korrelációt tapasztaltunk. Öntözés esetében nem találtunk szorosabb összefüggést a hat év átlagában, ami annak a következménye, hogy a vizsgált évek közül 4 év átlagos, vagy azt meghaladó csapadékoságú volt.

A regisztrált időjárási paraméterek közül mind a csapadék, mind a hőmérséklet befolyásolta a terméseredmények alakulására. Minden vetésváltási modellben a téli és nyári félév csapadéka közepes, pozitív irányú hatást mutatott. A tenyészidőszak

hónapjaiban hullott csapadék közül legnagyobb hatást a termésre a júniusi és júliusi csapadék gyakorolta. A hőmérsékleti paraméterek és a termés összefüggéseinek vizsgálatakor megállapítható, hogy a hőmérsékleti paraméterek kivétel nélkül negatív előjelű összefüggést mutatnak, ami a közvetett hatás, a meleg periódusok általában a vizsgált időszakban szárazsággal jártak együtt.

Kísérleteinkben számszerűsítettük a vizsgált agrotechnikai tényezők termést alakító szerepét a variancia komponensek felosztása alapján. A hat vizsgálati év eredményeit alapul véve megállapítható, hogy a kontroll termések átlaga $6,677 \text{ t ha}^{-1}$ volt, mely a kísérletekben alkalmazott agrotechnikai tényezők hatására $12,994 \text{ t ha}^{-1}$ értékre növekedett. A vizsgált tényezők közül a hat év átlagában legnagyobb hatást ($38\% = 2,398 \text{ t ha}^{-1}$) a trágyázás fejtette ki. Ezt követte a vetésváltás, melynek termést alakító szerepe 28% -ra tehető ($1,742 \text{ t ha}^{-1}$). A következő jelentős faktor az évjárat volt (19%), mely $1,230 \text{ t ha}^{-1}$ befolyásolta a termés mennyiségét. A vizsgált tényezők közül a legkisebb mértékű hatást ($0,947 \text{ t ha}^{-1}$) az öntözés gyakorolta, mely a tényezők közül 15% súllyal befolyásolta a termés alakulását.

7. ÚJ ÉS ÚJSZERŰ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. A növekvő trágyaadagok hatására bekövetkezett abszolút (2,2-4,9 t ha⁻¹) és relatív (33-71 %) termésnövekedés mind öntözött, mind öntözetlen körülmények között legnagyobb volt monokultúra esetében. Lényegesen mérsékeltebb trágyahatást lehetett megállapítani bi- és trikultúra vetésváltásban.
2. A szakszerű öntözéshez ismerni szükséges a termesztési év vízellátottsági viszonyait. Az öntözés hatását a termesztési mód jelentősen befolyásolja. Legnagyobb öntözéshatást száraz évjáratban, monokultúras termesztésben kaptuk (5,9 t ha⁻¹, ill. 222 % terméstöbblet).
3. Az agroökológiai trágyaoptimum intervalluma monokultúras termesztés esetén nőtt öntözés hatására. Bi- és trikultúra vetésváltás mérsékelt csökkenést eredményezett.
4. A tartamkísérletek eredményei azt bizonyítják, hogy a trágyázás hatását döntően a vetésváltás, az öntözés hatását döntően az évjárat határozta meg.
5. Az öntözés erőteljes hatást gyakorolt a trágyázás és a termés mennyiségi összefüggéseire, különösen száraz évjáratban (az öntözetlen kezelésben $r=-0,2354$, az öntözött kezelésben $r=0,7944$ értékek 2007. évben).
6. Az időjárási viszonyok közvetlen és közvetett módon hatnak a kukorica termésére. Legerősebb pozitív korrelációt a június-júliusi csapadék és a termés között lehetett megállapítani. A Pearson-féle korreláció analízis alapján a kukorica termése és a vegetációs periódus hőmérsékleti értékei között negatív összefüggés állapítható meg.
7. A tartamkísérletek a monokultúras kukoricatermesztés termésre gyakorolt negatív és inputnövelő hatását bizonyították. A vizsgált periódusban a variancia komponensek felosztása alapján a termés kialakításában a trágyázás 38 %-kal, a vetésváltás 28 %-kal, az évjárat 19 %-kal, az öntözés 15 %-kal vett részt. A kontroll termésátlagot (6,7 t ha⁻¹) az agrotechnikai tényezők optimalizációjával közel kétszeresére (13,0 t ha⁻¹) lehetett növelni.

8. GYAKORLATBAN HASZNOSÍTHATÓ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. A vetésváltás alapvető agrotechnikai elem a termesztési gyakorlatban. A kukorica maximális termése az évjáratok átlagában monokultúrában $9,2-10,3 \text{ t ha}^{-1}$, bikultúrában $11,1-12,0 \text{ t ha}^{-1}$, trikultúrában $11,0-11,9 \text{ t ha}^{-1}$ (öntözetlen-öntözve) volt. A helyes vetésváltással mérsékelhető a inputfelhasználás.
2. A kukorica agroökológiai trágyaoptimuma csernozjom talajon öntözetlen körülmények között monokultúrában $N_{150}P_{120}K_{120}$, bikultúrában $N_{140}P_{100}K_{100}$, trikultúrában $N_{130}P_{100}K_{100}$ volt. Az öntözés módosította a trágyaoptimumot ($N_{180}P_{140}K_{140}$, $N_{130}P_{100}K_{100}$, $N_{140}P_{110}K_{110}$).
3. A kísérleti eredmények bizonyították a monokultúrás kukoricatermesztés kedvezőtlen hatását. A gyakorlati kényszerítő feltételek miatt alkalmazott monokultúrában az öntözés és a trágyázás termésmenvelő hatása lényegesen nagyobb volt, mint bi- és trikultúrás vetésváltásban.
4. A kukorica ökológiailag érzékeny növény, a csapadék és a hőmérséklet jelentős mértékben befolyásolja a termés nagyságát. Aszályos évjáratban a trágyakezelések és vetésváltási modellek átlaga öntözetlenül $5,7 \text{ t ha}^{-1}$ volt, míg öntözve ez az érték $9,0 \text{ t ha}^{-1}$ -re növekedett. Kedvező vízellátottságú évben, a különböző vetésváltási modellek átlaga $12,9 \text{ t ha}^{-1}$ volt.
5. Intenzív technológiával (optimális vetésváltás, trágyázás, öntözés) a kukorica termése magas szinten ($11-14 \text{ t ha}^{-1}$) tartható csernozjom talajon. Bármely agrotechnikai elem optimum szint alatti biztosítása jelentős termésesökkenést okozhat, melynek mértékét az adott évjárat nagymértékben befolyásolhatja.

IRODALOMJEGYZÉK

1. ANDA A. (1987): A kukorica néhány sugárzás, hő-és vízháztartási komponensének alakulása a N-ellátottság függvényében. *Növénytermelés*, 36. 3. 161-170.
2. ANTAL E. (1968): Az öntözés előrejelzése meteorológiai adatok alapján. Kandidátusi értekezés, Budapest.
3. ANTAL E. - POSZA I. - TÓTH E. (1972): A kukorica öntözésének agrometeorológiai adatai. *Időjárás*, 5–6.
4. ÁRENDÁS T. (2006): Növénytáplálás új szemlélettel. *Gyakorlati Agrofórum*, 17. 12/M. 8-10.
5. ÁRENDÁS T. - SARKADI J. - MOLNÁR O. (1998): Műtrágyahatások kukorica-őszi búza dikultúrában erdőmaradványos csernozjom talajon. *Növénytermelés*, 47. 1. 45-57.
6. BANAJ, D. – KOVACEVIC, V. – SIMIC, M. – STOJIC, B. (2006): Phosphorus impacts on yield and nutritional status of maize. *Cereal Research Communications*, 34. 1. 393-396.
7. BERZSENYI Z. (1993a): A N-műtrágyázás és az évjárat hatása a kukoricahibridek (*Zea mays* L.) szemtermésére és N-műtrágyareakciójára tartamkísérletekben az 1970-1991. években. *Növénytermelés*, 42.1. 49-63.
8. BERZSENYI Z. (1993b): A N-műtrágyázás hatása a kukorica növekedésének és növekedési jellemzőinek dinamikájára eltérő évjáratokban. *Növénytermelés*, 42.5. 457-471.
9. BERZSENYI Z. (1995): A kukoricatermesztési technológiák fenntarthatóságának vizsgálata stabilitásanalízissel tartamkísérletekben. 37. *Georgikon Napok, A fenntartható fejlődés időszerű kérdései a mezőgazdaságban*, Keszthely, 27-36.
10. BERZSENYI Z. - GYÖRFFY B. (1995): Különböző növénytermesztési tényezők hatása a kukorica termésére és termésstabilitására. *Növénytermelés*, 44. 5-6. 507-517.
11. BERZSENYI Z. - GYÖRFFY B. (1997): Az istállótrágya és a műtrágya hatása a kukorica (*Zea mays* L.) termésére és termésstabilitására monokultúrában tartamkísérletben. *Növénytermelés*, 46. 5. 509-527.

12. BERZSENYI Z. - LAP D. Q. - MICSKEI GY. - TAKÁCS N. (2005): Kukoricaszár és N-műtrágyázás hatása a kukorica (*Zea mays* L.) termésére és termésstabilitására monokultúrás tartamkísérletben. *Növénytermelés*, 2005. 54. 5-6. 433-446.
13. BERZSENYI, Z. - LAP, D. Q. (2006): Use of various functions to analyse the fertilizer responses of maize (*Zea mays* L.) hybrids in long-term experiments. *Acta Agronomica Hungarica*, 2006. 54. (1). 1-14.
14. BLASKÓ L. – ZSIGRAI GY. (2000): A műtrágyázás hatása a kukorica termésére és néhány talajjellemzőre réti csernozjom talajon. *Gyakorlati Agrofórum*, 11. 3. 48-50.
15. BOCZ E. (1962): A kukorica több évtizedes termésének elemzése két éghajlati tényező alapján Mezőhegyes és Bábolna nagyüzemi termelési viszonyai között. [In: I'SÓ I. (Szerk.): *Kukoricatermesztési kísérletek 1958-60*. Akadémiai Kiadó, Budapest.] 50-57.
16. BOCZ E. (1974): A szántóföldi növények hazai trágyázásának irányelvei. Debrecen. 65-77.
17. BOCZ E. (1976): *Trágyázási útmutató*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 257.
18. BOCZ E. - NAGY J. (1981): A kukorica víz- és tápanyagellátásának optimalizálása és hatása a termés tömegére. *Növénytermelés*. 30. 6. 539-549.
19. BOCZ, E. (1984): Az 1983-as aszály mértéke és az aszálykárok kivédhetőségeinek határai. DATE, Debrecen
20. BOCZ, E. (1995): A fenntartható fejlődés időszerű kérdései. 37. Georgikon Napok, A fenntartható fejlődés időszerű kérdései a mezőgazdaságban, Keszthely, 1-20.
21. BREITSCHUH, J.(1985): Erhoelung der Wasserausnutzung im Boden und durch die Pflanze zur Steigerung und Stabilisierung der Ertraege in der Pflanzenproduktion. Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR, Jena
22. CARREKER, J.R. - ADAMES, W.E. – MORRIS, H.D. (1972): Corn yields in relation to rainfall and cropping treatments. *Journal of Soil Water Conservation*, 27.117-120.
23. COLLINS, H. P. (1992): Crop rotation and residue management effects on soil carbon and microbial dynamics. *Soil Science Society of America journal*, 1992. 5-6. 783-788.

24. COPELAND, P.J. - ALLMARAS, R.R. - CROOKSTON, R.K. - NELSON, W.W. (1993): Corn-soybean rotation effects on soil water depletion. *Agronomy Journal*, 85. 2. 203-211.
25. CSAJBÓK J. (2000): A termesztési tényezők és a produkció összefüggései kukoricában. In: *Az agrár-termékpiacon és környezetük. XLII. Georgikon Napok Veszprémi Egyetem Georgikon MTK*, 231-235.
26. CSATHÓ P. (1989): A foszforellátottság hatása az őszi búza termésingadozására monokultúrában. *Búzanemesítési és-termesztési Ifj. Tud. Konf. Martonvásár*, 16-18.
27. CSATHÓ P. - LÁSZTITY B. - SARKADI J. (1991): Az évjárat hatása a kukorica termésére és terméselemeire P-műtrágyázási tartamkísérletben. *Növénytermelés*, 40. 4. 339-351.
28. CSATHÓ P. (1992): K és P hatások kukoricában meszes csernozjom talajon. *Agrokémia és Talajtan*, 41. 3-4. 241-261.
29. CSATHÓ P. (1997): Összefüggés a talaj K-ellátottsága és a kukorica, őszi búza és lucerna K-hatások között a hazai szántóföldi kísérletekben, 1960-1990. *Agrokémia és talajtan*, 46. 1-4. 327-346.
30. CSELŐTEI L. (1978): Új irányok és feladatok a növények vízellátásában. *MTA Agrártudományi Közlemények* 37. 45-47.
31. CSELŐTEI L. - HARNOS ZS. (1996): Éghajlat, Időjárás, aszály. II. Az aszály enyhítésének lehetőségei. *Akadémiai Kiadó, Budapest*.
32. DALE, R. F. - DANIELS, J. A. (1995): A weather-soil variable for estimating soil moisture stress and corn yield probabilities. *Agronomy Journal*, 87. 1115-1121.
33. DEBRECZENI B. (1970): Az öntözött talajok tápanyagforgalma és a műtrágyázás. *MTA Agrártudományi Közlemények*. 29. 117-127.
34. DEBRECZENI B. (1973): A tápanyag- és vízellátás főbb összefüggéseinek agrokémiai vonatkozásai. *Doktori értekezés, Gödöllő*.
35. DEBRECZENI B. (1976): Műtrágyázás és öntözés. *MTA Agrártudományi Közlemények*. 35. 1-3. 175-181.
36. DEBRECZENI B. - DEBRECZENI B.-NÉ (1983): A tápanyag- és a vízellátás kapcsolata. *Mezőgazdasági Kiadó, Budapest*.
37. DEBRECZENI B. (1990): Kálium a növénytermesztésben. *Magyar Mezőgazdaság*. 45. 21. 10.

38. DEBRECZENI B. - DVORACSEK M. (1994): Az előveteményhatás - vetésváltás jelentősége. Trágyázási kutatások 1960-1990, Akadémiai Kiadó, Budapest, 285-309.
39. DEBRECZENI B.-NÉ (1964): A műtrágyák gazdaságos adagjának és arányának vizsgálata öntözött talajokon. Időszerű öntözési kutatások. Vituki, 99–100.
40. DEBRECZENI B.-NÉ (1969): Adatok a kukorica vízháztartásának kérdéseire. [In: I'só I. (szerk.): Kukoricatermesztési kísérletek 1965–1968. Akadémiai Kiadó, Budapest] 433–439.
41. DEBRECZENI B.-NÉ (1985): Víz- és tápanyagellátás hatása a kukorica transzspirációjára és tápanyagfelvételére. Öntözéses Gazdálkodás. 3. 2. 129–149.
42. DEBRECZENI, K. - BERECZ, K. - KISMÁNYOKY, T. (2004): Relationship between rainfall and fertilization in long-term field experiments. Proceedings of the III. Alps-Adria Scientific workshop, Dubrivnik. 249-253.
43. DEBRECZENI, K. – HOFFMANN, S. – BERECZ, K. (2006): Seasonal effects on grain yield of long-term plant nutrition experiments at Keszthely, Hungary. Cereal Research Communications. 34. 1. 151-154.
44. DEZSŐ GY. - MARTIN B. (1985): Azonos vetésszerkezetű, de eltérő növényi sorrendű vetésforgóban termesztett búza műtrágyázásának vizsgálata. [In: BAJAI, J. - KOLTAY, Á.(szerk.): Búzatermesztési kísérletek 1970-1980, Akadémiai Kiadó. Budapest.] 417-423.
45. DOBOS A. - NAGY J. (1998): Az évjárat és a műtrágyázás hatása a kukorica (*Zea mays* L.) szárazanyag termelésére. Növénytermelés, 47. 5. 513-524.
46. DOBOS A. - NAGY J. (2003): Az MV 484 SC hibrid vízleadás dinamikájának vizsgálata. [In: MARTON L. CS.-ÁRENDÁS T.(szerk.): 50 éves a magyar hibridkukorica. Magyar Tudományos Akadémia Mezőgazdasági Kutatóintézete, Martonvásár.] 105-111.
47. DUMANOVIC, Z. – VIDENOVIC, Z. – VASIC, G. (1996): The effect of meteorological conditions on maize yield. ESA 4th Congress, Book of abstracts, 26-27.
48. EL-HATTAB A.H. - GHEITHE E.N.S. (1984): Response of corn (*Zea mays* L.) to nitrogen and zinc fertilization as soil application. Landwirtschaft Veterinärmed, 22. 3. 255-261.

49. GYÖRFFY B. - I'SÓ I. - BÖLÖNI I. (1965): Kukoricatermesztés. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 411.
50. GYÖRFFY B. - I'SÓ I. (1966): A kukorica. [In: LÁNG G.(szerk.): A növénytermesztés kézikönyve 1. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.] 190-279.
51. GYÖRFFY B. (1975): Vetésforgó-, vetésváltás-, monokultúra. MTA Agrártudományi Közlemények. 34. 61-81.
52. GYÖRFFY B. (1979): Istálló- és műtrágya hatásának értékelése vetésforgóban a hatóanyag-azonosság elve alapján. [In: Bajai J. (szerk.): Kukoricatermesztési kísérletek 1968-1974. Akadémiai Kiadó, Budapest.] 291-300.
53. GYÖRFFY B. - BERZSENYI, Z. (1992): Martonvásári vetésforgó kísérlet 30 éves termésadatának összesítése 1961-1990. MTA Mezőgazdasági Kutatóintézetének és Kísérleti Gazdaságának Közleményei, 16.
54. GYURICZA CS. (2005): Agrotechnikai válaszok az időjárási szélsőségekre. Agro Napló. 9. 5. 15-17.
55. HAMMEL, J.E. (1995): Long-term tillage and crop rotation effects on winter wheat production. Agronomy Journal, 87. 1. 16-21.
56. HANK O. - FRANK M. (1951): Összefüggés a talaj tápanyag-ellátás és a vízfogyasztás között egyes gazdasági növényeknél. ÖKI Évkönyv.2. Szarvas, 219-230.
57. HANWAY, J.J. – RUSSEL, W.A. (1969): Dry-matter accumulations in corn (*Zea mays* L.) plants: Comparisons among singlecross hybrids. Agronomy Journal. 61. 947-951.
58. HARMATI I. (1981): A kukoricaöntözés hatékonyságának növelési lehetőségei. Tudomány és Mezőgazdaság. 19. 45-50.
59. HARMATI I. (1984): Vízkészletek – termésátlagok. Magyar Mezőgazdaság. 39. 19. 10.
60. HARMATI I. (1995): A kukorica nitrogén és foszfor műtrágyázása meszes réti talajon. Agrokémia és Talajtan, 44. 31-39.
61. HAVLIN, J.L. (1990): Crop rotation and tillage effects on soil organic carbon and nitrogen. Soil Science Society of America Journal, 54. 2. 448-452.
62. HOFFMANN, S. – CSITÁRI, G. – BANKÓ, L. – BALÁZS, J. (2006): Soil fertility characteristics due to different organic and mineral fertilization. Cereal Research Communications. 34. 1. 203-206.

63. HUZSVAI L. (2005): Az időjárás hatása a kukorica termésére és a műtrágyázás hatékonyságára. [In: NAGY J. (szerk.): Kukorica hibridek adaptációs képessége és termésbiztonsága. Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum, Debrecen.] 115-126.
64. I'SÓ I. (1966): Tenyészterület- és műtrágyázási faktoriális kísérletek különböző tenyészidejű hibridekkel. [In: I'SÓ I. (szerk.): Kukoricatermesztési kísérletek 1961-64. Akadémiai Kiadó, Budapest.] 261-274.
65. IZSÁKI, Z. (2005): Limit value of nutritional status of maize (*Zea mays* L.) for plant analysis. *Cereal Research Communications*. 33. 1. 101-104.
66. JAKAB P. (1998): A kukoricahibridek termőképességének és trágyareakciójának vizsgálata réti talajon. Diplomadolgozat. DATE Mezőgazdaságtudományi Kar, Növénytermesztési- és Földműveléstani Tanszék, Debrecen 57.
67. JAYNES, D. B. – COLVIN, T. S. (2006): Corn yield and nitrate loss in subsurface drainage from midseason nitrogen fertilizer application. *Agronomy Journal*, 98. 1479-1487.
68. JENEY CS. - ÁNGYÁN J. - MENYHÉRT Z. - VARGA A (1985): A kukoricatermesztést befolyásoló fontosabb klímajellemzők területi eloszlása Magyarországon. *Növénytermelés*, 34. 1. 21-32.
69. JOLÁNKAI M. (2009): Aszály és szárazodás Magyarországon. *Agrofórum*, 20. 10. 5-6.
70. JORGJ, K.V. - KRISTO, I.L. (1994): The influence of crop rotation on the chlorophyll content and leaf area index in the maize crop. 3rd Congress of the ESA, Proceedings, Abano-Padova, 708-709.
71. JOVANOVIĆ, Z. – TOLIMIR, M. – DLOVIĆ, I. – CVIJOVIĆ, M. (2007): Influences of growing system and NPK-fertilization on maize yield on pseudogley of Central Serbia. *Cereal Research Communications*, 35. 2. 1329-1332.
72. KÁDÁR I. (1987): A kukorica ásványi tápanyagellátása. *Növénytermelés*, 36. 1. 57-66.
73. KÁDÁR I. (2000): A kukorica tápelem-felvétele és trágyaigénye. *Gyakorlati agrofórum*, 11. 3. 41-43.

74. KÁDÁR I. - GULYÁS F. - GÁSPÁR L. - ZILAHY P. (2000): A kukorica (*Zea mays* L.) ásványi táplálása meszes csernozjom talajon I. Növénytermelés, 49. 4. 371-388.
75. KADLICKÓ B. - KRISZTIÁN J. - HOLLÓ S. (1988): Kálium műtrágyázási kísérletek eredményei barna erdőtalajokon. Növénytermelés, 37. 1. 43-52.
76. KÁPOSZTA J. (1974): Az őszi és tavaszi szántás, valamint a direkt vetés hatása a kukoricatermesztésben. Talajtermékenység, 5. 19-32.
77. KARIM, J. – IZHARUL, H. – ADBUL, B. (2006): Effect of time and levels of potassium application on the yield and yield components of maize. Sarhad Journal of Agriculture, 22. 2. 271-275.
78. KARKI, T. B. – ASHOK, K. – GAUTAM, R. C. (2005): Influence of integrated nutrient management on growth, yield, content and uptake of nutrients and soil fertility status in maize (*Zea mays*). Indian Journal of Agricultural Sciences, 75. 10. 682-685.
79. KEMENESY E. (1959): Talajerőgazdálkodás. Akadémiai Kiadó, Budapest.
80. KEMENESY E. (1961): Vetésforgó és talajerőgazdálkodás. Növénytermelés, 10. 3-11.
81. KHAN, I. A. – SHER, A. – JAN, N. E. (2006): Maize yield as affected by fertilizer split doses and different application methods under agroclimatic conditions of northern areas of Pakistan. Sarhad Journal of Agriculture, 22. 1. 99-103.
82. KISMÁNYOKI T. – DEBRECZENI K. (2002): A búza és kukorica műtrágyázásának tapasztalatai az országos műtrágyázási tartamkísérletekben. MTA MTB II. Növénytermesztési Tudományos Nap [In: PEPÓ P. – JOLÁNKAI M. (szerk): Integrációs feladatok a hazai növénytermesztésben. Akadémia Kiadó. Budapest.] 133-137.
83. KOMLJENOVIC, I. – MARKOVIC, M. – TODOROVIC, J. – CVIJOVIC, M. (2006): Influences of fertilization by phosphorus on yield and nutritional status of maize in Potkozarje area. Cereal Research Communications, 34. 1. 549-552.
84. KOVACEVIC, V. (2004): Precipitation influences on maize yields in eastern Croatia. Proceedings of the III. Alps-Adria Scientific Workshop. Dubrivnik. 295-299.
85. KOVÁCS GY. (1982): A kukorica víz- és tápanyag-dinamikájának kritikus ökofiziológiai kapcsolata. Növénytermelés, 31. 4. 355-365.

86. KOVÁCS K. (1994): A műtrágyázás és kémiai növényvédelem hatása az őszi búza és a kukorica szemtermésének minőségére. [In: Debreczeni B- Debreczeni B.-né (szerk.): Trágyázási Kutatások 1960-1990. Akadémiai Kiadó, Budapest.] 65-73.
87. KÖNNECKE G. (1969): Vetésforgók. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
88. KRISZTIÁN J. - KADLICKÓ B. - HOLLÓ S. (1989): A káliumtrágya hasznosulása észak-magyarországi csernozjom barna erdőtalajon és agyagbemosódásos barna erdőtalajon. Agrokémia és Talajtan, 38. 2. 89-92.
89. KRISZTIÁN J. - HOLLÓ S. (1992): Periodikus foszfor műtrágyázás. Növénytermelés, 41. 2. 141-148.
90. KRISZTIÁN J. - HOLLÓ S. (1997): Vetésforgó (vetésváltás). Kevesebb műtrágyázás több termés. Gyakorlati Agrofórum, 8. 5. 8-9.
91. LAJKÓ Á. (2007): Esélyek és lehetőségek az aszálykárok mérséklésére. Agrofórum, 18. 11./M. 3-8.
92. LÁNG G. (1966): Tenyésztésterület- és műtrágyázási kísérletek Mv5 hibridkukoricával. [In: I'SÓ I. (szerk.): Kukoricatermesztési kísérletek 1961-64. Akadémiai Kiadó, Budapest.] 282-293.
93. LÁNG G. (1976): Szántóföldi növénytermelés. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 140-155
94. LÁSZTITY B. – BICZÓK GY. – ELEK É. – RUDA M. (1985): A műtrágyázás hatása a kukorica fejlődésére és tápanyagforgalmára, II. Tápelemfelvétel. Agrokémia és talajtan, 34. 3-4. 405-420.
95. LÁSZTITY B. - CSATHÓ P. (1994): A tartós NPK-műtrágyázás hatásának vizsgálata búza-kukorica dikultúrában. Növénytermelés, 43. 2. 157-167.
96. LÁSZTITY B. - CSATHÓ P. (1995): NPK-műtrágyázás hatásának vizsgálata tartamkísérletben mezőföldi csernozjom talajon. Agrokémia és Talajtan, 44. 1-2. 47-60.
97. LAZÁNYI J. (1997): Fenntartható talajhasználat a Nyírségben a Westsik vetésforgó kísérlet tapasztalatai alapján. Tessedik Sámuel Tiszántúli Mezőgazdasági Tudományos Napok. DATE, 58-59.
98. LELKES J. (2003): Öntözni csak precíziós módszerekkel érdemes. Agrofórum, 14. 7. 6-8.

99. LIANG, B. C. - MACKENZIE, A. F. - KIRBY, P. C. - REMILLARD, M. (1991): Corn production in relation to water inputs and heat units. *Agronomy Journal*, 83. 794-799.
100. LOCH J. - NOSTICZIUS Á. (1983): *Alkalmazott kémia*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
101. LOCH J. (1992): Foszfortrágyázás. [In: LOCH-J.-NOSTICZIUS Á. (szerk.): *Agrokémia és növényvédelmi kémia*. Mezőgazda Kiadó, Budapest.] 182-184.
102. LOCH J. (1999): A trágyázás agrokémiai alapjai. [In: FÜLEKY GY. (szerk.): *Tápanyag-gazdálkodás*. Mezőgazda Kiadó, Budapest.] 228-268.
103. LOCH J. (2004): *Agrokémia* [In: LOCH J. – NOSTICZIUS Á. (szerk.): *Agrokémia és növényvédelmi kémia*. Mezőgazda Kiadó, Budapest.] 15-207.
104. MARINOV, M. (1985): Vlijanie na mnogo godisnoto szisztemo torene sz foszforen tor varhu domiva ot pšenica i carevica. *Rasztenivadni Nauki*, Szófia, 22. 2. 11-17.
105. MARTON L. CS. - ÁRENDÁS T. - BÓNIS P. - NAGY J. - BERZSENYI Z. (2005): A vízellátás hatása a különböző tenyészedejű kukorica hibridek agronómiai tulajdonságaira. „Agro-21” Füzetek. *Klíma-változás-Hatások-Válaszok*, 41. 95-101.
106. MEGYES A. - NAGY J. - RÁTONYI T. - HUZSVAI L. (2005): Öntözés és a műtrágyázás hatása a kukorica (*Zea mays* L.) termésére tartamkísérletben. [In: NAGY J. (szerk.): *Kukorica hibridek adaptációs képessége és terméshatása*. Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum, Debrecen.] 147-155.
107. MENYHÉRT Z. (1979): *Kukoricáról termelőknél*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 258.
108. MOLNÁR K. (1996): Hazai csapadék-változások. *Természettudományi Közlemények*, 127. I. különszám. 66-68.
109. NAGY J. - ZEKE É. (1981): A kukoricaszemek vízleadásának vizsgálata. I. A műtrágyázás hatása a szemnedvességre. *Növénytermelés*, 30. 529-538.
110. NAGY J. (1986): Összefüggés a kukorica-hibridek öntözése, tápanyagellátása és a terméseredménye között. *DATE Tudományos Közleményei*. 26. Debrecen. 187-201.
111. NAGY, J. (1994): The effect of fertilization and irrigation on the yield of maize (*Zea mays* L.) hybrids with various genotypes. [In: Ittersum, M. K. - Venner, G.

- E. - Geijn, S. C. - Jetten, T. H. (eds.): 3rd Congress of the European Society for Agronomy]. Padova, 421–440.
112. NAGY J. (1995): A műtrágyázás hatásának értékelése a kukorica (*Zea mays* L.) termésére eltérő évjáratokban. *Növénytermelés*, 44. 5-6. 493-506.
113. NAGY J.-HUZSVAI L. (1995): Az évjárat hatás értékelése a kukorica (*Zea mays* L.) termésére. *Növénytermelés*. Budapest. Tom. 44. No. 4. 385-393. p.
114. NAGY J. (1996): A talajművelés és a műtrágyázás hatásának értékelése a kukorica (*Zea mays* L.) termésére. *Agrokémia és Talajtan*, 45. 1/2. 113-124.
115. NAGY J. - MEGYES A. (2005): Tápanyag-utánpótlás a kukoricatermesztésben mészlepedékes csernozjom talajon. *Agrofórum*, 16. 3. 14-16.
116. NAGY J. (2007): *Kukoricatermesztés*. Akadémiai Kiadó, Budapest. 369-393.
117. NAGYVÁTHY J. (1821): *Magyar practicus termesztő*. Pest
118. NÉMETH T. - BÚZÁS I. (1991): Nitrogéntrágyázási tartamkísérlet humuszos homok- és mészlepedékes csernozjom talajon. *Agrokémiai és Talajtan*, 40. 399-408.
119. NIKOLOV E. - SZTAMBOLIEV M. (1975): A karbonátos csernozjomon termesztett kukorica trágyázásáról és mikroelem tartalmáról. *Roszt, Nauki*. 12. 82-91.
120. NIKOLOVA, M. – PCSELAROVA, H. (1989): *Izsledovanija v' rhu uszovojanet na kalija podornija pocsven szloj. Pocsvoznaniye i Agrohimiye*, Szófia, 24. 5. 58-62.
121. PEKÁRY K. (1969): N-P-K-műtrágyaadagolási kísérletek kukoricával két északkelet-magyarországi termőhelyen. [In: I'só I. (szerk.): *Kukoricatermesztési kísérletek 1965-1968*. Akadémiai Kiadó, Budapest.] 186-201.
122. PEPÓ, P. - NAGY, J. (1997): Plant nutrition system of cereals in their sustainable crop production. *British-Hungarian Seminar on Long-Term Trials for Sustainable Land Use, Crop Management and Plant Nutrition*. Debrecen. [In: *Agrokémia és Talajtan* 46.] 113-126.
123. PEPÓ P. (2000): Új lehetőség a kukorica trágyázásában. *Gyakorlati Agrofórum*, 11. 3. 62-65.
124. PEPÓ P. - RUZSÁNYI L. - KISS I.-NÉ. (2000): A kukorica hibridspecifikus trágyázása. *Gyakorlati Agrofórum*, 11. 3. 51-52.
125. PEPÓ P. (2001): A genotípus és a vetésváltás szerepe a kukorica tápanyagellátásában csernozjom talajon. *Növénytermelés*, 50. 2-3. 189-202.

126. PEPÓ P. (2002): Az őszi búza fajtaspecifikus tápanyagellátása csernozjom talajon. [In: PEPÓ P. - JOLÁNKAI M. (szerk.): Integrációs feladatok a hazai növénytermesztésben. MTA, Budapest.] 105-110.
127. PEPÓ P. - SZABÓ P. - ALBRECHT L. (2002): Az állománysűrűség szerepe a fajtaspecifikus kukoricatermesztésben. Gyakorlati Agroforum, 13. 3. 34-36.
128. PEPÓ P. (2005): A globális klímaváltozás hatásai és válaszai a Tiszántúl szántóföldi növénytermelésében. „Agro-21” Füzetek, Klímaváltozás-Hatások-Válaszok. 41. 59-65.
129. PEPÓ P. (2006): Fejlesztési alternatívák a magyar kukoricatermesztésben. Gyakorlati agroforum extra 13., 7-11.
130. PEPÓ P. - VAD A. - BERÉNYI S. (2006): Néhány agrotechnikai tényező hatása a kukorica termésmennyiségére. Gyakorlati Agroforum Extra 13., 33-35.
131. PEPÓ P. (2007): A klímaátalakulás kedvezőtlen hatásai és az alkalmazkodás termesztéstechnológiai elemei a szántóföldi növénytermesztésben. Agroforum, 18. 11./M. 17-26.
132. PEPÓ P. - ZSOMBIK L. - VAD A. - BERÉNYI S. (2007): A kritikus agrotechnikai tényezők elemzése a kukoricatermesztésben. Agroforum Extra 17, 5-6.
133. PETRASOVITS I. (1967): Az öntözővízigény megállapításainak problémái. Hidrológiai Közlemények, 47. 10. 456–461.
134. PETRASOVITS I. (1969): Új gyakorlati módszer az öntözött szántóföldi növényállományok evapotranszpirációjának számításához. Öntözéses gazdálkodás. 7. 1. 3–17.
135. PETRÓCZKI I. (2009): Vetésszerkezet és energiatakarékosság. Agroforum, 20. 11. 14-17.
136. PIERCE, F.J. (1988): Crop rotation and its impact on efficiency of water and nitrogen use. American Society of Agronomy, 51. 21-42.
137. PINTÉR L. - SZIRBIK M. (1977): A kukorica (*Zea mays* L.) hibridek alkalmazkodóképességének vizsgálata. Növénytermelés, 26. 6. 433-442.
138. PINTÉR L. (1979): Kukorica (*Zea mays* L.) hibridek alkalmazkodóképességének alakulása hazai ökológiai viszonyok között. Növénytermelés, 28. 3. 213-216.

139. POKOVAI K. – KOVÁCS G. – NAGY J. (2003): A foszforellátottság hatásának vizsgálata a kukorica (*Zea mays* L.) fejlődésére. Agrártudományi Közlemények. 2003/10. 171-173.
140. POSGAY E. (1968): Az öntözés időpontjának és normájának meghatározása. Öntözéses Gazdálkodás, 2. 27–38.
141. POSGAY E. (1983): A vízellátás és a termés közötti kapcsolat az öntözéses növénytermesztésben. V. A vízhiány és az öntözés jelzése szimulátorral. Növénytermelés, 32. 4. 339–346.
142. POSZA I. (1979): Az időjárás és az öntözés hatása a műtrágya érvényesülésére. [In: Bajai J. (szerk.): Kukoricatermesztési kísérletek 1968-1974. Akadémiai Kiadó, Budapest]. 375-384.
143. PRETTENHOFFER I. (1952): Különböző irányú műtrágyázási kísérletek eredményei. Agrokémia és Talajtan, 1. 2. 447-458.
144. PROKSZÁNÉ P. ZS. - SZÉLL E. - KOVÁCSNÉ K. M. (1995): N-műtrágyázás hatása a kukorica (*Zea mays* L.) termésére és néhány beltartalmi mutatójára eltérő évjáratokban réti öntés talajon. Növénytermelés, 44. 1. 37-38.
145. RAIMBAULT, B.A. (1991): Crop rotation and tillage effects on corn growth and soil structural stability. Agronomy Journal, 83. 6. 979-985.
146. RUZSÁNYI L. (1973): A műtrágyázás hatása egyes szántóföldi növények vízfogyasztására vízhasznosítására. Növénytermelés, 23. 3. 249-258.
147. RUZSÁNYI L. (1984): A nedvességkészlet változása a gyökérszóna eltérő rétegében. Tessedik Sámuel Tiszántúli Mezőgazdasági Tudományos Napok. DATE. 90-92.
148. RUZSÁNYI L. (1987): Agrotechnika a kukoricatermesztésben. Magyar Mezőgazdaság, 42. 18. 8-9.
149. RUZSÁNYI L. - PETŐ K. (1990): Talajnedvesség és annak hasznosulása eltérő termesztési feltételek mellett. Tessedik Sámuel Tiszántúli Mezőgazdasági Tudományos Napok. DATE 181-182.
150. RUZSÁNYI L. (1991): A növények elővetemény-hatásának értékelése vízháztartási szempontból. Növénytermelés, 40. 1. 71-78.
151. RUZSÁNYI L. (1992a): A N-műtrágyázás hatása a termésre és a talajszelvény nitrátosodására. Növénytermelés, 41. 497-510.
152. RUZSÁNYI L. (1992b): A főbb növénytermesztési tényezők és a vízellátás kölcsönhatásai. MTA Doktori értekezés. Debrecen.

153. RUZSÁNYI L. (1992c): Vízigény, vízellátás, vízhasznosítás. [In: Bocz E. (szerk.): Szántóföldi növénytermesztés. Mezőgazda Kiadó, Budapest]. 145-160.
154. RUZSÁNYI L. - PETŐ K. (1993): A vetésváltás és a műtrágyázás hatása a talajnedvességre. Növénytermelés, 42. 1. 85-94.
155. RUZSÁNYI, L. - PEPÓ, P. - SÁRVÁRI, M. (1994): Evaluation of major agrotechnical factors in sustainable crop production. Agrokémia és Talajtan, 43. 3-4. 335-343.
156. RUZSÁNYI L. (2000): Hidrometeorológiai szélsőségek növénytermesztési értékelése. [In: NAGY J. - PEPÓ P. (szerk.): Talaj, növény és környezet kölcsönhatásai. IV. Nemzetközi Tudományos Szeminárium. DE ATC, Debrecen]. 145-161.
157. RUZSÁNYI L. - DARÓCZI M. - LESZNYÁK M.-NÉ (2000): Energia- és költségtakarékosság lehetőségei, módjai a kukoricatermesztésben. Gyakorlati Agrofórum, 11. 3. 55-56.
158. SÁRVÁRI M. (1986): A vetésváltás és a tápanyagellátás hatása a búza és a kukorica termésátlagára. Kandidátusi értekezés, DATE. 108.
159. SÁRVÁRI M. (1993): A műtrágyázás hatása a kukorica termésére és minőségére. Kutatási jelentés. DATE, Növénytermesztéstani Tanszék, 1-70.
160. SÁRVÁRI M. (1995): A kukoricahibridek termőképessége és trágyareakciója réti talajon. Növénytermelés, 44. 2. 184-190.
161. SÁRVÁRI M. - SZABÓ P. (1996): Összefüggés a kukoricahibridek tápanyagreakciója és termőképessége között. DATE Tudományos Közleményei, 37. 165-175.
162. SÁRVÁRI M. - SZABÓ P. (1998): A termelési tényezők hatása a kukorica termésére. Növénytermelés, 47. 2. 213–221.
163. SÁRVÁRI M. (1999): Ökológiai tényezők hatása az eltérő genetikai adottságú kukoricahibridek termésére és minőségére. [In: RUZSÁNYI L. - LESZNYÁK M.-NÉ - JÁVOR A. (szerk.): Tiszántúli Mezőgazdasági Tudományos Napok. DATE, Debrecen]. 97-103.
164. SÁRVÁRI M. (2000): Fajtaspecifikus kukoricatermesztési technológiák fejlesztése. Gyakorlati Agrofórum, 11. 3. 53-55.
165. SÁRVÁRI M. - JAKAB P. (2000): Fajtaspecifikus kukoricatermesztési technológiák 1. Agrárius Regionális Agrárinformációs Havi, 2000/3 10-11.

166. SÁRVÁRI M. (2001): A termesztési tényezők hatása a kukorica hibridek termésére. Habilitációs eljárás tézisei, 29.
167. SÁRVÁRI, M. (2004a): Determining elements of variety-specific maize production technology. Proceedings of the III. Alps-Adria Scientific Workshop. Dubrovnik, 173-177.
168. SÁRVÁRI M. (2004b): Új módszerek és eljárások a kukoricatermesztésben. Agro napló. Országos Mezőgazdasági Szaklap, 8. 04. 13-15.
169. SÁRVÁRI M. (2005): A modern növénytermesztést szolgáló hibridspecifikus kukoricatermesztési technológiák fejlesztése. [In: PEPÓ P. (szerk.): Korszakváltás a hazai mezőgazdaságban. A modern növénytermesztés alapjai. Debrecen]. 200-207.
170. SÁRVÁRI M. (2006): A vetésváltás és a tőszám hatása a kukoricahibridek termésére. [In: PEPÓ P.-VLADIMIR P. (szerk.): A racionális vetésforgók meghatározása a fenntartható növénytermesztésben. Szlovák-magyar projekt kiadvány]. 25-45.
171. SÁRVÁRI, M. - EL HALLOF, N. (2006): Effect of crop rotation and nutrient supply on the yield of maize. In: Cereal research Communications, 34. 1. 645-648.
172. SÁRVÁRI M. - EL HALLOF N. - MOLNÁR ZS. (2006): A kukorica termesztése. Őstermelő, 2006/2. 60-62.
173. SÁRVÁRI M. - EL-HALLOF N. - MOLNÁR ZS. (2008): A klimatikus tényezők és változásuk hatása a kukoricatermesztés biztonságára. Agrofórum Extra 22, 8-12.
174. SÁRVÁRI M. - BOROS B. (2009): A kukorica hibridspecifikus trágyázása és optimális tőszáma. Agrofórum Extra 27, 40-45.
175. SHAPIRO, A. C. – WORTMANN, S. C. (2006): Corn response to nitrogen rate, row spacing, and plant density in Eastern Nebraska. Agronomy Journal, 98. 529-535.
176. SLYUDEEV, Y. A. (2003): Productivity of maize hybrids at various stand density and fertilizer input on leached chernozem soils of Ryazan region. Kukuruza i Sorgo. 2003. 4. 6-8.
177. SVECNJAK, Z. – VARGA, B. – POSPISIL, A. – JUKIC, Z. - LETO J. (2004): Maize hybrid performance as affected by production system in Croatia. Bodenkultur, 55. 1. 37-44.

178. SZALAI I. (1994): A növények élete. JATE Press, Szeged
179. SZALÓKI S. (1987): Az öntözés hatékonysága és az azt befolyásoló tényezők. II. Nemzetközi növénytermesztési szimpózium. Debrecen - Nádudvar, 135.
180. SZALÓKI S. (1989): A növények vízigénye, vízhasznosítása és öntözővíz-szükséglete. [In: Szalai Gy. (szerk.): Az öntözés gyakorlati kézikönyve. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest]. 100-154.
181. SZALÓKI S. – SZALÓKINÉ Z. I. (2006): Fenntartható tápanyag-gazdálkodás egyszerűen és takarékosan. Gyakorlati Agroforum. 17. 3. 11-12.
182. SZÁSZ G. (1968): A kukorica- és lucernaállomány nyári vízfogyasztásának meteorológiai vizsgálata. Növénytermelés, 17. 2. 129–138.
183. SZÁSZ G. (1988): Agrometeorológia. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 458.
184. SZÁSZ G. (1998): A természetes vízhasznosulás agrometeorológiai vizsgálatának eredményei. Növénytermelés, 47. 3. 289-300.
185. SZÁSZ G. (2000): A termesztett növények természetes vízhasznosulásának trendje Magyarországon a XX. században. [In: NAGY J. - PEPÓ P. (szerk.): Talaj, növény és környezet kölcsönhatásai. IV. Nemzetközi Tudományos Szeminárium 2000. DE ATC, Debrecen.] 176-186.
186. SZÉLL E. - KOVÁCSNÉ KOMLÓS M. (1993): Hozzászólás a „Tápanyagok nélkül?” című riporthoz. Agroforum, 4. 9. 23-25.
187. SZÉLL E. (2001). A kukoricabogár elleni védekezés lehetőségei. Magyar mezőgazdaság, 56. 48. 12-13.
188. SZÉLL E. (2002): A kukorica monokultúrás termesztésének hátrányai. Magyar mezőgazdaság, „Növények védelme” Melléklet. 22-23.
189. SZÉLL E. - HATALÁNÉ ZS. I. (2003): Figyelmünk középpontjában az amerikai kukoricabogár.
<http://www.agrarkamara.bekescsaba.hu/gtars/vii9/2021.html> 2005. 07. 12.
190. SZÉLL E. - MAKHAJDA J. (2004): Kukorica termesztési kutatások. [In: SÁGI F. (szerk.): A nyolcadik évtizedben.... Agroinform Kiadó, Budapest]. 263-266.
191. SZÉLL E. - MAKHAJDA J. - DEMETER E. (2004): A vetésváltás szükségessége, és hatása a kukoricatermesztés egyes technológiai elemeire. [In: SÁGI F. (szerk.): A nyolcadik évtizedben.... Agroinform Kiadó, Budapest]. 274-279.
192. SZÉLL E. (2006): Mire legyünk figyelemmel, ha a „Növénytaplálást másképpen”-ről beszélünk? Gyakorlati Agroforum, 17. 12/M. 11-13.

193. SZÉLL E. (2008): Az évjárat és a műtrágyázás hatása a kukorica és a búza termésére. *Agrofórum Extra* 22, 34-36.
194. SZÉLL E. - DÉVÉNYI K.-NÉ (2009): A kukorica hasznosításának és termesztésének néhány kérdése. *Agrofórum Extra* 27, 20-25.
195. SZEMES I. - LÁSZTITY B. - KÁDÁR I. (1984): A talaj K-ellátottsága és termékenysége közötti összefüggés vizsgálata kukorica monokultúrában. A magyar Agrártudományi Egyesület Talajtani Társaságának Vándorgyűlése. [In: *Agrokémia és Talajtan*, 33.] 253-260.
196. SZIRTES V. - GÁL J.-né (1980): A kukoricatermesztés fontosabb paramétereinek csernozjom talajon II. Műtrágyázási mód-igény, különös tekintettel a PK-készlettrágyázási lehetőségekre. *Növénytermelés*, 29. 2. 183-191.
197. SZŐKE MOLNÁR L. - SZALÓKI S. (1984): A vízhiány megítélése, számszerűsítése és hatása a hozamra. A melioráció, öntözés és tápanyag-gazdálkodás. 2. 26-32.
198. VAD, A. - ZSOMBIK, L. - SZABÓ, A. - PEPÓ, P. (2007): Critical crop management factors in sustainable maize (*Zea mays* L.) production. *Cereal Research Communications*. 35. 2. 1253-1256.
199. VAD, A. - DÓKA, L. (2009): Crop year as abiotic stress effect on the yields of maize (*Zea mays* L.) in different crop rotations. *Cereal Research Communications*. 37. 253-256.
200. VAD A. - PEPÓ P. (2009): Agrotechnikai tényezők hatása a kukorica termésére és termésbiztonságára. V. Növénytermesztési Tudományos Nap. Növénytermesztés: Gazdálkodás-Klíma-változás-Társadalom, Keszthely, 2009. november 19. (Szerk: Harcsa M.). Akadémiai Kiadó, 267, 245-248.
201. VÁRALLYAY GY. - LÁNG I. (2001): A talaj kettős funkciója: természeti erőforrás és termőhely. *Debreceni Egyetem Agrártudományi Közlemények* 1. 5-19.
202. VARGA-HASZONITS Z. - MIKÉNÉ HEGEDŰS F. (1993): Az éghajlati változékonyság és a növénytermesztés. *Növénytermelés*, 42. 4. 361-373.
203. WERNER, W. (1983): The effect of N fertilization in connection with the use of nitrification inhibitor on maize. Problems of an optimum nutrient supply to tropical crop, Leipzig, *TTL* 78-87.
204. WESTSIK V. (1951): Homoki vetésforgókkal végzett kísérletek eredményei. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest

205. ZSIGRAI GY. (1997): Műtrágyázás-csapadék-termés kapcsolatok a karcagi OMTK kísérletekben. Tessedik Sámuel Tiszántúli Mezőgazdasági Tudományos Napok. DATE, 80-81.
206. ZSIGRAI GY. (2003): Műtrágyázás és talajsavanyodás összefüggéseinek vizsgálata tartamkísérletben. [In: PEPÓ P. – JÁVOR A. (szerk.): Talajjavítás-talajvédelem. Debrecen. 117-122.

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnék a disszertáció elkészítésében nyújtott segítségért köszönetet mondani témavezetőmnek, Dr. Pepó Péter intézetigazgató egyetemi tanárnak, opponenseimnek Dr. Sárvári Mihály egyetemi tanárnak és Dr. Széll Endre tudományos osztályvezetőnek, a DE AGTC KIT Látóképi Telep dolgozóinak, illetve a Növénytudományi Intézet dolgozóinak.

MELLÉKLET

1. melléklet. VÍZ- ÉS TÁPANYAGGAZDÁLKODÁSI TARTAMKÍSÉRLET FŐBLOKKJAI
(Debrecen-Látókép, 2009)

Monokultúra

T r i k u l t ú r a

B i k u l t ú r a

<table border="1"> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> </table>															<table border="1"> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> </table>															<table border="1"> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> </table>															<table border="1"> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> </table>															<table border="1"> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> </table>															IV III II I	Ö₁ szá raz							
<table border="1"> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> </table>															<table border="1"> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> </table>															<table border="1"> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> </table>															<table border="1"> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> </table>															IV III II I	Ö₂ 1/2 adag																						
<table border="1"> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> </table>															<table border="1"> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> </table>															<table border="1"> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> </table>															<table border="1"> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> </table>															IV III II I	Ö₃ 1 adag																						
B₁	B₂	B₃	B₁	B₂	B₃	B₁	B₂	B₃	B₁	B₂	B₃	B₁	B₂	B₃																																																																					
<table border="1"> <tr><td>Tőszám</td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>Tőszám</td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td>Tőszám</td></tr> <tr><td></td><td></td><td>40 000</td></tr> <tr><td></td><td>Tőszám</td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td>60 000</td></tr> <tr><td></td><td>Tőszám</td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td>80 000</td></tr> </table>			Tőszám				Tőszám				Tőszám			40 000		Tőszám				60 000		Tőszám				80 000	<table border="1"> <tr><td>Tőszám</td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>Tőszám</td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td>Tőszám</td></tr> <tr><td></td><td></td><td>40 000</td></tr> <tr><td></td><td>Tőszám</td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td>60 000</td></tr> <tr><td></td><td>Tőszám</td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td>80 000</td></tr> </table>			Tőszám				Tőszám				Tőszám			40 000		Tőszám				60 000		Tőszám				80 000	<table border="1"> <tr><td>Tőszám</td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>Tőszám</td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td>Tőszám</td></tr> <tr><td></td><td></td><td>40 000</td></tr> <tr><td></td><td>Tőszám</td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td>60 000</td></tr> <tr><td></td><td>Tőszám</td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td>80 000</td></tr> </table>			Tőszám				Tőszám				Tőszám			40 000		Tőszám				60 000		Tőszám				80 000			
Tőszám																																																																																			
	Tőszám																																																																																		
		Tőszám																																																																																	
		40 000																																																																																	
	Tőszám																																																																																		
		60 000																																																																																	
	Tőszám																																																																																		
		80 000																																																																																	
Tőszám																																																																																			
	Tőszám																																																																																		
		Tőszám																																																																																	
		40 000																																																																																	
	Tőszám																																																																																		
		60 000																																																																																	
	Tőszám																																																																																		
		80 000																																																																																	
Tőszám																																																																																			
	Tőszám																																																																																		
		Tőszám																																																																																	
		40 000																																																																																	
	Tőszám																																																																																		
		60 000																																																																																	
	Tőszám																																																																																		
		80 000																																																																																	
Kukorica			Kukorica			Ö. búza			Borsó			Kukorica			Ö. búza																																																																				

2. melléklet. A kísérletekben alkalmazott öntözések időpontjai

(Debrecen-Látókép, 2004-2009)

Év	Öntözési forgó	Időpont
2004	I.	június 08. - 11.
	II.	július 06. - 11.
2006	I.	július 06. - 14.
	II.	július 22. - 28.
2007	I.	május 04. - 16.
	II.	május 22. - 24.
	III.	június 04. - 07.
	IV.	június 27. - 30.
2009	I.	április 30. - május 07.
	II.	május 15. - 19.

3. melléklet. A kumulált csapadékhiány mértéke, illetve a havi átlaghőmérséletek számított eltérése a 30 éves átlaghoz viszonyítva

(Debrecen-Látókép, 2004-2009)

kumulált csapadékhiány (mm)						
időszak	2004	2005	2006	2007	2008	2009
téli félév	37,6	-14,8	28,6	-92	-5,4	-17,1
április	35,2	17,7	78,5	-130,8	27,1	-49,6
május	-6,6	34,7	78	-135,6 (-138,6)	15,9	-88,1 (-49,6)
június	-24,4 (-19,2)	9,5	75,6	-192,3 (-140,2)	76,5	-71
július	52,1 (-28,0)	43,5	40,7 (57,0)	-218,3	155,7	-127,5
hőmérsékleti eltérés (°C)						
időszak	2004	2005	2006	2007	2008	2009
április	0,7	0,1	1,4	1,9	0,7	4,2
május	-1,0	0,4	-0,4	2,6	1,0	1,6
június	0,6	-0,3	-0,1	3,5	1,9	1,1
július	0,8	0,8	2,9	3,0	0,1	3,1

4. melléklet. Trágyaoptimum-intervallumok alakulása modell években, illetve a vizsgált évek átlagában (kg ha^{-1})

(Debrecen-Látókép, 2004-2009)

	N	P₂O₅	K₂O
2007 monokultúra öntözetlen	78 - 108	58 - 81	58 - 81
2007 bikultúra öntözetlen	84 - 138	63 - 103	63 - 103
2007 trikultúra öntözetlen	36 - 96	27 - 72	27 - 72
2007 monokultúra öntözött	138 - 168	103 - 126	103 - 126
2007 bikultúra öntözött	96 - 132	72 - 99	72 - 99
2007 trikultúra öntözött	108 - 144	81 - 108	81 - 108
2008 monokultúra	144 - 180	108 - 135	108 - 135
2008 bikultúra	108 - 156	81 - 117	81 - 117
2008 trikultúra	114 - 156	85 - 117	85 - 117
2004-2009	N	P₂O₅	K₂O
Monokultúra öntözetlen	138 - 174	103 - 130	103 - 130
Bikultúra öntözetlen	120 - 156	90 - 117	90 - 117
Trikultúra öntözetlen	114 - 144	85 - 108	85 - 108
Monokultúra öntözött	168 - 198	126 - 148	126 - 148
Bikultúra öntözött	114 - 144	85 - 108	85 - 108
Trikultúra öntözött	126 - 156	94 - 117	94 - 117

5. melléklet. A különböző agrotechnikai tényezők termést alakító szerepe a variancia komponensek felosztása alapján

(Debrecen-Látókép, 2004-2009)

év	vetésváltás (tha⁻¹)	öntözés (tha⁻¹)	trágyázás (tha⁻¹)	évjárat (tha⁻¹)	termés maximum (tha⁻¹)	termés minimum (tha⁻¹)	termés növekmény (tha⁻¹)
2004	1,348	0,790	5,117	-	14,394	7,139	7,255
2005	1,345	0,307	3,098	-	13,153	8,403	4,750
2006	2,994	0,582	2,731	-	12,882	6,575	6,307
2007	3,648	3,810	0,826	-	10,970	2,685	8,285
2008	1,470	0,002	3,554	-	14,180	9,154	5,026
2009	2,250	2,405	3,181	-	13,942	6,106	7,836
2004- 2009	1,742	0,947	2,398	1,230	12,994	6,677	6,317



1. kép. Valmont típusú lineár öntöző berendezés, Wobblerszórófejekkel



2. kép. A kísérletek betakarítása Sampo 2010 parcella kombájnnal

TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE

1. táblázat	Főbb kukoricatermesztő ország fontosabb mutatóinak alakulása (FAO adatok, 2008).....	2
2. táblázat	A műtrágyázás és az öntözés hatása a talaj fizikai és kémiai tulajdonságainak változására monokultúrában és trikultúra vetésváltásban (Debrecen-Látókép, 1999-2000).....	42
3. táblázat	Az NPK tápanyagellátás hatása a talaj Al-oldható P ₂ O ₅ és K ₂ O tartalmára monokultúrás kukoricatermesztésben (mg/kg) (Debrecen-Látókép, 2000).....	45
4. táblázat	Az NPK tápanyagellátás hatása a talaj Al-oldható P ₂ O ₅ és K ₂ O tartalmára bikultúrás kukoricatermesztésben (Debrecen-Látókép, 2000)	46
5. táblázat	A kísérletben alkalmazott műtrágyakezelések (Debrecen-Látókép, 2004-2009)....	47
6. táblázat	Az öntözés és a tápanyagellátás hatása különböző vetésváltási rendszerekben a kukorica szemtermésére (Debrecen-Látókép, 2004).....	59
7. táblázat	Az öntözés és a tápanyagellátás hatása különböző vetésváltási rendszerekben a kukorica szemtermésére (Debrecen-Látókép, 2005).....	61
8. táblázat	Az öntözés és a tápanyagellátás hatása különböző vetésváltási rendszerekben a kukorica szemtermésére (Debrecen-Látókép, 2006).....	65
9. táblázat	Az öntözés és a tápanyagellátás hatása különböző vetésváltási rendszerekben a kukorica szemtermésére (Debrecen-Látókép, 2007).....	67
10. táblázat	Az öntözés és a tápanyagellátás hatása különböző vetésváltási rendszerekben a kukorica szemtermésére (Debrecen-Látókép, 2008).....	71
11. táblázat	Az öntözés és a tápanyagellátás hatása különböző vetésváltási rendszerekben a kukorica szemtermésére (Debrecen-Látókép, 2009).....	74
12. táblázat	A vetésváltási módok és a tápanyagellátás hatása öntözetlen és öntözött körülmények között a kukorica szemtermésére, terméshozamára a kísérleti évek átlagában (Debrecen-Látókép, 2004-2009).....	77
13. táblázat	Az öntözés és a tápanyagellátás hatása különböző vetésváltási rendszerekben termesztett kukorica abszolút és relatív terméshozamára a kísérleti évek átlagában (Debrecen-Látókép, 2004-2009).....	78
14. táblázat	Az öntözés és a tápanyagellátás termésre gyakorolt hatásának korreláció analízissel számított <i>r</i> értékei különböző vetésváltási modellek esetén (Debrecen-Látókép, 2004-2009).....	86
15. táblázat	Az öntözés hatása a trágya x termés kölcsönhatás <i>r</i> értékeire (Debrecen-Látókép, 2004-2009).....	87
16. táblázat	A termés és a különböző agrotechnikai és ökológiai paraméterek közötti kölcsönhatás elemzése Pearson-féle korrelációval eltérő vetésváltási modellekben (Debrecen-Látókép, 2004-2009).....	88

ÁBRÁK JEGYZÉKE

1. ábra	Fontosabb kukoricatermesztő országok kereskedelmi egyenlege (FAO, 2007) 2
2. ábra	A kukorica vetésterületének és termésátlagának alakulása Magyarországon 1970-2009 között (KSH adatok)..... 5
3. ábra	A kukorica termésátlagának megyénkénti alakulása Magyarországon (AKII adatok, 2009) 6
4. ábra	A műtrágyázás hatása a talaj NO ₃ nitrogén tartalmára monokultúras termesztésben (Debrecen-Látókép, 2000)..... 44
5. ábra	A műtrágyázás hatása a talaj NO ₃ nitrogén tartalmára bikultúras termesztésben (Debrecen-Látókép, 2000)..... 44
6. ábra	A hőmérséklet és a csapadék alakulása a téli és a nyári félévben (Debrecen-Látókép, 2003-2004)..... 49
7. ábra	A hőmérséklet és a csapadék alakulása a téli és a nyári félévben (Debrecen-Látókép, 2004-2005)..... 50
8. ábra	A hőmérséklet és a csapadék alakulása a téli és a nyári félévben (Debrecen-Látókép, 2005-2006)..... 51
9. ábra	A hőmérséklet és a csapadék alakulása a téli és a nyári félévben (Debrecen-Látókép, 2006- 2007)..... 53
10. ábra	A hőmérséklet és a csapadék alakulása a téli és a nyári félévben (Debrecen-Látókép, 2007-2008)..... 54
11. ábra	A hőmérséklet és a csapadék alakulása a téli és a nyári félévben (Debrecen-Látókép, 2008-2009)..... 55
12. ábra	A hőmérséklet és a csapadék 30 éves átlaghoz viszonyított 2003-2009 között (Debrecen-Látókép) 56
13. ábra	A tápanyag-ellátás hatása a kukorica termésére és a trágyaoptimum-intervallumok alakulása öntözetlen és öntözött viszonyok között monokultúrában (Debrecen-Látókép, 2004-2009)..... 79
14. ábra	A tápanyag-ellátás hatása a kukorica termésére és a trágyaoptimum-intervallumok alakulása öntözetlen és öntözött viszonyok között bikultúrában (Debrecen-Látókép, 2004-2009)..... 80
15. ábra	A tápanyag-ellátás hatása a kukorica termésére és a trágyaoptimum-intervallumok alakulása öntözetlen és öntözött viszonyok között trikultúrában (Debrecen-Látókép, 2004-2009)..... 80
16. ábra	A tápanyag-ellátás hatása a kukorica termésére és a trágyaoptimum-intervallumok alakulása öntözetlen és öntözött viszonyok között monokultúrában (Debrecen-Látókép, 2007) 82
17. ábra	A tápanyag-ellátás hatása a kukorica termésére és a trágyaoptimum-intervallumok alakulása öntözetlen és öntözött viszonyok között bikultúrában (Debrecen-Látókép, 2007)..... 82
18. ábra	A tápanyag-ellátás hatása a kukorica termésére és a trágyaoptimum-intervallumok alakulása öntözetlen és öntözött viszonyok között trikultúrában (Debrecen-Látókép, 2007)..... 83

19. ábra	A tápanyag-ellátás hatása a kukorica termésére és a trágyaoptimum-intervallumok alakulása (Debrecen-Látókép, 2008).....	84
20. ábra	Különböző termést alakító tényezők szerepe a kukorica termésének alakulásában (Debrecen-Látókép, 2004-2009).....	90
21. ábra	A különböző tényezők termésre gyakorolt hatásának évenkénti elemzése variancia komponensek felosztásával (Debrecen-Látókép, 2004-2009).....	91

MELLÉKLETEK JEGYZÉKE

1. melléklet **Víz- és tápanyaggazdálkodási tartamkísérlet főblokkjai** (*Debrecen-Látókép 2009*)
2. melléklet **A kísérletekben alkalmazott öntözések időpontjai** (*Debrecen-Látókép, 2004-2009*)
3. melléklet **A kumulált csapadékhiány mértéke, illetve a havi átlaghőmérséletek számított eltérése a 30 éves átlaghoz viszonyítva** (*Debrecen-Látókép, 2004-2009*)
4. melléklet **Trágyaoptimum-intervallumok alakulása modell években, illetve a vizsgált évek átlagában (kg ha^{-1})** (*Debrecen-Látókép, 2004-2009*)
5. melléklet **A különböző agrotechnikai tényezők termést alakító szerepe a variancia komponensek felosztása alapján** (*Debrecen-Látókép, 2004-2009*)
1. kép **Valmont típusú lineár öntöző berendezés, Wobbler szórófejekkel**
2. kép **A kísérletek betakarítása Sampo 2010 parcella kombájnnal**

NYILATKOZAT

Ezen értekezést a Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Karán a Hankóczy Jenő Növénytermesztési, Kertészeti és Élelmiszertudományok Doktori Iskola keretében készítettem a Debreceni Egyetem AGTC MÉK doktori (PhD) fokozatának elnyerése céljából.

Debrecen, 200

a jelölt aláírása

NYILATKOZAT

Tanúsítom, hogy _____ doktorjelölt 200 _____ -200 _____ között a fent megnevezett Doktori Iskola keretében irányításommal – irányításunkkal végezte munkáját. Az értekezésben foglalt eredményekhez a jelölt önálló alkotó tevékenységével meghatározóan hozzájárult, az értekezés a jelölt önálló munkája. Az értekezés elfogadását javaslom – javasoljuk.

Debrecen, 200

a témavezető(k) aláírása