

DEBRECENI EGYETEM
Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar

**KERPELY KÁLMÁN NÖVÉNYTERMESZTÉSI, KERTÉSZETI ÉS
REGIONÁLIS TUDOMÁNYOK DOKTORI ISKOLA**

Doktori iskola vezető:

Prof. dr. Nagy János
az MTA doktora

Témavezető:

Dr. Széles Adrienn, PhD

**AZ IDŐJÁRÁSI STRESSZTÉNYEZŐK ÉS AZ ALKALMAZOTT AGROTECHNIKA
HATÁSA A KUKORICA TERMÉSÉRE**

Készítette:
Sedlák Gergő
doktorjelölt

Debrecen
2014

AZ IDŐJÁRÁSI STRESSZTÉNYEZŐK ÉS AZ ALKALMAZOTT AGROTECHNIKA HATÁSA A KUKORICA TERMÉSÉRE

Értekezés a doktori (PhD) fokozat megszerzése érdekében
Növénytermesztési, Kertészesi tudományágban

Írta: Sedlák Gergő okleveles agrármérnök

Készült a Debreceni Egyetem **Kerpely Kálmán Doktori Iskolája**
Növénytermesztési, Kertészesi tudományok programja keretében

Témavezető: Dr. Széles Adrienn PhD, egyetemi adjunktus

A doktori szigorlati bizottság:

	név	tud. fokozat
elnök:	Nagy János	DSc
tagok:	Sárvári Mihály	CSc
	Szabó József	PhD

A doktori szigorlat időpontja: 2014. július 10.

Az értekezés bírálói:

név	tud. fokozat	aláírás
.....		
.....		

A bírálóbizottság:

	név	tud. fokozat	aláírás
elnök:			
tagok:			
			
titkár:			

Az értekezés védésének időpontja: 2014.

Tartalomjegyzék

BEVEZETÉS	4
2. TÉMAFELVETÉS	6
3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	8
3.1. A biológiai alapok jelentősége	8
3.2. A növénytermesztési tényezők hatása a kukorica termésére.....	9
3.2.1. A talajművelés hatása termésre	9
3.2.2. A vetésidő hatása a termésre	12
3.2.3. A műtrágyázás hatása a termésre	14
3.2.4. Az öntözés hatása termésre	17
3.2.5. A növényszám hatása a termésre	20
3.3. A kukorica beltartalmi minősége	22
4. ANYAG ÉS MÓDSZER.....	24
4.1. A debreceni talajművelési komplex tartamkísérlet	24
4.2. A nagykeréki vetésidő kísérlet	26
4.3. Az időjárás értékelése	28
5. EREDMÉNYEK	32
5.1. A növénytermesztési tényezők hatásának értékelése a kukorica termésére debreceni tartamkísérletben	32
5.1.1. A talajművelés hatásának évenkénti értékelése	32
5.1.2. A műtrágyázás hatásának évenkénti értékelése	34
5.1.3. Az öntözés hatásának évenkénti értékelése.....	36
5.1.4. A növényszám hatásának évenkénti értékelése.....	40
5.1.5. Az eltérő FAO számú kukoricahibridek terméseredményeinek évenkénti értékelése	42
5.1.6. A növénytermesztési tényezők együttes értékelése	43
5.1.7. A növénytermesztési tényezők összefüggés-vizsgálatának értékelése	46
5.2. Vetésidő hatásának értékelése a nagykeréki kísérletben.....	47
5.2.1. A talajhőmérséklet változásának értékelése	47
5.2.2. Vetésidő hatása a termésre	51
5.2.3. Vetésidő hatása a betakarításkori szemnedvesség-tartalomra.....	56
5.2.4. A szemnedvesség-tartalom és a termés mennyisége közötti összefüggés-vizsgálata	60
5.2.5. Vetésidő hatása a kukoricaszem keményítőtartalomra	61
5.2.6. A kukoricaszem keményítőtartalma és a termés mennyisége közötti összefüggés-vizsgálat.....	66
6. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK	68
7. ÚJ ÉS ÚJSZERŰ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK.....	70
8. AZ EREDMÉNYEK GYAKORLATI HASZNOSÍTHATÓSÁGA.....	71
9. ÖSSZEFOGLALÁS.....	72
10. SUMMARY	78
IRODALOMJEGYZÉK.....	84
PUBLIKÁCIÓK AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN.....	111
NYILATKOZAT	112

BEVEZETÉS

A Föld lakosságának száma 2050-re meghaladja a 9 milliárdot, ehhez azonban, hogy a szükségletet fedezni lehessen az élelmiszertermelést duplájára kell emelni (OECD és FAO 2011). Ázsiában és Afrikában várható a legmagasabb népességnövekedés, a világ népességének közel 86%-ka fog ezeken a területeken élni 2050-ben, míg Európában a lélekszám csökkenni fog (ENSZ 2011).

A világon az egy főre jutó termőterület 1961-ben 0,44 ha volt, amely 2050-re várhatóan 0,15 hektár lesz. A mezőgazdaságnak csökkenő területen kell megtermelni egy ember egy évi élelmiszer szükségletét. Ennélfogva a növénytermesztés előtt hatalmas feladat áll, már jelenleg is az 1,2% gabonatermelés éves növekedése jóval kisebb, mint a 1,5%-os népességnövekedés (Heszky 2009).

A növénytermesztés jelenleg a világon 1400 millió hektár szántóterületen folyik, ebből kukoricát 176 millió hektáron termesztnek.

A kukorica származási helye a mai Dél Brazília, Északkelet-Brazília és Paraguay (Geisler (1980), Galinat (1979) és más kutatók Mexikót tekintik elsődleges géncentrumának, mivel 80000 éves kukorica pollent találtak Mexikóvárosban az ásások során. Termesztése Peruból és Mexikóból indult és terjedt el Közép-Amerikában, Dél-Amerikában, majd Észak-Amerikában is megjelent. Európába Kolumbusz révén került 1493-ban, hazánkban Itáliából, Dalmácián keresztül és Törökországból Erdélyen keresztül jutott el, termesztéséről legkorábbi írásos feljegyzések 1590-ből származnak. Az őslakók „mahiz”-nak nevezték, ebből keletkezett a „mays” szó, amelyről Linné elnevezte a kukorica-faj nevét, és a nemzetségnek pedig „zooín” (élő) görög szóról „Zea” nevet adta.

A kukorica (*Zea mays* L.) legfontosabb gabonanövény a világon, a búza és a rizs mellett. A világ szinte minden részén termesztik (közel 200 országban). A világ kukoricatermelése 2012-ben 872 millió tonna volt, szemben a 670 millió tonna búzával és a 719 millió rizzsel szemben (FAOSTAT 2012). Az Egyesült Államok a 273 millió tonnával messze a legnagyobb termelő, majd Kína (208 millió tonna), Brazília (71 millió tonna), Argentína és India (21–21 millió tonna) követi a ranglistán. Franciaország a 15. (15 millió tonna) helyet foglalta el, míg Magyarország ebben az évben elveszítette az előző évek előkelő 13. helyét, ugyanis nem került be a 20 legnagyobb termelő közé.

Éves szinten kb. 100–110 millió tonna kukorica kerül exportra. Egyesült Államok a világ legnagyobb exportőre, 2011-ben az export 42%-át adta. Argentína 14,4%-kal és Brazília 8,7%-kal követte. Jelentősebb exportőrök még Ukrajna (7,1%), Franciaország (5,6%), India (3,6%). Magyarország Európa második (világszinten pedig a hetedik) legjelentősebb

kukorica-exportőre (3,3%) volt 2011-ben. Amerika a 2010-es évhez viszonyítva 11%-kal csökkentette, míg Európa 29,7%-kal, Ázsia 45,7%-kal és Afrika 120%-kal növelte exportját 2011-ben (FAOSTAT 2011).

Az EU-n belüli országok közül Franciaország foglalja el az első helyet 6,2 millió tonna mennyiséggel. Magyarország a második legnagyobb exportőr 3,6 millió tonnával, majd Románia (2,3 millió tonna), Bulgária (0,93), Ausztria (0,36), Csehország (0,33) folytatja.

A világ kukorica importja 2007-ben, 2010-ben és 2011-ben is átlépte a 100 millió tonnát. A kontinensek közül 2011-ben kiemelkedő importőr Ázsia, mert a világ összes importjának (108 millió tonna) közel 50%-át teszi ki. Ezen belül is meghatározó importőr Japán (15 millió tonna), bár 2010. évhez képest 5,6%-kal csökkent az importja. A második legnagyobb befogadó ország Mexikó (9,5 millió tonna) és a harmadik helyen Dél Korea (7,8 millió tonna) áll. Egyiptom is a legnagyobb vevők közé tartozik 7,0 millió tonnájával. Az EU is kiegészítette igényét harmadik országból importált kukoricával. Ebben az évben többek között Spanyolországba 4,8, Hollandiába 3,5, Olaszországba 2,7 és Németországba 1,9 millió tonna kukorica érkezett (FAOSTAT 2011).

A világkereskedelem az elmúlt években jelentősen változott, pl. Kína exportáló országból importálóvá vált, és exportálóvá váltak a volt szovjet tagországok importáló régiói, az EU belső piacot alakított ki magának.

A kukorica jelentős részét, 90%-át használják fel állati takarmányozásra, élelmezésre és a maradék 10% bioüzemanyagként és egyéb anyagként kerül hasznosításra.

Gabonamagvak közül a kukorica a legértékesebb takarmány, energiatartalma a magas (60–70%) keményítőtartalom miatt a legnagyobb. A nyersfehérje-tartalma alacsony (7–9%), amely főleg zeinből áll, olajtartalma 3–5%. A csírarészben nyerszsír-tartalma 4–5%, amelynek közel 50%-a nagy biológiai értékű linolsav. A kukorica további beltartalma: cukor 1,4%, pentozánok 6,0%, nyersrost 2,0%, ásványianyagok 1,2%.

A fejlődő országokban (94 ország) a kukoricát gyakrabban fogyasztják közvetlenül élelmiszerként, ugyanis a bevitt kalória 30%-át biztosítja a rizsszel és a búzával együtt. Az előrejelzések szerint a kukorica, élelmezésben betöltött létfontosságú szerepe miatt 2050-ig a kereslet a fejlődő országokban várhatóan megduplázódik.

A kukorica sokoldalúságát mutatja, hogy készül belőle kukorica-olaj, snack ételek és reggeli gabonapelyhek, kukoricadara, liszt, kukorica-keményítő, magas fruktóztartalmú kukoricaszirup (édesít kenyereket, müzlit, müzliszeletet, csokit stb.), dextróz (gyógyszeripar), kukorica glutén (állati takarmány). Felhasználják továbbá a szeszgyártásban (sörféléhez, vodkafajtához és whiskyhez), az etanoliparban, műanyagok, papír és textil készítéséhez.

2. TÉMAFELVETÉS

Magyarország népessége 2011-ben 9 millió 982 ezer fő volt ez 2,1%-kal kevesebb, mint a 2001. népszámlálás alkalmával. Az ország népessége 1981 óta folyamatosan csökkent, a csökkenés mértéke mutatott változó tendenciát ezen időszak alatt. 2050-re 9 millió 200 ezerre becsülik az ország népességét (KSH 1970–2011).

Az éghajlati tényezők és a szélsőséges időjárási jelenségek hazánkban is jelentősen befolyásolják a növénytermesztés hozamait. Magyarországon, az elmúlt 100 évhez viszonyítva 1°C-kal emelkedett a hőmérséklet és 2050-ig további 2,6°C-os emelkedés várható. A csapadék mennyisége nagymértékben csökkent, az évi 640 mm-ről 560 mm-re, továbbá az időbeli eloszlása is egyenetlen. A hőmérsékletváltozás elsősorban az Alföldet érinti majd a legnagyobb mértékben (Láng et al. 2007).

Magyarország termőterülete az elmúlt 15 évben 500.000 hektárral csökkent. A javuló életszínvonal által előidézett élelmiszerkereslet növekedést a mezőgazdaságnak egyre kisebb területen kell megtermelnie (Heszky 2009).

A kukorica hazánkban évtizedek óta a legnagyobb területen termesztett szántóföldi kultúra. Vetésterülete stabil, 2000–2012 között átlagában 1,181 millió hektár volt, a szélsőségeket az aszályos 2007. év (1,079 millió hektár) és a 2001. év (1,258 millió hektár) jelentette. Ugyanezen időszakban a betakarított kukorica mennyisége átlagosan 6,873 millió tonna volt, szélsőséges évek: 2005. év (9,050 millió tonna) és a 2007. év (4,027 millió tonna). 2007-ben a 3,7 t/ha az utóbbi évek egyik leggyengébb országos átlagtermése volt. A kedvező időjárásnak köszönhetően 2008-ban a hektáronkénti átlagtermés (7,4 t/ha) megduplázódott. 2012-ben az 1,191 millió hektár kukoricaterületről ismét nagyon kevés, mindössze 4,763 millió tonna termés került a raktárakba. Magyarország kukoricatermelését 1981 és 2012 közötti években elemezve megállapíthatjuk, hogy az ezen időszak 5,6 t/ha-os országos átlagtermését 20 évben sikerült felülmúlni, azonban 12 évben az értékek jóval az átlag alatt alakultak.

A doktori (PhD) értekezésemben a Debreceni Egyetem Látóképi Kísérleti Telepén mészlepedékes csernozjom talajon Nagy János egyetemi tanár által 1989-ben alapított komplex talajművelési kísérletben 2002–2006, valamint saját földterületünkön a Bihari-sík kistájhoz tartozó Nagykereken, a Sebes-Körös hordalékkúpján kialakult öntés réti talajon 2007–2012 közötti években végzett kutatómunkámat foglaltam össze.

A dolgozat célja az időjárás változásának és a kukoricatermesztés kapcsolatrendszerének vizsgálata volt az alábbi szempontok szerint:

- az eltérő környezeti tényezők hatása a kukorica termésére,
- a talajművelés, a vetésidő, a műtrágyázás, a növényszám és az öntözés termésre gyakorolt hatásainak feltárása,
- a talajhőmérséklet és a vetésidő kölcsönhatásának értékelése,
- a vetésidő szemnedvességet befolyásoló szerepének vizsgálata,
- a vetésidő, mint keményítő-tartalmat módosító tényező értékelése,
- a tényezők komplex vizsgálata és kölcsönhatásaiknak számszerűsítése.

3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

3.1. A biológiai alapok jelentősége

A kukoricatermesztés hatékonyság javításának szempontjából fontos a termőhelyi adottság, a talaj tápanyag-, víz-, és hőgazdálkodása, az időjárási viszonyok és a gazdálkodás színvonalának megfelelő hibridszerkezet figyelembevétele, ezáltal ugyanis csökkenthető a termésingadozás (Goudriaan és Hunt 1995, Berzsenyi 1999, Sziebert 2008, Széll 2010). Nagyobb termés jobb termésbiztonsággal genetikailag egymástól távolálló hibridekkel érhető el (Sziebert 2008). A magas genetikai és gazdasági értékű hibridek termőképességét – a nem megfelelő tápanyag-visszapótlás miatt – nem tudjuk a gyakorlatban kihasználni, ezért a termesztési színvonal növelése elkerülhetetlen (Marton 2004).

A genetikai haladásnak és a termesztéstechnológia folyamatos fejlődésének köszönhetően, 1966–70-es évek 3,23 t/ha átlagtermése az 1981–90-es időszakra 5,86 t/ha-ra nőtt. A nemesítésben rejlő lehetőség kihasználásához a köztermesztésben gondos, pontos technológiai háttér szükséges (Németh 1977). Az évi genetikai előrehaladásnak 147 kg/ha (Györffy 1976), 92 kg/ha – 50 év átlagában – (Duvick 1984, 1992), valamint 160 kg/ha – 1955–1980 között – és 230 kg/ha – 1976–1985 között – (Kovács és Szundy 1992) termésátlag-növekedés tulajdonítható.

A kukorica tenyészidejének hossza a termesztő számára az egyik legfontosabb szempont. Nagy és Huzsvai (2005) kutatásai igazolják, hogy a középérésű hibridek adják a legnagyobb termést, mintegy 5–6%-kal többet, mint a rövid vagy hosszú tenyészidejű hibridek. A rövidebb tenyészidejű hibrideket hamarabb lehet betakarítani, jó a vízleadásuk, korábban érnek, míg a hosszabb tenyészidejű hibridek betakaríthatósága általában kitolódik, vízleadásuk is vontatott ezért később érnek (Nagy 2007a, Sárvári et al. 2008). A FAO 240-nél rövidebb és a FAO 500-nál hosszabb tenyészidejű hibrideket Magyarországon nem lehet gazdasági szempontból kockázat nélkül termesztetni (Szieberth és Széll 1998).

A stabil kiegyenlített termőképesség versenyképességet meghatározó tényező. A termésingadozás legkisebb mértékben az igen korai (FAO 200) hibrideknél fordul elő, azonban terméshozama jelentősen kevesebb a FAO 300-as, illetve, FAO 400-as hibridek terméseinél (Nagy és Huzsvai 2005, Széll 2010). Átlag feletti termőhelyen a nagy termőképességű hibrid termesztése indokolt, azonban gyengébb termőhelyen kisebb termőképességű, ám jobb alkalmazkodóképességű hibrid nagyobb termésbiztonságot eredményez (Pepó Pé és Pepó P 1982, Ruzsányi et al. 1992, Sárvári 2000, Nagy 2009a).

Az aszályos évek növekedésével a termésbiztonság szempontjából egyre fontosabbá válik a kukoricahibridek hő- és szárazságtűrő képessége (Marton et al. 2004, Szél 2007, 2010, Marton et al. 2012, Spitkó et al. 2013a 2013b), valamint a betegségekkel és kártevőkkel szembeni ellenállóság, amely elengedhetetlen a mai sikeres kukoricatermesztéshez (Marton és Kizmus 1994, Marton et al. 2010).

Az abiotikus (hideg és szárazság) és biotikus (élő környezet) stresszhatások helyes agrotechnikával csökkenthetők (Debreczeniné 1985, Menyhért 1985, Berzsenyi 1993a, Nagy 2007a, Pepó Pé és Sárvári 2013).

3.2. A növénytermesztési tényezők hatása a kukorica termésére

3.2.1. A talajművelés hatása a termésre

A hazai szakirodalmi források az őszi szántás 22–25 cm mélységét tartják optimálisnak (Sipos 1972, Kovács 1974, Györffy 1976, 1990, Kismányoky és Balázs 1996, Nagy 1996, Nagy et al. 2006). Az optimálisnál mélyebb szántás terméstöbbletet nem eredményez, a költségeket növeli, illetve növeli a bizonytalansági kockázatot is okoz. Lejtős, illetve sekély termőrétegű talajokon a sekély szántással kombinált 40 cm-es mélységben – hagyományos talajműveléssel szemben 4–26%-al növelve a kukoricatermést – történő lazítást (Belák 1966, Förgeteg és Györgyné 1968), kedvezőtlen szikes réti talajokon a 30 cm-es mélységben lazítás tárcsával kiegészített – ami 6–30% növekedését eredményezett (Prettenhoffer és Gratzl 1961, Sipos 1963, Káposzta 1968), és a kötött réti talajokon a 60 cm-es mélylazítást (Sipos 1963, Káposzta 1968) javasolták. Sipos és Hegedűs (1982) szerint kötött és közép kötött talajon a 30 cm-es őszi szántás és a vetés előtti 15 cm mélységben végzett talajmarózás után tavasszal 15 cm-es tárcsázás optimálisnak tekinthető.

A talajmunkálatok és a talajnedvesség között szoros összefüggéseket figyelt meg Pusztai (1961, 1966), Gyuricza és Birkás (2005), valamint Rátonyi et al. (2006). Manninger (1957) a talaj nedvességének és szerkezetének megóvása érdekében 4 évente mélyítő művelést ajánlott. Kovács (1964) szerint réti talajon egészen 150 cm-ig a talajnedvesség növekszik a szántás mélységének növelésével, ezzel szemben Bajai (1966) a sekély és a mélyművelésben nem tudott megállapítani olyan eltéréseket, amelyek a kukorica termésében és a talajnedvesség állapotában egyaránt kimutathatóak lettek volna. Bánházi és Fülöp (1975) bizonyította, hogy a szántással szemben az egyes forgatás nélküli eszközöknél száraz időben akár 6–14 mm nedvesség is megtakarítható, ez azonban csak akkor érhető el, ha a munkaműveletek a legkedvezőbb nedvességtartalomnál és időpontban kerülnek elvégzésre.

Száraz évben a kukorica vízhiánya erősebb, tavaszi szántás esetében a talaj víztartalma jelentősen csökken, ezért annak elhagyását javasolta Surányi (1957), Nagy (2012), azonban ideális évjáratban a tavaszi szántás is elvégezhető, mint alapművelés. Hegedűs (1984) szerint az őszi szántás bizonyult a legjobbnak négyéves kísérletében különböző művelési módok mellett, a talajmaró és tárcsa 10%-al, míg a tavaszi szántás 14%-al kevesebb termést realizált, ezzel szemben Káposzta (1968) nem tapasztalt számottevő különbséget az őszi és tavaszi szántás termésre gyakorolt hatásában.

A tavaszi forgatás nélküli sekélyműveléshez képest az őszi szántás terméstöbbletet eredményez mélytermőrétegű vályogtalajon, ezt bizonyította Nagy (1995). A hektáronkénti terméstöbblet közel 9%-al volt nagyobb őszi szántásban, mint a szántás nélküli alapművelésben. Aszályos években az őszi szántás előnye mérsékeltebb, maximum fél tonnára tehető. Egy-egy évben a tavasszal végzett sekély forgatás nélküli alapművelés kedvezőtlenebb mivolta ellenére szükségszerű lehet (Birkás et al. 1999).

Fenyves (1997) megállapítása szerint a kukorica számára a szántásos és lazításos feltételek bizonyulnak kedvezőbbnek. Kísérletében Gecse (2001) öt talajművelési módot hasonlított össze (direkt vetés, tárcsázás 16–20 cm, szántás 22–25 cm, közép mély lazítás 35–40 cm és tárcsa 16–20 cm, közép mély lazítás 35–40 cm és szántás 22–25 cm). Aszályos években kifejezetten hátrányosnak ítélte a tárcsás alapművelést. A homokos vályogtalajon a lazítással kombinált kezelés pozitív hatással bírt, a direktvetés fenntartó jellegű volt, míg a tárcsás és szántásos alapművelés talajállapot romboló hatásának bizonyult.

A tarlóhántás és ápolás, illetve a talaj fokozatos mélyítő művelése ma is ajánlatos módszer lehet különösen száraz időszakban. A módszer előnyei közül kiemelhető a porosító elmunkálás és a rögzösödés elkerülése, átmunkálható „művelőtalp tömörödöttség”, csökkenthető talajnedvesség veszteség a talaj felsőbb és mélyebb rétegeiben (Birkás 1994, 2006a).

Az utóbbi évtizedek talajművelésének hatására talajaink tömődöttebbeké váltak, ezáltal vízgazdálkodásuk jelentősen csökkent (Birkás 2010). Ennek oka a nehéz gépek használata és a menetszám növekedése (Stefanovits 1975, Bird 1982, Boels 1982, Dickson 1983, Rátonyi 1999, Rátonyi et al. 2007a). Ebből az okból fakadóan elkezdtek talajkímélő művelési módokat és eszközöket kialakítani (Barta és Jóri 1979, Birkás 1987, 1993, Sörös és Soós 1994, Rátonyi et al. 2005). Ezen művelési módok hatásait azonban nem szabad leszűkíteni csak a talajszerkezet változására, hanem figyelembe kell venni a hő- és nedvességviszonyokat, valamint a tápanyag-feltáródás dinamikáját, melyek pozitívan befolyásolják a termés mennyiségét (Massee 1982, Gyuricza et al. 2012).

Az elmúlt években, hazánkban egyre nagyobb jelentőségű a kímélő talajművelési módok közül a sávos, illetve direktvetés. A sávos művelés jellemzője, hogy 15–20 cm széles zónában melyet a speciálisan erre kialakított gép a vetés mélységében művel (Vyn és Raimbault 1993). A sorközben otthagyja a tarlómaradványokat, így a talaj nem marad fedetlenül. A kialakított sor tavasszal hamarabb felmelegszik, hamarabb lehet a vetés is. Olyan területeken is alkalmazható, ahol a talaj vízvezető képessége nem egészen optimális, s ezáltal növelhető a hozam (Al-Kaisi és Hanna 2002).

A direktvetés alkalmazása megváltoztatja a talaj tulajdonságát, befolyásolja a szerves anyag mennyiségét, a térfogattömeget, a morzsastabilitást, a nitrogén mineralizációs folyamatot, a pH-t és a tápanyagok elhelyezkedését a különböző szintekben (Puget és Lal 2005, Alvarez és Steinbach 2009, Fabrizzi et al. 2003, Franzluebbers és Hons 1996). A direktvetés hatását vizsgálta 12 éven keresztül más talajművelési módszerekkel együtt Karlen et al. (1994) a talaj legfelső 5 cm-ben. A direktvetéses kezelés esetén a talaj nedvességtartalma 32,4% volt, míg az egyéb talajművelési rendszerek 25,5–23,1% közötti talajnedvesség-tartalmat eredményeztek. Fortin (1993) megállapította, hogy a direktvetés és a hagyományos művelés viszonylatában a direktvetés sorközeiben magasabb a nedvességtartalom, mint a hagyományos talajművelésben. Radke (1982) inverz kapcsolatot állapított meg a talajnedvesség és a talajhőmérséklet között. A hőáram függ a talaj hőkapacitásától és hővezetésétől, amelyet jelentősen befolyásolja a talaj összetétele, térfogattömege és víztartalma (Hillel 1998, Jury et al. 1991). Mivel a talaj részecskéinek nagyobb a hővezető képessége és kisebb a hő kapacitása így a száraz talajok gyorsabb ütemben melegednek fel, illetve hűlnek le, mint a nedves talajok. A talajművelés folyamatain keresztül ezek az arányok befolyásolhatók, megváltoztathatók a száraz és nedves részecskék aránya a talajfelszínén, illetve a felszín közelébe kerülő nedves talajréteg által növelhető a párolgás. van Duin (1956) megállapította, hogy a talajhőmérséklet változása a művelt talajokban sokkal nagyobb, mint bolygatatlanokban. Ezt az állítást Hillel (1998) is igazolta.

A talajművelés hatással van a talaj porozítására és szerkezetére, amely az adott mezőgazdasági táblán belül változásokat eredményezhet a penetrációs ellenállás értékeiben (Croissant et al. 1991, Rátonyi et al. 2007b, Voorhees et al. 1975). Ezzel szemben a gyökérszónában kialakuló penetrációs ellenállás eltérő lehet mivel a növény gyökere a kismértékben tömörödött talajt képes porózusabbá tenni (Soane és Pidgeon 1975).

A talajművelés terméseredményre és talajra gyakorolt hatását csak többéves talajművelési rendszerben célszerű értékelni (Sipos 1958, Nyiri 1973, Györfly 1977, Birkás és Szabó 1992, Birkás 2011, Nagy 2012b).

3.2.2. A vetésidő hatása a termésre

A kukorica vetésidejének gondos megválasztásánál figyelembe kell venni az éghajlatot, a talaj minőségét, fekvését, hőmérsékletét, gyomosságát és a vetőmag minőségét, valamint a termesztendő hibrid tenyészidejét. A kukorica vetésének optimális időpontjától (IV. 25–26.) való eltérés (akár korai, ill. késői vetés) hozamcsökkenést eredményez (Sárvári és Futó 2000, Berzsenyi és Dang 2001, Nagy 2009b, Soledad et al. 2013).

A vetés idején a talaj hőmérséklete Magyarországon általában 8–12 °C közötti intervallumba esik. Marton (1991) a beltenyésztett törzsek kelésének és kezdeti fejlődésének vizsgálatára a szuboptimális hőmérsékleti tartományt (9–18 °C) tartja megfelelőnek, amely alkalmas a genotípusok hidegtűrésének és kelésének értékelésére. Miedema (1982) szerint a talaj alacsony hőmérsékletén a kukorica csírázási erélye jelentősen csökken. Anderejko és Kuperman (1961) eredményei azt mutatták, hogy a csírázás már 6 °C-on is megindul, azonban a csírázás elhúzódik, így a kukoricaszem ki van téve a különböző talajlakó kártevők és gombabetegségek károsító hatásainak. Mándy (1958) szerint 21 °C-os talajhőmérsékletnél a vetés után a kelés 5–6 napra, 16–18 °C-nál 8–10 napra következik be, de ha még ennél hidegebb a talaj, akkor 18–20 napra is szükség van a keléshez. A közép-kötött vályogtalajon 5–10 cm mélységben 10 °C, agyagtalajokon 1–2 °C-kal magasabb, homokos talajokon 1–2 °C-kal alacsonyabb is lehet (Newmann 1982). A talajhőmérséklet 1 °C-os változása is befolyásolja a növényfejlődést (Barlow et al. 1977, Walker 1969, Stone et al. 1999). Mozafar et al. (1993) a kukorica stagnáló növekedéséről számolt be a gyökérszóna alacsony hőmérséklete esetén (9 °C), ez az alacsony talajhőmérséklet gátolja a levélfelület növekedését (Thiagarajah és Hunt 1982), virágzást (Hayhoe and Dwyer 1990, Hayhoe et al. 1996, Cutforth and Shaykewich 1989) és a feketeteréteg kialakulását (Keszthelyi 2005).

A rövid tenyészidejű kukoricahibridnél a tenyészidőszakot direkt vetéssel szignifikánsan lehet csökkenteni, mivel a talaj csak a vetett sávban melegszik fel. Kaspar et al. (1990) készítettek egy olyan módszert, ahol a sávok között bolygatatlanul hagyták a talajon a tarlómaradványokat így 2,5 nappal csökkent a keléshez szükséges idő, ezáltal a kukorica szemtermése 0,31 t/ha-ral növelhető. A tarlómaradványnak jelentős hatása van a talaj nedvességtartalmára és hőmérsékletére (Fortin és Pierce 1990, Fortin et al. 1994). A talaj hőmérséklete és víztartalma összefügg egymással, a talaj ugyanis nedves körülmények között sokkal lassabban melegszik fel, így nagyobb a talaj hőkapacitása és több energiát emészt fel a víz elpárologtatására (Schultz és Bateman 1969, Radke 1982). A magas talajnedvességtartalom és az alacsony talajhőmérséklet csökkenti a csírázást és kelést (Griffith et al. 1973,

Morrison és Gerik 1983). A talajhőmérséklet változása nagyban befolyásolja a talajban található C lebontását is (Nelson et al. 2002).

A talaj legfelső 5 cm-én elhelyezkedő magágy nedvességi viszonyai és hőmérsékleti állapota jelentősen befolyásolja a kukorica kelését. Serkentheti vagy késleltetheti azt (Schneider és Gupta 1985, Kaspar et al. 1990). Az egészséges növények fejlődéséhez elengedhetetlen feltétel a talajnedvesség és a minimális gyökérszónában lévő talajpenetráció (Phillips és Kirkham 1962, Rátonyi et al. 2007a). A tarlómaradványok a talajfelszínén hagyva jelentősen befolyásolják a talajnedvesség párolgását, tavasszal bizonyos esetekben késleltethetik a talaj felmelegedését (Fortin és Pierce 1991, Kaspar et al. 1990), viszont csökkentik a felszíni elfolyást és eróziót (Cruse et al. 2001).

A korai vetés alacsony szemnedvességet eredményez (Árendás 2000, Sárvári et al. 2002, Molnár és Sárvári 2007, Széll et al. 2010), azonban az optimális vetésidőn túl minden napi késés 0,3–0,5%-os növekedést eredményez (Molnár és Sárvári 2006), valamint a két-három nap vetésidőben való különbség egy nap érésbeli különbséget, az egy hónappal későbbi vetés pedig 14 nappal későbbi érést okoz (Berzsenyi et al. 1998), ami hibridtől és évjáratától függően 0,5–0,8% szemnedvesség különbséget jelent (Széll et al. 2003).

A korai vetés a kukorica reprodukív növekedését, a kései vetés a kezdeti vegetatív növekedést segíti elő. A vetésidő és a nővirágzás időpontja között 3:1 az arány, vagyis a három héttel később vetett kukorica egy héttel később virágzik (Berzsenyi et al. 1998). A termés alakulását is nagymértékben befolyásolja a vetés időpontja. Az április közepén elvégzett vetés több év átlagában 7%-os hozamnövekedést eredményez a május közepén vetett kukoricával szemben (Berzsenyi et al. 1995).

A vetésidő és a betakarításkori szemnedvesség-tartalom, valamint a termés között szoros az összefüggés, amit a tenyészidőszakban lehullott csapadék eloszlása nagymértékben befolyásol. A korábbi vetés 5–8%-os betakarításkori szemnedvesség-tartalom csökkenése gazdasági előnnyel jár. A magasabb FAO számú hibrideknek ugyan nagyobb a termőképessége, azonban a többletszárítási költség elviszi a nyereséget (Sárvári és Futó 2001, Ványiné et al. 2010).

A korai vetés kockázata megfelelő hibridválasztással elkerülhető, ugyanis a három- és négyvonalas kukoricák kelési erélye és kora tavaszi hidegtűrése jobb, mint a kétvonalasoké (Árendás 2000). A korai fajták hidegtűrő képessége általában jobb, jobban elviselik a kezdeti hidegebb talajhőmérsékletet és korábban virágznak (Menyhért 1985).

A korábbi vetés több előnye miatt – nagy gyökértömege, jobb tápanyag- és vízfelvétele, rövidebb tenyészidő, nagyobb termés – törekedni kell a minél korábbi vetésre (Máté 2002).

3.2.3. A műtrágyázás hatása a termésre

A kukorica termésmennyiségét befolyásoló termesztéstechnológiai elemek közül meghatározó jelentőségű a műtrágyázás (Bocz 1976, Németh és Várallyay 1998, Máté és Jolánkai 2001, Svecnjak et al. 2004, Széll et al. 2005, Bharati et al. 2007, Nagy 2007a, Széles 2007, Debreczeniné 2009), illetve általa csökkenthetők az eltérő termőhelyek és az időjárási stresszfaktorok által okozott mennyiségi és minőségi egyenetlenségek (Árendás 2006, Ványiné 2010). A műtrágyázás súlyát az is mutatja, hogy a termésnövekedéshez az egyes tényezők közül a legnagyobb mértékben, 31%-ban (Berzsenyi és Györffy 1994), illetve 48%-ban (Nagy 2005) járul hozzá.

A kukoricának nagy mennyiségű tápanyag visszapótlásra van szüksége a vegetatív és generatív produkciójának realizálásához mindamelllett, hogy nagyon jól hasznosítja a talajban lévő tápanyagokat. Tápanyag-utánpótlásként a nitrogén-műtrágyázás a legjelentősebb (Györffy és I'só 1966, Nagy 2007b). A kukorica levele nitrogént (3–5%) tartalmaz a legnagyobb mennyiségben, és növekedése szoros összefüggésben van a termés mennyiségének növekedésével (Izsáki 2005, Ványiné és Nagy 2012, Ványiné et al. 2012a). Összefüggés igazolt az N-trágyázás és a csövenkénti szemszám, illetve az ezerszemtömeg között is, a N-műtrágya 160 kg/ha-ig növeli a csövenkénti szemszámot és az ezerszemtömeget, azon túl azonban csökkenést idéz elő (Berzsenyi 1993b, Nagy 2007a). A maximális termés eléréséhez szükséges N-adag meghatározása nagymértékben függ a talaj tápanyag-ellátottságától, az évjáratától és egyéb agrotechnikai tényezőktől, ezért ennek meghatározása nem könnyű feladat (Nagy 2010a, Kádár 2012, Pepó 2012). A legnagyobb termés 100 kg/ha (Blaskó és Zsigrai 2000), 200 kg/ha (Széll és Kovácsné 1993), 60–120 kg/ha (Sárvári 1995a), 90–120 kg/ha (Nagy 1995b), 93–195 kg/ha (Miao et al. 2006), 214 kg/ha (Werner 1983) alkalmazása mellett érhető el, a 240 kg/ha feletti N-kijuttatása már termés csökkenést, környezeti terhelést és felesleges többletköltséget idéz elő.

A nitrogén műtrágyázás hatására növekszik a növények földfeletti, illetve gyökérbiomassza produkciója (Tognetti et al. 2006), több szervesanyag, növényi maradvány képződik, melynek talajba forgatásával befolyásolható a talaj szerves szén tartalmának dinamikája (Studdert és Echeverría 2000, Stevenson és Cole 1999). Ezt a dinamikus egyensúlyt több tényező is módosítja, ilyen az éghajlat, a szerves anyagok bomlási sebessége, a talajművelés, vagy a tarlómaradvány mennyisége (Khan et al. 2007, Alvarez 2005), a tréfogattömeg, a morzsa stabilitás és a nitrogén mineralizáció is (Jagadamma et al. 2008, Blair et al. 2006, Kolberg et al. 1999, Carpenter-Boggs et al. 2000). A szerves szén felhalmozódása

jelentősebb N tartalmú műtrágya használatakor a talaj legfelső rétegében, direktvetést alkalmazva (Fabrizzi et al. 2003).

A szervesetlen és szerves trágya kombinált alkalmazása az immobilizáció következtében csökkenti a nitrogén felvételt, ami kevesebb terméshozamot eredményez (Choi et al. 2001, Wu et al. 2010). Choi et al. (2004) szerint az immobilizálhatóvá vált szervesetlen anyag, ahogy a növény fejlődik, úgy válik újra felvehetővé, ami nagyobb nitrogénfelvételt és kisebb veszteséget eredményez. Meghatározó azonban a keverési arány, vagyis mekkora százalékban kerül a keverékben szerves, illetve műtrágya (Palm et al. 2001). A mikrobiális nitrogénkötés számottevő mennyiségű nitrogént képes megkötni a talajban betakarítás után. A mikrobiális fixációnak köszönhetően 50%-al több nitrogén marad a talajban (Wu et al. 2010). A tarlómaradványokból származó nitrogén felvétele nagyban függ a vetési, illetve betakarítási sorrendtől, a talaj típusától és a trágyázástól – szerves vagy műtrágya alkalmazásától – (Crews és Peoples 2005).

Az N-hiány csökkenti a levélfelület nagyságát, a fotoszintetikus aktivitást, lassítja szárazanyag-felhalmozódás ütemét (Hunway és Russel 1969, Berzseniy 1993a), és kevesebb szemszámot, valamint hozamcsökkenést okoz (Mengel és Kirkby 1982, Nagy 2007a). Az N-túladagolás a növény túlzott növekedéséhez, ezáltal rossz vízgazdálkodáshoz, elhúzódó éréshez, nagyobb gyomosodáshoz, a növények nitrát-tartalmának, valamint a talajvíz nitrát-szennyezéséhez vezet (Kalocsai et al. 2004, Huzsvai 2005, Nagy 2012a).

A termés növelésében mértékadó szerepe a P-ellátásnak van, kisebb mértékű a N- és K-ellátásnak (Zsigrai 1997). A termeléssel kivont foszfor visszapótlása nem elegendő, a javasolt mennyiségek: 70–80 kg/ha (Blaskó és Zsigrai 2000), 50 kg/ha barna erdőtalajon (Kadlicskó et al. 1988), 60 kg/ha csernozjom talajon (Csathó 1992), 80 kg/ha réti talajon (Harmati 1995), és 100–25 kg/ha –amennyiben kukorica után újra kukorica kerül elvetés –, valamint 125–150 kg/ha monokultúrában (Sárvári 1986).

A P-hiány esetén a vegetatív fejlődés, az anyagcsere-folyamat nem megfelelő, elhúzódik a virágzás és az érés, romlik a termésbiztonság és a többi tápelem hasznosulása (Csathó 1992, Bergmann 1993, Amberger 1996, Mengel et al. 2001, Scheffer és Schachtschabel 2002). A többlet P-adagolás cinkhiányt idéz elő, csökkenti a termésmennyiséget, rontja a minőséget (Kádár et al. 2000, Kádár és Márton 2007).

A stressz tényezőkkel szemben a talajból való kálium felvétel, jelentős mértékben tudja javítani a fotoszintetikus aktivitást (Debreceni 1990, 1986), az ellenálló képességet – aszály, fagy, illetve betegségekkel szemben – (Mengel 1968, Sárdi 1999, Loch 2004), valamint javítja a szárszilárdságot is (Debreceni 1990, Maglóczki és Lajos 2014).

N-, és K-trágyázást javasol Marinov (1985) és Krisztián et al. (1989), kötött talajokon azonban a nagy adagú K-trágyázás hatásai nem kimutathatóak állítja Csathó (1997). K-trágyázással – kedvező N és P mellett – réti talajon 3–4 t/ha-os (Sárvári 1986, Ruzsányi et al. 1994), csernozjom barna erdőtalajon 245–280 kg/ha (Krisztián et al. 1989) hozamnövekedés érhető el. A maximális terméshez tartozó K_2O /ha értékét Csathó (1992) öntözött réti talajon 120 kg/ha-ban, Lásztity és Csathó (1995) csernozjom talajon 100 kg/ha-ban határozta meg.

Az K-hiány a növény ellenállóképességének és a keményítő-képzésének, lebontásának csökkenéséhez, a túlzott párologtatáshoz – ami levél széles elhalását idézi elő – és jelentős termés csökkenéshez vezet. A kálim túladagolása magnéziumhiányt okoz, növeli a tenyészidő hosszát és rontja a minőséget (Mengel 1976, Kádár és Shalaby 1985, Csathó 1991).

Számos hazai és külföldi kutató egyetért abban, hogy a helyes növénytápláláshoz a szükséges tápelemek mennyiségének adagolása mellett, azok egymáshoz viszonyított arányát és a megfelelő időben való rendelkezésre állását kell biztosítani (Bocz 1976, Lásztity és Csathó 1995, Prokszáné et al. 1995, Nagy 1996, Menyhért 1979, Németh et al. 1998, Sárdi 2003, Hoffmann et al. 2006, Khan et al. 2006, Sárvári, 2008, Németh 2013), amit különböző típusú és termőhelyi adottságú talajon – talajvizsgálatra alapozva – eltérő módon kell megtervezni (Nagy és Megyes 2005, Dombos et al. 2010, Németh et al. 2002).

A műtrágyázás hatását befolyásoló tényezők közül a legjelentősebbek az időjárás, a vízellátás, a talajművelés és talajtulajdonságok, az elővetemény és a növényállomány kiegyenlítetttsége a termesztett növény és a fajta tápanyagreakciója (Bocz 1976, Láng et al. 1983, Filep 1988, Nagy 1988, Szász 1988, Berzsényi 1993b, Jolánkai 1993, Ruzsányi és Pető 1993, Hall et al. 1994, Sárvári és Boros 2008).

Száraz évben a termésnövekedés 200 kg-os N adag kijuttatásánál szignifikánsan bizonyított, míg a kedvező csapadékelátottságú évben már 100 kg-os N adag felett nem igazolódott a szignifikáns növekedés (Prokszáné et al. 1995). Átlagos csapadékelátottságú évben a trágyázás hatása eredményezi a legnagyobb terméstöbbletet (Győrffy és Berzsényi 1994, Nagy 1995b).

A talajban lévő víz, jelentős mértékben befolyásolja a trágyázás hatását, illetve hatékonyságát (Pepó 2005). Száraz időszakban kevesebb termés érhető el, mivel a tápanyagok felvehetősége csökken, hasznosulásuk rosszabb (Árendás et al. 2000, Kismányoky és Debreczeniné 2002). Átlagos csapadék ellátottságú években 60 kg/ha NPK dózis felett a kukorica termése nem emelkedik nagymértékben, ami azt bizonyítja, hogy a termésnövekedés nem minden esetben jár együtt az N dózisok emelésével. A talajban lévő víz, mint limitáló tényező befolyásolja a tápanyagok felvehetőségét (Ványiné és Nagy 2012). A szárazság, mint

stressz tényező, számottevően hat a termés mennyiségére (Brar et al. 2001, Fallah et al. 2007, Khadem et al. 2010, Ványiné et al. 2012c). A vegetációs időszak elején a jól fejlődő növénynek a későbbi időszakban nagy levélterület-indexe alakul ki, a későbbi szárazság hatására vízhiány lép fel és termésdepresszióval lehet számolni (Debreczeni és Debreczeniné 1983, Nagy 2007a).

A hagyományos talajműveléssel szemben a direkt vetést egyre szélesebb körben használják vetésváltásban és monokultúrában egyaránt (Duiker és Beegle 2006, Kelley és Sweeney 2007, Kimmell et al. 2001, Borges és Mallarino 2000), azonban az egyik fő korlátozó tényező a P és más tápanyagok réteges feltáródása a technológia többszöri folyamatos alkalmazása során (Cade-Menun et al. 2010, Mallarino és Borges 2006, Robbins és Voss 1991).

3.2.4. Az öntözés hatása a termésre

Az aszály meteorológiai anomália, egy hosszabb csapadékmentes periódus, ami magyarországi körülmények között gyakran előfordul (Faragó et al. 1990, Györfly et al. 1993, Makra et al. 2002), akár hosszú ideig is elhúzódhat (Bussay et al. 1999), védekezni ellene a termőhelyhez leginkább alkalmazkodó technológiák kialakításával lehetséges. Alacsony természetes vízellátottság esetén fontos elem az öntözés, mely aszály esetén a leghatékonyabb beavatkozás. Ezen anomáliák nélkül is hazánkban a tenyészidőszakok többségében a természetes csapadékelátás sem mennyiségben, sem eloszlásban nem fedezi a kukorica igényét (Szász 1973, 1988, Nagy 2007a). A kukorica, különböző fejlődési szakaszaiban eltérő vízigénnyel rendelkezik (Hall et al. 1981, Pletser et al. 1980a, 1980b). A növények a vízhiányra a generatív szervek kialakulásának időszakában a legérzékenyebbek (Németh 1996). A genetikai termőképesség felső határának kiaknázásában is a víz a limitáló tényező (Marton et al. 2005). A júliusi csapadékmentes időszak kedvezőtlen, növeli a meddő töveket, amely elérheti az állomány 20%-át (Csathó et al. 1991). A hozam szempontjából a július közepétől augusztus közepéig tartó virágzás és szemtelítődés időszakában már egy 10 napos vízhiány is kritikus (Claassen and Shaw 1970, Outtar et al. 1987, Shaw 1988, Grant et al. 1989, Bradford 1994). A vízigény ebben az időszakban 200–250 mm (Ruzsányi 1987). Az 53%-os a szemtelítődéskor fellépő vízhiány 30%-os terméseszkökenést okoz (Antal 2000). Jolánkai (2005), Nagy (2007a), Varga-Haszonits et al. (2008) kutatók szerint is ennek az időszaknak a vízellátottsága határozza meg a kukorica hozamát. Júliusban a kukorica vízigénye 5 mm/nap, majd fokozatosan csökken (Varga-Haszonits 1977), azonban Ángyán (1987) kimutatta, hogy a vízigény egészen szeptember végéig nő, Balázs (1989) szerint,

amennyiben a vegetációs időszak alatt egy alkalommal van lehetőség az öntözésre, akkor azt, a virágzás periódusában kell elvégezni.

A kukorica növény optimális tápanyagellátottság mellett 1 kg szárazanyag előállításához 300 liter vizet párologtat (Fekete 1969). Vízrel jól ellátott területen egységnyi növényi produktumhoz jóval több vizet használ fel (Farre és Faci 2009).

Kritikus időszak a tápanyagellátás szempontjából is a címerhányástól a hím- és a nővirágzásig terjedő időszak (Bocz 1976). Figyelembe kell venni, hogy aszályos évjáratokban a rendelkezésre álló tápanyagokat a növények kevésbé tudják hasznosítani (Olson 1972, Petrasovits 1988, Nagy 2012a). A közepes és gyenge tápanyagellátottságú területeken június vége-július eleji, a jól ellátottakon július közepe, augusztus vége a kritikus időszak, ami termés kiesést okoz (Huzsvai és Nagy 2004). Az időjárási szélsőségek nagyobb hozamkülönbséget okozhatnak, mint a különböző tápanyag szintek öntözetlen kultúrában (Shaw 1955, Schmitt és Brauer 1969, Láng 1971, Sarkadi et al. 1984, Nagy 2010b).

A csapadék és a talajban tárolt nedvesség is módosítja a trágyahatást és a trágya szükségletet. A trágyahatás az optimális vízellátottság közelében növekszik, majd a már káros víztöbbletet elérve csökken (Nagy 1994, Szalókiné és Szalóki 2002). Láng (1981), Ángyán (1985) és Hepp (1989) szerint a műtrágyák érvényesülése függ az agroökológiai tényezőktől. Láng (1971) szoros korrelációt mutatott ki a műtrágya-hasznosulás és a növények vízellátása között.

Javul a növények vízhasznosítása megfelelő tápanyagellátottság mellett (Ruzsányi 1973, 1975, 1981), a nagyobb szárazanyag-produkció – ami a jobb tápanyagellátottságból ered – nem növeli azonos mértékben a vízfogyasztást (Petinov 1965, Petrasovits 1967, Pethő 1984). A nitrogén és a víz a két legfontosabb limitáló tényezője a kukorica termésének világszerte (Moser et al. 2006). Gericke (1949, 1950) megállapította, hogy foszfornál 600–800 mm, kálium esetében pedig 500–1000 mm közötti vízellátottság szükséges a kukorica magas hozamának eléréséhez.

Öntözéssel gazdálkodásánál figyelembe kell venni a növény vízigényét és a talaj vízgazdálkodási tulajdonságait. Kukorica esetében a nitrogéntrágyázás aszályos körülmények között növeli vízhasznosítást, az ebből adódó vízigény növekedést csak öntözéssel lehet elérni (Rácz és Nagy 2011, Ványiné et al. 2012a). A hibridek termésstabilitása is csak megfelelő vízellátottságnál érvényesül (Széll 1984).

A talaj tápanyag- és vízgazdálkodási tulajdonságai figyelembe vételével lehetséges szakszerű öntözés (Kismányoky és Debreczeniné 2002, Pepó 2005). Csapadékos évjárat esetében az öntözés hatásához magasabb műtrágyaadagokra van szükség (Nagy 2007b,

Huzsvai és Ványiné 2010). A tápanyag-gazdálkodási és öntözési kísérleti eredmények igazolták, hogy az öntözés növeli a műtrágyázás hatékonyságát (Frank 1969, Márton 1969, Bocz és Nagy 1981, Szlovák 1986).

Az öntözés növeli a növények magasságát, levélfelületét és 21,4 %-kal a termésátlagot (Anda 1986), egyben kiegyenlíti a szárazság okozta termésingadozást is. Esőszerű öntözés alkalmazásakor – talajtól függően – az egyszeri öntözővíz mennyiség 40–50 mm, ennyire van szükség, ahhoz, hogy a talajt kellő mélységig, azaz 35–40 cm-ig átnedvesítse (Győrffy és I'só 1966). Az öntözés hatékonysága és a nitrogéntrágyázás között szoros a kapcsolat (Bari et al. 1980, Timmons 1980, Stapleton et al. 1983). Az öntözés hatására a nem megfelelő tápanyagellátottságú területeken egyes évjáratokban előfordulhat termés csökkenés (Nagy 2012b).

Cameira et al. (2002) és Birkás (2006b) szerint a talaj vízáteresztő képességét és porozitását öntözés mellett jelentősebben befolyásolja a talajművelés. A talajművelés és az öntözés szoros összefüggést mutat a terméseredményekkel. Az őszi szántás öntözött és száraz művelésben is a legmegfelelőbb talajművelési mód. Öntözött körülmények között – csernozjom talajon – a tavaszi szántás kockázatos és a tavaszi sekélyművelés alkalmazása pedig kevesebb terméstöbbletet eredményez, mint az őszi szántás (Nagy 1996). Roldán et al. (2005) szubtrópusi kutatásai kimutatták, hogy az egyre intenzívebb talajművelés a felső 5 centiméteres talajrétegben csökkentette a szervesanyag-mennyiséget, míg direktvetésnél az öntözésnek nem volt jelentős hatása, sem a mikrobiológiai tevékenységre, sem talaj szerkezetre, azonban jelentősen növekedett a szervesanyag-készlet a talajban. Tolk et al. (1999) szerint mulcsot alkalmazó talajművelési eljárások – öntözés mellett is – jó hatással vannak a kukoricára. A mulcs, kedvező vízgazdálkodási paramétereket hoz létre a talajban, csökkenti az evaporációt, ami által növeli a felhasználható vizet.

A növénytermesztési tényezők közül műtrágyázás 48, az öntözés 28, a talajművelés 18 és a növényszám 6%-ban járult hozzá a kukorica termésnövekedéséhez. A megfelelő termésszint eléréséhez az egyes tényezők megfelelő kölcsönhatásait kell biztosítani mivel azok nem függetlenek egymástól (Nagy 1995a,c).

Az öntözés és a trágyázás a termésmennyiség mellett a kémiai összetételt is megváltoztathatja (Győri 1977), hatással van a fehérjetartalomra és az aminosav összetételre (Kruzsilin, 1964, Izsáki, 2006). Az öntözés a természetes csapadékhöz képest csökkentette a cellulóz, a hemicellulóz-tartalmat (Amaducci et al. 2000).

Összességében az öntözés növeli a termés nagyságát, csökkenti a termelés kockázatát, javítja a minőséget és növeli a többi agrotechnikai tényező hatását (Lengyel 2008).

3.2.5. A növényszám hatása a termésre

Az évtizedek során, a nemesítői munkának köszönhetően egyre nagyobb termőképességű hibridek kerültek a köztermesztésbe (Russell 1968, 1984, 1991) tágabb növényszám optimummal, ami pl. 1981–2010 között 10 évenként 8 ezer tő/ha-ral nőtt (Berzsenyi et al. 2013) és nagyobb tőszám-sűrítetőséggel (Németh et al. 1982, Györffy 1969, 1979), amire a kukorica termésnövekedéssel reagált (Varga 1991). A hibrideknek különböző a növényszám optimum intervalluma (Aldrich és Leng 1973, Györffy 1979), egyes hibridekre adaptált megfelelő növényszám megválasztásának nagy jelentősége van (Sárvári et al. 2002), amelynek összhangban kell lennie a hibridspecifikus termesztéstechnológia alkalmazásával (Sárvári 1995b, 2003; Nagy 2000). Menyhért (1988) szerint aszályérzékenység növelésének egyik lehetősége olyan hibridek választása, amelyek termésmaximuma 55–65 ezer tő/ha-nál teljeseedik ki és a megnövekedett tenyészterületet a duplacsövek megjelenésével kompenzálják.

A növényszám optimum elsősorban a csapadékelátottság miatt függ a termőhelytől (Csaláné 1992), tenyészidő hosszától és a genotípustól (Bunting 1971, Sárvári 1988, Berzsenyi et al. 1994, Széll 1994). A nagy tőszámok csökkentik a kukoricahibridek egyedi produktóját, a területegységre vetített termés nő egy adott szintig, majd terméseszkkenést okoz. A rövidebb tenyészidejű hibridek a tőszám növelésére jobban reagálnak, mint a hosszabb tenyészidejű hibridek (I'só 1966, Sárvári 2003a). A FAO 200–299 csoportba tartozó hibridek optimális tőszámtartománya 50–90 ezer közötti, a FAO szám növekedésével ez a tartomány 50–70 ezer tő/ha-ra csökken (Árendás et al. 2013).

A hektáronkénti növényszám kialakításakor nagy hangsúlyt kell fektetni a vetésidő megválasztására is (Sárvári és Széll 1998). A korábbi vetéskor előnyösebb nagyobb tőszám alkalmazása, ezáltal nagyobb termésmennyiség is várható. Megkésett vetéseknél azonban előnyösebb a hektáronkénti kisebb növényszám alkalmazása (Sárvári et al. 2002).

Összefüggést mutattak ki a kukorica levélfelülete és a tenyészterület között (Bajai 1959), a magasabb növényszám hatására csökken a növény maximális levélterülete, és lineárisan nő a levélterület-index maximális értéke (Dang 1992, Berzsenyi 1996). A kisebb levélszélesség okozott levélterület csökkenést, ami 30–60 ezer tő/ha-os kezelésben volt a legjobban mérhető (Dang 1992). Jelentős a kapcsolat a kukorica termése és a tenyészterület nagysága között is (Pintér et al. 1983), a növényszám növelése csökkentette a növényenkénti szemtermés nagyságát, de ez a csökkenés a levélterület változással nincs arányban (Pintér et al. 1994). A termés, a levélterület-index 4 értékig emelkedik a növényszám növekedésével (Williams et al.

1968). Az N-műtrágyázás és a meddő tövek száma között is bizonyított a kapcsolat, ugyanis a nitrogén-műtrágyázás a nagyobb növényszám esetén csökkenti a meddő tövek %-os megjelenését (Győrffy 1979). Az optimálisnál magasabb növényszám azonban növelheti a meddő tövek arányát és a fertőzés veszélye is nagyobb (Sárvári 1982). A növényszám és a betakarításkori szemnedvesség összefüggése bizonyított, 4–6%-os a szemnedvesség-tartalom növekedés az optimálisnál nagyobb tőszám alkalmazása esetén (Pálovics és Sárvári 2006).

Megalapozott az összefüggés a hektáronkénti növényszám és a talajművelés (Nagy 1966), a vetés ideje, és a hibridek tenyészideje között (Norwood 2001), a növényállomány és vízellátás között, ahol a kapcsolat pozitív (Széll 1984).

A növényszám növelése csak a megfelelő tápanyagutánpótlással együtt biztosítja a nagyobb termésprodukciónak (Győrffy et al. 1969, Bocz 1976, Berzsenyi és Varga 1986, Cerrato és Blackmer 1990, Árendás et al. 2000), Káposzta (1969) szerint azonban a növényszám növelése – réti csernozjom talajon – jelentősebb volt a termésmennyiség növelése szempontjából, mint a műtrágyázás.

A hektáronkénti tőszám növelése, 20 ezerről 40 ezerre 27%-os termésnövekedést eredményezett (Győrffy 1966). Petr et al. (1985) és Dang (1992) szerint trágyázás nélkül, a növényszám-növelésének – kedvező években, 60 ezer tő/ha felett, száraz években pedig már 30 ezer tő/ha felett – nincs szignifikáns hatása a szemtermés növekedésére. Nagy és Megyes (2009), valamint Árendás et al. (2000) kedvező növény számnak az 50–70 ezer tő/ha-t tartják, és száraz években 70 ezer/ha felett terméscsökkenéssel számolnak. Pepó et al. (2002) 50 ezer tő/ha állományt száraz években, 65–73 ezer tő/ha állományt átlagos években és 79 ezer tő/ha növény sűrűséget kedvező évjáratokban tartják indokoltnak. Kedvező évjáratokban a maximális termés és termésstabilitás 70–80 ezer tő/ha-os növény szám-kezelésben érhető el, 160 kg/ha N-műtrágyázás mellett (Berzsenyi et al. 2012).

Öntözés hatására a növény szám 5–10 ezer/ha-ral növelhető (Harmati 1975, Megyes és Nagy 1999). A kukorica vízfogyasztása 50–70 ezer/tő állomány között emelkedik, e fölötti növény szám esetén már jelentős változás nem tapasztalható (Ruzsányi 1992). A túl sűrű állomány vízhiányhoz vezet, ami csökkenti a termésbiztonságot és termésdepressziót okoz, valamint növeli az aszályérzékenységet (Széll 2010, Horváth 2009). Megyes és Nagy (1999) szerint jó vízellátottságnál 70–80 ezer növény/ha állománynál érhető el a legnagyobb termés eredmény.

A hektáronkénti 60–80 ezer tő/ha állomány őszi szántásban, 60 ezer tő/ha tavaszi tárcsás művelésnél, 70 ezer t/ha tavaszi szántásnál eredményezett kedvező termést, bár a tavaszi szántás csak indokolt esetben ajánlott (Nagy 1996).

3.3. A kukorica beltartalmi minősége

A kukoricaszem átlagosan 70–72% szénhidrátot, 8–10% fehérjét, 4–5% olajat, 3–3,5% nyersrostot és 1,5–2,0% hamuanyagot tartalmaz (Móroczné 2004). Izsáki (1999) szerint a keményítő 77%, a cukor 2%, fehérje 9%, olaj 5% és a hamu 2%, azonban a minőséget elsősorban a fehérje- és olajtartalom határozza meg (Gundel et al. 1981). Ezek a tulajdonságok genetikailag adottak, azonban a környezeti és agrotechnikai tényezők, amelyek befolyásolják a szem tömegét, nagymértékben módosítják a fehérje- és olajtartalmat, illetve annak összetételét (Jellium-Marion 1966, Debreczeni 1979, Aildson et al. 2005, Izsáki 2006b).

Az agrotechnikai elemek közül a tápanyagellátás – mindenekelőtt a nitrogén – határozza meg a legnagyobb mértékben a termés nagyságának alakulását, ezáltal a szem minőségét is (Genter et al. 1956, Veress 1973, Jellum et al. 1973, Lásztity 1975, Sarkadi 1975, Getmanets és Klyavzo 1981). A nitrogén adag növelésével lineárisan nő a fehérjetartalom (Szirtes 1970, Bocz 1976, Ványiné et al. 2012b), de nem javítja a fehérje minőségét, ugyanis főként a kevésbé fontos aminosavak (pl. zein) aránya nő meg (Györffy 1965, Németh et al. 1976), ami elérheti a 40–50%-ot is (Menyhért 1977). A legjobb minőséget és a legnagyobb hozamot meszes homok talajon 50 kg/ha-os (Lőrincz 1969), réti talajon 80 kg/ha-os (Izsáki 2006a) N-trágyázással lehet elérni. Huang et al. (2004b) és Muhammad-Tario (2004) szerint a legjobb minőséget 125 kg/ha, a legnagyobb fehérjetartalmat 175 kg N/ha eredményezte, Ványiné et al. (2012) ezt 150 kg N/ha kijuttatásával érte el. Széll és Makhajda (2001) ötszörös nyersfehérje-hozamot realizált a kontroll kezeléshez viszonyítva 200 kg N/ha alkalmazása mellett, 300 kg N/ha esetében már csökkenés mutatkozott.

A P-trágyázás kismértékben járul hozzá a kukoricaszem fehérje- és olajtartalmának változásához (Izsáki 2005), ebben az esetben az évjáratnak jelentősebb a módosító hatása. Az indokolatlanul nagy foszfortrágyázás hatására csökken a Zn-tartalom (Kádár és Lásztity 1979, Sárvári és Győri 1982) és romlik a minőség (Győri és Mátz 1979, Pais 1980).

Az időjárás erősen befolyásolja a tápanyagok hasznosulását, ezáltal a kukoricaszem nyersfehérje-tartalmát is (Szirtes et al. 1977, Pásztor et al. 1997), száraz években a műtrágyázásnak köszönhetően nagyobb mértékben nő a nyersfehérje-tartalom, mint csapadékos években (Szirtes et al. 1977, Lilburn et al. 1991, Győri és Győriné 2002, Ványiné et al. 2010), illetve jó vízellátottságnál, csökkenés is tapasztalható (Győri és Sipos 2005). A csapadékos és hűvösebb tenyészidőszakban – a melegebb évjáratban kialakult 11,17–12,87%-hoz viszonyítva – 8,4–10,2%-ra csökken (Izsáki 2006b), ez elsősorban a június-július-

augusztus hónapok csapadékának és annak eloszlásának köszönhető (Asghari és Hanson 1984). Öntözés hatására kismértékben csökkent az a kukorica nyersfehérje-tartalma, amely azonban szignifikánsan magasabb termésszintet eredményezett (Debreczeni 1965, Teresenko és Zsabickij 1973, Ruzsányi 1977).

A környezeti tényezők bizonyítottan a kukoricaszem fehérjetartalmát és kisebb mértékben az olajtartalmát módosítják (Gyenesné et al. 2001), a keményítőtartalom az évjáráttal összefüggést nem mutatott, nőtt azonban az ezerszemtömeg, ezáltal a keményítő- és az olajtartalom is (Győri és Győriné 2002).

A fehérjetartalom növekedése – az N-műtrágyázás hatására – a kukoricaszem keményítő- és olajtartalmának (El Hallof és Sárvári 2007), Prokszáné et al. (1995) szerint csak a keményítőtartalmának csökkenését idézi elő, míg az olajtartalom és zsírsav összetételében változást nem okoz (Genter et al. 1956, Jellum et al. 1973).

A kukoricalevél klorofill-tartalma és a szem fehérjetartalma között száraz években nem, míg csapadékos, illetve öntözött körülmények között gyenge pozitív sztochasztikus a kapcsolat (Ványiné és Nagy 2012). A vetés időpontja a keményítőtartalmat statisztikailag igazolt módon befolyásolja, míg a fehérje- és olajtartalomra nincs hatással (Ványiné et al. 2010). A növényszám és beltartalmi értékek között bizonyított az összefüggés (Sárvári 2003b,c), a tőszám túlzott növelése a nyersfehérje-tartalom csökkenését okozza (Győrffy 1962, Győri és Győriné 2002, Tokatlidis et al. 2005, Josipović et al. 2007), ami N-trágyázással elkerülhető, ellenben nő a keményítőtartalom (Sárvári 2003d). Igazolt pozitív összefüggés van a mag keménysége, fehérjetartalma és a mag sűrűsége, valamint az olajtartalom, a szemsűrűség és a keményítőtartalom között (Dorsey-Redding et al. 1991). Gyenge negatív a kapcsolat a termésátlag és a nyersfehérje-tartalom között, erősen pozitív lineáris az összefüggés a termésátlag és a nyersfehérje-hozam között (Kralovánszky 1975, Bálint 1977, Bhatia és Rabson 1987, Sander et al. 1987, Mason-D'Croz 2002, Ványiné és Nagy 2012).

Az NPK műtrágyázás együttes alkalmazása magasabb beltartalmi értékeket eredményez (Bocz 1976). Nő az intervallum felső értéke a fehérje 12,9%-ra, az olaj 4,5%-ra és a keményítő 75,6%-ra módosul (Robert et al. 2001). A legnagyobb fehérjetartalmat 195 kg N, 60 kg P és 105 kg K/ha (Huang et al. 2004a), 100 kg N, 100 kg P és 100 kg K/ha (Győri 1999) eredményezte.

4. ANYAG ÉS MÓDSZER

4.1. A debreceni talajművelési komplex tartamkísérlet

A vizsgálatokat a Debreceni Egyetem Agrártudományi Központ Látóképi Kísérleti Telepén, közép-kötött mészlepedékes csernozjom talajon végeztük 2002 és 2006 közötti időszakban.

A tartamkísérlet kétszeresen osztott parcellás (split-split-plot) elrendezésű, a főparcellákon a talajművelési és az öntözési változatok szerepelnek ismétlés nélkül. Az elsőrendű alparcellákon a kukorica hibridek 30-50-70-90 ezres tőszámmal, a másodrendű alparcellákon a műtrágyakezelés négy ismétlésben randomizáltan foglal helyet. A kísérlet egy talajművelési blokkja 8064 m². Egy-egy hibriddel beállított főparcella mérete 2688 m², a műtrágyakezelés parcellája négy ismétlésben 336 m² (1. ábra).

1. ábra. Multifaktoriális tartamkísérlet, Debrecen
(talajművelés x műtrágyázás x öntözés x növényszám x genotípus)



(Forrás: Dobos 2006)

Dolgozatban a vizsgálat tárgya a talajművelés két változatának, a műtrágyázás három kezelésének, két eltérő genotípusú és tenyésztési hibrid, valamint két növényszám, öntözött és nem öntözött kezelésének termésre gyakorolt hatása. A kísérlet mind az öt évben ugyanazon genotípusok szerepeltek. Az öntözött főváltozatban, 2002-ben 100, 2003-ban 85, 2004-ben 75, 2005-ben 30 és 2006-ban 50 mm öntözővizet juttattunk ki. A betakarított szemtermés 14%-os nedvességtartalommal lett megadva.

Kísérlet kezelése:

Talajművelési változat:

T₁= tavaszi szántás (23 cm)

T₂= tavaszi tárcsás sekélyművelés (12 cm)

Műtrágyakezelés:

1. N 0 kg/ha P₂O₅ 0 kg/ha K₂O 0 kg/ha
2. N 120 kg/ha P₂O₅ 90 kg/ha K₂O 106 kg/ha
3. N 240 kg/ha P₂O₅ 180 kg/ha K₂O 212 kg/ha

Öntözési változat:

Ö₁= öntözött

Ö₂= nem öntözött

Növényszám-kezelés:

1. 50 ezer tő/ha
2. 70 ezer tő/ha

FAO-kezelés:

1. FAO 300
2. FAO 400

Az alkalmazott agrotechnika: A kísérletben alkalmazott agrotechnika minden évben egységes volt. A kísérlet előveteménye kukorica volt. Az elővetemény betakarítását követően a szárazítás után került sor a műtrágyaadagok teljes mennyiségének kijuttatására, amelynek azonnali talajba dolgozása IH 10770-es nehéztárcsával történt.

A tavaszi szántásra közvetlen a vetés előtt került sor 23 cm-es mélységben, váltvaforgató ekével. A magágyelőkészítést Kongskilde Germinatoral végezték. A kísérlet első két évében Wintersteiger függesztett parcellavetőgéppel, illetve kösebb Gaspardo vetőgéppel április végén elvetett kukoricát a vetés után gyűrűshengerrel zárták.

A tavaszi tárcsás sekélyművelést (12 cm) szintén közvetlen vetés előtt háromszori tárcsázással végezték el. A magágykészítés Kongskilde Germinátorral történt. A vetést követően gyűrűshengert alkalmaztak.

Gyomirtási mód a kétszeri sorközkultivátorozás és a Titus Plus 383 g/ha-os posztemergens kezelés volt. A betakarítás Sampo 2010 parcellakombájnnal került elvégzésre.

Talaj: A talaj átlagos pH_{KCl} értéke 6,6, Arany-féle kötöttségi szám a felső 20 cm-es rétegében 39. A vízben oldható sók összes mennyisége 0,04%. A szénsavas mésztartalom a talaj felső 80 cm-ében 0% körül van (mészhiányos), de 100 cm-től 12% (közepesen meszes). A szervesanyag-tartalom a talaj felső 20 cm-es rétegében 2,3%, a 120 cm-es mélységében nem haladja meg az 1,00%-ot. A talaj kálium ellátottsága jó, P-ellátottsága közepes.

Időjárás: Az időjárást a kísérleti területen elhelyezett automata időjárás állomás által mért adatok alapján értékeltük.

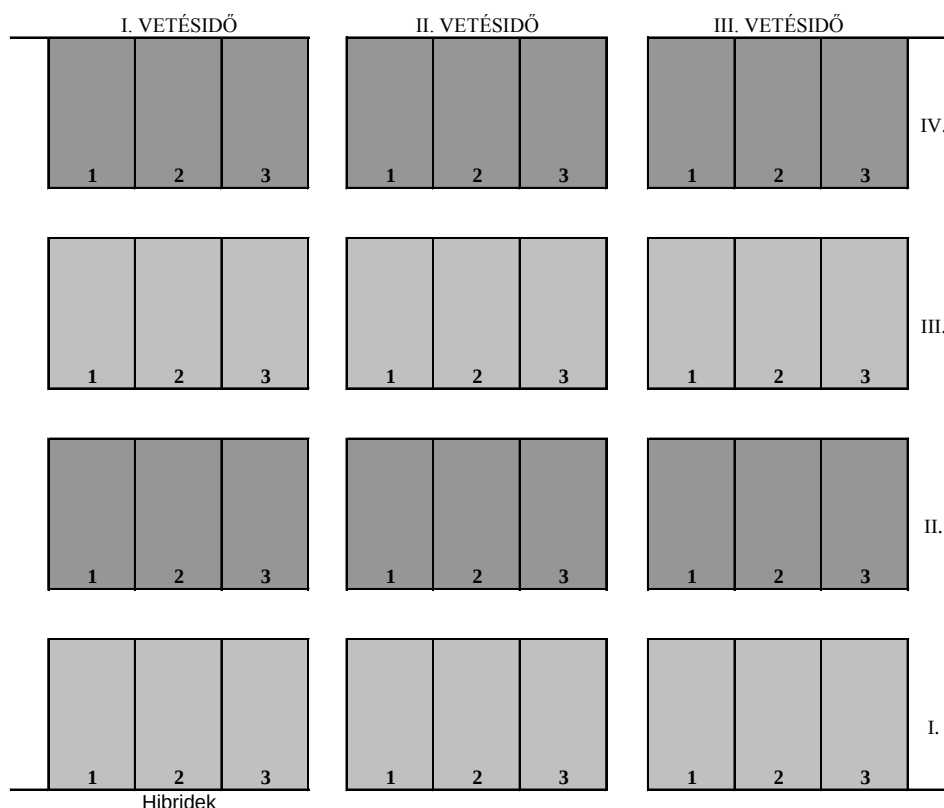
4.2. A nagykereki vetésidő kísérlet

A vizsgálatokat a Bihari-sík kistájhoz tartozó Nagykereki, Sebes-Körös hordalékkúpján kialakult öntés réti talajon végeztük 2007–2012 között. A terület elhelyezkedését a 2. ábra és a kísérlet elrendezését a 3. ábra szemlélteti.

2. ábra. A kísérleti terület elhelyezkedése



3. ábra. A nagykerekű vetésidő kísérlet elrendezése



Az üzemi területen a 45 m²-es parcellák véletlen blokk elrendezésben, 4 ismétlésben lettek kialakítva. A gyakorlatban a térségben alkalmazott termesztéstechnológiát követtük. Az elővetemény minden évben kukorica volt. A szárazúzást követően a területre 150 kg N/ha, 65 kg P₂O₄/ha és 130 kg K₂O/ha műtrágya-hatóanyag lett kijuttatva és IH6.2 tárcsával került bedolgozásra. A 34%-os ammónium-nitrát mennyiségének 50%-a ősszel, 50%-a tavasszal magágykészítés előtt, a foszfor és a kálium 100%-ban az őszi alpműveléssel került bedolgozásra. Az őszi szántást Vogel Noot géppel 30 cm-es mélységben végeztük. A magágykészítés közvetlen a vetés előtt volt Omikron 3m kombinátorral. A vetést saját kézi kanalas vetőgéppel végeztük, korai (április 10), optimális (április 24) és késői (május 10) időpontban, egységesen 70 ezer tő/ha-ral. Vetés után Güttler gyűrűhengert alkalmaztunk. Az egymást követő években három éréscsoportba (FAO 200, FAO 300 és FAO 400) tartozó eltérő genotípusok lettek beállítva. A kísérlet mind a 6 évében ugyanazon genotípusok szerepeltek. A posztemergens gyomirtást (Ordax Super) és egyszeri sorközkultivátorozást alkalmaztunk. A betakarítás minden év október második hetére esett, ami Class Tucano kombájnnal történt, majd a mennyiség mérlegelésre került. A betakarított szemtermést 14%-os nedvességtartalommal adtuk meg.

Talaj: Vályog mechanikai összetételű, réti öntéstalaj. A művelt réteg átlagos pH_{KCl} értéke 6,1 (gyengén savanyú kémhatású), Arany-féle kötöttség 40, higroszkóposság 2,8%. A szervesanyag mennyisége 2–3% közötti, az AL-oldható P_2O_5 150 mg/kg, AL-oldható K_2O 195 mg/kg. Talajvíz 3–4 m között mozog. Termékenységi besorolása 45–60 (int) földminőségi kategória.

Időjárás: Az időjárás a kísérleti területen elhelyezett egyszerű műszerek (páratartalom-, csapadékmérő, max.-min. hőmérő) által mért adatok alapján került kiértékelésre.

A talaj-hőmérséklet változását bimetál talajhőmérő segítségével követtük nyomon, a talaj felső 10 cm-es rétegében.

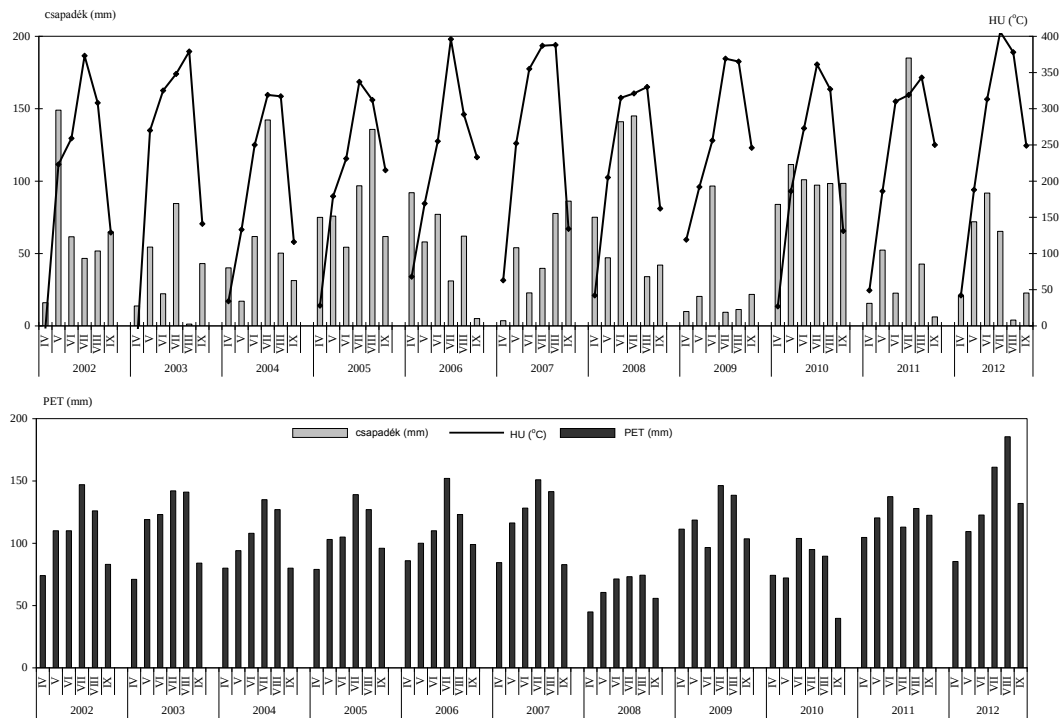
Keményítőtartalom közeli spektroszkópai technikával, transzmissziós mérési elvre épülő Foss InfratecTM 1241 műszerrel lett meghatározva. A műszer egy percen belül végzi el a szemeskukorica nagy pontosságú analízisét. A 800–1050 nm-es közeli infravörös tartományban a minta szkennelése nagy felbontású monokromátorral történik (*Net1*). A műszert a Debreceni Egyetem MÉK Földhasznosítási, Műszaki és Területfejlesztési Intézet biztosította.

Statisztikai értékelés: Mindkét kísérletben a kezelésének a talaj nedvességtartalmára, a szemnedvesség-tartalomra, termésre, valamint a keményítőtartalomra gyakorolt hatásának kimutatására általános lineáris modellt (GLM) alkalmaztunk. A kezelés középértékek összehasonlításához meghatároztuk az 5%-os szignifikáns differenciát ($\text{SzD}_{5\%}$), valamint többszörös középérték összehasonlító teszttel, Duncan módszerével homogén csoportokat képeztünk. A homogén csoporton belüli termések 5%-os szignifikancia szint mellett nem különböznek egymástól. A független és a függő változók közötti összefüggések meghatározásához lineáris és másodfokú regresszióanalízist végeztük. A kiértékelést az SPSS for Windows 13.0 statisztikai programcsomaggal végeztük.

4.3. Az időjárás értékelése

2002. év tenyészidőszakban 0,5°C-kal hűvösebb volt, mint az elmúlt 50 évben. A vegetációs időszak effektív hőösszege (HU) 1288°C volt. Egyedül a szeptemberi (64,9 mm) csapadék haladta meg a sokévi átlagot, a többi hónapban kevesebb hullott, összességében 84 mm-rel. Összegezve a tenyészidőszak jóval szárazabb (a csapadék 256 mm) volt, és ezen időszak potenciális evapotranszpiráció (PET) értéke is 394 mm-rel haladta meg a csapadékmennyiséget (4. ábra).

4. ábra. A tenyészidőszakban lehullott csapadék, effektív hőmérséklet és a potenciális evapotranszpiráció alakulása
(Debrecen–Nagykerek, 2000–2012)



2003 vegetációs időszaka jelentős csapadékhiánnyal (–56 mm) indult. A tenyészidőszakban a növény által hasznosított HU-érték 1439°C, az évi PET-érték 846 mm volt. A csapadékmennyiség és a potenciális evapotranszpiráció közötti különbség –410 mm volt. A tenyészidőszak alatt lehullott csapadék mennyisége (219 mm) kevesebb, mint az ugyanezen időszak PET-értéke (460 mm).

2004. év az átlagosnál csapadékosabb volt és kedvező volt az eloszlása is. A kukorica a tenyészidőszakban 1181°C-ot hasznosított a termésképzéshez. Az éves potenciális evapotranszpiráció 814 mm volt, ami 210 mm-rel több, mint az évi lehullott csapadék mennyiség (604 mm). A tenyészidőszakban a lehullott csapadék mennyiségét (343 mm) meghaladta a PET-értéke (624 mm).

2005. év tenyészidőszakában optimális volt a vízellátottság, 499 mm csapadék hullott, amely 159 mm-rel meghaladta az 50 éves átlagot. A hőmérsékleti viszonyok is az átlag körül alakultak, kivéve május és június eleji hűvösebb napokat. A növény által hasznosított HU-érték 1302°C volt. A PET-érték (649 mm) 150 mm-rel volt több, mint a lehullott csapadék.

2006 tavasza jóval csapadékosabb volt az átlagnál, különösen az április (92 mm). A tenyészidőszakban az effektív hőösszeg 1414°C volt. Az évi csapadék mennyiség 522 mm, míg a PET-érték 866 mm, ez -344 mm különbséget jelentett. A tenyészidőszak PET-értéke 670 mm, ami magasabb, mint az áprilistól-októberig lehullott csapadék mennyiség (326 mm).

2007. év extrém időjárású volt. A tenyészidőszak effektív hőösszege (1573°C) meghaladta a kukoricatermesztéshez szükséges maximális értéket. Az évi potenciális evapotranszspiráció 899 mm, amelyből a tenyészidőszakban a párologtatásához 651 mm-re lett volna szükség. A vegetációs időszak csapadékmennyiség értékét a PET-érték 425 mm-rel haladta meg.

2008. év csapadékosabb volt (657 mm) az átlagosnál (583 mm). A kukorica a tenyészidőszakban a termésképzéshez 1475°C -ot hasznosított. Az éves potenciális evapotranszspiráció 565 mm, ami 92 mm-rel volt kevesebb, mint az évi lehullott csapadék mennyisége. A tenyészidőszak csapadéka (488 mm) meghaladta a PET-értéket (380 mm).

2009. év tenyészidőszakában a kukorica számára nem volt elegendő mennyiségű csapadék (161 mm). A csapadék eloszlása is kedvezőtlen volt. Június hónapban volt elegendő csapadék (92 mm), de július és augusztus hónapokban összesen 17 mm csapadék hullott. Ebben az évben az 50 éves átlagtól 171 mm-rel kevesebb csapadék volt. A hőmérséklet tekintetében sem volt kedvező a helyzet, ugyanis júliusban – kukorica virágzásának időszakában – $2,6^{\circ}\text{C}$ -kal volt melegebb, mint az 50 éves átlag. Augusztus hónapban is átlag feletti ($2,8^{\circ}\text{C}$ -kal) hőmérsékletet mértünk. A tenyészidőszak HU-értéke 1547°C volt, és a PET-érték 554 mm-rel haladta meg ezen időszak csapadékmennyiségét.

2010-ben a májusi csapadék mennyisége közel kétszerese volt a sokévi átlagnak (114 mm), a június hasonlóan csapadékos (103 mm) volt, 34 mm-rel hullott több, mint az 50 éves átlag. Július, augusztus és szeptember hónapokban is jelentős volt a csapadék mennyisége. A tenyészidőszak 595 mm csapadéka jelentősen meghaladta (+255 mm) a sokévi átlagot. A hőmérséklet augusztus és szeptember kivételével magasabb volt az 50 éves átlagtól. A növény fejlődéséhez 1304°C -ot hasznosított. A csapadék mennyisége 121 mm-rel haladta meg a PET-értéket (474 mm).

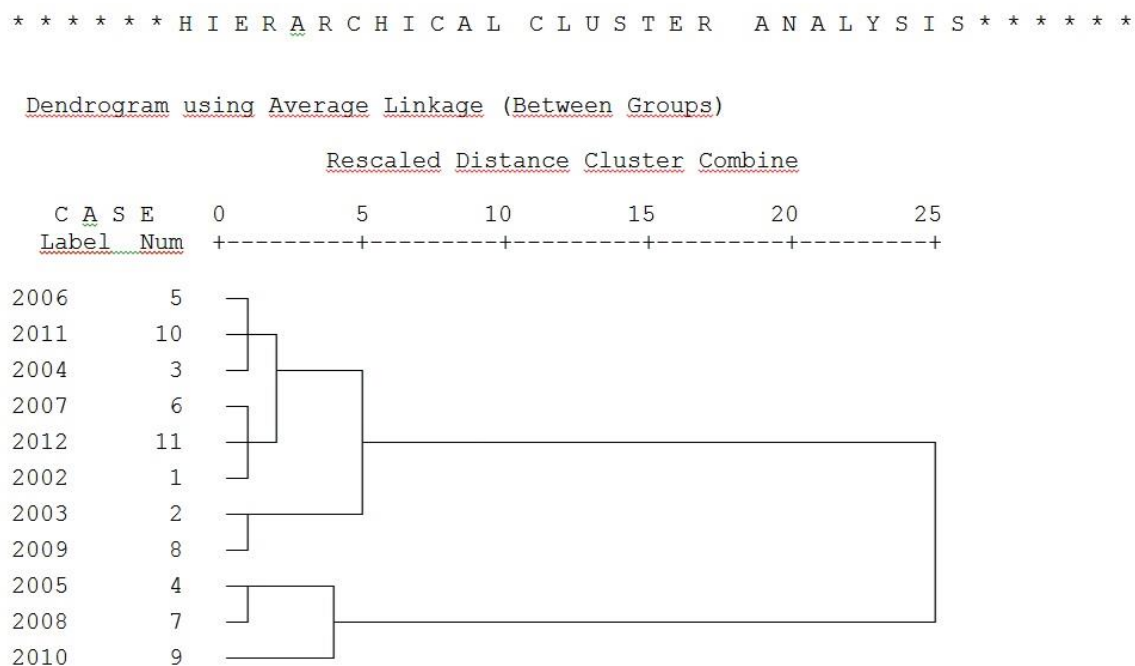
2011-ben az évi csapadékmennyiségnek (413 mm) 78%-a hullott a tenyészidőszakban. A vegetációs időszak minden hónapjában kevesebb, kivéve július hónapot, ahol 122 mm-rel több csapadék hullott, mint a sokévi átlag. A hőmérsékleti érték csak a csapadékos júliusi hónapban mutatott alacsonyabb értéket, mint az 50 éves átlag. A HU-érték 1457°C volt. A PET-érték 403 mm volt nagyobb, mint a csapadék mennyisége.

2012. évben a kukorica tenyészidőszakában lehullott csapadék mennyisége 23%-kal maradt el a sokévi átlagtól. Pozitív időjárási tényező, hogy a virágzás időszakában volt csapadék, azonban a szentelítődés időszakában mindössze 4 mm csapadék hullott. A vegetációs időszak hőmérséklete – május hónap kivételével – magasabb volt a sokévi átlagnál. A HU-érték 1576°C volt. A csapadék mennyiségének közel háromszorosa volt a PET-érték (796 mm).

Összességében a tenyészidőszakban a 11 év átlagos evapotranszpiráció (827 mm) 78%-a volt jellemző, az átlagos csapadékmennyiség 342 mm és az átlagos potenciális evapotranszpiráció 642 mm volt.

A tenyészidőszakban lehullott csapadék mennyisége, az EH és a PET értékek alapján hierarchikus klaszteranalízissel homogén csoportokat képeztünk. A száraz, aszályos évek: 2002, 2007 és 2012, száraz évek: 2003 és 2009, csapadékos évek: 2005, 2008 és 2010, valamint kedvező, átlagos évek: 2004, 2006 és 2011 évek voltak (5. ábra).

5. ábra. A hierarchikus klaszteranalízis eredménye
(Debrecen-Nagykerek, 2000–2012)



5. EREDMÉNYEK

5.1. A növénytermesztési tényezők hatásának értékelése a kukorica termésére debreceni tartamkísérletben

5.1.1. A talajművelés hatásának évenkénti értékelése

A növénytermesztési tényező hatásának vizsgálata 5 éven (2002–2006) keresztül történt. A talajművelési változat kétmintás T-próba kimutatásából megállapítható, hogy az aszályos 2002. évben a tavaszi szántás – a kezelések átlagában – 1490 kg/ha-ral ($P < 0,001$) eredményesebbnek bizonyult a tavaszi sekélyműveléshez viszonyítva. A szintén száraz 2003. évben a tavaszi sekélyműveléssel megművelt területről lehetett nagyobb termést betakarítani, de ez a 706 kg/ha-os különbség nem szignifikáns. Kedvező évjáratban (2004) volt a legnagyobb a termés nagysága, a két talajművelési változat közötti különbség 606 kg/ha ($P < 0,05$) volt. Az extrém csapadékos 2005. évben és az átlagos évjáratú 2006. évben a két talajművelési változat szemtermései csak nem azonosak (0,272; 0,044 t/ha az eltérés), különbség nem szignifikáns (1. táblázat).

1. táblázat. Az évjárat és a talajművelési változatok hatása a kukorica termésére (Debrecen, 2002–2006)

Talajművelés	Termésátlag (t/ha)				
	2002	2003	2004	2005	2006
tavaszi szántás	5,376***	6,963 ^{ns}	11,073*	9,553 ^{ns}	8,057 ^{ns}
tavaszi sekélyművelés	3,886	7,669	10,467	9,281	8,013

Jelmagyarázat: *** $P=0,001\%$, * $P=0,05$, ns= nem szignifikáns

A tavaszi sekély művelés alkalmazása a FAO 400-as hibrideknél mindössze két évben volt előnyösebb, 2002. évben 856 kg/ha-ral ($P < 0,05$) és 2004-ben 1051 kg/ha-ral ($P < 0,05$). A többi vizsgált évjáratban a hibridek között statisztikailag igazolható eltérés nem volt. A tavaszi szántásos kezelésben a kukoricahibridek produkciója csak 2002-ben nem mutatott szignifikáns különbséget. Száraz években a tavaszi szántás a FAO 300-as hibrid termését növelte jelentős mértékben, 2003-ban 1091 kg/ha-ral ($P < 0,05$) és 2006-ban 1155 kg/ha-ral ($P < 0,001$), azonban a legnagyobb termésnövekedés 1870 kg/ha ($P < 0,001$) a csapadékos 2005. évben volt. Kedvező évjáratban (2004) a tavaszi szántás alkalmazása a FAO 400-as hibrid terméseredményét növelte ($P < 0,05$) 997 kg/ha-ral (2. táblázat).

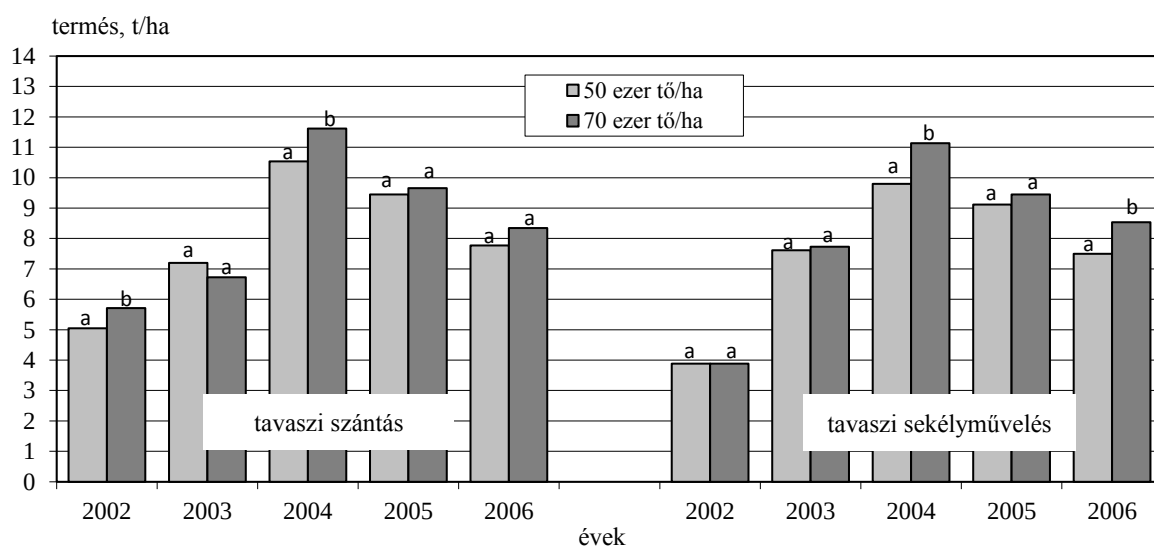
A tavaszi sekélyművelés, a 70 ezres tő/ha állománynál a vizsgált év mindegyikében nagyobb termést eredményezett, azonban statisztikailag megbízható termésnövelő hatása csak 2004-ben (1336 kg/ha, $P<0,01$) és 2006-ban (1034 kg/ha, $P<0,01$) volt. A tavaszi szántás esetében is – kivéve 2003. évet – a 70 ezres növényállománynál mutatkozott nagyobb termés, szignifikáns termésnövekedés 2002-ben (668 kg/ha, $P<0,05$) és 2004-ben (1082 kg/ha $P<0,05$) volt (6. ábra).

2. táblázat. Az évjárat és a talajművelési változatok hatása az eltérő FAO számú kukorica hibridek termésére (Debrecen, 2002–2006)

Talajművelés	Hibrid	Termés, t/ha					Átlag
		2002	2003	2004	2005	2006	
tavaszi sekélyművelés	FAO 300	3,458**	8,032 ^{ns}	9,942*	9,187 ^{ns}	8,224 ^{ns}	7,769
	FAO 400	4,314	7,306	10,993	9,375	7,801	7,958
	átlag	3,886	7,669	10,467	9,281	8,013	7,863
tavaszi szántás	FAO 300	5,485 ^{ns}	7,508*	10,574*	10,488***	8,635***	8,538
	FAO 400	5,267	6,417	11,571	8,618	7,480	7,871
	átlag	5,376	6,963	11,073	9,553	8,057	8,204

Jelmagyarázat: *** $P=0,001\%$, ** $P=0,01\%$, * $P=0,05\%$, ns= nem szignifikáns

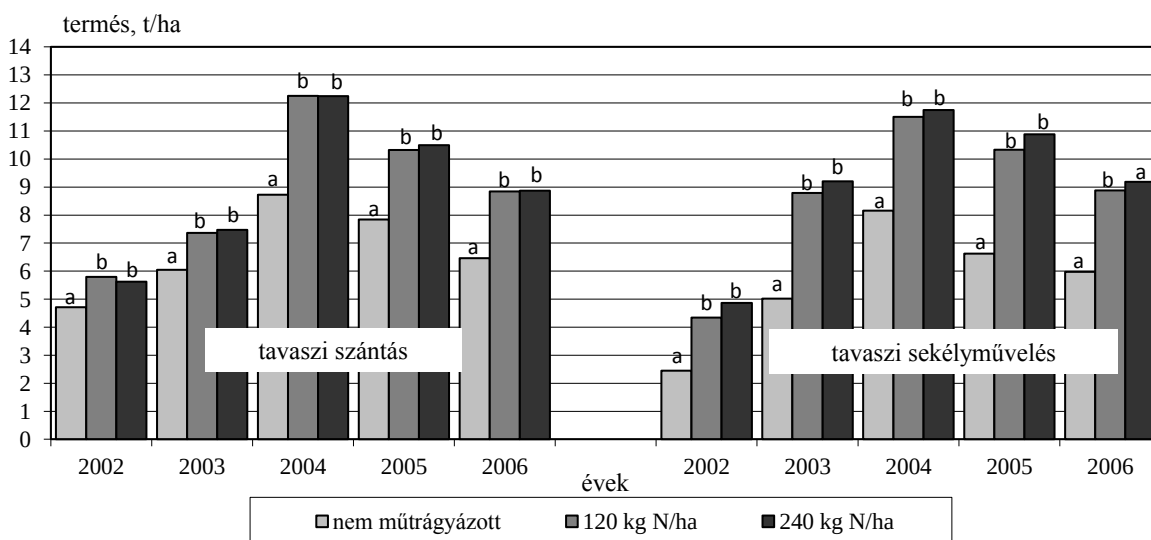
6. ábra. Az évjárat és a talajművelési változatok hatása a termésre eltérő növény szám mellett (Debrecen, 2002–2006)



Jelmagyarázat: Az azonos betűvel jelzett adatok a Duncan-teszt alapján egymástól szignifikánsan nem különböznek

A műtrágyázás hatását vizsgálva megállapítható, hogy mindkét talajművelési változatban és mind az 5 vizsgált évben a nem műtrágyázott és a műtrágyázott parcellák termése között statisztikailag volt igazolt különbség. A tavaszi sekélyművelésben a műtrágyázás átlagos terméstöbblete a csapadékos 2005. évben volt a legnagyobb (3,979 t/ha), míg a legkisebb az aszályos 2002-ben (2,154 t/ha). A 120 kg N/ha műtrágyakezelés 0,1%-os szignifikancia szint mellett három évben (2003, 2004 és 2005) is 3 t/ha feletti terméstöbbletet eredményezett. A műtrágyázás terméstöbblete a tavaszi szántásban kedvező évjáratban volt nagyobb (3,516 t/ha), és e hatás az aszályos 2002. évben mindössze 998 kg/ha volt. A 120 kg N/ha műtrágyakezelés kedvező évjáratban hozott nagyobb, 3,520 t/ha-os ($P < 0,001$) terméstöbbletet (7. ábra).

7. ábra. Az évjárat és a talajművelési változatok hatása a termésre különböző műtrágyakezelések mellett (Debrecen, 2002–2006)



Jelmagyarázat: Az azonos betűvel jelzett adatok a Duncan-teszt alapján egymástól szignifikánsan nem különböznek

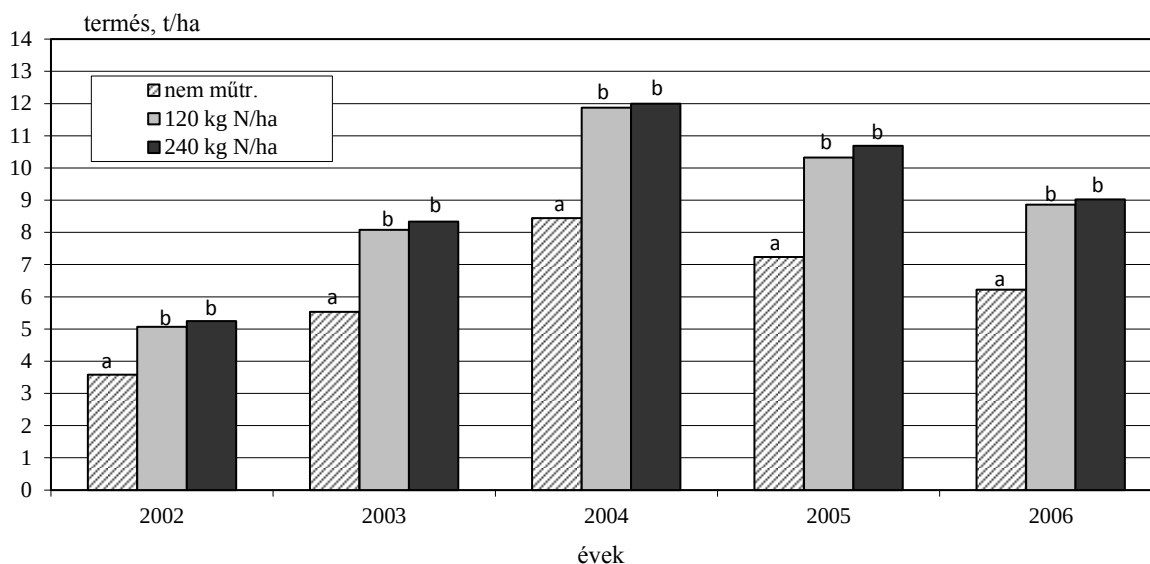
5.1.2. A műtrágyázás hatásának évenkénti értékelése

A legnagyobb hozam – a műtrágyakezelések átlagában – kedvező évjáratban, 2004-ben volt (10,770 t/ha). A nem műtrágyázott és a műtrágyázott parcellák termései között a vizsgált 5 év mindegyikében a különbség megbízható volt (8. ábra). A műtrágyázás terméstöbblete – 0,1%-os szignifikancia mellett – 2004-ben (3431 kg/ha) és 2005-ben (3093 kg/ha) volt a legjelentősebb.

A nem műtrágyázott kezelésre – a kedvező évjárat kivételével – a FAO 400-as hibrid a FAO 300-as hibridhez viszonyítva terméseszkökenessel reagált, csapadékos évben (2005) 1803 kg/ha

terméskiesést ($P < 0,001$) okozott. A hosszabb tenyészidejű hibridek tápanyagigénye magasabb, mint a rövidebb tenyészidejű hibrideké. A kedvezőtlen időjárás csökkentette a talaj tápanyagfeltárási képességét. A sok csapadék, az átlagtól elmaradó hőmérséklet lassította a kukoricanövények életfolyamatait. A stresszhatások növekedtek, elmaradt a gyors és intenzív fejlődés. Kéthetes fenológiai csúszás alakult ki, amelyet a hosszabb tenyészidő tovább növelt. Ehhez párosult, hogy magas szemnedvesség-tartalommal lehetett betakarítani a FAO 400-as hibridet. Nagy valószínűséggel ennek köszönhető ez a jelentős terméseszkökenés. Jelentős terméseszkökenést ($P < 0,001$) lehetett megállapítani 2003-ban is, ahol ennek a mértéke 1336 kg/ha volt. A 120 kg N/ha kezelés – a hibridek összehasonlításában – azonos tendenciát mutatott, mint a nem műtrágyázott parcellák eredményei. Kedvező évjáratban (2004) a FAO 400-as hibrid termése 1240 kg/ha-ral szignifikánsan ($P < 0,001$) nagyobb volt, átlagos évjáratban (2006) azonban 768 kg/ha-ral ($P < 0,001$) csökkent a FAO 300-as hibridhez képest. Több műtrágyaadagot (240 kg N/ha) alkalmazva kedvező évjáratban a FAO 400-as hibriddel 10,8%-os termésnövekedést ($P < 0,001$) lehetett elérni, míg az átlagos 2006. évben 13,7%-os terméseszkökenés mutatkozott. A FAO 300-as hibrid termésében a nem műtrágyázott és a 120 kg N/ha kezelés közötti különbség, kedvező évjáratban (2004)(3,114 t/ha, ($P < 0,001$), míg a FAO 400-as hibrid esetében két évben is jelentős volt, 2004-ben 3,748 t/ha és 2005-ben 3,811 t/ha (3. táblázat).

8. ábra. Az évjárat és a műtrágyázási változatok hatása a kukorica termésére (Debrecen, 2002–2006)



Jelmagyarázat: Az azonos betűvel jelzett adatok a Duncan-teszt alapján egymástól szignifikánsan nem különböznek

3. táblázat. Az évjárat és a műtrágyakezelések hatása az eltérő FAO számú kukorica hibridek termésére
(Debrecen, 2002–2006)

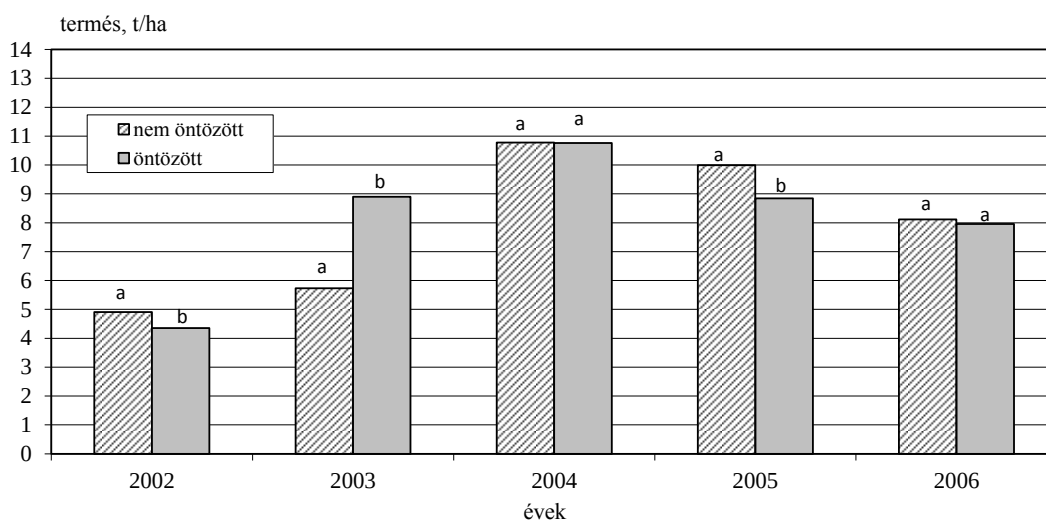
Műtrágyakezelés	Hibrid	Termés, t/ha					Átlag
		2002	2003	2004	2005	2006	
Nem műtrágyázott	FAO 300	3,580 ^{ns}	6,201 ^{***}	8,140 [*]	8,136 ^{***}	6,439 ^{ns}	6,499
	FAO 400	3,581	4,865	8,746	6,333	5,997	5,904
	átlag	3,580	5,533	8,443	7,235	6,218	6,202
120 kg N/ha	FAO 300	4,756 ^{ns}	8,386 ^{ns}	11,254 ^{***}	10,512 ^{ns}	9,244 [*]	8,83
	FAO 400	5,380	7,768	12,494	10,144	8,476	8,853
	átlag	5,068	8,077	11,874	10,328	8,860	8,841
240 kg N/ha	FAO 300	5,079 ^{ns}	8,724 ^{ns}	11,380 ^{***}	10,865 ^{ns}	9,606 ^{***}	9,131
	FAO 400	5,410	7,951	12,606	10,513	8,448	8,986

Jelmagyarázat: ***P=0,001%, *P=0,05%, ns= nem szignifikáns

5.1.3. Az öntözés hatásának évenkénti értékelése

2002-ben – a kezelések átlagában – az öntözésnek nem volt termésmenvelő hatása ($P < 0,05$), azonban 2003-ban 3170 kg/ha-ral növelte a termés mennyiségét. Kedvező évjáratban (2004) a nem öntözött és öntözött kezelések termése között szignifikáns különbség nem volt, míg az extrém csapadékos évben az öntözés termés csökkentő hatása 1148 t/ha volt. 2006-ban a két változat közötti különbség statisztikailag nem igazolt (9. ábra).

9. ábra. Az évjárat és az öntözési változatok hatása a kukorica termésére
(Debrecen, 2002–2006)



Jelmagyarázat: Az azonos betűvel jelzett adatok a Duncan-teszt alapján egymástól szignifikánsan nem különböznek

A nem öntözött parcellákon elvégzett két talajművelési változatot vizsgálva megállapítható, hogy a tavaszi szántás pozitív (1812 kg/ha-ral, $P<0,001$) hatékonysággal érvényesült az aszályos 2002. évben és negatív módon a 2003-as évben, ahol 1367 kg/ha-ral csökkentette ($P<0,001$) a termést. A többi vizsgált évben a tavaszi szántásnak termésnövelő hatása volt. Öntözött körülmények között a tavaszi szántás szignifikánsan növelte a tavaszi sekélyműveléshez viszonyított termést 2002-ben (1169 kg/ha, $P<0,001$) és 2004-ben (911 kg/ha $P<0,05$). A további négy évben a két talajművelési változat alkalmazása között különbség megbízható eltérést nem mutatott.

A tavaszi sekélyművelés alkalmazása 2003-ban javította az öntözés hatását szignifikánsan (2508 kg/ha, $P<0,001$). A csapadékos 2005-ben jelentős 1027 kg/ha ($P<0,05$) terméseszkökenést idézett elő. A tavaszi szántás a kedvező (2004), és az átlagos (2006) években nem befolyásolta az öntözés hatékonyságát. Az öntözés jelentős (3,830 kg/ha $P<0,001$) termésnövelő volt 2003-ban, míg 2002-ben (876 kg/ha, $P<0,05$) és 2005-ben (1269 kg/ha, $P<0,001$) csökkentette a termést (4. táblázat).

4. táblázat. Az évjárat és az öntözés hatása a termésre eltérő talajművelési változatoknál (Debrecen, 2002–2006)

Öntözés	Talajművelés	Termés, t/ha					Átlag
		2002	2003	2004	2005	2006	
nem							
öntözött	tavaszi sekélyművelés	4,002***	6,415***	10,626 ^{ns}	9,795 ^{ns}	7,966 ^{ns}	7,761
	tavaszi szántás	5,814	5,048	10,927	10,188	8,264	8,048
	<i>átlag</i>	4,908	5,731	10,777	9,991	8,115	7,904
öntözött	tavaszi sekélyművelés	3,769***	8,923 ^{ns}	10,308*	8,768 ^{ns}	8,059 ^{ns}	7,965
	tavaszi szántás	4,938	8,878	11,219	8,919	7,851	8,361
	<i>átlag</i>	4,354	8,901	10,764	8,843	7,955	8,163

Jelmagyarázat: *** $P=0,001\%$, * $P=0,05\%$, ns= nem szignifikáns

Nem öntözött változatban a nem műtrágyázott és a műtrágyázott (120 kg N/ha, 240 kg N/ha) kezelések közötti különbség 0,1%-os szignifikancia mellett igazolható. A 120 kg N/ha műtrágyamennyiség legnagyobb mértékben kedvező (2004) évjáratban növelte (2729 kg/ha) a termést. Termésnövelő hatása 2005-ben és 2006-ban 2 t/ha feletti volt. A műtrágyázás átlagos terméstöbblete 2004-ben (2804 kg/ha) bizonyult jelentősebbnek. Öntözött változatban a 120 kg N/ha műtrágyakezelések termésnövelő hatása 1131–4135 kg/ha között változott.

Az öntözés pozitív hatása a nem műtrágyázott parcellákon 2003-ban érvényesült (1331 kg/ha, $P<0,001$), a kedvező, csapadékos és átlagos években csökkentette ($P<0,001$) a termést. A 120 kg N/ha kezelést alkalmazva az öntözés 3416 kg/ha-ral haladta meg a nem öntözött kezelésben mért értéket. A kedvező és az átlagos évjáratban az öntözésnek nem volt megbízható hatása, míg csapadékos évben 586 kg/ha-ral csökkentette ($P<0,05$) a termést. A 240 kg N/ha kezelést alkalmazva az öntözés pozitív hatása 2003-ban érvényesült 4761 kg/ha-ral ($P<0,001$), csapadékos (2005) évben azonban 678 kg/ha termésnövekedés következett be. A többi vizsgált évben ugyan az öntözött kezelésben nagyobb volt a termés, azonban az itt mért terméskülönbségek nem bizonyultak szignifikánsnak (5. táblázat).

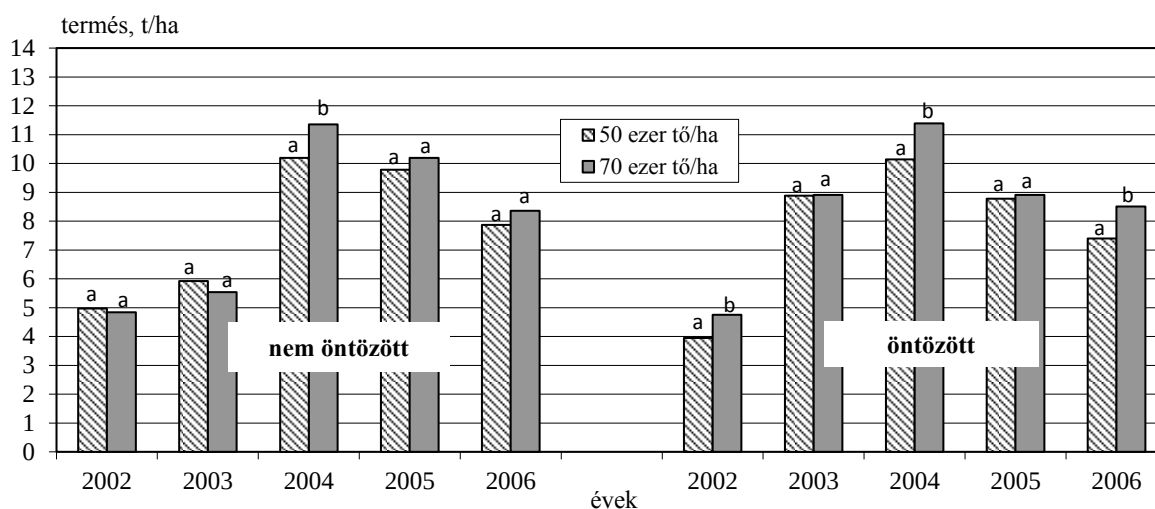
5. táblázat. Az évjárat és az öntözés hatása a termésre eltérő műtrágyakezelésekben (Debrecen, 2002–2006)

Öntözés	Műtrágyakezelés	Termés, t/ha évek					Átlag
		2002	2003	2004	2005	2006	
nem öntözött	nem műtrágyázott	3,920	4,868	8,907	8,325	6,702	6,545
	120 kg N/ha	5,764	6,369	11,636	10,621	8,756	8,629
	240 kg N/ha	5,040	5,957	11,786	11,028	8,887	8,540
	<i>átlag</i>	4,908	5,731	10,777	9,991	8,115	7,904
öntözött	nem műtrágyázott	3,240	6,199	7,978	6,144	5,734	5,859
	120 kg N/ha	4,372	9,785	12,113	10,035	8,964	9,054
	240 kg N/ha	5,449	10,718	12,201	10,350	9,166	9,577
	<i>átlag</i>	4,354	8,901	10,764	8,843	7,955	8,163

A hektáronkénti növényszám az eltérő évjárat körülmények között nagymértékben meghatározta a kukoricatermesztés eredményességét és biztonságát. Nem öntözött változatban két évben az aszályos és száraz 2002 és 2003-ban a 70 ezer tő/ha-os állomány termése kevesebb volt, mint az 50 ezer tő/ha-os állományé. A vizsgált többi évben (2004, 2005 és 2006) a 70 ezer tő/ha használatával termésnövekedés volt, szignifikáns hatást csak a kedvező 2004-es évben (1163 kg/ha, $P<0,01$) lehetett kimutatni. Öntözött kezelésben az évek mindegyikében a magasabb 70 ezer tő/ha-os állomány adott nagyobb termést. Két évben, a száraz 2003-as és a csapadékos 2005-ös évben a növényszám növelésének hatására szignifikánsan nem változott a termés nagysága. A jó csapadékelátottságú, kedvező 2004-ben a 70 ezer tő/ha 1255 kg/ha-ral kedvezőbbnek bizonyult, statisztikai úton ($P<0,01$) is igazolhatóan. 2006-ban (1106 kg/ha, $P<0,01$) és 2002-ben (801 kg/ha, $P<0,05$) is a tőszám növelésének hatására jelentősen emelkedett a termés.

Az öntözés – 2004 és 2006 kivételével – szignifikáns mértékben módosította az 50 ezer tő/ha állomány terméseredményét. Termésnövekedés 2003-ban (2965 kg/ha, $P<0,001$), termés csökkenés 2002-ben (1021 kg/ha, $P<0,01$) és 2005-ben (1012 kg/ha, $P<0,05$) volt. Az öntözés 70 ezer tő/ha állománysűrűségnél érvényesült, a terméseredmények minden évben szignifikáns mértékben növekedtek, kivéve 2002 évet (10. ábra).

10. ábra. Az évjárat és az öntözés hatása a termésre különböző növényszám változatoknál (Debrecen, 2002–2006)

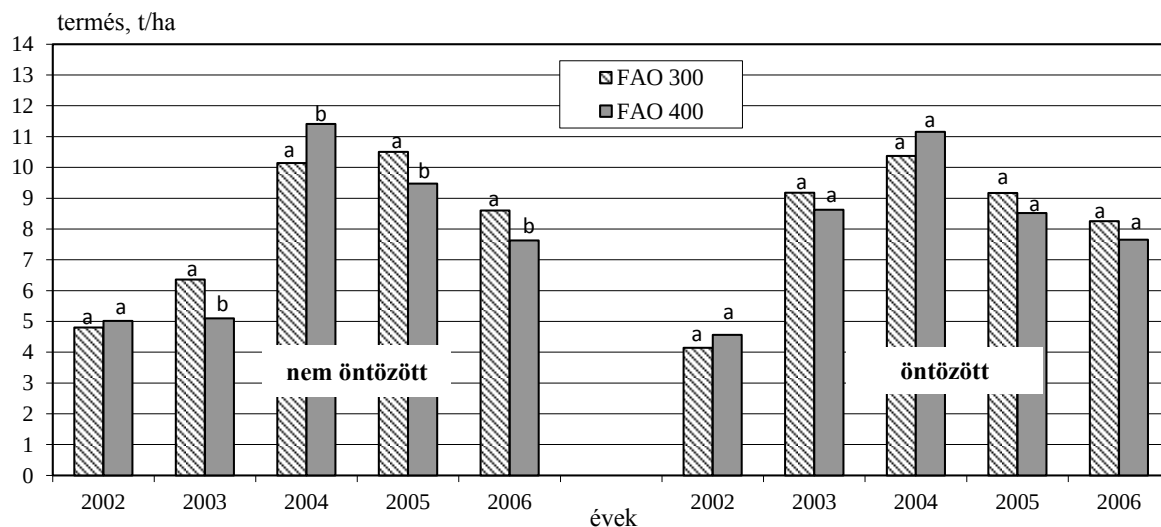


Jelmagyarázat: Az azonos betűvel jelzett adatok a Duncan-teszt alapján egymástól szignifikánsan nem különböznek

Nem öntözött változatban a FAO 400-as hibrid termése a FAO 300-ashoz viszonyítva 2 évben többet és 3 évben kevesebbet termett. A vizsgált években – kivéve 2002-ben – a különbség megbízható volt. 2003-ban a FAO 400 hibrid 1262 kg/ha-ral ($P<0,001$), 2005-ben 1032 kg/ha-ra ($P<0,01$) és 2006-ban 970 kg/ha-ral ($P<0,001$) termett kevesebbet, mint a FAO 300-as hibrid. A jó csapadékellátottságú (2004) évben a FAO 400-as hibrid alkalmazása kedvezőbb volt (1271 kg/ha, $P<0,001$). Öntözött körülmények között a vizsgált évek egyikében sem volt a két hibrid termésmennyiségében statisztikailag igazolt különbség.

Az öntözés, az alacsony tenyészidejű FAO 300 hibridnél 2003-ban 2816 kg/ha ($P<0,001$) terméstöbbletet, míg 2005-ben 1032 kg/ha ($P<0,001$) termés csökkenést eredményezett. A FAO 400-as hibridnél – hasonlóan a FAO 300-as hibridhez – 2003-ban volt az öntözésnek termésnövelő (3523 kg/ha, $P<0,001$) és 2005-ben termés csökkentő (957 kg/ha, $P<0,05$) hatása (11. ábra).

11. ábra. Az évjárat és az öntözés hatása az eltérő FAO számú kukorica hibridek termésére (Debrecen, 2002–2006)

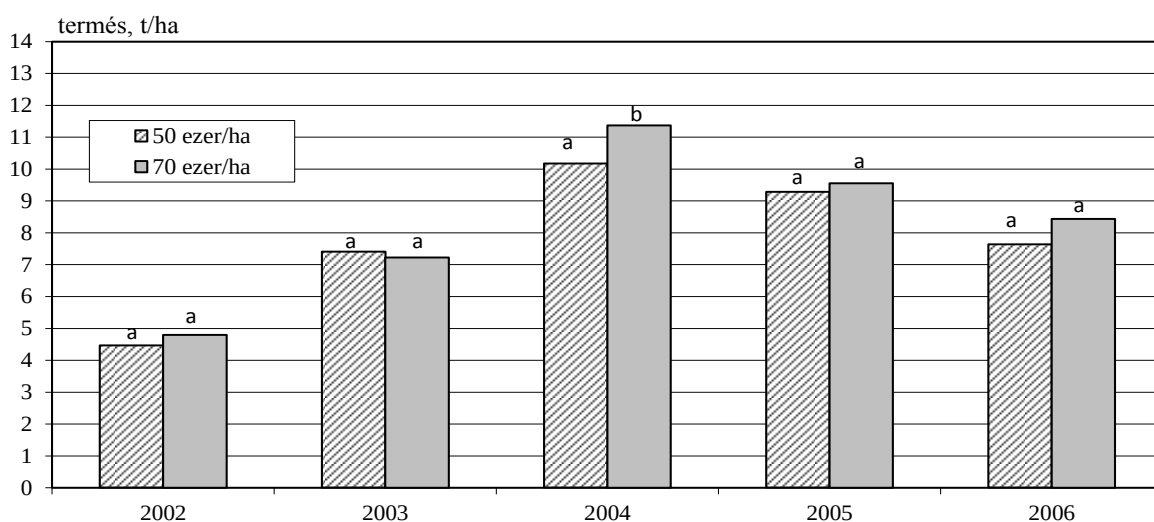


Jelmagyarázat: Az azonos betűvel jelzett adatok a Duncan-teszt alapján egymástól szignifikánsan nem különböznek

5.1.4. A növénysszám hatásának évenkénti értékelése

A 70 ezer tő/ha növénysszám – a többi kezelés átlagában – a kedvező évjáratú 2004-ben 11,9%-os és 2006-ban 10,5%-os termésnövekedést eredményezett. A terméskülönbség mindkét évben 0,1%-os szint mellett igazolt. Száraz években a növénysszámok közötti eltérések nem voltak megbízhatóak (12. ábra).

12. ábra. Az évjárat és a tőszámváltozatok hatása a kukorica termésére (Debrecen, 2002–2006)



Jelmagyarázat: Az azonos betűvel jelzett adatok a Duncan-teszt alapján egymástól szignifikánsan nem különböznek

Az 50 ezer tő/ha-os állománynál a műtrágyázás következetesen, minden évben növelte a termés nagyságát. A két műtrágyakezelés (120 és 240 kg/ha) között szignifikáns különbség nem volt kimutatható. A nem műtrágyázott és a 120 kg N/ha kezelés közötti eltérés – 2002 év kivételével, ahol 5%-os – 0,1%-os szinten igazolt, és a legnagyobb termésmenvelő hatása 2004-ben volt (2587 kg/ha). A műtrágyázás átlagos terméstöbblete 1285 és 2795 kg/ha között változott. A 70 ezer tő/ha alkalmazásánál is megállapítható, hogy szignifikáns különbség csak a nem műtrágyázott és a műtrágyázott kezelések között volt. A 120 kg N/ha kezelés minden évben 0,1%-os szinten bizonyult eredményesebbnek a műtrágyázás nélküli kezeléshez viszonyítva, a legnagyobb termésmenvelő hatása 2004-ben (4277 kg/ha) volt. A műtrágyázás átlagos termésmenvelő hatása is számottevő (1868–4404 kg/ha).

A növényszám növelése a nem műtrágyázott kezelésekben minden esetben kismértékű termésesökkenést okozott. A 120 kg N/ha kezelésben 5 év közül a 70 ezer tő/ha alkalmazása 2 évben (2002 és 2003) nem, 3 évben (2004, 2005, és 2006) megbízhatóan magas termésszintet ($P<0,001$) hozott, a kedvező vízellátottság (2004) mellett adta a legtöbb terméstöbbletet (1683 kg/ha). A 240 kg N/ha kezelés tendenciájában hasonlóan alakította a kukorica termését, mint a 120 kg /ha kezelés, kivéve a csapadékos 2005 évet, ahol a növekedés nem volt szignifikáns. A hektáronkénti 240 kg N/ha kijuttatása 2004-ben bizonyult a legeredményesebbnek, 1951 kg/ha ($P<0,001$) terméstöbblettel (6. táblázat).

6. táblázat. Az évjárat és a növényszám hatása a termésre eltérő műtrágyakezelésekben (Debrecen, 2002–2006)

Növényszám	Műtrágyakezelés	Termés, t/ha					Átlag
		2002	2003	2004	2005	2006	
50 ezer tő/ha	nem műtrágyázott	3,607	5,885	8,446	7,416	6,235	6,318
	120 kg N/ha	4,736	8,073	11,033	9,948	8,276	8,413
	240 kg N/ha	5,047	8,256	11,018	10,475	8,391	8,638
	átlag	4,463	7,405	10,166	9,280	7,634	7,789
70 ezer tő/ha	nem műtrágyázott	3,553	5,182	8,439	7,053	6,201	6,086
	120 kg N/ha	5,400	8,081	12,716	10,708	9,445	9,270
	240 kg N/ha	5,442	8,419	12,969	10,902	9,663	9,479
	átlag	4,799	7,227	11,374	9,555	8,436	8,278

5.1.5. Az eltérő FAO számú kukorica hibridek terméseredményeinek évenkénti értékelése

Az alkalmazott kezelések hatásának eredményeként a különböző FAO számú hibridek termése 2002. év kivételével jelentősen eltért egymástól. Száraz évben (2003) a FAO 400-as hibrid 908 kg/ha-ral kevesebb ($P < 0,05$) termést realizált, mint a FAO 300-as hibrid. Kedvező évben (2004) ennek az ellenkezője 1024 kg/ha szignifikáns ($P < 0,001$) termésnövekedés figyelhető meg. Az extrém csapadékos 2005-ben a FAO 400-as hibrid vetése 841 kg/ha ($P < 0,01$), az átlagos 2006-os évben pedig 790 kg/ha ($P < 0,001$) termésvesztést okozott (7. táblázat).

7. táblázat. Az évjárat és az eltérő FAO szám hatása a kukorica termésére (Debrecen, 2002–2006)

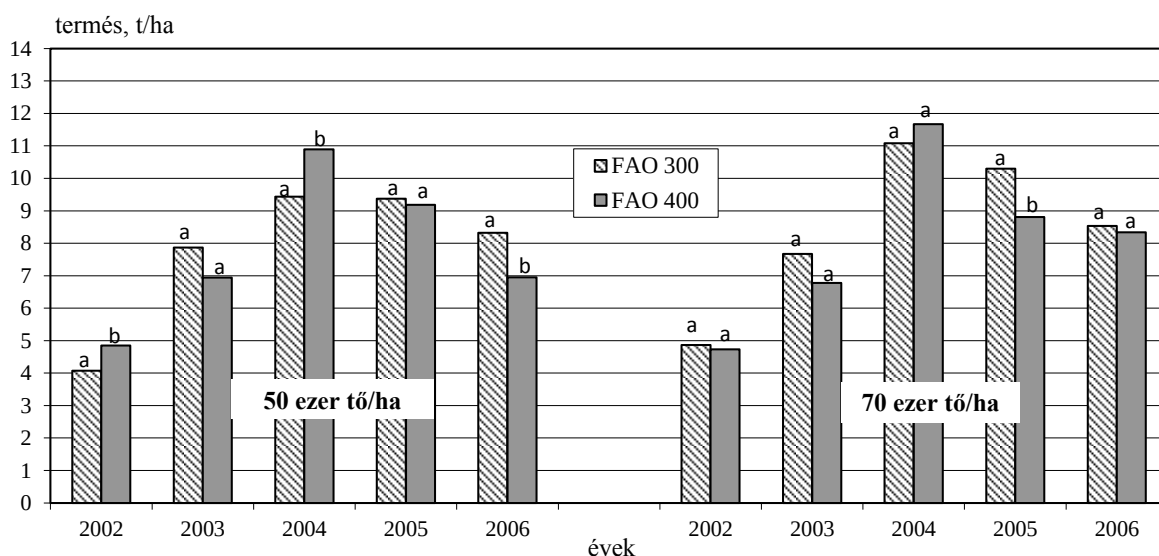
FAO szám	Termésátlag (t/ha)				
	2002	2003	2004	2005	2006
FAO 300	4,471 ^{ns}	7,770 [*]	10,258 ^{***}	9,838 ^{**}	8,430 ^{***}
FAO 400	4,790	6,862	11,282	8,997	7,640

Jelmagyarázat: *** $P=0,001\%$, ** $P=0,01\%$, * $P=0,05\%$, ns= nem szignifikáns

50 ezer tő/ha állományban – két évben 2003-ban és 2005-ben – a magasabb FAO számú hibrid terméseredmény különbsége a FAO 300-as hibridhez viszonyítva nem bizonyult igazoltnak, azonban 2006-ban (1374 kg/ha, $P < 0,001$) a csökkenés egyértelmű volt. A 70 ezer tő/ha növényállományban mindkét FAO számú hibrid eredménye hasonló volt, kivéve az extrém csapadékos (2005) évben, amikor a 70 ezer tő/ha kezelés 1486 kg/ha-ral csökkentette ($P < 0,05$) a termést.

A kutatási eredmények értékelése alapján a tőszám növelésére a FAO 300-as hibrid két évben, 2004-ben (1644 kg/ha, $P < 0,001$) és 2005-ben (921 kg/ha, $P < 0,05$) adott lehetőséget. A FAO 400-as hibridnél mindössze egy évben, 2006-ban (1387 kg/ha, $P < 0,001$) volt kedvező a magasabb tőszám alkalmazása (13. ábra).

13. ábra. Az évjárat és a tőszámváltozatok hatása az eltérő FAO számú kukorica termésére (Debrecen, 2002–2006)



Jelmagyarázat: Az azonos betűvel jelzett adatok a Duncan-teszt alapján egymástól szignifikánsan nem különböznek

5.1.6. A növénytermesztési tényezők együttes értékelése

A töbttényezős varianciaanalízis MQ értéke alapján jelentősebb termést módosító hatása a műtrágyázásnak volt a vizsgált évek közül három évben (2004, 2005 és 2006), a talajművelésnek 2002-ben és az öntözésnek 2003-ban. A hatás mindegyike, 0,1%-os szinten igazolt. A fő tényezők közül 2002-ben és 2003-ban a növényszám, 2002-ben a hibrid és 2006-ban az öntözés és a talajművelés nem mutatott szignifikáns különbséget.

A szignifikáns kölcsönhatások közül a talajművelés $\times$ hibrid két évben 2002-ben ($P < 0,01$) és 2005-ben ($P < 0,001$), a műtrágya $\times$ öntözés 2003-ban ($P < 0,001$), a műtrágya $\times$ növényszám 2004-ben ($P < 0,001$) és 2006-ban a növényszám $\times$ hibrid ($P < 0,001$) interakció bizonyult erőteljesebbnek (8. táblázat).

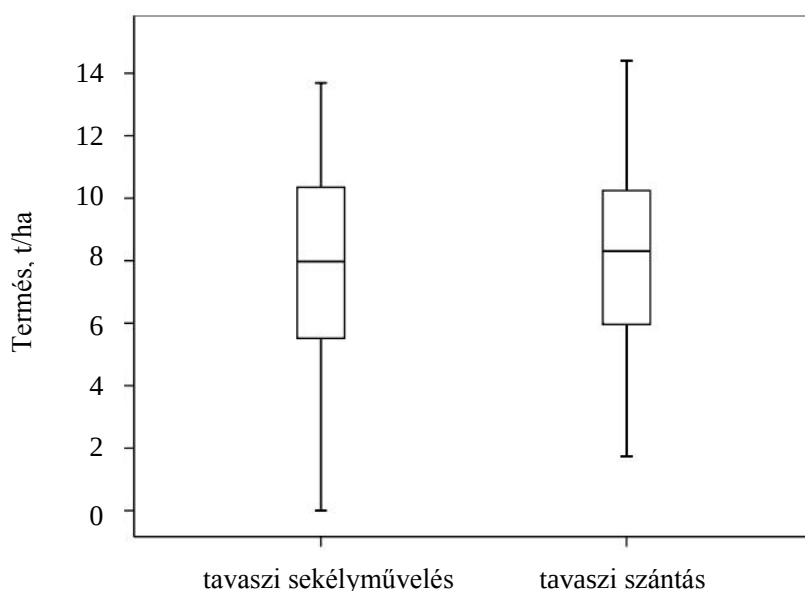
Összegzésképpen megállapítható a T-teszt alapján – a kezelések átlagában –, hogy a tavaszi szántás (8,204 t/ha) biztosította a kukorica számára a jobb feltételt, azonban a 341 kg/ha többlethozam nem bizonyult szignifikáns különbségnek a tavaszi sekélyműveléshez (7,863 t/ha) viszonyítva (14. ábra). Ugyancsak nem volt statisztikailag igazolt különbség a nem öntözött (7,904 t/ha) és az öntözött (8,163 t/ha) kezelések, valamint a FAO 300-as (8,153 t/ha) és FAO 400-as (7,914 t/ha) hibridek között sem.

8. táblázat. A kukorica termésének összevont varianciaanalízis eredménye
(Debrecen, 2002–2006)

Tényezők	2002	2003	2004	2005	2006
Szignifikancia szint					
Öntözés (A)	**	***	ns	***	ns
Talajművelés (B)	***	***	***	*	ns
Növényszám (C)	ns	ns	***	*	***
Hibrid (D)	ns	***	***	***	***
Műtrágya (E)	***	***	***	***	***
A × B	ns	***	*	ns	*
A × C	*	ns	ns	ns	**
A × D	ns	ns	*	ns	ns
A × E	***	***	***	***	***
B × C	ns	ns	ns	ns	*
B × D	**	ns	ns	***	***
B × E	**	***	ns	***	*
C × D	*	ns	***	***	***
C × E	ns	ns	***	**	***
D × E	ns	ns	ns	***	*

Jelmagyarázat: ***P=0,001%, **P=0,01%, *P=0,05%, ns= nem szignifikáns

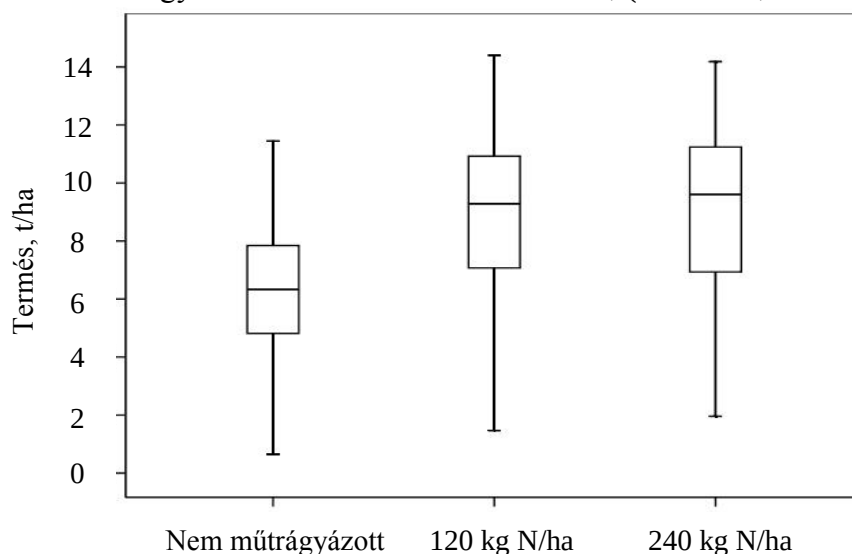
14. ábra. A talajművelés hatása a kukorica termésére
(Debrecen, 2002–2006)



A 70 ezer tő/ha-os állomány termése – 5%-os szignifikancia szint mellett – 489 kg/ha-ral volt megbízhatóan nagyobb, mint az 50 ezer tő/ha hozama. A műtrágyázási kezelések között jelentős különbség a nem műtrágyázott (6,202 t/ha) és a műtrágyázott kezelések között alakult

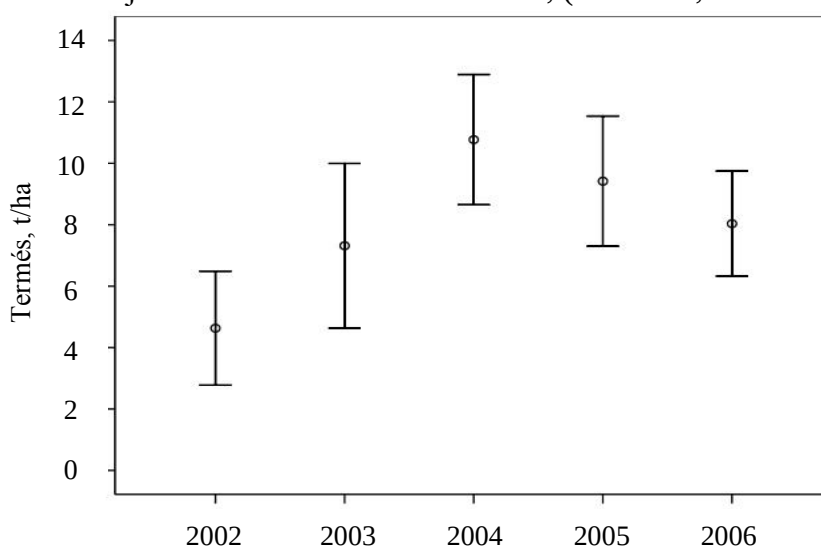
ki. A 120 kg N/ha kezelés termésátlagához képest szignifikánsan nem tért el a 240 kg/ha kezelés terméseredménye (15. ábra).

15. ábra. A műtrágyázás hatása a kukorica termésére, (Debrecen, 2002–2006)



Az öt év terméseredményeit értékelve megállapítható, hogy a környezeti tényezők jelentős hatást ($P < 0,05$) gyakorolnak a termésre (16. ábra). Kedvező évjáratban (2004) a 10,770 t/ha-os termésmennyiség 6139 kg/ha-ral volt több mint a száraz évjárat (2002) termése. Két száraz évet tekintve (pl. 2002 és 2003) is 2685 kg/ha-os terméskülönbség realizálódott. A kedvező évjáratú évhez (2004) viszonyítva 2005-ben 1354 kg/ha-ral és 2006-ban 2735 kg/ha-ral volt kevesebb a termés.

16. ábra. Az évjárat hatása a kukorica termésére, (Debrecen, 2002–2006)



5.1.7. A növénytermesztési tényezők összefüggés-vizsgálatának értékelése

Vizsgáltuk az agrotechnikai tényezők (talajművelés, műtrágyázás, növényszám és genotípus) és a termés közötti összefüggéseket nem öntözött és öntözött változatban (9. táblázat).

9. táblázat. Az agrotechnikai tényezők (talajművelés, műtrágyázás, növényszám és genotípus) és a termés mennyisége közötti összefüggés vizsgálat regresszió-analízissel nem öntözött és öntözött változatban (Debrecen, 2002–2006)

Összefüggés	Nem öntözött					Öntözött				
	2002	2003	2004	2005	2006	2002	2003	2004	2005	2006
Talajművelés-Termés	0,490***	0,358***	0,077 ^{ns}	0,111 ^{ns}	0,103 ^{ns}	0,322***	0,009 ^{ns}	0,200*	0,034 ^{ns}	0,054 ^{ns}
Műtrágyázás-Termés	0,410***	0,331**	0,680***	0,669***	0,694***	0,496***	0,822***	0,867***	0,845***	0,814***
Növényszám-Termés	0,031 ^{ns}	0,100 ^{ns}	0,299**	0,115 ^{ns}	0,173 ^{ns}	0,221*	0,006 ^{ns}	0,276**	0,031 ^{ns}	0,272**
Hibrid-Termés	0,057 ^{ns}	0,330***	0,327***	0,290**	0,336***	0,117 ^{ns}	0,117 ^{ns}	0,171 ^{ns}	0,143 ^{ns}	0,157 ^{ns}

Jelmagyarázat: ***P=0,001%, **P=0,01%, *P=0,05%, ns= nem szignifikáns

Nem öntözött változatban a vizsgált éveket külön-külön értékelve számszerűsíthető, hogy az egyes agrotechnikai elemek milyen eltérő módon járulnak hozzá a termés kialakulásához. A talajművelés a két száraz évben mutatott gyenge pozitív korrelációt ($r=0,490^{***}$, $r=0,358^{***}$), a kedvezőbb években a két talajművelési változat és a termés közötti kapcsolat szorossága gyengébb. Ez az összefüggés az öntözés hatására sem változott. A talajművelés hatása a determinációs együttható alapján (24%-kal) az aszályos 2002-ben nem öntözött változatban érvényesült legjobban.

A műtrágyázás a száraz években gyenge erősségű összefüggést mutatott ($r=0,410^{***}$, $r=0,331^{**}$), míg a 2004-es és 2006-os kedvező években – a determinációs együttható alapján – 46 és 48%-ban, míg az extrém csapadékos évben (2005) 45%-ban befolyásolta a termés alakulását. Az öntözés hatására a korreláció iránya hasonlóan alakult, a szorossága minden évben erősödött. A legnagyobb mértékű műtrágyahatás 2004-ben öntözött változatban ($r=0,867^{***}$) volt.

Az alkalmazott növényszámok mind a nem öntözött mind az öntözött változatban nagyon gyenge kapcsolatot mutattak a terméssel. Az évek közül kedvezőbbnek a 2004-es év számított, ahol – determinációs együttható alapján – 8,9%-ban (nem öntözött) és 7,6%-ban (öntözött) volt termést befolyásoló hatása.

FAO szám tekintetében a leggyengébb összefüggés nem öntözött változatban az aszályos 2002-ben volt, majd a kedvezőbb évjáratokban ez az összefüggés szorosabb. Öntözés hatására a genotípusok szerepe kevésbé érvényesült.

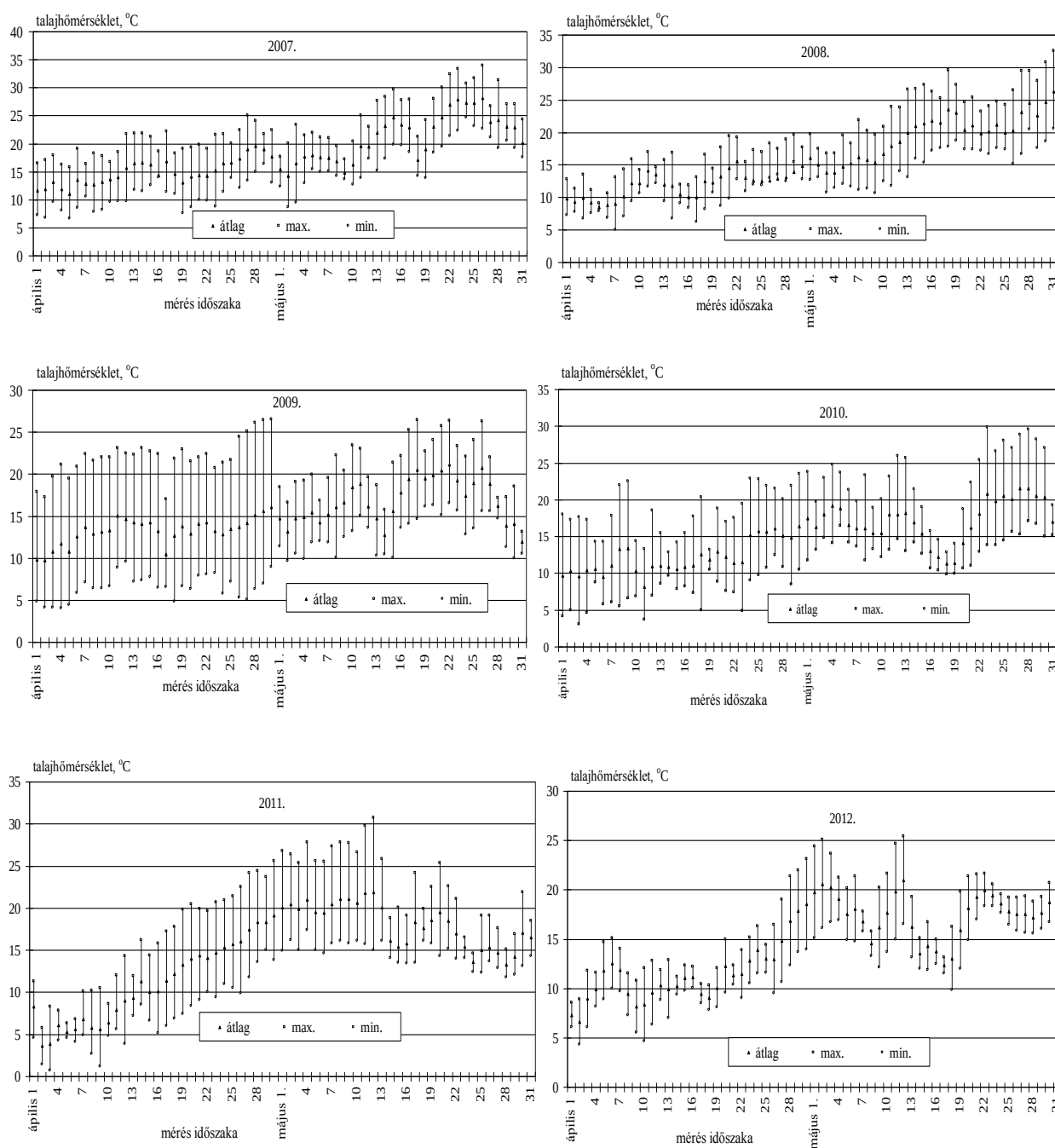
Összességében megállapítható, hogy az agrotechnikai tényezők közül a termésre gyakorolt hatás tekintetében a műtrágyázás mutatott legszorosabb összefüggést és az öntözés tovább növelte a hatást.

5.2. A vetésidő hatásának értékelése a nagykereki kísérletben

5.2.1. A talajhőmérséklet változásának értékelése

2007-ben a talaj hőmérséklete a korai vetés alkalmával meghaladta ($15,7^{\circ}\text{C}$) a javasolt 12°C -os értéket, de a vetést megelőző 12 nap átlaghőmérséklete ($12,7^{\circ}\text{C}$) is magasabb volt. Magas hőmérsékleteket ($16,5$, illetve $14,9^{\circ}\text{C}$) mértünk a további két vetési időpontban is (17. ábra).

17. ábra. A talajhőmérséklet alakulása a felső 10 cm-es rétegben (Nagykereki, 2007–2012)



A 2008-as évben mind vetéskor mind a vetést megelőző napokban az előző évhez viszonyítva szignifikánsan alacsonyabb hőmérsékletet mértünk. A korai vetéskor mért talajhőmérséklet ($11,2^{\circ}\text{C}$) és a vetés előtti napok átlaga ($10,6^{\circ}\text{C}$) nem érte el a vetéshez szükséges minimum $12,0^{\circ}\text{C}$ -os hőmérsékletet. A talaj április 21-től kezdődően melegedett fel és tartósan is meghaladta a küszöbértéket.

2009-ben áprilisban több mint $4,0^{\circ}\text{C}$ -kal volt melegebb, ennek következtében a talaj gyorsabban felmelegedett. A korai vetési időpontban már optimális volt a talajhőmérséklet, április 8-tól a talaj hőmérséklete ugyanis tartósan meghaladta a $12,0^{\circ}\text{C}$ -ot.

A 2010-es év tavaszán az átlagnál több csapadék hullott és a hőmérséklet is hűvösebb volt, ennek köszönhetően a korai vetés előtti napok átlaga ($10,0^{\circ}\text{C}$) nem érte el a vetéshez szükséges $12,0^{\circ}\text{C}$ -os hőmérsékletet. A talaj csak április 24-től kezdődően melegedett fel tartósan $12,0^{\circ}\text{C}$ felé.

2011-ben a talaj hőmérséklete az első vetés alkalmával $5,6^{\circ}\text{C}$ volt és a következő 10 napon keresztül sem érte el a $12,0^{\circ}\text{C}$ -os küszöbértéket. Az optimálisnak számító vetésidőpontban $14,5^{\circ}\text{C}$, a késői vetéskor $20,6^{\circ}\text{C}$ volt, amely hozzájárult az egyenletes keléshez.

A talajhőmérséklet 2012-ben sem a korai vetéskor sem az optimális vetéskor nem ért el tartósan $12,0^{\circ}\text{C}$ -ot. A késői vetés idejére a talaj már jól felmelegedett ($16,8^{\circ}\text{C}$).

A vizsgálati eredmények varianciaanalízis értékelésekor kitűnik, hogy – 6 év átlagában – a vetéskori talajhőmérséklet nem, a vetéstől a kelésig eltelt idő talajhőmérséklete azonban erősen ($P < 0,001$) szignifikáns hatást gyakorol a termésre.

Az évenként elvégzett regressziós összefüggés-vizsgálat mindössze 2011-ben mutatott szoros ($r=0,806$) összefüggést a vetéskori talajhőmérséklet és a termés között, a többi vizsgált évben ez a kapcsolat gyengének bizonyult (*10. táblázat*). A vetés és a kelés között eltelt idő alatt a magot ért stresszhatások (hőmérséklet, csapadék, talajlakó kártevők, stb.) megmutatkoznak a terméseredményekben is, ezért fontos a gyors és egyöntetű kelés. A talajhőmérséklet kelést befolyásoló direkt hatást – a vizsgált évjáratok közül – 2012-ben ($r=0,638^{***}$) és 2011-ben ($r=0,787^{***}$) mutatott, a többi esetben meghatározó tényezőnek más tényezők (pl. a talaj felső részének nedvességtartalma, a magágy minősége, a vetés mélysége stb.) számítottak.

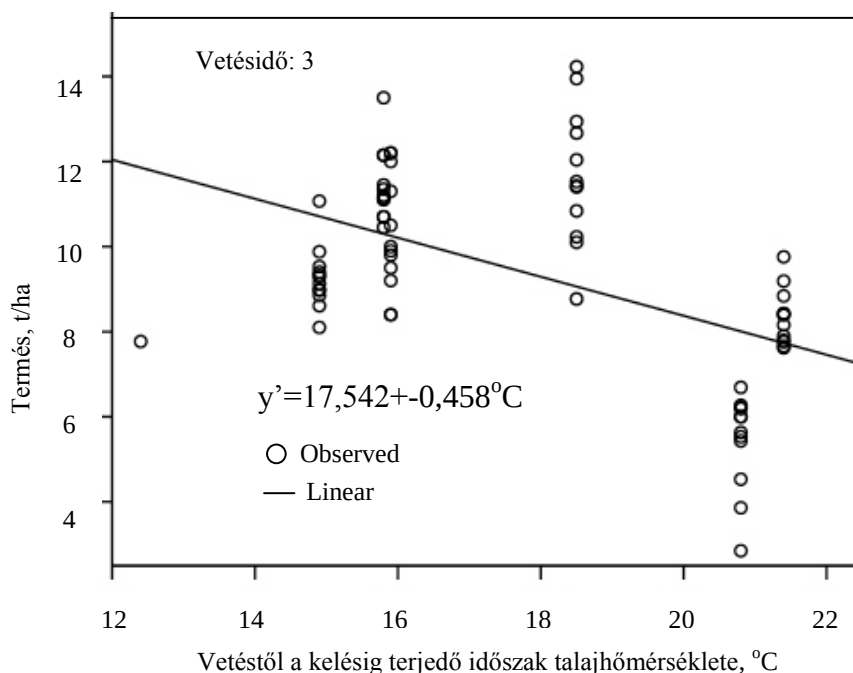
A korai vetésben – a 6 év átlagában – a talaj hőmérséklete $11,7^{\circ}\text{C}$ volt, az optimális és késői vetésekben rövidül a kelési napok száma, mivel a talaj hőmérséklete emelkedik. A vetéstől a kelésig terjedő időszak talajhőmérséklete és a termés között késői vetésnél volt közepes ($r=0,503^{***}$) összefüggés, vagyis a termést a talajhőmérséklet – a determinációs együttható alapján – 25,3%-ban befolyásolta (*18. ábra*).

10. táblázat. A talajhőmérséklet (vetéskor, vetéstől a kelésig terjedő időszak) és a termés mennyisége közötti összefüggés vizsgálat regresszió-analízis eredménye (Nagykerek, 2007–2012).

Összefüggés	Évek					
	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Vetéskori talajhőmérséklet – termés	0,366 [*]	0,022 ^{ns}	0,290 ^{ns}	0,272 ^{ns}	0,806 ^{***}	0,273 ^{ns}
Vetéstől a kelésig terjedő időszak talajhőmérséklete – termés	0,133 ^{ns}	0,020 ^{ns}	0,176 ^{ns}	0,452 ^{ns}	0,787 ^{***}	0,638 ^{***}

Jelmagyarázat: ***P=0,001%, *P=0,05%, ns= nem szignifikáns

18. ábra. A vetéstől a kelésig terjedő időszak talajhőmérséklete és a termés közötti összefüggés, késői vetés (Nagykerek, 2007–2012)



Mindhárom FAO számú hibridnél – a vetésidők átlagában – 2011-ben szoros pozitív, míg 2012-ben a FAO 200-as ($r=0,814^{***}$), a FAO 300-as ($r=0,821^{***}$) hibridnél szoros negatív és a FAO 400-as hibridnél közepes negatív ($r=0,583^*$) összefüggés volt a termés és a csírázási időszak talajhőmérséklete között. Az extrém csapadékos évben (2010) a FAO 200-as ($r=0,693^*$) és a FAO 400-as ($r=0,535^*$) hibridnél közepes pozitív, a FAO 300-as hibridnél gyenge pozitív összefüggés adódott. A vizsgálat többi évében a magot ért környezeti talajhőmérséklet gyengén pozitívan befolyásolta a kelési erélyt, kivéve a FAO 400-as hibrid

2007, 2008 és 2009 évi eredményét, ahol a kölcsönhatás szintén gyenge, de negatív előjelű volt (11. táblázat).

11. táblázat. Az évjárat hatása a vetéstől a kelésig terjedő időszak talajhőmérséklete és az eltérő FAO számú hibridek termés mennyisége közötti összefüggésre, regresszió-analízis eredménye (Nagykerek, 2007–2012)

Hibridek	Vetéstől a kelésig terjedő időszak talajhőmérséklete és termés összefüggése					
	2007	2008	2009	2010	2011	2012
FAO 200	0,174 ^{ns}	0,135 ^{ns}	0,258 ^{ns}	0,693 [*]	0,807 ^{**}	-0,814 ^{***}
FAO 300	0,218 ^{ns}	0,255 ^{ns}	0,495 [*]	0,111 ^{ns}	0,893 ^{***}	-0,821 ^{***}
FAO 400	-0,465 ^{ns}	-0,349 ^{ns}	-0,128 ^{ns}	0,535 [*]	0,831 ^{**}	-0,583 [*]

Jelmagyarázat: ***P=0,001%, **P=0,01%, *P=0,05%, ns= nem szignifikáns

Az évek átlagában elvégzett regresszió analízis vizsgálat kimutatta, hogy a vetéstől a kelésig terjedő időszak talajhőmérséklete – korai vetést alkalmazva – és a rövidebb tenyészidejű hibridek termése között gyenge pozitív kapcsolat alakult ki, a FAO 400-as hibridnél azonban befolyásoló hatása – a determinációs együttható alapján – 46,5%-os volt. Az optimális vetésidőben a FAO 300-as és FAO 400-as hibridek termésátlaga gyenge összefüggést mutatott a vetéstől a kelésig terjedő időszak talajhőmérsékletével, közepesen szoros ($r=0,520^*$) összefüggésben volt a FAO 200-as hibridnél. A késői vetésben – a korai vetéshez hasonlóan – a vetéstől a kelésig terjedő időszak talajhőmérsékletének a FAO 400-as hibrid termésének alakulásában volt meghatározóbb szerepe ($r=0,531^{**}$) (12. táblázat).

12. táblázat. Az eltérő FAO szám hatása a vetéstől a kelésig terjedő időszak talajhőmérséklete és az eltérő vetésidők termés mennyisége közötti összefüggésre, regresszió-analízis eredménye (Nagykerek, 2007–2012)

Vetésidő	Vetéstől a kelésig terjedő időszak talajhőmérséklete és termés összefüggése		
	FAO 200	FAO 300	FAO 400
Korai	0,129 ^{ns}	0,153 ^{ns}	0,682 ^{***}
Optimális	0,520 [*]	0,147 ^{ns}	0,430 [*]
Késői	0,121 ^{ns}	0,142 ^{ns}	0,531 ^{**}

Jelmagyarázat: ***P=0,001%, **P=0,01%, *P=0,05%, ns= nem szignifikáns

5.2.2. Vetésidő hatása a termésre

A kéttényezős, véletlen blokk kísérleti elrendezés szemtermésre vonatkozó varianciaanalízisét évenként elvégeztük (13. táblázat). A közepes négyzetes eltérés (MQ) értékek alapján a tényezők közül a vetés idejének hatása volt a legjelentősebb 2010., 2011. és 2012. években, míg 2008-as és a 2009-es években a vetésidő hatása statisztikailag nem bizonyított. A hibridek közötti különbség minden évben – 0,1%-os (2007, 2008, 2012) 1%-os-os (2009) és 5%-os (2010, 2011) – statisztikailag megbízhatónak mutatkozott. A hibrid $\times$ vetésidő kölcsönhatás 2007-ben volt szignifikánsan kimutatható.

13. táblázat. A vetésidő és a hibrid hatásának varianciaanalízis eredménye
termés, t/ha (Nagykerek, 2007–2012)

Tényezők	MQ	DF	F-érték
2007			
Vetésidő [A]	3,893	2	11,863***
Hibrid [B]	7,957	2	24,245***
A x B	0,969	4	2,953*
2008			
Vetésidő [A]	0,015	2	0,041 ^{ns}
Hibrid [B]	8,271	2	22,411***
A x B	0,357	4	0,967 ^{ns}
2009			
Vetésidő [A]	2,649	2	3,254 ^{ns}
Hibrid [B]	5,166	2	6,347**
A x B	1,530	4	1,880 ^{ns}
2010			
Vetésidő [A]	6,028	2	5,711**
Hibrid [B]	3,680	2	3,487*
A x B	1,599	4	1,514 ^{ns}
2011			
Vetésidő [A]	60,452	2	40,330***
Hibrid [B]	7,205	2	4,807*
A x B	3,321	4	2,216 ^{ns}
2012			
Vetésidő [A]	17,488	2	23,045***
Hibrid [B]	10,339	2	13,624***
A x B	1,642	4	2,163 ^{ns}

Jelmagyarázat: ***P=0,001%, **P=0,01%, *P=0,05%, ns= nem szignifikáns

2007. évben a hibridek átlagtermése – Duncan-féle teszttel 5%-os szignifikancia szint mellett – optimális vetésidőben volt a legnagyobb (6,521 t/ha). A késői vetés szemtermésétől 1087 kg/ha-ral, a korai vetés szemtermésétől 840 kg/ha-ral termett többet. A korai vetés termése

szignifikánsan nem volt nagyobb (5,681 t/ha) a késői vetés esetén tapasztaltnál (5,434 t/ha). 2008. és 2009. években a vetésidő nem befolyásolta a termés alakulását. 2010-ben az optimális vetésidő bizonyult eredményesnek (9,251 t/ha), terméstöbblete a korai vetéshez viszonyítva 1223 kg/ha volt. Az optimális és a késői vetés között szignifikáns eltérés nem volt kimutatható. 2011-es évjáratban a korai vetés terméseredménye jelentősen (1883 kg/ha-ral) kevesebb volt, mint az optimális vetésé. Az optimális vetés termése szignifikánsan nem volt nagyobb (11,083 t/ha), mint a késői vetésé (11,678 t/ha). A hibridek 2012-ben korai vetésidővel érték el a legnagyobb átlagos teljesítményüket (12,533 t/ha), az optimális vetéshez (10,650 t/ha) viszonyítva a hozam 17,7%-os növekedését eredményezett. A késői vetés (10,283 t/ha) mérsékelte a teljesítményüket, korai vetéshez viszonyítva 21,9%-os volt a termésveszteség. Az optimális és a késői vetés termése között 3,6%-os volt a csökkenés, amely statisztikailag nem megbízható (14. táblázat).

14. táblázat. A vetésidő hatása a termésre, t/ha (Nagykerek, 2007–2012)

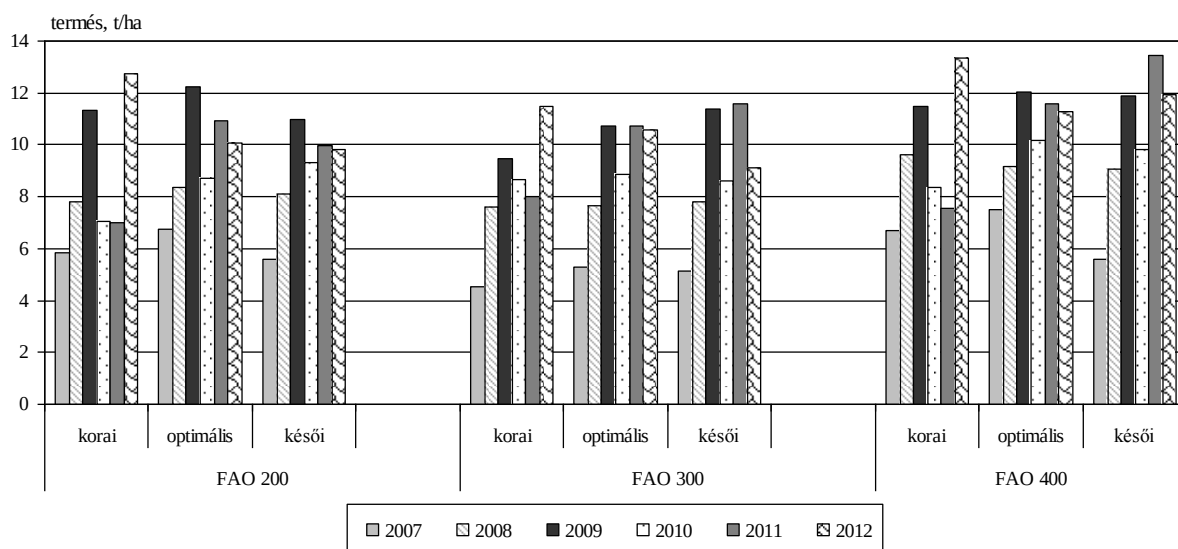
Évek	Vetésidő		
	korai	optimális	késői
2007	5,681a	6,521b	5,434a
2008	8,409a	8,392a	8,285a
2009	10,758a	11,667a	11,421a
2010	8,028a	9,251b	9,262b
2011	7,526a	11,083b	11,678b
2012	12,533a	10,650b	10,283b

Az egy soron belül azonos betűvel jelzett adatok a Duncan-teszt alapján egymástól szignifikánsan nem különböznek

A FAO 200-as kukorica hibridnél statisztikailag számszerűsíthető különbség nem volt kimutatható három évben (2007, 2008, 2009). 2010-ben a korai vetésben volt a legalacsonyabb (7,075 t/ha) a termés, amihez képest az optimális (8,705 t/ha), illetve a késői vetéshez (9,318) nagyobb termések köthetők. Duncan-féle teszttel 5%-os szignifikancia szint mellett igazolt az 1630 kg/ha terméskülönbség az optimális és a korai vetés, valamint a 2243 kg/ha különbség a korai és a késői vetés között. 2011-ben a korai vetéshez (7,015 t/ha) képest az optimális vetés 3913 kg/ha terméstöbbletet eredményezett. Az optimális és késői (9,985 t/ha) vetés közötti termés csökkenés (943 kg/ha) matematikailag nem igazolható különbség. 2012. év legeredményesebb termése a korai vetéshez (12,750 t/ha) köthető. A további vetéskor csökkenő trend mutatkozott, bár az optimális (10,075 t/ha) és a késői (9,800 t/ha) vetés termése közötti csökkenés mértéke nem szignifikáns (19. ábra).

A FAO 300-as hibridnél a három vetésidő terméseredménye között 2007., 2008. és 2010. években nem volt kimutatható különbség. 2009-ben a legmagasabb termésszint a késői vetésidőben jelentkezett 11,400 t/ha átlagterméssel, amely 5%-os szignifikancia szinten nem különbözött az optimális (10,738 t/ha) vetésben elért mennyiségtől. Jelentős volt a különbség a korai (9,488 t/ha) és az optimális vetésidő termése között. 2011-ben a korai (8,025 t/ha) vetéshez viszonyítva mindkét időpont terméseredményénél növekvő trend figyelhető meg, azonban statisztikailag igazolt növekedés az optimális (10,723 t/ha) vetés és a késői (11,600 t/ha) vetés között nem volt. 2012-ben hasonlóan a FAO 200 hibridhez a legnagyobb hozama a korai (11,500 t/ha) vetésnek volt, 925 kg/ha-ral több mint az optimális vetése, azonban ez statisztikailag nem számszerűsíthető különbség. A késői (9,125 t/ha) vetés egyértelmű terméseszkökenéssel járt az optimális vetéshez viszonyítva.

19. ábra. Az évjárat és a vetésidő hatása eltérő FAO számú kukorica hibridek termésére (Nagykerek, 2007–2012)



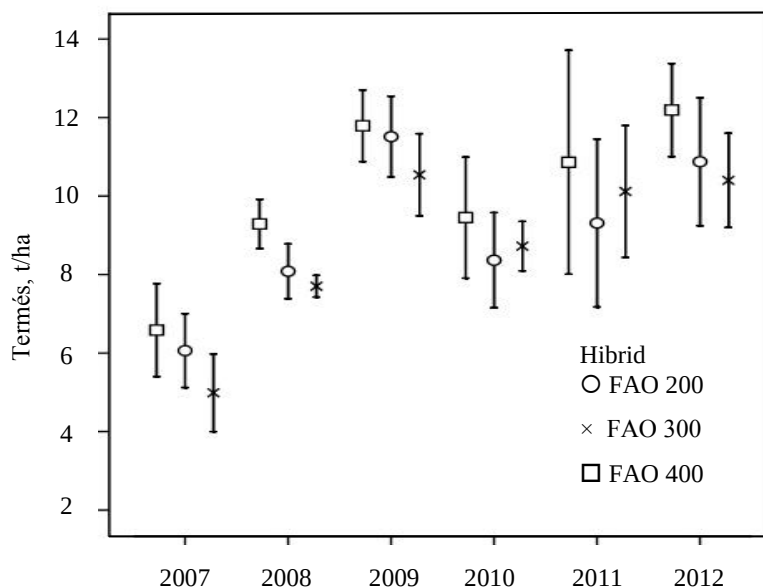
A FAO 400-as hibrid legnagyobb hozama 2007-ben az optimális (7,498 t/ha) vetésidőben volt, amely szignifikánsan nagyobb, mint a késői (5,583 t/ha) vetés termése, de nem igazolt különbséget a korai (6,675 t/ha) vetéshez képest. A vetésidők terméseredménye között 2008-ban, 2009-ben és 2010-ben a statisztikai vizsgálat nem mutatott matematikailag igazolható különbséget. 2011-ben a vetésidőpontok előrehaladtával – a korai vetés 7,538 t/ha – a termések növekvő tendenciát mutattak. Az optimális vetésidő jelentős, 4063 kg/ha, a késői vetés további 1848 kg/ha hozamnövekedést eredményezett. Az optimális és a késői vetés közötti különbség statisztikailag nem igazolt. 2012-ben ellentétesen alakultak a termések 2011-hez képest. Ebben az évben ugyanis a vetés kitolódásával a termések csökkentek. A

korai vetés eredményezte a legnagyobb hozamot (13,350 t/ha), 2050 kg/ha-ral volt kevesebb az optimális vetésidő termése és további csökkenést (625 kg/ha) idézett elő a késői vetés. Az optimális és a késői vetés termésnagysága közötti különbség azonban matematikailag nem igazolt.

Az eredmények azt bizonyítják, hogy a kukorica hibridek termését a vetésidő nem minden évjáratban módosítja szignifikánsan. Azokban az években ahol a vetés időpontjának módosító hatása van a megbízható termésszint – kivéve 2012-es év, ahol a korai vetés – optimális vetésidőben (április 24.) érhető el.

A FAO 200 hibrid vizsgálatánál látható, hogy a termésszint alsó értéke 6,063 t/ha, a felső értéke 11,513 t/ha. A termésszint ingadozás 5450 kg/ha. Hasonló mértékű a hozamkülönbség a FAO 300-as hibridnél is (alsó érték: 4,988 t/ha, felső érték: 10,542 t/ha). Legnagyobb eltérés a legkisebb és a legnagyobb termés között a FAO 400-as hibridnél (5607 kg/ha) volt (20. ábra).

20. ábra. Az évjárat hatása eltérő FAO számú kukorica hibridek termésére (Nagykerek, 2007–2012)



A varianciaanalízis eredménye kimutatta, hogy az évjárat a FAO 300-as hibrid hozamát befolyásolta a legnagyobb mértékben (15. táblázat)

A háromtényezős varianciaanalízis alapján megállapítható, hogy a hat év átlagában mindhárom tényező (vetésidő, a hibrid, évjárat) megbízhatóan ($P < 0,001$) befolyásolta a kukorica termését. Az MQ értékek alapján az év hatása volt a jelentősebb, ami azt mutatja, hogy a termés szempontjából az évjáratok nagyobb környezeti varianciát jelentettek, mint az éven belüli különböző vetésidő. A vetésidő $\times$ év ($P < 0,001$) és az év $\times$ hibrid ($P < 0,05$)

interakció szignifikáns volt, míg a vetésidő × hibrid kölcsönhatás nem befolyásolta a vizsgált paramétert.

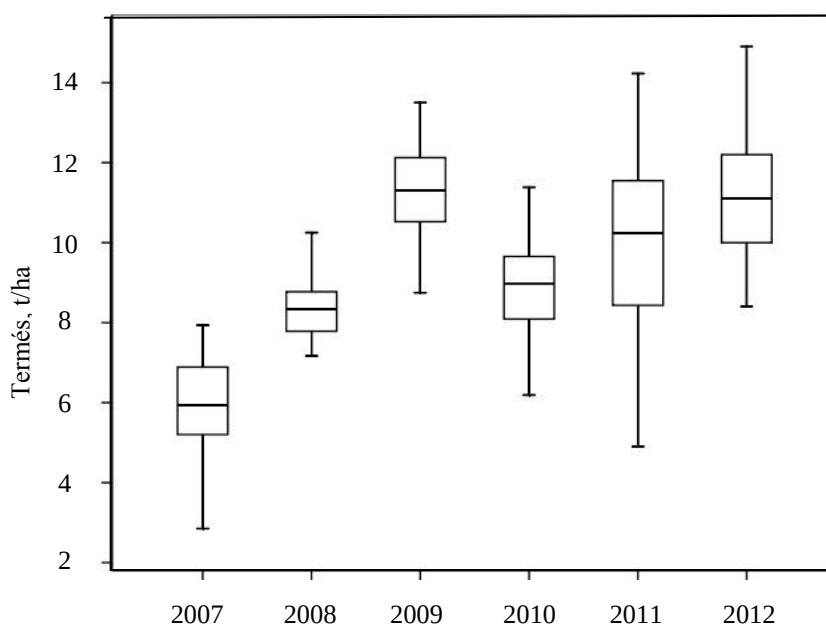
Az évjáratonként számszerűsített – a hibridek és a vetésidő átlagában – hozamok közül 2008. és 2010. évi, valamint a 2009. és a 2012. évi termések között az LSD teszt alapján nem volt kimutatható differencia (21. ábra).

15. táblázat. Az évjárat és a vetésidő hatásának varianciaanalízis eredménye termés, t/ha (Nagykereké, 2007–2012)

Tényezők	MQ	DF	F-érték
<i>FAO 200</i>			
Vetésidő [A]	4,615	2	4,734*
Év [B]	47,507	5	48,732***
A x B	6,280	10	6,442***
<i>FAO 300</i>			
Vetésidő [A]	3,261	2	6,737**
Év [B]	55,270	5	114,176***
A x B	4,129	10	8,529***
<i>FAO 400</i>			
Vetésidő [A]	5,032	2	4,914*
Év [B]	50,940	5	49,738***
A x B	8,832	10	8,623***

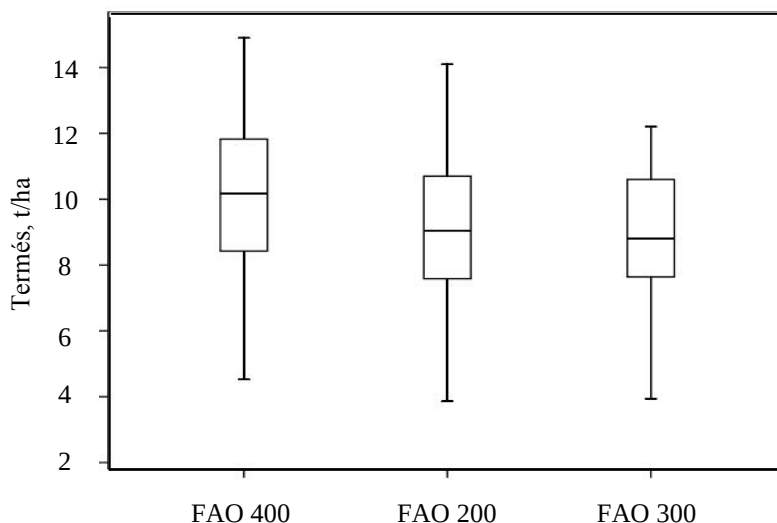
Jelmagyarázat: ***P=0,001%, **P=0,01%, *P=0,05%, ns= nem szignifikáns

21. ábra. Az évjárat hatása a kukorica termésére (Nagykereké, 2007–2012)



A hat évben kapott eredmények alapján kijelenthető, hogy megbízható terméseredményt a FAO 400-as hibrid (10,028 t/ha) biztosította. A FAO 200-as és FAO 300-as hibridek között mindössze 290 kg/ha hozamkülönbség statisztikailag nem igazolt (22. ábra).

22. ábra. Az évjárat hatása a kukorica termésére (Nagykerek, 2007–2012)

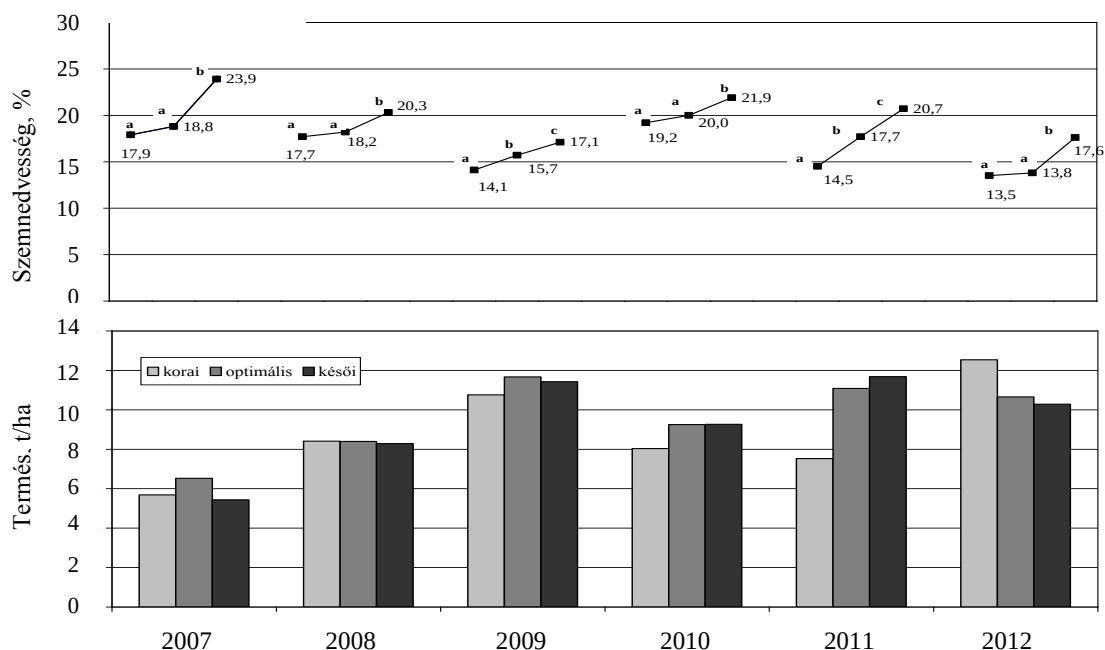


5.2.3. Vetésidő hatása a betakarításkori szemnedvesség-tartalomra

A betakarításkori szemnedvesség-tartalmat a vetésidő minden évben statisztikailag bizonyítottan ($P < 0,001$) befolyásolta. A korai és optimális vetésidő között – kivéve 2009. és 2011. éveket, ahol mindhárom vetésidő szemnedvesség-tartalma igazoltan különbözött – szignifikáns különbség nem volt. Az optimális vetéshez viszonyítva a késői vetés szemnedvesség-tartalom növekedést ($P < 0,05$) eredményezett. A késői vetés okozta szemnedvesség növekedés alsó értéke 8,7% (2009) felső értéke 27,5% (2012) volt (23. ábra).

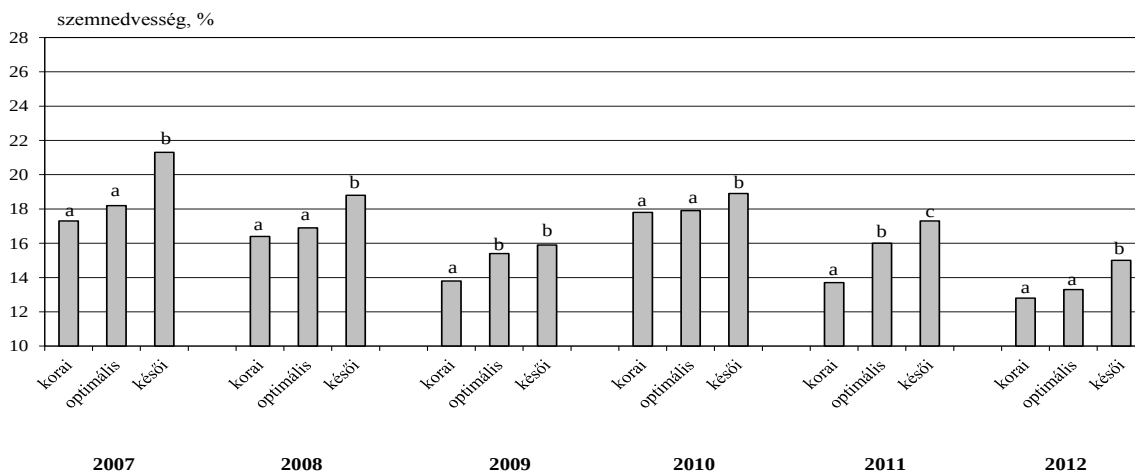
A FAO 200-as kukorica hibridnél a statisztikai vizsgálatok matematikailag igazolható ($P < 0,05$) különbségeket mutattak a vizsgált évek mindegyikében – kivéve 2009. évet – az optimális és a késői vetés szemnedvesség-tartalma között. 2007-ben volt a legjelentősebb, 17,5%-os növekedés, és a legkisebb mértékű 2,9%-os pedig 2009-ben. Szignifikánsan nem igazolhatóak a korai és optimális vetés szemnedvesség-tartalma közötti különbség 2007., 2008., 2010. és 2012. években. 2011. év volt az az év, amikor is mindhárom vetésidő szemnedvesség-tartalma megbízható ($P < 0,05$) különbséget adott (24. ábra).

23. ábra. A kukorica szemnedvesség-tartalma és termése (Nagykerek, 2007–2012)



Jelmagyarázat: Az azonos betűvel jelzett adatok a Duncan-teszt alapján egymástól szignifikánsan nem különböznek

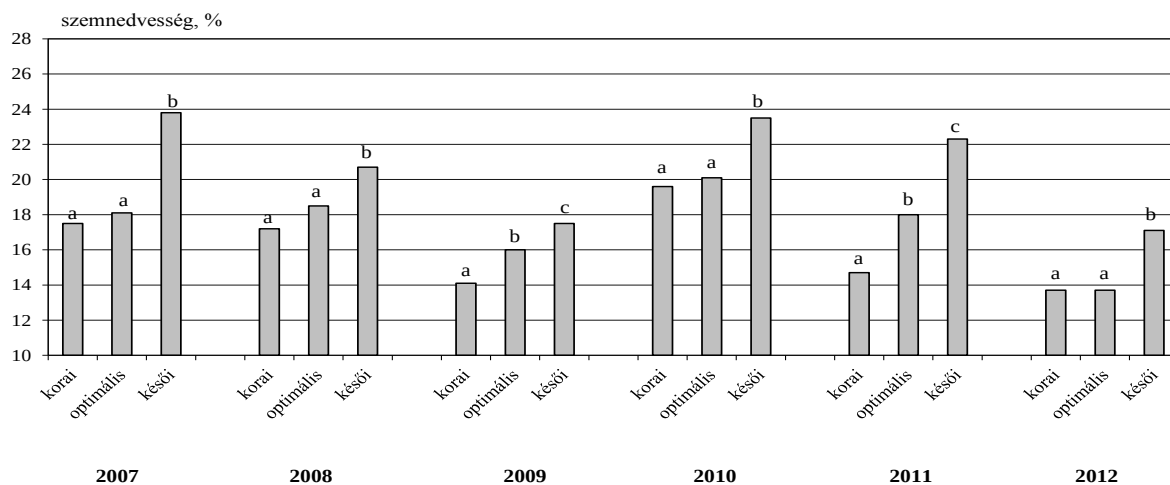
24. ábra. A FAO 200-as hibrid szemnedvességének alakulása (Nagykerek, 2007–2012)



Jelmagyarázat: Az azonos betűvel jelzett adatok a Duncan-teszt alapján egymástól szignifikánsan nem különböznek

A FAO 300-as hibridnél a vizsgált évek közül 2009-ben és 2010-ben mindhárom vetésidő, míg a többi évben az optimális és a késői vetésidő között volt szemnedvesség-tartalom növekedés ($P < 0,05$). Hasonlóan a FAO 200-as hibridhez 2007-ben volt a szemnedvesség növekedés a legnagyobb (31,4%-os) mértékű, míg a legkisebb 2009-ben (9,2%-os) (25. ábra).

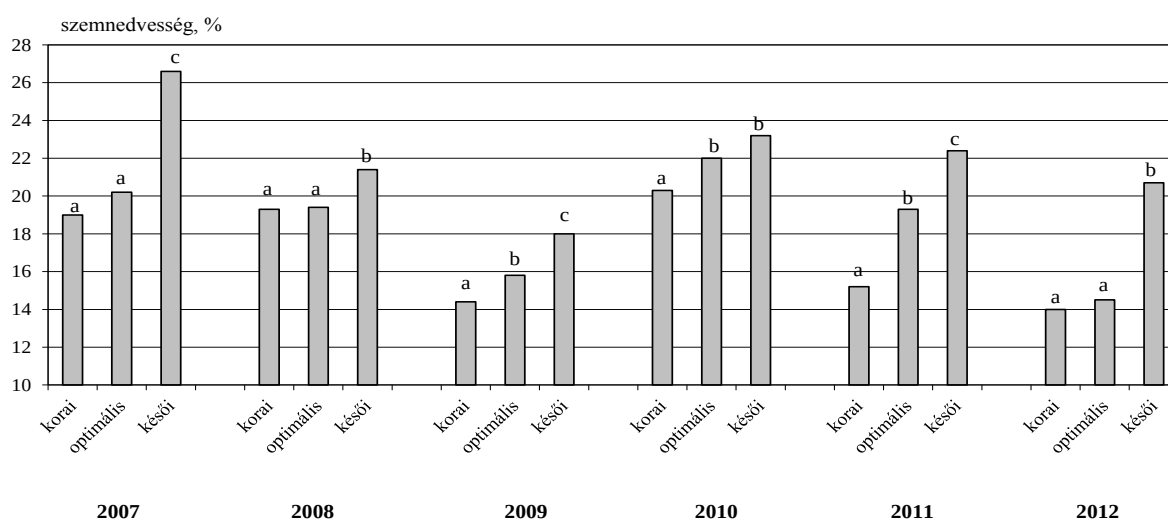
25. ábra. A FAO 300-as hibrid szemnedvességének alakulása
(Nagykerek, 2007–2012)



Jelmagyarázat: Az azonos betűvel jelzett adatok a Duncan-teszt alapján egymástól szignifikánsan nem különböznek

A FAO 400-as hibridnél a vetésidő késleltetésével három évben (2007, 2009 és 2011) szignifikáns ($P < 0,05$) szemnedvesség-tartalom növekedés volt mérhető. Az optimális és korai vetés (2008, 2012), valamint az optimális és késői vetés (2010) közötti különbség matematikailag nem igazolt. Az optimális vetéshez viszonyítva a késői vetés szemnedvesség-tartalom növekedése 2012-ben volt a legnagyobb (42,9%-os) és 2010-ben a legkisebb (5,7%) (26. ábra).

26. ábra. A FAO 400-as hibrid szemnedvességének alakulása
(Nagykerek, 2007–2012)



Jelmagyarázat: Az azonos betűvel jelzett adatok a Duncan-teszt alapján egymástól szignifikánsan nem különböznek

A varianciaanalízis eredménye kimutatta, hogy a FAO 200-as hibridnél évjárat, míg a FAO 300-as és FAO 400-as hibridnél a vetésidő befolyásolta legnagyobb mértékben a szemnedvesség-tartalmat (16. táblázat).

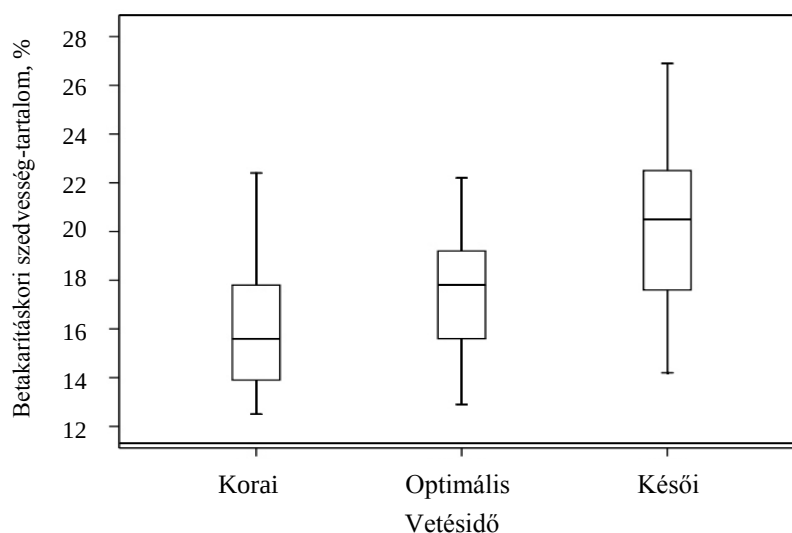
16. táblázat. Az évjárat és a vetésidő hatásának varianciaanalízis eredménye eltérő FAO számú hibrideknél, szemnedvesség-tartalom, %
(Nagykerek, 2007–2012)

Tényezők	MQ	DF	F-érték
<i>FAO 200</i>			
Vetésidő [A]	40,115	2	148,619***
Év [B]	48,858	5	181,007***
A x B	1,837	10	6,807***
<i>FAO 300</i>			
Vetésidő [A]	141,030	2	229,573***
Év [B]	67,171	5	109,342***
A x B	4,736	10	7,710***
<i>FAO 400</i>			
Vetésidő [A]	157,613	2	316,379***
Év [B]	78,978	5	158,533***
A x B	8,519	10	17,100***

Jelmagyarázat: ***P=0,001%,

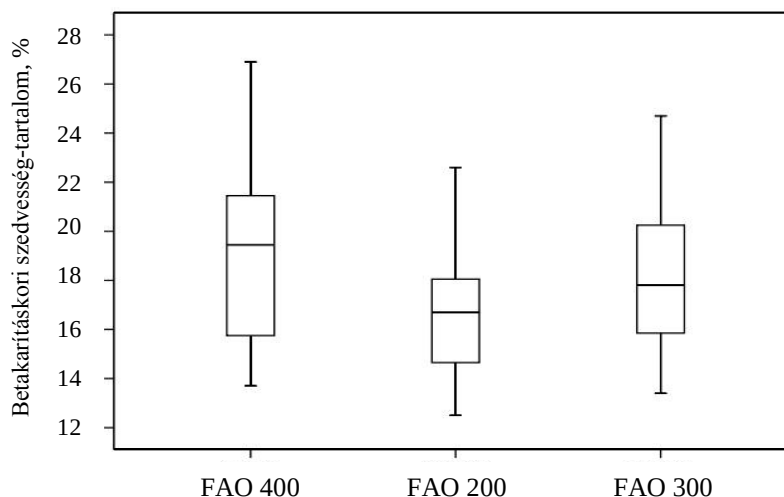
A vizsgált évek összehasonlításából kitűnik, hogy a kukorica hibridek szemnedvesség-tartalmát a vetésidő, hibrid és évjárat ($P < 0,001$) nagyságban meghatározza. A tényezők közül az MQ érték alapján a vetésidő módosító hatása volt a legjelentősebb. A legnagyobb szemnedvesség-tartalmak 2010-ben a korai és optimális vetésidőben, valamint 2007-ben késői vetésidőben adódtak. A korai vetésben az átlagos szemnedvesség-tartalom 16,1% volt, ez az érték az optimális vetésidőben 17,4%-ra növekedett és a késői vetésidőben már elérte 20,2%-ot is. A különbségek mindhárom esetben szignifikánsak ($P < 0,05$) (27. ábra).

27. ábra. A vetésidő hatása a kukorica szemnedvesség-tartalmára (Nagykerek, 2007–2012)



A szemnedvesség-tartalom vonatkozásában – az évek és a vetésidők átlagában – határozott különbségek ($P < 0,05$) jelentek meg a hibridek között. A FAO szám emelkedésével egyértelműen nőtt a szemnedvesség-tartalom is (28. ábra).

28. ábra. Az eltérő FAO számú kukorica hibridek szemnedvesség-tartalma (Nagykerek, 2007–2012)



5.2.4. A szemnedvesség-tartalom és a termés mennyisége közötti összefüggés-vizsgálata

Lineáris regresszióval vizsgáltuk a kukorica szemnedvesség-tartalom és a termés közötti kölcsönhatás mértékét és irányát. A vizsgálatban a korreláció a függő és független változó között 0,5 alatt gyengének, 0,5–0,7 között közepesnek és 0,7 felett szorosnak tekinthető. A korai vetésnél a szemnedvesség-tartalom és a termés között közepes, pozitív (0,641*) korreláció 2008. évben volt, a többi vizsgált évben a kapcsolat gyeng, nem szignifikáns. Az optimális vetésidőben az extrém csapadékos évben (2010) közepes, pozitív (0,630*), az aszályos (2007) évben szoros (0,705*) összefüggést mutatott a két változó kölcsönhatása. A késői vetésnél két évben (2011 és 2012) is szoros korreláció volt kimutatható (17. táblázat).

Összességében megállapítható, hogy száraz években – kivéve az extrém aszályos évet, 2007 – a vetés időpontjának kitolódásával a szemnedvesség-tartalom egyre nagyobb hatást gyakorolt a termésre. Kedvező évjáratban (2008) ez az összefüggés ellentétesen alakult, ugyanis a legszorosabb (0,641*) kapcsolat a korai vetésben volt, amely a későbbi vetéseknél egyre gyengébbé vált.

17. táblázat. A kukoricahibridek szemnedvesség-tartalma és a termés közötti lineáris regresszió eredménye eltérő vetésidőben (Nagykerek, 2007–2012)

Évek	Vetésidő		
	korai	optimális	késői
	r értékek		
2007	0,493 ^{ns}	0,705 [*]	0,205 ^{ns}
2008	0,641 [*]	0,346 [*]	0,291 ^{ns}
2009	0,424 ^{ns}	0,525 [*]	0,584 [*]
2010	0,233 ^{ns}	0,630 [*]	0,070 ^{ns}
2011	0,260 ^{ns}	0,293 ^{ns}	0,701 [*]
2012	0,181 ^{ns}	0,564 [*]	0,759 ^{**}

Jelmagyarázat: **P=0,01%, *P=0,05%, ns= nem szignifikáns

5.2.5. Vetésidő hatása a kukoricaszem keményítőtartalomra

A keményítőtartalom megbízhatóságának varianciaanalízissel történt ellenőrzése kimutatta, hogy minden évben a keményítőtartalomra a vetésidőnek volt legnagyobb hatása – 2012. év kivételével, ahol 5% –, a megbízhatóság 0,1%-os. Kisebb befolyást a hibridek gyakorolták, és az extrém csapadékos évben szignifikáns hatás nem is volt kimutatható. A vetésidő × hibrid interakció egyik évben sem mutatott statisztikailag kimutatható hatást (18. táblázat).

A kukoricaszem keményítőtartalma 2007-ben a korai és az optimális vetésidőben azonos értékű volt – Duncan-teszt 5%-os szignifikancia szint mellett –, eltérést a késői vetésidő mutatott (66,3 g/100g sza.). A kedvező 2008. évben a vetésidő késleltetésével csökkent a keményítőtartalom, azonban ebben az esetben is a korai és az optimális vetésidő közötti különbség nem, míg korai és a késői (3,0%), illetve az optimális és késői vetés (2,3%) eltérése matematikailag igazolt. A szemek keményítőtartalmának alakulásában 2009-ben egyértelmű vetésidő-hatás az optimális és a késői vetés között nem figyelhető meg. Ugyanez tapasztalható az extrém csapadékos 2010-es évben is. 2011-ben a vetésidő változása jelentős hatást gyakorolt a keményítőtartalomra. A száraz 2012-es évben a korai és az optimális vetésidő közötti eltérés nem eredményezett szignifikáns különbséget (19. táblázat).

A FAO 200-as hibridnél – Duncan-teszt 5%-os szignifikancia szint mellett – keményítőtartalom csökkenés három évben (2007, 2008 és 2011) a korai vetéshez képest csak az optimális időben történt vetésnél nem megbízható. Az extrém csapadékos (2010) évben a korai vetés alkalmazása eredményezte a legnagyobb keményítőtartalmat (73 g/100g sza.), a későbbi vetések csökkenő trendet mutattak, azonban csak 1,7 g/100g sza. mértékű csökkenés

a korai és a késői vetés között volt szignifikáns. Két évben (2009, 2012) statisztikailag számszerűsíthető eltérés nem volt kimutatható a vetésidők között (29. ábra).

18. táblázat. A vetésidő és a hibrid hatásának varianciaanalízis eredménye, keményítő g/100g sza. (Nagykerek, 2007–2012)

Tényezők	MQ	DF	F-érték
2007			
Vetésidő [A]	42,095	2	35,106***
Hibrid [B]	5,584	2	4,657*
A x B	0,665	4	0,554 ^{nsz}
2008			
Vetésidő [A]	12,223	2	24,137***
Hibrid [B]	13,203	2	26,074***
A x B	1,195	4	2,360 ^{nsz}
2009			
Vetésidő [A]	3,933	2	25,510***
Hibrid [B]	0,877	2	5,691**
A x B	0,922	4	5,980**
2010			
Vetésidő [A]	8,936	2	26,604***
Hibrid [B]	0,999	2	2,974 ^{nsz}
A x B	0,284	4	0,847 ^{nsz}
2011			
Vetésidő [A]	13,241	2	45,961***
Hibrid [B]	2,441	2	8,473**
A x B	0,595	4	2,067 ^{nsz}
2012			
Vetésidő [A]	2,581	2	3,891*
Hibrid [B]	3,161	2	4,766*
A x B	0,514	4	0,775 ^{nsz}

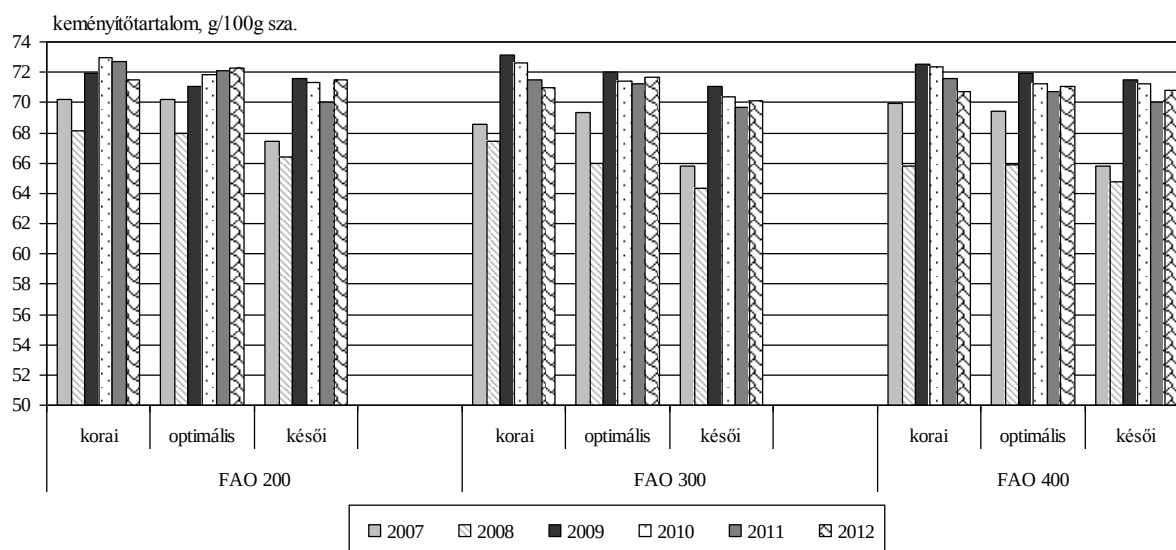
Jelmagyarázat: ***P=0,01%, **P=0,01%, *P=0,05%, ns= nem szignifikáns

19. táblázat. A vetésidő hatása a keményítőtartalomra, g/100g sza. (Nagykerek, 2007–2012)

Évek	Vetésidő		
	korai	optimális	késői
2007	69,6a	69,6a	66,3b
2008	67,0a	66,6a	65,1b
2009	72,5a	71,7b	71,4b
2010	72,6a	71,5b	70,9b
2011	71,9a	71,3b	69,9c
2012	71,1a	71,7a	70,8b

Az egy soron belül azonos betűvel jelzett adatok a Duncan-teszt alapján egymástól szignifikánsan nem különböznek

29. ábra. A vetésidő hatása eltérő FAO számú kukorica hibridek keményítőtartalmára (Nagykerek, 2007–2012)



A FAO 300-as hibrid optimális időben – az eddigiektől eltérően – két évben (2007 és 2012) nagyobb keményítő tartalommal rendelkezett, mint a korai vetés, azonban az eltérés nem mutatott igazolható különbséget. További két évben sem volt (2008, 2011) a két vetésidő között jelentős eltérés. 2010-ben a korai vetés (72,6 g/100g szá.) keményítőtartalma vetésidőpontok előrehaladtával csökkent, statisztikailag igazolt különbség a korai és az optimális (1,2 g/100g szá.), valamint a korai és a késői (2,2 g/100g szá.) vetés között eredményezett megbízható eltérést. Mindhárom vetésidő keményítőtartalma egyedül 2009-ben tért el teljes mértékben.

A FAO 400-as hibridnél hasonlóan a FAO 200-as és a FAO 300-as hibridhez, 2007-ben és 2008-ban nem volt kimutatható különbség a korai és az optimális vetés keményítőtartalma között, ami még ennél a hibridnél a 2010-es évre is elmondható. Az optimális és a késői vetés között volt számszerűsíthető különbség 2009-ben (1,0 g/100g szá.) és 2011-ben (1,6 g/100g szá.). 2012-ben az optimális vetés keményítőtartalma volt a legnagyobb (71,1 g/100g szá.), az eltérő időpontban történő vetések azonban nem idéztek elő szignifikáns különbséget.

Az évjárat módosító hatása az egyes vetésidők tekintetében is nagyon jelentős, a számszerűsített hatás ellenőrzése varianciaanalízissel történt. A korai vetésidőben a legalacsonyabb (67,0 g/100g szá.) keményítőtartalom kedvező évjárat (2008), míg a legnagyobb (72,6 g/100g szá.) a legcsapadékosabb (2010) évben volt. A két extrémnek (2007 és 2010) számító év eredménye közötti különbség is nagyon jelentős (3,0 g/100g szá.). Az optimális vetésnél is a 2008-as kedvező évjáratban volt a legalacsonyabb (66,6 g/100g szá.) a keményítőtartalom. Ehhez az évhez viszonyítva az aszályos 2007-es évben 4,5%-os, és a

többi száraz évben átlagosan 7,1%-os volt a keményítőtartalom növekedés. A késői vetés esetében is 2008-ban volt a legalacsonyabb (65,1 g/100g sza.) keményítőtartalom és ebben a vetésidőben volt az évek között a legnagyobb eltérés, amit a varianciaanalízis MQ értéke (87,007) is jelez (20. táblázat).

20. táblázat. Az évjárat és a vetésidő hatásának varianciaanalízis eredménye keményítőtartalom, g/100g sza. (Nagykerek, 2007–2012)

Tényezők	MQ	DF	F-érték
<i>korai vetés</i>			
Év [A]	51,413	5	125,245***
Hibrid [B]	3,492	2	8,506***
A x B	1,787	10	4,353**
<i>optimális vetés</i>			
Év [A]	47,901	5	238,726***
Hibrid [B]	5,048	2	25,159***
A x B	1,260	10	6,277***
<i>késői vetés</i>			
Év [A]	87,007	2	84,372***
Hibrid [B]	7,598	2	7,368**
A x B	,696	4	,675 ^{ns}

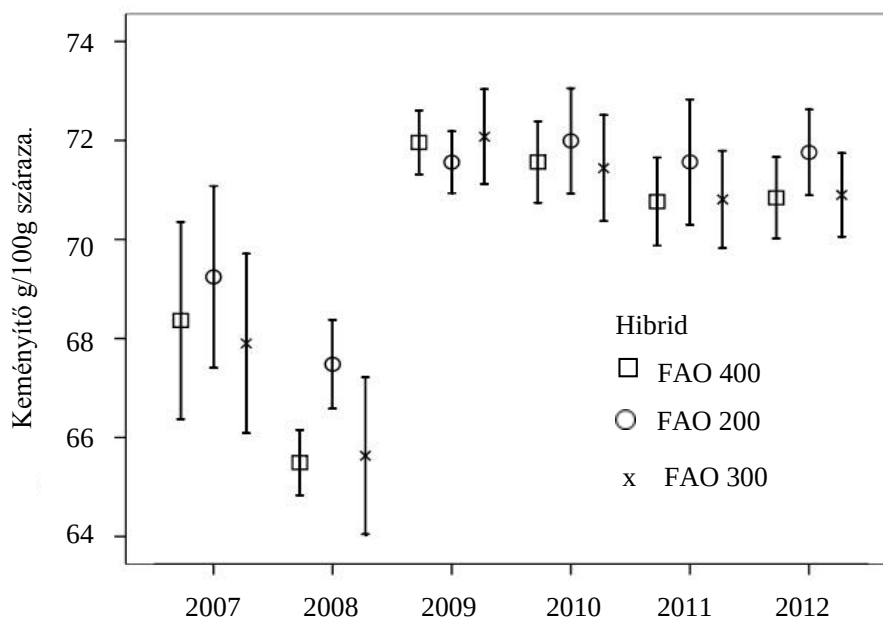
Jelmagyarázat: **P=0,01%, ***P=0,01%, *P=0,05%, ns= nem szignifikáns

Mindhárom FAO számú hibridnél elmondható, hogy a legalacsonyabb keményítőtartalom a kedvező évjáratnak számító 2008-as évben volt és a száraz években ez az érték növekedett. A hibridek között a vetésidők átlagában mindössze két évben 2008-ban és 2012-ben volt a keményítőtartalomban számszerűsíthető különbség, a FAO 200-as és a FAO 300-as (2008, 1,9 g/100g sza.; 2012, 0,9 g/100g sza.), valamint a FAO 200-as és a FAO 400-as hibrid (2008, 2,0 g/100g sza.; 2012, 1,0 g/100g sza.) között (30. ábra).

Mindhárom FAO számú hibridnél – a vetésidők átlagában – elmondható, hogy a legkedvezőbb évjáratához (2008) viszonyítva minden év keményítőtartalma szignifikáns ($P < 0,001$) növekedést mutatott, illetve ugyanez elmondható az aszályos (2007) évre is.

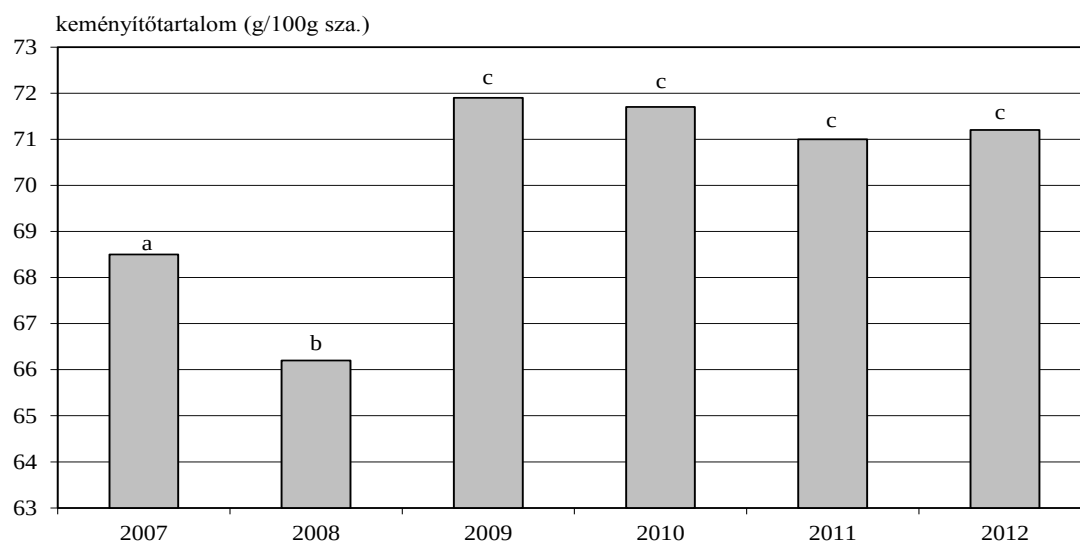
A háromtényezős varianciaanalízis kimutatta, hat év átlagában, hogy mindhárom tényező (vetésidő, a hibrid, évjárat) megbízhatóan ($P < 0,001$) befolyásolta a kukoricaszem keményítőtartalmát. Az MQ értékek alapján az évjárat (178,391) hatása volt a legjelentősebb, ezt követte a vetésidő (57,547) és a legkisebb értéket a hibridek (14,294) képviselték. A kölcsönhatások közül a vetésidő x év ($P < 0,001$) és az év x hibrid ($P < 0,001$) szignifikáns, míg a vetésidő x hibrid nem bizonyult szignifikáns interakciónak.

30. ábra. Az évjárat hatása eltérő FAO számú kukoricahibridek keményítőtartalmára (Nagykerek, 2007–2012)



Az évjáratonként számszerűsített keményítőtartalom – a kezelések átlagában – 2009-ben volt a legnagyobb (71, 9 g/100g szá.) és a legalacsonyabb 2008-ban (66,2 g/100g szá.). Az aszályos 2007-es és a kedvező 2008-as évek 0,1%-os szignifikancia mellett minden év keményítőtartalmától eltért. A többi évek között mérvadó különbség nem volt (31. ábra).

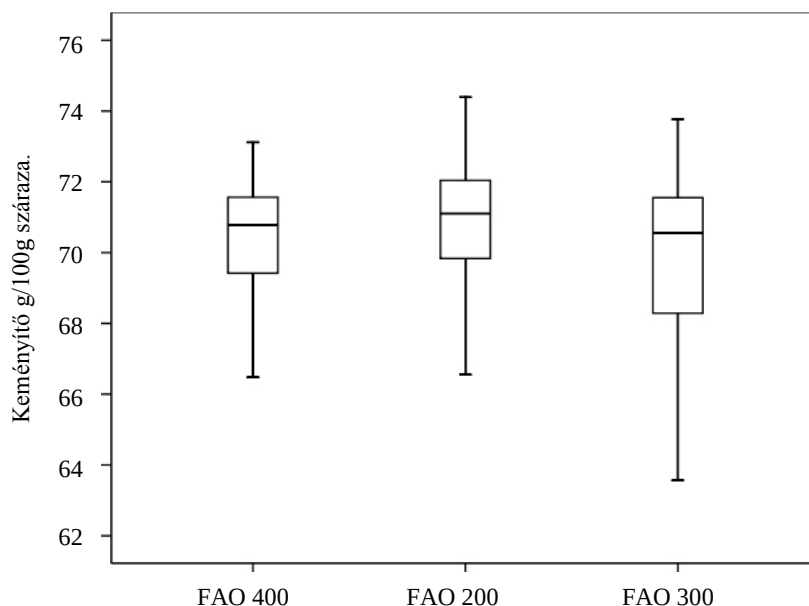
31. ábra. Az évjárat hatása a keményítőtartalom alakulására (Nagykerek, 2007–2012)



Jelmagyarázat: Az azonos betűvel jelzett adatok a Duncan-teszt alapján egymástól szignifikánsan nem különböznek

A hat év eredmény értékelése szerint a legmagasabb (70,8 g/100g szá.) keményítőtartalmat a korai, a legalacsonyabbat (69,0 g/100g szá.) a késői vetéssel lehet elérni. A FAO 200-as hibridnek 70,6 g/100g szá. keményítőtartalma volt a legnagyobb, azonban a hibrdek közötti különbség minimális (32. ábra).

32. ábra. Az évjárat hatása az eltérő FAO számú kukoricahibridek keményítőtartalmára (Nagykerek, 2007–2010)



5.2.6. A kukoricaszem keményítőtartalma és a termés mennyisége közötti összefüggés-vizsgálat

A keményítőtartalom és a termés között lévő összefüggéseket az évjárat és vetésidő nagymértékben befolyásolta. Közepes erősségű összefüggés az aszályos 2007-es évben a korai ($r=0,654^*$), és a kedvező (2008) évjáratban ($r=0,663^*$) az optimális vetésidőben volt. Az extrém csapadékos (2010) évben szoros pozitív ($r=0,726^{**}$) összefüggés mutatkozott a késői vetésidőben a termés és a keményítőtartalom között. A többi vizsgált évben, mindhárom vetésidőben a korreláció gyenge volt (21. táblázat).

A keményítőtartalom és a termés mennyisége között – az évek átlagában – legjelentősebb összefüggés a FAO 300-as hibrid késői vetésénél volt ($r=0,679^{***}$). A FAO 200 hibridnél a korai ($r=0,326^*$) és az optimális ($0,461^*$) vetésben gyenge, míg a késői vetésnél közepes ($r=0,593^{**}$) összefüggés mutatkozott. A leghosszabb tenyészidejű (FAO 400) hibrid nem szignifikáns korrelációt mutatott vetésidőkből. Összességében a FAO 300-as hibridnél volt a legszorosabb összefüggés a keményítőtartalom és a termés között mindhárom vetésidőben (22. táblázat).

21. táblázat. A kukoricaszem keményítőtartalma és a termés közötti lineáris regresszió eredménye eltérő évjáratokban (Nagykerek, 2007–2012)

Vetésidő	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Korai	0,654*	0,547*	0,315*	0,217 ^{ns}	0,135 ^{ns}	0,209 ^{ns}
Optimális	0,287*	0,663*	0,372*	0,196 ^{ns}	0,494*	0,508*
Késői	0,133 ^{ns}	0,060 ^{ns}	0,117 ^{ns}	0,726**	0,065 ^{ns}	0,180 ^{ns}

Jelmagyarázat: **P=0,01%, *P=0,05%, ns= nem szignifikáns

22. táblázat. A kukoricaszem keményítőtartalma és a termés közötti lineáris regresszió eredménye eltérő vetésidőben (Nagykerek, 2007–2012)

FAO szám	Vetésidő		
	korai	optimális	késői
FAO 200	0,326*	0,461*	0,593**
FAO 300	0,526*	0,615***	0,679***
FAO 400	0,046 ^{ns}	0,393 ^{ns}	0,219 ^{ns}

6. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A kukorica termésmennyisége és minősége nagymértékben függ a genetikai, agrotechnikai és ökofiziológiai változásoktól, melyet a klímaváltozás tovább módosít. A növénytermesztési tényezők hatásának és kölcsönhatásainak ismerete és értékelése – az adott ökológiai tényezőkkel összefüggésben – a termeszítő számára a legfontosabbat, a termésbiztonságot alapozza meg.

A kutatás célja annak elemzése, hogy a legfontosabb növénytermesztési tényezők (talajművelés, műtrágyázás, öntözés, növényszám és genotípus, FAO szám) hogyan hatnak eltérő környezeti feltételek mellett a kukorica termésére.

A kukorica 1 kg szárazanyag képzéséhez 300 liter vizet párologtat el, amennyiben 8 t/ha-os termésátlaggal számolunk ez 480 mm vízigényt jelent. Ezt az értéket a lehullott csapadék mennyisége a vizsgált évek közül mindössze 3 évben (2005, 2008 és 2010) érte el. A klimatikus tényezők értékeléséből kitűnik, hogy az aszály egyre gyakrabban fordul elő, növekszik az aszály index és a hőségnapok száma. Az időjárás alakulását befolyásolni nem tudjuk, de az általa okozott károkat helyes agrotechnikai eljárásokkal mérsékelni lehet.

A talajművelés módjától és az alkalmazott műtrágya mennyiségtől függően szignifikáns terméskülönbség volt az egyes kezelések között. A nem műtrágyázott parcellákon a tavaszi szántott kezelésben mért terméseredmények szignifikánsan meghaladták a tavaszi sekélyművelésben mértet. A 120 kg N kezelés alkalmazásának a termésnövelő hatása egy évben – az aszályos évben (2002) – volt kimutatható a tavaszi szántott kezelésben, 4 évben a tavaszi szántott és a tavaszi sekélyművelés között nem volt szignifikáns terméskülönbség. A talajművelés és a műtrágyázás együttes hatásának értékelése során megállapítható, hogy a két tényező együttes termésnövelő hatása a 2004. évet kivéve szignifikáns volt.

Az öntözés hatása egyes években nagyon eltérő volt. Száraz évben (2003) a megfelelő időpontban és mennyiségben kijuttatott öntözővíz 3170 kg/ha terméstöbbletet eredményezett. Az extrém száraz, aszályos 2002-ben a lehullott csapadék mennyisége, és a kiöntözött 100 mm öntözővíz nem fedezte a növény vízigényét, így az öntözés termésnövelő hatása elmaradt. Extrém csapadékos évben (2005) a túl sok víz hatására a talajoldat felhígult, egységnyi térfogatban kevesebb volt a tápanyag és a mikroorganizmusok működése is mérséklődött, valamint csökkent a nitrogén könnyen felvehető formáinak mennyisége mindezek a termés csökkenéséhez vezettek. Az eredmények azt bizonyítják, hogy a vízhiány, illetve a káros vízbőség okai és annak megszüntetése az eredményes termelés szempontjából nagy jelentőséggel bír.

Növényszám hatásának évenkénti értékelése szerint száraz években a kisebb 50 ezer tő/ha állomány elegendő a jó termés eléréséhez, csapadékos és kedvező éveken viszont a nagyobb 70 ezer tő/ha növény-sűrűség eredményezi a maximális termést. A legnagyobb termés kedvező évjáratban (2004) és megfelelő tápanyagutánpótlással (120 kg N/ha) érhető el.

A két egymástól eltérő tenyészidejű kukoricahibrid – 2002. évet kivéve – eltérően reagált az agrotechnikai tényezők hatására. A genotípus és a termés közötti összefüggés természetes csapadékelátottság mellett gyenge volt, öntözés hatására a kapcsolat szorosabb lett.

A vetés időpontja nem minden évben mutatott szignifikáns hatást a termésre. Az évjárat, elsősorban a tenyészidőszak csapadék mennyisége és annak eloszlása nagymértékben befolyásoló tényező volt. Azokban az években, amikor a vetésidő hatása szignifikáns volt ott az optimális (április második fele) vetésidő eredményezte a legnagyobb termést. A vetésidő megválasztásánál fontos tényező a talajhőmérséklet. A vetéstől kelésig terjedő időszak talajhőmérséklete erősen szignifikáns hatással van a termésre. A legnagyobb talajhőmérsékleti ingadozás a korai vetés időszakában van, emiatt a kelés elhúzódhat és egyenetlen lesz, ami termésvesztést okozhat. A korai vetéseknél a betakarítás korábban megtörténhet és a szemnedvesség-tartalom is alacsonyabb, mint a késői vetéseknél.

A legmagasabb (70,8 g/100g szá.) keményítőtartalom – hat év átlagában – a korai, a legalacsonyabb (69,0 g/100g szá.) a késői vetésben volt.

7. ÚJ ÉS ÚJSZERŰ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. A tavaszi szántott kezelésben a nem műtrágyázott parcellákon (6,758 t/ha) mért terméseredmények szignifikánsan meghaladták a tavaszi sekélyművelés (5,646 t/ha) terméseredményeit. Mindkét talajművelési változatban a 120 kg N/ha eredményezte a statisztikailag igazolt legnagyobb termést.
2. Az agrotechnikai tényezők közül a műtrágyázás gyakorolt legnagyobb hatást a termésre. Az öntözésnek termésmenvelő hatása – mindhárom műtrágyakezelésben – a száraz évjáratban volt.
3. Csapadékos években, valamint öntözött körülmények között a 70 ezer hektáronkénti növényszám ($P < 0,05$) szükséges. Aszályos években az alacsonyabb, 50 ezer tő/ha eredményesebb. A nem műtrágyázott kezelésekben a növényszám növelése minden évben terméscsökkenést okozott.
4. A hosszabb tenyészidejű hibrid (FAO 400) kedvező évjáratban (2004) teljesített jól, termésátlaga 1024 kg/ha ($P < 0,001$), a többi vizsgált évben a FAO 300-as hibrid többet termelt.
5. A vetéstől a kelésig terjedő időszak talajhőmérséklete és a termés közötti összefüggés a hosszabb tenyészidejű FAO 400-as hibrid eredményét befolyásolta a legnagyobb mértékben, mindhárom vetésidőpontban. Az összefüggés a korai vetésnél volt a legszorosabb.
6. A termés alakulásának szempontjából az évjáratok nagyobb hatást jelentenek, mint az éven belüli különböző vetésidők. A kukorica hibridek vetésideje jelentős termés befolyásoló tényező. Megbízható terméseredmény 2009-ben, 2011-ben és 2012-ben az optimális (április 24) vetésidő-kezelésben volt. Az évjárat a FAO 300-as hibrid hozamát befolyásolta a legnagyobb mértékben.
7. A legmagasabb keményítőtartalmat a korai és a legalacsonyabbat a késői vetéssel lehet elérni.

8. AZ EREDMÉNYEK GYAKORLATI HASZNOSÍTHATÓSÁGA

1. A különböző agrotechnikai tényezők összehasonlítása és termésre gyakorolt hatékonyságuk vizsgálatának eredménye lehetőséget biztosít a talajművelés, a tápanyag-utánpótlás, az öntözés és a növényszám területén olyan termesztéstechnológiai megoldásokra, amelyekkel a termésbiztonság, az egységnyi területen elérhető jövedelem növelhető, a környezeti terhelés csökkentése mellett.
2. Az időjárás szélsőségeinek kivédése érdekében a termelés kockázatát csökkenteni lehet a virágzási időszak széthúzásával, ami a különböző vetésidőpontokkal és eltérő FAO számú hibridek használatával érhető el.
3. A kutatási eredmények hozzájárulnak a termelési célnak, a végtermék felhasználásának legjobban megfelelő beltartalmi paraméterekkel rendelkező hibridek kiválasztásához.

9. ÖSSZEFOGLALÁS

A szélsőséges időjárás előfordulása egyre gyakoribb, ami nagy különbségeket eredményez a kukorica termésmennyiségének és minőségének alakulásában. A klímaváltozás hatásai az agrotechnikai tényezőkkel mérsékelhetők. Fontos feladat az időjárás kockázatának mérséklése, csökkentése.

A dolgozat célja az időjárás változásának és a kukoricatermesztés technológiájának és kapcsolatrendszerének vizsgálata, értékelése.

Az agrotechnikai kísérletek két termőhelyen folytak, a kutatási tevékenység összesen 11 évet ölel fel.

A vizsgálatok egyik részét (2002–2006) a Debreceni Egyetem Agrártudományi Központ Látóképi Kísérleti Telepén, középkötött mészlepedékes csernozjom talajon 1989-ben alapított talajművelési komplex tartamkísérletben végeztük. Értékeljük a tavaszi talajművelés két változatának (22 cm-es mélységű tavaszi szántás, és 12 cm-es mélységű tavaszi sekélyművelés), a műtrágyázás három kezelésének (műtrágyázás nélkül, 120 kg N+90 kg P₂O₅+106 kg K₂O/ha, 240 kg N+180 kg P₂O₅ +212kg K₂O/ha), két eltérő genotípusú, tenyészidejű (FAO 300, FAO 400) hibridek, valamint két növényszám (50 és 70 ezer/ha), öntözött és nem öntözött kezelésének termésre gyakorolt hatását.

A vizsgálatok másik részét (2007–2012), a Bihari-sík kistájhoz tartozó Nagykereki, Sebes-Körös hordalékkúpján kialakult öntés réti talajon végeztük. Célja a kukoricatermesztés termésbiztonságának, termésmennyiség növelésének és a minőségi paraméter (keményítőtartalom) javításának érdekében a vetésidőben rejlő lehetőségek vizsgálata volt.

Az üzemi területen a kukorica három időpontban: korai (április 10), optimális (április 24) és késői (május 10) időpontban, egységesen 70 ezer tő/ha tőszámmal került elvetésre. Az egymáskövető években ugyanazon érési csoportba (FAO 200, FAO 300 és FAO 400) tartozó hibridek lettek beállítva.

Az időjárási adatokat a látóképi kísérleti területen automata időjárás állomás, míg nagykereki kísérleti területen egyszerű műszerek (páratartalom-, csapadékmérő, max.-min. hőmérő) által mért adatok alapján értékeltük. A talaj-hőmérséklet változását bimetál talajhőmérő szenzorok segítségével követtük nyomon, a talaj felső 10 cm-es rétegében.

Keményítőtartalom közeli spektroszkópiai technikával, transzmissziós mérési elvre épülő Foss InfratecTM 1241 műszerrel lett meghatározva, amelyet a Debreceni Egyetem MÉK Földhasznosítási, Műszaki és Területfejlesztési Intézet biztosította.

Mindkét kísérletben a kezelésének a talaj nedvességtartalmára, a szemnedvesség-tartalomra, termésre, valamint a keményítőtartalomra gyakorolt hatásának kimutatására általános lineáris modellt (GLM) alkalmaztunk. A kezelés középértékek összehasonlításához meghatároztuk az 5%-os szignifikáns differenciát ($SzD_{5\%}$), valamint többszörös középérték összehasonlító teszttel, Duncan módszerével homogén csoportokat képeztünk. A homogén csoporton belüli termések 5%-os szignifikancia szint mellett nem különböznek egymástól. A független és a függő változók közötti összefüggések meghatározásához lineáris és másodfokú regresszióanalízist végeztük. A kiértékelést az SPSS for Windows 13.0 statisztikai programcsomaggal végeztük.

Az *időjárási tényezők* értékelése bizonyította, hogy a tenyészidőszak effektív hőösszegének alakulása jelentős hatással van a termés mennyiségének alakulására. A hőösszegigényt tekintve a vizsgálat első öt (2002–2006) évében megfelelő volt a kukorica termesztése szempontjából, azonban a következő vizsgálati ciklusban (2007–2012) három évben is (2007, 2009 és 2012) nagymértékben meghaladta a kritikus értéket.

A csapadék mennyisége a tenyészidőszakban a kukorica csapadékigény 480 mm-es felső határának értékét 3 évben (2005, 2008 és 2010) haladta meg, három évben (2004, 2006, 2011) volt az 50 éves átlagnak (340 mm) megfelelő, a többi vizsgált évben (2002, 2003, 2007, 2009, 2012) jelentős csapadék hiány volt.

A tenyészidőszakban lehullott csapadék mennyisége, az EH és a PET értékek alapján hierarchikus klaszteranalízissel homogén csoportokat képeztünk. A száraz, aszályos évek: 2002, 2007 és 2012, száraz évek: 2003 és 2009, csapadékos évek: 2005, 2008 és 2010, valamint kedvező, átlagos évek: 2004, 2006 és 2011 évek voltak.

A *növénytermesztési tényezők* értékelése – többtényezős varianciaanalízis MQ értéke – alapján kimutattuk, hogy jelentősebb termést módosító hatása a műtrágyázásnak volt a vizsgált évek közül három évben (2004, 2005 és 2006), a talajművelésnek 2002-ben és az öntözésnek 2003-ban. A hatás mindegyike, 0,1%-os szinten igazolt. A fő tényezők közül 2002-ben és 2003-ban a növényszám, 2002-ben a hibrid és 2006-ban az öntözés és a talajművelés nem mutatott szignifikáns különbséget. A szignifikáns kölcsönhatások közül a talajművelés $\times$ hibrid két évben 2002-ben ($P < 0,01$) és 2005-ben ($P < 0,001$), a műtrágya $\times$ öntözés 2003-ban ($P < 0,001$), a műtrágya $\times$ növényszám 2004-ben ($P < 0,001$) és 2006-ban a növényszám $\times$ hibrid ($P < 0,001$) interakció bizonyult erőteljesebbnek.

A 70 ezer tő/ha-os állomány termése – 5%-os szignifikancia szint mellett – 489 kg/ha-ral volt megbízhatóan nagyobb, mint az 50 ezer tő/ha hozama.

A műtrágyázási kezelések között jelentős különbség a nem műtrágyázott (6,202 t/ha) és a műtrágyázott kezelések között alakult ki. A 240 kg/ha kezelés terméseredménye a 120 kg N/ha kezeléshez képest szignifikánsan nem tért el.

Az öt év terméseredményeit értékelve megállapítható, hogy a környezeti tényezők jelentős hatást ($P < 0,05$) gyakoroltak a termés mennyiségére. Kedvező évjáratban (pl. 2004) a 10,770 t/ha-os termésmennyiség 6139 kg/ha-ral volt több mint a száraz évjárat (2002) termése. Két száraz évet tekintve (2002 és 2003) is 2685 kg/ha-os terméskülönbség realizálódott.

Az összefüggés-vizsgálat évenkénti eredménye szerint – nem öntözött változatban – az egyes agrotechnikai elemek eltérő módon járulnak hozzá a termés kialakulásához. A talajművelés a két száraz évben mutatott gyenge pozitív korrelációt ($r=0,490^{***}$, $r=0,358^{***}$), a kedvezőbb években a két talajművelési változat és a termés közötti kapcsolat szorossága gyenge. Ez a tendencia az öntözés hatására sem változott. A talajművelés hatása az aszályos 2002-ben nem öntözött változatban érvényesült a legjobban, 24% többlettermést eredményezett a determinációs együttható alapján.

A műtrágyázás a száraz években gyenge összefüggést mutatott ($r=0,410^{***}$, $r=0,331^{**}$), kedvező években (2004. és 2006.) a determinációs együttható alapján 46 és 48%-ban, míg az extrém csapadékos évben (2005) 45%-ban befolyásolta a termést. Az öntözés hatására a korreláció szorossága minden évben erősödött. A legnagyobb mértékű műtrágyahatás 2004-ben öntözött változatban ($r=0,867^{***}$) volt.

Az alkalmazott növényszámok mind a nem öntözött mind az öntözött változatban gyenge kapcsolatot mutattak a terméssel. Az évek közül kedvezőbb a 2004-es év volt, ahol – a determinációs együttható alapján – 8,9% (nem öntözött) és 7,6% (öntözött) volt a terméstöbblet.

FAO szám tekintetében a leggyengébb összefüggés nem öntözött változatban az aszályos 2002-ben volt, kedvezőbb évjáratokban ez az összefüggés szorosabb lett. Öntözés hatására a tenyészidő szerepe kevésbé érvényesült.

Összességében megállapítható, hogy az agrotechnikai tényezők közül a műtrágyázás mutatott termésre gyakorolt hatás tekintetében nem öntözött változatban a legszorosabb összefüggést és az öntözés hatására ez az összefüggés szorosabbá vált.

A talajhőmérséklet vizsgálatának varianciaanalízise szerint – 6 év átlagában – a vetéskori talajhőmérséklet nem, a vetéstől a kelésig eltelt idő talajhőmérséklete azonban ($P < 0,001$) szignifikáns volt. Az évenként elvégzett regressziós összefüggés-vizsgálat 2011-ben mutatott szoros ($r=0,806$) összefüggést a vetéskori talajhőmérséklet és a termés között, a többi vizsgált évben ez a kapcsolat gyengének bizonyult. A talajhőmérséklet kelést befolyásoló direkt hatást – a vizsgált évjáratok közül – 2012-ben ($r=0,638^{***}$) és 2011-ben ($r=0,787^{***}$) mutatott.

A korai vetésben – a 6 év átlagában – a talaj hőmérséklete 11,7 °C volt. Az optimális és késői vetésekben rövidül a kelési napok száma, a talajhőmérséklet emelkedése miatt. A vetéstől a kelésig terjedő időszak talajhőmérséklete és a termés között – késői vetésnél – közepes ($r=0,503^{***}$) összefüggés volt.

Az évek átlagában elvégzett regresszió analízis vizsgálat kimutatta, hogy a vetéstől a kelésig terjedő időszak talajhőmérséklete – korai vetést alkalmazva – és a rövidebb tenyészidejű hibridek termése között a kapcsolat gyenge pozitív, a FAO 400-as hibridnél azonban hatása – a determinációs együttható alapján – 46,5%-os volt. Az optimális vetésidőben a FAO 300-as és FAO 400-as hibridek termésátlaga gyenge összefüggést mutatott a vetéstől a kelésig terjedő időszak talajhőmérsékletével. A késői vetésben – a korai vetéshez hasonlóan – a vetéstől a kelésig terjedő időszak talajhőmérsékletének a FAO 400-as hibrid termésének alakulásában volt meghatározó szerepe.

A *vetésidő* a szemtermésre gyakorolt hatásának évenkénti varianciaanalízise kimutatta, hogy a tényezők közül a vetés idejének hatása volt a legjelentősebb 2010., 2011. és 2012. években, míg 2008-as és a 2009-es években a vetésidő hatása statisztikailag nem bizonyított. A korai (április 10) vetés előnye a 2012-es évben mutatkozott meghatározónak, a vetőmag még nedves talajba került, ezért a kelés egyenletesebb volt. Az optimális (április 24) és a késői (május 10) vetéskor elvetett kukorica már száraz talajba került rontva ezzel a csírázását és korai kezdeti fejlődési erélyét, ami hatással volt a termés mennyiségére is.

Az évjárat hatása a termésre jelentős volt. A termés szempontjából az évjáratok nagyobb környezeti varianciát jelentettek, mint az éven belüli különböző vetésidő.

A hat év eredményei alapján a FAO 400-as hibrid (10,028 t/ha) biztosította a legnagyobb terméseredményét, szignifikánsan eltért mind a FAO 200-as mind a FAO 300-as tenyészidejű hibridtől. A FAO 200-as és FAO 300-as hibridek közötti hozamkülönbség mindössze 290 kg/ha volt.

A *betakarításkori szemnedvesség-tartalom* a korai és optimális vetésidő között 2009. és 2011. évben mindhárom vetésidő szemnedvesség-tartalma igazoltan különbözött. Az optimális vetéshez viszonyítva a késői vetés szemnedvesség-tartalom növekedést ($P<0,05$) eredményezett. A késői vetés okozta szemnedvesség növekedés alsó értéke 8,7% (2009) felső értéke 27,5% (2012) volt. A FAO 200-as hibridnél az évjárat, míg a FAO 300-as és FAO 400-as hibridnél a vetésidő befolyásolta legnagyobb mértékben a szemnedvesség-tartalmat.

A kukorica szemnedvesség-tartalma és a termés közötti kölcsönhatás mértékét és irányát lineáris regresszióval vizsgálva megállapítható, hogy a korai vetésnél a szemnedvesség-tartalom és a termés között közepes, pozitív (0,641*) korreláció 2008. évben volt, a többi vizsgált évben a kapcsolat gyengének tekinthető. Az optimális vetésidőben az extrém csapadékos évben (2010) közepes, pozitív (0,630*), az aszályos (2007) évben szoros (0,705*) összefüggést mutatott a két változó kölcsönhatása. A késői vetésnél két évben (2011 és 2012) a korreláció szoros volt.

Összességében megállapítható, hogy száraz években – kivéve a 2007-es extrém aszályos évet – a vetés késleltetésével a szemnedvesség-tartalom egyre nagyobb hatást gyakorolt a termésre. Kedvező évjáratban (2008) ez az összefüggés ellentétesen alakult, ugyanis a legszorosabb (0,641*) kapcsolat a korai vetésben volt, amely a későbbi vetéseknél egyre gyengébb. A két extrém időjárású (2007, 2010) évben szoros és közepes erősségű összefüggés az optimális vetésidőben volt.

A kukoricaszem keményítőtartalma – Duncan-teszt alapján, 5%-os szignifikancia szint mellett – a korai és az optimális vetésidőben azonos értékű volt, eltérést a késői vetésidő mutatott (66,3 g/100g sza.). A kedvező 2008. évben a vetésidő késleltetésével csökkent a keményítőtartalom, azonban ebben az esetben is a korai és az optimális vetésidő közötti különbség nem, míg korai és a késői (3,0%), illetve az optimális és késői vetés (2,3%) eltérése matematikailag igazolt. A szemek keményítőtartalmának alakulásában 2009-ben az optimális és a késői vetés között nem volt különbség. Ugyanez tapasztalható az extrém csapadékos 2010-es évben is. 2011-ben a vetésidő változása jelentős hatást gyakorolt a keményítőtartalomra.

Mindhárom FAO számú hibrid esetében a legalacsonyabb keményítőtartalom a kedvező évjáratnak számító 2008-as évben volt, és a száraz években ez az érték növekedett. A hibridek között a vetésidők átlagában mindössze két évben 2008-ban és 2012-ben volt a keményítőtartalomban számszerűsíthető különbség, a FAO 200-as és a FAO 300-as (2008, 1,9 g/100g sza.; 2012, 0,9 g/100g sza.), valamint a FAO 200-as és a FAO 400-as hibrid (2008, 2,0 g/100g sza.; 2012, 1,0 g/100g sza.) között.

A hat év eredményei alapján megállapítható, hogy a legmagasabb (70,8 g/100g sza.) keményítőtartalom a korai, a legalacsonyabb (69,0 g/100g sza.) a késői vetésben volt.

A keményítőtartalom és a termés között lévő összefüggéseket az évjárat és a vetésidő befolyásolta. Közepes erősségű összefüggés az aszályos 2007-es évben a korai ($r=0,654^*$), és a kedvező (2008) évjáratban ($r=0,663^*$) az optimális vetésidőben volt. Az extrém csapadékos (2010) évben szoros pozitív ($r=0,726^{**}$) összefüggés mutatkozott a keményítőtartalom és a

termés között a késői vetés alkalmazásakor. A többi vizsgált évben a korreláció gyenge volt mindhárom vetésidőben.

A keményítőtartalom és a termés között – az évek átlagában – legjelentősebb összefüggés a FAO 300-as hibrid késői vetésénél volt ($r=0,679^{***}$). A FAO 200 hibridnél a korai ($r=0,326^*$) és az optimális ($0,461^*$) vetésben gyenge, míg a késői vetésnél közepes ($0,592^{**}$) összefüggés mutatkozott. A leghosszabb vizsgált tenyészidejű (FAO 400) hibrid nem szignifikáns korrelációt mutatott mindhárom vetésidőben. Összességében a FAO 300-as hibridnél volt a legszorosabb összefüggés a keményítőtartalom és a termés között.

10. SUMMARY

Extreme weather is becoming increasingly frequent which results in large differences in maize yield and yield quality. The impacts of climate change can be mitigated with agrotechnical factors. It is an important task to mitigate and reduce the risk imposed by weather.

The aim of this study is to examine and evaluate the technology and relations of the change of weather and maize production.

Agrotechnical experiments were carried out in two locations and the research activity lasted for 11 years altogether.

One part of the examinations (2002–2006) was carried out at the Látókép Experiment Site of the Centre for Agricultural Sciences of the University of Debrecen on mid-heavy calcareous chernozem soil in a complex long-term tillage experiment established in 1989. The impact of the two variants of spring tillage (22 cm deep spring ploughing and 12 cm deep spring ploughing), the three treatments of fertilisation (no fertilisation, 120 kg N+90 kg P₂O₅+106 kg K₂O/ha, 240 kg N+180 kg P₂O₅ +212kg K₂O/ha), the two hybrids of different genotype and growing period (FAO 300, FAO 400) and two plant numbers (50 and 70 thousand plants per hectare) on yield in both irrigated and non-irrigated treatments.

The other part of the examinations were carried out on the alluvial meadow soil developed on the alluvial cone of the river Sebes Körös in the area of Nagykereki belonging to the small region of the Bihari plain between 2007 and 2012. The aim of these examinations was to determine which of the optional sowing dates is the best in order to improve the yield safety of maize production, to increase yield and to improve the quality parameter (starch content) of yield.

In the area of the experiment, maize was sown at three dates: early (10th April), optimal (24th April) and late (10th May). The uniform plant number was 70 thousand plants per hectare. Hybrids of the same ripening group (FAO 200, FAO 300 and FAO 400) were sown each year.

Weather data were evaluated on the basis of the data measured by the weather station at the Látókép experiment site, and simple instruments (humidity meter, rain gauge, max-min thermometer) at the Nagykereki experiment site. The changes of soil temperature were monitored with bimetallic soil thermometer sensors in the upper 10 cm layer of the soil.

Starch content was measured with near-infrared spectroscopy, using a Foss InfratecTM 1241 meter based on transmission measurement principle. The instrument was provided by the Institute for Land Utilisation, Regional Development and Technology of the Faculty for Agricultural and Food Sciences of the University of Debrecen.

A general linear model (GLM) was used to detect the impact of the treatment on soil moisture content, grain moisture, yield and starch content in both experiments. In order to compare the mean values of the treatment, significant difference ($LSD_{5\%}$) at the level of 5% was determined and homogeneous groups were formed with a multiple mean value comparison test (Duncan's test). Yields within the homogeneous groups did not differ from each other at the significance level of 5%. Linear and quadratic regression analyses were performed to determine the correlations between independent and dependent variables. Evaluation was carried out with SPSS for Windows ver. 13.0.

The evaluation of *weather factors* showed that the effective heat sum of the growing season has a significant impact on yield quantity. As regards the heat sum need, the first five years (2002-2006) of the examination were satisfactory from the aspect of maize production. However, during the next examination cycle (2007–2012) heat sum was above the critical value in as many as three years (2007, 2009 and 2012).

During the growing season, the amount of precipitation was above the upper limit of the precipitation need of maize (480 mm) in three years (2005, 2008 and 2010), while it was at the level of the 50-year-average (340 mm) in three years (2004, 2006, 2011) and there was precipitation shortage in the rest of the examined years (2002, 2003, 2007, 2009, 2012).

Homogeneous groups were formed with hierarchic cluster analysis based on the amount of precipitation in the growing period, as well as the EH and PET values. 2002, 2007 and 2012 were drought years, 2003 and 2009 were dry years, 2005, 2008 and 2010 were wet years, while 2004, 2006 and 2011 were average, favourable years.

Based on the evaluation of *crop production factors* – the MQ value of a multifactorial variance analysis –, it was shown that fertilisation had the highest effect on yield in three years (2004, 2005 and 2006) of all examined years, while cultivation had the strongest impact in 2002 and irrigation in 2003. All effects were significant at the 0.1% level. Of the main factors, plant number did not shown any significant difference in 2002 and 2003 and the same goes to hybrids in 2002 and irrigation and cultivation in 2006. Significant interactions were observed between cultivation $\times$ hybrids in 2002 ($P < 0.01$) and 2005 ($P < 0.001$), between fertiliser $\times$ irrigation in 2003 ($P < 0.001$), between fertiliser $\times$ plant number in 2004 ($P < 0.001$) and between plant number $\times$ hybrids in 2006 ($P < 0.001$).

The yield of the 70 thousand plants per hectare population was significantly higher (at the 5% significance level) than the yield of the 50 thousand plant per hectare population by 489 kg ha⁻¹.

There was a significant difference between non-fertilised (6,202 t ha⁻¹) and fertilised treatments. The yield of the 240 kg ha⁻¹ treatment did not significantly differ from that of the 120 kg ha⁻¹ treatment.

When evaluating the yield of the five years, it can be concluded that environmental factors had a significant ($P < 0.05$) impact on yield. In favourable crop years (e.g. 2004) the 10.770 t ha⁻¹ yield was 6139 kg ha⁻¹ higher than the yield in a dry crop year (2002). There was a yield difference of 2685 kg ha⁻¹ in two dry years (e.g. 2002 and 2003).

According to the yearly result of the correlation analysis, the used agrotechnical elements contributed to yield to a different extent in the non-irrigated treatments. Cultivation showed weak positive correlation with yield in the two dry years ($r = 0.490^{***}$, $r = 0.358^{***}$), while the correlation between the two cultivation treatments and yield was weak during the more favourable crop years. This tendency did not change as a result of irrigation either. The impact of cultivation was expressed the most in the non-irrigated treatment in 2002, resulting in 24% yield surplus based on the coefficient of determination.

Fertilisation showed a weak correlation with yield in the dry years ($r = 0.410$, $r = 0.331$), while it had a 46% and 48% impact on yield in the more favourable years (2004 and 2006) based on the coefficient of determination and 45% in the extremely wet year (2005). As a result of irrigation, correlation became stronger every year. The strongest fertiliser effect was observed in the irrigated treatment in 2004 ($r = 0.867^{***}$).

Plant numbers showed a weak correlation with yield both in the non-irrigated and the irrigated treatments. 2004 was a more favourable year, when the realised yield surplus was 8.9% (based on the coefficient of determination) (non-irrigated treatment) and 7.6% (irrigated treatment).

As regards the FAO number, the weakest correlation was shown in the non-irrigated treatment in the drought year of 2002, while this correlation was stronger in more favourable crop years. The impact of growing period was less predominant as a result of irrigation.

Altogether, it can be concluded that fertilisation had the strongest correlation with yield in the non-irrigated treatment and this correlation became even closer as a result of irrigation.

According to the variance analysis of the examination of *soil temperature* – averaged over 6 years –, the soil temperature during the period between sowing and emergence was significant ($P < 0.001$), while the respective value at the sowing date was not. The regression correlation analysis which is performed each year showed a strong correlation ($r = 0.806$)

between soil temperature at the sowing date and yield in 2011, while this correlation was weak in the rest of the examined years. There was a direct effect of soil temperature on emergence in 2012 ($r=0.638^{***}$) and in 2011 ($r=0.787^{***}$).

The soil temperature was 11.7 °C in the case of early sowing, averaged over the 6 years. In optimal and late sowing, the days until emergence decrease due to the increasing soil temperature. There was a medium correlation ($r=0.503^{***}$) between soil temperature in the period between sowing and emergence and yield.

The regression analysis carried out with regard to the average values of all examined years showed that there was a weak positive correlation between the soil temperature of the period between sowing and emergence in the case of early sowing and the yield of hybrids of short ripening period, while there was a 46.5% impact in the case of the FAO 400 hybrid, based on the coefficient of determination. In the case of the optimal sowing date, the average yield of FAO 300 and FAO 400 hybrids showed a weak correlation with the soil temperature of the period between sowing and emergence. Similarly to early sowing, the soil temperature between sowing and emergence had a significant effect on the yield of the FAO 400 hybrid in the case of late sowing.

The yearly variance analysis of the effect of *sowing date* on grain yield showed that sowing had the greatest impact in 2010, 2011 and 2012, while this effect was not significant in 2008 and 2009. The favourable effect of early sowing (10th April) was shown to be significant in 2012, as the sowing seed was placed into the still wet soil; therefore, emergence was steadier. Maize sown at the optimal (24th April) and late (10th May) date was already placed into dry soil, thereby reducing the emergence and development vigour of maize, which also had a negative effect on maize.

Crop year had a significant impact on yield. From the aspect of yield, crop years caused greater environmental variance than the various sowing dates within a year.

Based on the results of the six years, the FAO 400 hybrid provided the highest yield (10.028 t ha^{-1}) which significantly differed from both the FAO 200 and the FAO 300 hybrids. The difference between the yield of the FAO 200 and FAO 300 hybrids was only 290 kg ha^{-1} .

Grain moisture content at harvesting was significantly different between the three sowing dates in 2009 and 2011. In comparison with the optimal sowing date, late sowing resulted in an increase in grain moisture content ($P<0.05$). The lower value of grain moisture increase caused by late sowing was 8.7% (2009), while the higher value was 27.5% (2012). In the case of the FAO 200 hybrid, crop year had the largest impact on the grain moisture content of

maize, while it was sowing date which had the most significant effect in the case of the FAO 300 and FAO 400 hybrids.

When examining the extent and direction of the interaction between the grain moisture content and yield of maize with a linear regression, it can be concluded that there was a positive medium correlation between grain moisture content and yield in the case of early sowing (0.614*) in 2008, while this correlation was weak in the rest of the examined years. In the case of the optimal sowing date in the extremely wet year (2010), there was a positive medium (0.630*) correlation between the two variables and a strong correlation (0.705*) in the drought year (2007). As regards late sowing, the correlation was strong in two years (2011 and 2012).

Altogether, it can be concluded that as the sowing date was protracted, grain moisture content had an increasing effect on yield in dry years, except in the extremely drought year of 2007. In the favourable crop year (2008), this correlation was the opposite, since the strongest correlation (0.641*) was observed in the case of early sowing and it became weaker at later sowing dates. Strong and medium correlation was observed in the case of optimal sowing dates in the two years with extreme weather (2007, 2010).

The *starch content of the maize grain* had the same value in the case of the early and the optimal sowing date on the basis of Duncan's test at the significance level of 5%. A difference was shown in the case of the late sowing date (66.3 g/100g dry matter). In the favourable year of 2008, starch content decreased at later sowing dates. However, even in this case, there was no mathematically significant difference between early and optimal sowing, while significant difference was observed between early and late sowing (3.0%) and between optimal and late sowing (2.3%). There was no difference in terms of the starch content of grains between the optimal and late sowing dates in 2009. The same was observed in the extremely wet year of 2010. In 2011, the change of sowing date had a significant effect on starch content.

In the case of all three hybrids belonging to different FAO groups, the lowest starch content was observed in 2008 and this value increased in dry years. Averaged over the different sowing dates, there was a quantifiable difference in starch content in 2008 and 2012 between FAO 200 and FAO 300 hybrids (2008: 1.9 g/100g dry matter; 2012: 0.9 g/100g dry matter) and between FAO 200 and FAO 400 hybrids (2008: 2.0 g/100g dry matter; 2012: 1.0 g/100g dry matter).

Based on the results of the six examined years, it can be established that the highest starch content (70.8 g/100g dry matter) can be achieved at the early sowing date, and the lowest starch content (69.0 g/100g dry matter) was observed in the case of the late sowing.

The correlations between starch content and yield were greatly affected by crop year and sowing date. There was a medium correlation in the case of early sowing date ($r=0.654^*$) in the drought year of 2007 and at the optimal sowing date ($r=0.663^*$) in 2008, which was a favourable year. In the extremely wet year of 2010, a close positive correlation ($r=0.726^{**}$) was observed between starch content and yield in the case of late sowing. In the rest of the examined years, correlation was weak in the case of all three sowing dates.

The strongest correlation between starch content and yield (averaged over the examined years) was shown in the case of the late sowing date of the FAO 300 hybrid ($r=0.679^{***}$). As regards the FAO 200 hybrid, weak correlation was observed in the case of the early ($r=0.326^*$) and optimal (0.461^*) sowing date, while there was a medium (0.592^{**}) correlation at late sowing. The hybrid with the longest growing period (FAO 400) showed non-significant correlation in all three sowing dates. Altogether, the closest correlation between starch content and yield was observed in the case of the FAO 300 hybrid.

IRODALOMJEGYZÉK

- Aildson, P. D. – Stephen, C. M. – David, S. J. – Jorge, de C. K. 2005. Grain quality of brazilian maize genotypes as influenced by nitrogen level. *Crop Science*. 45: 1958–1964.
- Aldrich, S. R. – Leng, E. R. 1973. Modern kukoricatermesztés. *The Farm Quarterly*, Cincinatti, Ohio.
- Al-Kaisi, M.M. – Hanna, H.M. 2002. Consider the Strip-tillage Alternative. Iowa State University Cooperative Extension Service, Ames, IA.
- Alvarez, R. 2005. A review of nitrogen fertilizer and conservation tillage effects on soil carbon storage. *Soil Use Manage*. 21: 38–52.
- Alvarez, R. – Steinbach, H.S. 2009. A review of the effects of tillage systems on some soil physical properties, water content, nitrate availability and crops yield in the Argentine Pampas. *Soil Tillage Res*. 104: 1–15.
- Amaducci, S. – Amaducci, M.T. – Benati, R. – Venturi, G. 2000. Crop yield and quality parameters of four annual fibre crops (hemp, kenaf, maize and sorghum) in the North of Italy. *Industrial Crops and Products*. 11. 2–3: 179–186.
- Amberger, A. 1996. *Pflanzenernährung*. Verlag Eugen Ulmer. Stuttgart.
- Anda, A. 1986. A kukorica (*Zea mays* L.) levélfelületének meghatározására alkalmas módszerek összehasonlítása. *Növénytermelés*. 35. 2: 99–108.
- Anderejko, Sz.Sz. – Kuperman, F.M. 1961. A kukorica élettana. Mezőgazdasági kiadó, Budapest.
- Ángyán J. 1985. Agroökológiai hatások a gyakorlati kukoricatermesztésben. GATE KSZE.
- Ángyán, J. (szerk.) 1987. Agroökológiai hatások a kukoricatermesztésben. Az agroökológiai körzetek és a területi fejlesztés. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest, 210.
- Antal J. 2000. Növénytermesztők zsebkönyve. Mezőgazda Kiadó. Budapest, 103.
- Árendás T. 2000. A kukoricatermesztés korlátairól és lehetőségeiről. Magyar Mezőgazdaság. Száron szárítva. 6–7.
- Árendás T. 2006. Növénytaplálás új szemlélettel. *Agrofórum*. 17. 12: 8–10.
- Árendás T. – Berzsenyi Z. – Bónis P. – Micskei Gy. – Marton L. Cs. 2013. A kukoricatermesztés agrotechnikai elemei: lehetőségek a fejlődési stresszek csökkentésére és növelésére. *Agrofórum*. 24:(Extra 52) 34–39.
- Árendás T. – Berzsenyi Z. – Szundy, T. – Marton, L. Cs. – Bónis P. 2000. Kukorica-termesztőknek. *Gyakorlati Agrofórum*. 11. 3: 44–47.

- Asghari, M. – Hanson, R. G. 1984. Climate, management and N effect on corn leaf N, yield and grain N. *Agronomy Journal*. 76. 6: 911–916.
- Bajai J. 1959. Összefüggés a kukorica levélfelülete és a tenyésztőterület különféle alakja között. *Növénytermelés*. 3: 217–222.
- Bajai J. 1966. Talajművelési kísérletek egyszerű vetésforgóban. *Talajtermékenység*. 1: 14–25.
- Balázs S. 1989. *Zöldségtermesztők kézikönyve*, Mezőgazdasági Könyvkiadó, Budapest,
- Bálint A. 1977. *A kukorica jelene és jövője*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Bánházi J. – Fülöp G. 1975. *A minimális talajművelés gépei*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Bari, V. di – Rizzo, V. – Colucci, R. 1980. Livelli irrigui e dosi di azoto sul mais da granella di primo raccolto. Cinque anni di risera nel tavoliere pugliese. Nota II. Effetti su alcuni parametri produttivi e morfologici. *Annali dell'Istituto Sperimentale Agronomico*. Bari, 11: 97–119.
- Barlow, E.W.R. – Boersma, L. – Young, J.L. 1977. Photosynthesis, transpiration, and leaf elongation in corn seedlings at suboptimal soil temperatures. *Agron. J.* 69: 95–100.
- Barta L. – Jóri J. 1979. Nehéz kultivátorok összehasonlító vizsgálata. *Mg. Gépesítési Tanulmányok*, Gödöllő, MÉM, MIM.
- Belák S. 1966. Talajművelési kísérletek eredményei 1954–1964 években. *Talajtermékenység*. 1: 98–107.
- Bergmann, W. 1993. *Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen*. G. F. Verlag. Jena-Stuttgart. 835.
- 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.
- Berzsenyi Z. 1993b. A N-műtrágyázás hatása a kukorica növekedésének és növekedési jellemzőinek dinamikájára eltérő évjáratokban. *Növénytermelés*. 42.5: 457–471.
- Berzsenyi Z. 1996. A növényszám hatásának vizsgálata a kukorica növekedésére Hunt-Parsons modellel. *Növénytermelés*. 45. 5–6: 521–542.
- Berzsenyi Z. 1999. Új kihívások a növénytermesztési kutatásokban a 2000-es évek küszöbén. *Növénytermesztési Tudományos Nap*. MTA Budapest, 19–20.
- Berzsenyi Z. – Árendás T. – Bónis P. – Marton L. Cs. 2013. A kukorica termésreakcióinak vizsgálata Györffy Bélától napjainkig. [In: Marton L. Cs., Spitkó T. (szerk.) 60 éves a magyar hibridkukorica.] *Pannon Növény-Biotechnológiai Egyesület*, Budapest, 45–52.

- Berzsényi Z. – Árendás T. – Bónis P. – Micskei Gy. – Sugár E. 2012. A növénytermesztési tényezők tartamhatásának vizsgálata a kukorica produktivitására eltérő évjáratokban. [In: Kis-Simon T., Tóth É. (szerk.) A mezőgazdaságtól a vidékgazda(g)ságig] 54. Georgikon Napok. PE Georgikon Kar, Keszthely, 38.
- Berzsényi Z. – Dang. Q. L. 2001. A vetésidő és a N-műtrágyázás hatása a kukorica- (*Zea mays* L.) hibridek termésére és termésstabilitására 1991 és 2000 között. Növénytermelés. 50: 309–331.
- Berzsényi Z. – Györffy B. 1994. Az évjáráthatás és N-műtrágya-reakció. Martonvásár. 6. 2: 12.
- Berzsényi Z. – Ragab A.Y.– Dang, Q.L. 1998. A vetésidő hatása a kukoricahibridek növekedésének dinamikájára 1995-ben és 1996-ban. Növénytermelés. 2. 47: 165–180.
- Berzsényi Z. – Szundy T. – Árendás T. – Berényi Gy. –Bónis P. 1995. A kukoricahibridek vetésidő reakciója. Martonvásár, 7. 1: 10.
- Berzsényi Z. – Varga K. 1986. A kukoricahibridek optimális tőszámát és N-műtrágya dózist meghatározó tényezők vizsgálata tartamkísérletekben. XXVIII. Georgikon Napok, Keszthely, 1: 280–290.
- Berzsényi Z. – Varga K. – Berényi Gy. 1994. A növényszám és az évjárat hatása a kukorica (*Zea mays* L.) szemtermésének és terméskomponenseinek alakulására 1981–1992. években. Növénytermelés. 43: 61–67.
- Bharati, V. – Nandan, R. – Kumar, V. – Kumar, S.B. 2007. Effect of irrigation on yield, water-use efficiency and water requirement of winter maize (*Zea mays* L.)-based intercropping systems. Environment and Ecology. 25: 888–892.
- Bhatia, C. R. – Rabson, R. 1987. Relationship of Grain Yield and Nutritional Quality 11-44. [In: Olson R. A., Frey K. J. (eds.) Nutritional Quality of Cereal Grains]. ASA, CSSA, Madison, Wisc., USA.
- Bird, M. 1982. Effects of field traffic on yield under test. Farmers Weekly. 96. 23: 40.
- Birkás M. 1987. Szemléletváltozás a talajművelésben. Gazdálkodás. 28. 9: 47–52.
- Birkás, M. 1993. Effect of harmful compaction below the seedbed on the growth of maize. International Conference on „Protection of Soil Environment by avoidance of Compaction and Proper Soil Tillage.” Conference Proc., Melitopol, Ukraine, 1: 109–112.
- Birkás M. 1994. Az alkalmazkodó növénytermesztés művelőgép igényei és a lehetőségek. Járművek, Építőipari és Mezőgazdasági Gépek. 41. 4: 133–137.
- Birkás M. 2006a. Földművelés és földhasználat. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 414.
- Birkás M. 2006b. Környezetkímélő alkalmazkodó talajművelés. Akaprint Nyomdaipari Kft. 107.

- Birkás, M. 2010. Long-term experiments aimed at improving tillage practices. *Acta Agronomica Hungarica*. 58. 1: 75–81.
- Birkás M. 2011. Talajművelők zsebkönyve. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 282.
- Birkás M. – Gyuricza Cs. – Gecse M. – Percze A. 1999. Ismételt tárcsás sekélyművelés hatása egyes növénytermesztési tényezőkre barna erdőtalajon. *Növénytermelés*. 48. 4: 387–402.
- Birkás M. – Szabó L. 1992. Stubble cover-moisture conservation soil protecting tillage. *Interprevent 1992. Protection of Habitat from Floods, Debris Flows and Avalanches*, Bern, Switzerland, Band, 4: 303–312.
- Blair, N. – Faulkner, R.D. – Till, A.R. – Poulton, P.R. 2006. Long-term management impacts on soil C, N and physical fertility. *Soil and Tillage Research*, 91. 1–2: 30–38.
- Blaskó L. – Zsigrai Gy. 2000. A műtrágyázás hatása a kukorica termésére és néhány talajjellemzőre réti csernozjom talajon. *Agrofórum*. 11. 3: 48–50
- Bocz E. 1976. Trágyázási útmutató. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 257.
- Bocz E. – Nagy J. 1981. A kukorica víz- és tápanyagellátásának optimalizálása és hatása a termés tömegére. *Növénytermelés*. 30. 6: 539–549.
- Boels, D. 1982. Physical soil degradation in the Netherlands. *Soil Degradation*. Rotterdam, Balkema, 47–65.
- Borges, R. – Mallarino, A.P. 2000. Grain yield, early growth, and nutrient uptake of no-till soybean as affected by phosphorus and potassium placement. *Agron. J.* 92: 380–388.
- Bradford, K.J. 1994. Water stress and the water relations of seed development: a critical review. *Crop Science*. 34. 1: 1–11.
- Brar, B.S. – Dhillon, N.S. – Chhina, H.S. 2001. Integrated use of farmyard manure and inorganic fertilizers in maize (*Zea mays* L.). *Indian J Agr Sci*. 71. 9: 605–607.
- Bunting, E. S. 1971. Plant density and yield of shoot dry material in maize in England. *J. Agric. Sci., Camb.* 77: 175–185.
- Bussay, A. – Szinell, Cs. – Szentimrey, T. 1999: Az aszály magyarországi előfordulásainak vizsgálata és mérhetősége. Éghajlati és Agrometeorológiai Tanulmányok. OMSZ, Budapest.
- Cade-Menun, B.J. – Carter, M.R. – James, D.C. – Liu, C.W. 2010. Phosphorus forms and chemistry in the soil profile under long-term conservation tillage: a phosphorus-31 nuclear magnetic resonance study. *J. Environ. Qual.* 39: 1647–1656.
- Cameira, M.R. – Fernando, R.M. – Pereira, L.S. 2002. Soil macropore dynamics affected by tillage and irrigation for a silty loam alluvial soil in southern Portugal. *Soil and Tillage Research*. 70. 2: 131–140.

- Carpenter-Boggs, L. – Pikul, J.L. – Vigil, M.F. – Riedell, W.E. 2000. Soil nitrogen mineralization influenced by crop rotation and nitrogen fertilization. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64: 2038–2045.
- Cerrato, M. E., Blackmer, A. M. 1990. Comparison of models for describing corn yield response to nitrogen fertilizer. *Agronomy Journal*. 82: 138–143.
- Choi, W.J. – Jin, S.A. – Lee, S.M. – Ro, H.M. – Yoo, S.H. 2001. Corn uptake and microbial immobilization of ^{15}N -labeled urea-N in soil as affected by composted pig manure. *Plant Soil*. 235: 1–9.
- Choi, W.J. – Ro, H.M. – Chang, S.X. 2004. Recovery of fertilizer-derived inorganic- ^{15}N in a vegetable field soil as affected by application of an organic amendment. *Plant Soil*. 263: 191–201.
- Claassen, M.M. – Shaw, R.H. 1970. Water deficit effects on corn. II. Grain components *Agron. J.* 62: 652–655.
- Crews, T. – Peoples, M. 2005. Can the synchrony of nitrogen supply and crop demand be improved in legume and fertilizer-based agroecosystems? A review *Nutr. Cycl. Agroecosys.* 72: 101–120.
- Croissant, R.L. – Schwartz, H.F. – Ayers, P.D. 1991. Soil compaction and tillage effects on dry bean yields. *J. Prod. Agric.* 4: 461–464.
- Cruse, R.M. – Mier, R. – Mize, C.W. 2001. Surface residue effects on erosion of thawing soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 65: 178–184.
- Cutforth, H.W. –Shaykewich, C.F. 1989. Relationship of development rates of corn from planting to silking to air and soil temperature and to accumulated thermal units in a prairie environment. *Can. J. Plant Sci.* 69: 121–132.
- Csaláné K. I. 1992. A hektáronkénti tőszámjavaslatunkat a hibridek specifikus tőszámreakciója alapján adjuk meg. *Kutatás és Marketing*. 6. 3: 3.
- Csathó P. 1991. Káli-útmutató a kukoricában. *Magyar Mezőgazdaság*. 46: 11.
- Csathó P. 1992. K és P hatások kukoricában meszes csernozjom talajon. *Agrokémia és Talajtan*. 41.3–4: 241–261.
- 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.
- Csathó P., Lásztity B., Sarkadi J. 1991. Az „évjárat” hatása a kukorica termésére és terméselemeire P-műtrágyázási tartamkísérletben. *Növénytermelés*. 40. 4: 339–351.

- Dang Q. L. 1992. A növényszám és a műtrágyázás a kukorica (*Zea mays* L.) növekedésére. Kandidátusi értekezés tézisei, Martonvásár.
- Debreczeni B. 1965. Az öntözéses növénytermesztés egyes trágyázási kérdései. Öntözéses Gazdálkodás. 3. 1: 93–106.
- Debreczeni B. 1979. Kis agrokémiai útmutató. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 357.
- Debreczeni B. 1990. Kálium a növénytermesztésben. Magyar Mezőgazdaság. 45. 21: 10.
- Debreczeni B.-né 1985. Víz- és tápanyagellátás hatása a kukorica transzspirációjára és tápanyagfelvételére. Öntözéses Gazdálkodás. 3. 2: 129–149.
- Debreczeni B.-né 2009. Néhány kiemelkedő kutatási eredmény a legjelentősebb szántóföldi tartamkísérletből. [In: Debreczeni B.-né, Németh T. (szerk.) Az országos Műtrágyázási Tartamkísérletek.] Akadémiai Kiadó, Budapest, 21–22.
- Debreczeni B. – Debreczeni B.-né 1983. A tápanyag- és a vízellátás kapcsolata. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 267.
- Dickson, J. W. 1983. An assessment of seedbed compaction by open flatlugged, steel tractor wheels. I. Agric. Eng. Res. 28: 45–60.
- Dombos M. – Szécsy O. – Szabó J. – Anton A. 2010. Mintavételi kérdések a komplex talajszennyezési és talajbiológiai monitorozás tervezésénél [In: Székács A., Illés Z. (szerk.) Környezetanalitikai és toxikológiai indikációkon alapuló rendszer a fenntartható talajminőségért.] MTA Növényvédelmi Kutatóintézet, Budapest, 18–32.
- Dorsey-Redding, C. – Hurburgh, C. R. – Johnson, L. A. – Fox, S. R. 1991. Relationship among maize quality factors. Cereal Chemistry. 68. 6: 602–605.
- Duiker, S.W. – Beegle, D.B. 2006. Soil fertility distributions in long-term no-till, chisel/disk and moldboard plow/disk systems. Soil Tillage Res. 88: 30–41.
- Duvick, D. N. 1984. Genetic contributions to yield gains of five major crop plants. Chapter 2. Genetic contributions to yield gains of U.S. hybrid maize, 1930 to 1980. ASA CSSA, Madison, 15–47.
- Duvick, D. N. 1992. Genetic contributions to advances in yield of U.S. maize. Maydica. 37: 69–79.
- El Hallof N. – Sárvári M. 2007. Relationship between yield quality and quantity of maize hybrids and fertilizer. Cereal Research Communications. 35. 2: 369–372.
- ENSZ 2011. Egy milliárd ember éhezik. <http://www.origo.hu/nagyvilag/20100430-fao-enz-egymilliard-ember-ehezik.html>
- Fabrizzi, K.P. – Morón, A. –García, F.O. 2003. Soil carbon and nitrogen organic fractions in degraded vs. non-degraded mollisols in Argentina. Soil Sci. Soc. Am. J. 67: 1831–1841.

- Fallah, S. – Ghalavand, A. – Khajehpoor, M.R. 2007. Effects of animal manure incorporation methods and its integration with chemical fertilizer on yield and yield components of maize (*Zea mays* L.) in Khorramabad, Lorestan. J. Sci. and Techno. Agric. and Natu. Resources. 40: 233–242.
- FAOSTAT adatbázis 2010–2012. <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>
- Faragó, T. – Dunay S. – Nemes, Cs. 1990. Meteorological and agroeconomic aspects of recent drought episodes in Hungary. Időjárás. 94. 1: 10–22.
- Farre, I. – Faci, J.M. 2009. Deficit irrigation in maize for reducing agricultural water use in a Mediterranean environment. Agricultural Water Management. 96. 3: 383–394.
- Fekete I. 1969. Szántóföldi és kertészeti növények öntözése. Kézirat. Tankönyvkiadó, Budapest. 29.
- Fenyves T. 1997. A talajművelés és a trágyázás hatás a talaj állapotára és a kukorica termésére gödöllői barna erdőtalajon. Növénytermelés. 46. 3: 289–298.
- Filep Gy. 1988. Talajkémia. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Fortin, M.C. – Pierce, F.J. 1991. Timing and nature of mulch retardation of corn vegetative development. Agronomy Journal. 83: 258–263.
- Fortin, M.C. 1993. Soil temperature, soil water, and no-till corn development following in-row residue removal. Agron. J. 85: 571–576.
- Fortin, M.C. –Pierce, F.J. 1990. Development and growth effects of crop residues on corn. Agron. J. 82: 710–715.
- Fortin, M.C. –Pierce, F.J. –Edwards, M. 1994. Corn leaf area response to early season soil temperature under crop residues. Agron. J. 86: 355–359.
- Förgeteg S. – György B.-né. 1968. Az őszi szántás optimális és gazdaságos mélységének és módjának megállapítása csernozjom talajokon. Talajtermékenység. 3. 2: 3–32.
- Frank O. 1969. A talaj tápanyagellátásának hatása a vízhasznosulásra. MTA Agrártudományi Közlemények. 28: 109–122.
- Franzluebbers, A.J. –Hons, F.M. 1996. Soil-profile distribution of primary and secondary plant-available nutrients under conventional and no-tillage. Soil Tillage Res. 3: 135–146.
- Galinat, W. C. 1979. A miniature fruit-case type of teosinte as the wild ancestor of the first maize. Maize Genetics Cooperation Newsletter (MNL). 53: 99–100.
- Gecse M. 2001. Talajállapot-változások ismételt művelés hatására. Növénytermelés. 50. 1: 83–94.
- Geisler, G. 1980. Pflanzenbau. Verlag Paul Parey, Berlin - Hamburg.

- Genter, C. G. – Eheart, J. F. – Linkous, W. N. 1956. Effect of location, hybrid, fertilizer and rate of planting on the oil and protein content of corn grain. *Agronomy Journal*. 48: 63–67.
- Gericke, S. 1949. Beziehung zwischen den Wachstumsfaktoren Wasser, Phosphorsäure und Kali. I. *Zeitschr. Pflanzenern. Düngung und Bodenk.* 44. 171–198.
- Gericke, S. 1950. Beziehung zwischen den Wachstumsfaktoren Wasser, Phosphorsäure und Kali. II. *Zeitschr. Pflanzenern. Düngung und Bodenk.* 49. 170–190.
- Getmanets, A. Ya. – Klyavzo, S. P. 1981. Effect of fertilizers on quality of maize grain. *Agrokhimiya. Ukrainian*, 2: 146–153.
- Goudriaan, J. – Hunt, L. A. 1995. Reliability of models for prediction of climatic changes and their possible effects on the yield formation of agricultural plant species. *Mitt.Ges. Pflanzenbauwissenschaft*. 8: 19–26.
- Grant, R.F. – Jackson, B.S. – Kiniry, J.R. – Arkin, G.F. 1989. Water deficit timing effects on yield components of maize *Agron. J.* 81: 61–65
- Griffith, D.R. – Mannering, J.V. – Gallaway, H.M. – Parsons, S.D. – Richey, C.B. 1973. Effect of eight tillage-planting systems on soil temperature, percent stand, plant growth, and yield of corn on five Indiana soils. *Agron. J.* 65: 321–326.
- Gundel J. – Babinszky L. – Kemenes M. 1981. A silózással tartósított szemes kukorica takarmányértéke hízó sertések részére. *Állattenyésztés és takarmányozás*. Budapest, 30. 2: 107–115.
- Gyenesné Hegyi Zs. – Kizmus L. – Záborszky S. – Marton L. Cs. 2001. A kukorica fehérje- és olajtartalmának, valamint ezerszemtömegének alakulása eltérő ökológiai körülmények között. *Növénytermelés*. 50. 4: 385–394.
- Győrffy B. 1962. A kukorica állománysűrűségének hatása a műtrágyák érvényesülésére. [In: I'só I. (szerk.) *Kukoricatermesztési kísérletek 1958–1960.*] Akadémiai Kiadó, Budapest, 96–111.
- Győrffy B. 1965. A kukorica tápanyagfelvétele. [In: Győrffy B. et al. (szerk.) *Kukoricatermesztés*]. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 64–70.
- Győrffy B. 1969. Különböző növénytermesztési tényezők hatása a kukorica termésére. Komplex I. [In: I'só I. (szerk.) *Kukoricatermesztési kísérletek 1965–1968.*]. Akadémiai Kiadó, Budapest, 54–60.
- Győrffy B. 1976. A kukorica termésére ható növénytermesztési tényezők értékelése. *Agrártudományi Közlemények*. 35: 239–266.
- Győrffy B. 1977. A földművelés rendszere és a kukoricatermesztés technológiájának alapelvei. *A kukorica jelene és jövője*. Budapest, 11–26.

- Győrffy B. 1979. Fajta, növényszám- és műtrágyahatás a kukoricatermesztésben. *Agrártudományi Közlemények*. 38: 309–331.
- Győrffy B. 1990. Tartamkísérletek Martonvásáron. [In: Kovács I. szerk.) Martonvásár második húsz éve]. Martonvásár. 114–118.
- Győrffy B. – Baráth Cs. – Harnos Zs. (szerk.). 1993. Aszály 1983. Kertészeti és Élelmiszeripari Egyetem, Budapest.
- Győrffy B. – Berzsenyi Z. 1994. Növénytermesztési tényezők hatása a kukorica termésére tartamkísérletben. [In: Debreczeni B., Debreczeni K. (szerk.) Trágyázási kísérletek 1960–1990.]. Akadémiai Kiadó, Budapest, 311–312.
- Győrffy B. – I'só I. 1966. A kukorica. [In: Láng G. (szerk.) A növénytermesztés kézikönyve 1.]. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 190–279.
- Győrffy B. – Szabó L. – Osváth J. 1969. A kukorica termésére ható növénytermesztési tényezők interakciójának vizsgálata polifaktoriális kísérletekben. Komplex II. [In: I'só I. (szerk.) Kukoricatermesztési kísérletek 1965–1968.]. Akadémiai Kiadó, Budapest, 61–74.
- Győri, D. – Mátyás, G. 1979. Changes in the zinc and tryptophane contents of maize grains as a response to increasing rates of phosphorous fertilization. *Acta Agr. Hung.* 28: 158–167.
- Győri Z. 1977. A borsó, lucerna, kukorica nitrogén és ásványi anyag tartalmának változása különböző tápanyagellátottsági szinten öntözetlen és öntözött viszonyok mellett. Egyetemi doktori értekezés, Debrecen.
- Győri Z. 1999. A tápanyagellátás hatása a növényi termékek minőségére. [In: Füleky Gy. (szerk.) Tápanyag-gazdálkodás.]. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 600–605.
- Győri Z. – Győriné M. I. 2002. A kukorica minősége és feldolgozása. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest, 69.
- Győri Z. – Sipos P. 2005. Kukoricahibridek minőségének változása agrotechnikai kísérletben. [In: Nagy J. (szerk.) Kukoricahibridek adaptációs képessége és termésbiztonsága]. DE ATC, 101–114.
- Gyuricza, Cs. – Balla, I. – Tarnawa, Á. – Nyárai, H.F. – Kassai, K. – Zsentszék, Zs. – Jolánkai, M. 2012. Impact of precipitation on yield quantity and quality of wheat and maize crops. *Időjárás*. 116. 3: 211–220.
- Gyuricza Cs. – Birkás M. 2005. A talajnedvesség és a talajállapot összefüggései - Lehetőség az aszálykár csökkentésére. Tanulmány a Corvinus Egyetem, Budapest, 29.
- Hall, A.J. – Lemcoff, J.H. – Trapani, N. 1981. Water stress before and during flowering in maize and its effect on yield, its components, and their determinants *Maydica*. 26: 19–38.

- Hall, D. O. – Scurlock, J. M. O. – Bolhar-Nordenkamp, H. R. – Leegood, R. C. – Long, S. P. 1994. Photosynthesis and production in a changing environment. Chapman & Hall, London.
- 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.
- Harmati I. 1975. A kukorica optimális növény száma öntözés esetén. *Kutatási Eredmények. MÉM Információs Központ*. 8: 2.
- Harmati I. 1995. A kukorica nitrogén és foszfor műtrágyázása meszes réti talajon. *Agrokémia és Talajtan*. 44: 31–39.
- Hayhoe, H.N. – Dwyer, L.M. 1990. Relationship between percentage emergence and growing degree days for corn. *Can. J. Soil Sci.* 70: 493–497
- Hayhoe, H.N. – Dwyer, L.M. – Stewart, D.W. – White, R.P. – Culley J.L.B. 1996. Tillage, hybrid and thermal factors in corn establishment in cool soils. *Soil Tillage Res.* 40: 39–54.
- Hegedűs I. 1984. Tavaszi talajművelési módok vizsgálata kukorica monokultúrában. *Növénytermelés*. 33. 2: 171–177.
- Hepp F. 1989. Az aszály mérséklésének lehetőségei a szántóföldi növénytermesztésben. Magyar Tudományos Akadémia Mezőgazdasági Kutatóintézete, Martonvásár.
- Heszky L. 2009. A növénytermesztés és növénynevelés globális kihívásai a 21. század elején, figyelemmel a burgonyára. Előadás: 2009. június 19-én Mórahalmon rendezett Burgonya Bemutató.
- Hillel, D. 1998. *Environmental Soil Physics*. Academic Press, San Diego, CA, USA.
- 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.
- Horváth L. 2009. Alkalmazkodási kihívások és eszközök az éghajlatváltozási kerettörvényben. Tanulmány, NFFT,
- Huan G, S.W. – Sun, G.F. – Jin, J.Y. – Zuo, Y. B. – He, P. 2004a. Effect of nitrogen, phosphorus and potassium application on grain yield and quality of high-oil and high starch maize. *Plant nutrition and fertilizer science*. 10. 3: 225–230.
- Huang, S.W. – Sun, G.F. – Jin, J.Y. – He, P. – Wang, X.F. – Zhang, G.G. – Xie, J.G. – Zhang K. 2004b. The effect of nitrogen levels on grain yield, protein, amino acid and fatty acid of high-oil maize. *Scientia Agricultura Sinica*. 37. 2: 250–255.
- Huzsvai L. 2005. Az időjárás hatása a kukorica termésére és a műtrágyázás hatékonyságára [In: Nagy J (szerk.) *Kukorica hibridek adaptációs képessége és termésbiztonsága: A kukoricakutatás és fejlesztés 30 éve.*] DE ATC, Debrecen, 115–126.

- Huzsvai L. – Nagy J. 2004. A műtrágyázás hatásának értékelése a kukorica (*Zea mays* L.) termésére kettős lineáris függvényvel. *Növénytermelés*. 53. 4: 365–374.
- Huzsvai L. – Ványiné Széles A. 2010. Evaluation of the production factors affecting crop growth using conjoint analysis. *Növénytermelés*. 59: 53–56.
- I'só I. 1966. Tenyésztőterület- és műtrágyázási faktoriális kísérletek különböző tenyészidejű hibridekkel. [In: In: I'só I. (szerk.) *Kukoricatermesztési kísérletek 1961–1964.*] Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Izsáki Z. 1999. A nitrogén és foszfor ellátottság hatása néhány szántóföldi kultúra fehérjetartalmára és aminosav összetételére. [In: Ruzsányi L., Pepó P. (szerk.) *Növénytermesztés és környezetvédelem.*] MTA Agrártudományi Osztály, Budapest, 92–97.
- Izsáki Z. 2005. A tápanyagellátottság és a kukorica minőségének összefüggései. [In: Pepó P. (szerk.) *Korszakváltás a hazai mezgazdaságban: a modern növénytermesztés alapjai.*] DE ATC, Debrecen, 122–126.
- Izsáki, Z. 2005. Limit value of nutritional status of maize (*Zea mays* L.) for plant analysis. *Cereal Research Communications*. 33. 1: 101–104.
- Izsáki Z. 2006a. A kukorica minőségorientált tápanyag-ellátása. *Szántóföld*. 10. 1: 7–12.
- Izsáki Z. 2006b. A N- és P-ellátottság hatása a kukoricaszem (*Zea mays* L.) fehérjetartalmára és aminosav összetételére. *Növénytermelés*, 55. 3–4: 213–230.
- Jagadamma, S. – Lal, R. – Hoeft, R.G. – Nafzinger, E.D. – Adey, E.A. 2008. Nitrogen fertilization and cropping system impacts on soil properties and their relationship to crop yield in the central Corn Belt, USA. *Soil Tillage Res.* 98: 120–129.
- Jellum, M. D. – Boswell, F.C. – Young, C. T. 1973. Nitrogen and boron effects on protein and oil of corn grain. *Agronomy Journal*. 65: 330–331.
- Jellum, M. D. – Marion, J. E. 1966. Factors affecting oil content and oil composition of corn (*Zea mays* L.) grain. *Crop Science*. 6: 41–42.
- Jolánkai M. 1993. A búzatermesztés egyes meghatározó tényezői. Akadémiai doktori értekezés, Martonvásár.
- Jolánkai M. 2005. Precíziós termesztési rendszerek. [In: Antal J. (szerk.) *Növénytermesztéstan*]. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 156–162.
- Josipović, M. – Jambrić, A. – Plavšić, H. – Liović, I. – Šoštarić, J. 2007. Responses of grain composition traits to high plant density in irrigated maize hybrids. *Cereal Research Communications*. 35. 2: 549–552.
- Jury, W.A. – Gardner, W.R. – Gardner, W.H. 1991. *Soil Physics*, 5th ed. Wiley, Toronto, Canada.

- Kádár I. 2012. Növénytáplálás, trágyázás, elemforgalom. Agrokémia és Talajtan Online 61:(Suppl.) 147–162.
- Kádár I. – Gulyás F. – Gáspár L. – Zilahy P. 2000. A kukorica (*Zea mays* L.) ásványi táplálása meszes csernozjom talajon. Növénytermelés. 49. 4: 371–388.
- Kádár I. – Lásztity B. 1979. A feltöltőfoszfor és kálium műtrágyázás lehetőségének vizsgálata néhány magyarországi talajon. Agrokémia és Talajtan. 258. 123–142.
- Kádár I. – Márton L. 2007. Kukorica utáni kukorica trágyareakciója a mezőföldi OMTK kísérletben 1970-2006 között. Növénytermelés. 56: 307–319.
- Kádár I. – Shalaby, H. 1985. A K és B trágyázás hatása a talaj és a növény tápelem tartalmára. Növénytermelés. 34. 321–327.
- Kadlicskó B. – Krisztián J. – Holló S. 1988. Kálium műtrágyázási kísérletek eredményei barna erdőtalajokon. Növénytermelés. 37. 1: 43–52.
- Kalocsai R. – Schmidt R. – Szakál P. 2004. Lehetőségek a trágyázás hatékonyságának növelésére környezetbarát módon a főbb szántóföldi kultúráknál. Agronapló. 8: 6.
- Káposzta J. 1968. Néhány fontosabb agrotechnikai tényező szerepe a kukoricatermesztés növelésében. Talajtermékenység. 3. 11: 41–59.
- Káposzta J. 1969. A kukorica állománysűrűsége és a műtrágyázás közötti összefüggések. [In: I'só I. (szerk.) Kukoricatermesztési kísérletek 1965–1968.]. Akadémiai Kiadó, Budapest, 292–298.
- Karlen, D.L. – Wollenhaupt, N.C. – Erbach, D.C. – Berry, E.C. – Swan, J.B. – Eash, N.S. – Jordahl, J.L. 1994. Long-term tillage effects on soil quality. Soil Till. Res. 32: 313–327.
- Kaspar, T.C. – Erbach, D.C. – Cruse, R.M. 1990. Corn response to seed-row residue removal. Soil Sci. Soc. Am. J. 54: 1112–1117.
- Kelley, K.W. – Sweeney, D.W. 2007. Placement of preplant liquid nitrogen and phosphorus fertilizer and nitrogen rate affects no-till wheat following different summer crops. Agron. J. 99: 1009–1017.
- Keszthelyi S. 2005. A 2004. év klimatikus tényezőinek hatása a kukorica fejlődésére, kártevőinek megjelenésére és kártételére. Agrofórum Extra. 10: 3–7.
- Khadem, S.A. – Galavi, M. – Ramrodi, M. – Mousavi, S.R. – Rousta, R.J. – Rezvani-Moghadam, P. 2010. Effect of animal manure and superabsorbent polymer on corn leaf relative water content, cell membrane stability and leaf chlorophyll content under dry condition. Aust J Crop Sci. 4. 8: 642–647.

- 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.
- Khan, S.A. – Mulvaney, R.L. – Ellsworth, T.R. – Boast, C.W. 2007. The myth of nitrogen fertilization for soil carbon sequestration. *J. Environ. Qual.* 36: 1821–1832.
- Kimmell, R.J. – Pierzynski, G.M. – Janssen, K.A. – Barnes, P.L. 2001. Effects of tillage and phosphorus placement on phosphorus runoff losses in a grain sorghum–soybean rotation. *J. Environ. Qual.* 30: 1324–1330.
- Kismányoki T. – Balázs J. 1996. Keszthelyi tartamkísérletek. PATE, Keszthely.
- Kismányoki T. – Debreczeni B.-né 2002. A búza és kukorica műtrágyázásának tapasztalatai az országos műtrágyázási tartamkísérletekben. [In: Pepó P., Jolánkai M. (szerk.) II. Növénytermesztési Tudományos Nap]. MTA Növénytermesztési Bizottság, Budapest, 133–137.
- Kolberg, R.L. – Westfall, D.G. – Peterson, G.A. 1999. Influence of cropping intensity and nitrogen fertilizer rates on in situ nitrogen mineralization. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 63: 129–134.
- Kovács G. 1964. Hozzászólás a talajok mélyművelése c. előadáshoz. MTA Agrártudományi Közlemények. 23: 389–396.
- Kovács I. – Szundy T. (1992): Fajtától a hibridkukoricáig. MTA Mezőgazdasági Kutatóintézetének és Kísérleti Gazdaságának Közleményei, Martonvásár, 91/2–92/2.
- Kovács A. 1974. Talajművelési kísérletek kukorica monokultúrában. *Talajtermékenység*. 5: 1–9.
- Kralovánszky U. P. 1975. A fehérjeprobléma. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Krisztián J. – Kadlicskó B. – Holló S. 1989. A káliumtrágya hasznosulása észak-magyarországi csernozjom barna erdőtalajon és agyagbemosódásos barna erdőtalajon. *Agrokémia és Talajtan*. 38. 2: 89–92.
- Kruzsilin A.Sz. 1964. Az öntözés rendje különböző éghajlati zónákban. [In: Mihályfalvy I., Németh S. (szerk.) 1967. A fontosabb szántóföldi növények vízigénye, öntözési normái és vízhasznosítása.]. Károlyi Mihály Országos Mezőgazdasági Könyvtár és Dokumentációs Központ, Budapest, 15.
- KSH 1970–2012. Statisztikai évkönyvek, Budapest.
- Láng G. 1971. A búza intenzív termesztése. *Magyar Mezőgazdaság*. 26: 40.
- Láng I. 1971. A nitrogén és a foszfor érvényesülés, valamint kölcsönhatás tartamkísérletekben homoktalajon. MTA Agrártudományok Osztályának Közleménye. 30: 507–510.
- Láng I. 1981. Beszámoló az agrárökológiai potenciál országos felmérésének eredményeiről. MTA Agrártudományi Közlemények. Budapest, 40: 29–98.

- Láng I. – Csete L. – Harnos Zs. 1983. A magyar mezőgazdaság agroökológiai potenciálja az ezredfordulón. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Láng I. – Jolánkai M. – Csete L. 2007. A globális klíma változás–hazai hatások és válaszok–A VAHAVA jelentés. Szaktudás Kiadó Ház Rt. Bp.
- Lásztity B. 1975. A kukoricaszem NPK-tartalmának változása és a műtrágyák érvényesülése meszes homokon. *Agrokémia és Talajtan*. 24. 3–4: 279–290.
- Lásztity B. – Csathó P. 1995. NPK-műtrágyázás hatásának vizsgálata tartamkísérletben mezőföldi csernozjom talajon. *Agrokémia és Talajtan*. 44. 1–2: 47–60.
- Lengyel L. 2008. Az öntözés szervezése és ökonómiája. [In: Nábrádi A., Pupos T., Takácsné György K. (szerk.) *Üzemtan I.*] Szaktudás Kiadó Ház, Budapest, 153–164.
- Lilburn, M. S. – Ngidi, E. M. – Ward, N. E. – Llamas C. 1991. The influence of severe drought on selected nutritional characteristics of commercial corn hybrids. *Poultry Science*. 70. 11: 2329–2334.
- Loch J. 2004. Agrokémia. [In: Loch J., Nosticzius Á. (szerk.) *Agrokémia és növényvédelmi kémia.*] Mezőgazda Kiadó. Budapest, 15–207.
- Lőrincz J. 1969. A műtrágyamennyiség növelésének hatása a kukorica fejlődésére és termésére meszes homokon [In: I'só I. (szerk.) *Kukoricatermesztési kísérletek 1965–1968.*] Akadémiai Kiadó, Budapest, 177–185.
- Maglóczki A. – Lajos M. 2014. A kukorica tápanyag utánpótlása. <http://agrofil.hu/szakcikkek/tapanyaggazdalkodas/a-kukorica-tapanyag-utangepotlase>
- Makra, L. – Horváth, Sz. – Pongrácz, R. – Mika, J. 2002. Long term climate deviations: an alternative approach and application on the Palmer drought severity index in Hungary. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*. 27.23–24: 1063–1071.
- Mallarino, A.P. – Borges, R. 2006. Phosphorus and potassium distribution in soil following long-term deep-band fertilization in different tillage systems. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 70: 702–707.
- Manninger G. A. 1957. A talaj sekélyművelése. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Marinov, M. 1985. Vlijanie na mnogo godisnoto szisztemo torene sz foszforen tor varhu domiva ot psenica i carevica. *Rasztenivadni Nauki, Szófia*, 22. 2: 11–17.
- Marton L. 2004. Gabonatermesztés jövőjéről, a múlt tükrében. *Őstermelő*. 4–5: 108–110.
- Marton L. Cs. 1991. Kukorica beltenyésztett törzsek kelése és kezdeti fejlődése hőmérséklet gradiens kamrában. II. A beltenyésztett törzsek kezdeti fejlődése. *Növénytermelés*. 40: 1–10.
- Marton L. Cs. – Árendás T. – Berzsenyi Z. 2012. Martonvásári kukorica hibridek a szárazságban. *Martonvásár*, 24. 2: 4–7.

- Marton L.Cs. – Árendás T. – Bónis P. – Nagy J. – Berzsenyi Z. 2005. A vízellátás hatása különböző tenyészidejű kukorica hibridek agronómiai tulajdonságaira. „AGRO-21” Füzetek. Klímaváltozás – hatások – válaszok. 41: 95–101.
- Marton L. Cs. – Kizmus L. 1994. Rostüszög elleni védelem: rezisztencianemesítés. Martonvásár, 6. 1: 13.
- Marton L.Cs. – Szél S. – Szundy T. – Szieberth D. – Kovács I. 2004. A magyar kukoricánemesítés eredményei és jövője. Kukorica Aktuális. 30–33.
- Marton L.Cs. – Szőke Cs. – Pintér J. 2010. A kukorica rezisztencianemesítés a fenntartható növénytermesztés szolgálatában. [In: Izsáki Z., Pepó Pé (szerk.) Termesztési tényezők a fenntartható növénytermesztésben.]. Debreceni Egyetem AMTC Debrecen, 139–144.
- Mason, S. C. – D’Croz, M. 2002. Agronomic practices influence maize grain quality. Journal of Crop Production. 5: 1–2: 75–91.
- Massee, T. W. 1982. Conservation tillage obstacles on dryland. I. Soil Water Conservation. 38. 4: 339–342.
- Mándy Gy. 1958. Ökológiai vizsgálatok kukoricafajtákkal. [In: I’só I. (szerk.) Kukoricatermesztési kísérletek 1953-1957.]. Akadémiai Kiadó, Budapest, 91–105.
- Márton Á. 1969 Különböző nitrogén műtrágyák hatásvizsgálata a Nyírség homoktalajain. Kandidátusi értekezés.
- Máté A. 2002. A kukorica termesztéséről. Agrárágazat. II. évf. 4: 6–7.
- Máté A. – Jolánkai M. 2001. Tápanyagellátás, tápanyag-visszapótlás a Növénytermesztésben. Agroforum. XII. 7: 3–5.
- Megyes A. – Nagy J. 1999. A növényszám hatásának értékelése a kukorica (*Zea mays* L.) termésére eltérő évjáratokban. Növénytermelés. 48. 5: 535–542.
- Mengel, K. 1968. Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze. VEB Gustav Fischer Verlag. Jena.
- Mengel K. 1976. A növények táplálkozása és anyagcseréje. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Mengel, K. – Kirkby, E.A. 1982. Principles of Plant Nutrition. International Potash Institute. Bern. 655.
- Mengel, K. – Kirkby, E.A. – Kosegarten, H. – Appel, T. 2001 Principles of plant nutrition. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht – The Netherlands.
- Menyhért Z. 1977. A kukorica minőségi nemesítése. [In: Bálin A. (szerk.) A kukorica jelene és jövője.]. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 66–70.
- Menyhért Z. 1979. Kukoricáról termelőknek. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 258.
- Menyhért Z. 1985. A kukoricatermesztés kézikönyve. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 559.
- Menyhért Z. 1988. Kukorica a kutató és a gazdász szemével. Magyar Mezőgazdaság. 43. 15: 13.

- Miao Y. X. – Mulla D. J. – Robert, P. C. – Hernandez, J. A. 2006. Within-field variation in corn yield and grain quality responses to nitrogen fertilization and hybrid selection. *Agronomy Journal*. 98.1: 129–140.
- Miedema, P. 1982. The effects of low temperature on *Zea mays*. *Advances in Agronomy*. 35: 93–128.
- Molnár Zs. – Sárvári M. 2006. A vetésidő hatása a kukorica (*Zea mays* L.) termésére és betakarításkori szemnedvesség tartalom változására. *Agrártudományi Közlemények*. 23: 39–50.
- Molnár, Zs. – Sárvári, M. 2007. Relationship between sowing time and yield of maize hybrids with different genetic characteristics. *Cereal Research Communications*. 35. 2: 797–800.
- Móroczné Salamon K. 2004. Nemesítés speciális beltartalmi értékekre. [In: Sági F. (szerk.) *A nyolcadik évtizedben*]. Gabonatermesztési Kutató Kht., Szeged, 180–181.
- Morrison Jr. J.E. – Gerik, T.J. 1983. Wide beds with conservation tillage. *J. Soil Water Conserv.* 38: 231–232.
- Moser, B.S. – Feil, B. – Jampatong, S. – Stamp, P. 2006. Effects of pre-anthesis drought, nitrogen fertilizer rate, and variety on grain yield, yield components, and harvest index of tropical maize. *Agricultural Water Management*. 81.1–2: 41–58.
- Mozafar, A. – Schreiber, P. – Oertli, J.J. 1993. Photoperiod and root-zone temperature: interacting effects on growth and mineral nutrients of maize. *Plant and Soil*. 153: 71–78.
- Muhammad, R. – Tariq, M. 2004. Effects of different planting methods and nutrient management on the quality traits of hybrid maize. *International journal of agriculture and biology*. 6.1: 162–164.
- Nagy J. 1988. A műtrágyázás és az öntözés hatása a kukoricahibridek termésére. I. *Növénytermelés*. 37. 4: 327–336.
- 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.) *Third Congress of the European Society for Agronomy*]. Padova, 421–440.
- Nagy J. 1995a. A kukoricahibridek műtrágya és öntözővíz reakciója. *Agrofórum*, 5: 56–62.
- Nagy J. 1995b. A műtrágyázás hatásának értékelése a kukorica (*Zea mays* L.) termésére eltérő évjáratokban. *Növénytermelés*. 44. 5–6: 493–506.
- Nagy J. 1995c. A talajművelés, a műtrágyázás, a növényszám és az öntözés hatásának értékelése a kukorica (*Zea mays* L.) termésére. *Növénytermelés*, 44. 3: 251–260.
- Nagy J. 1996. A műtrágyázás és a talajművelés kölcsönhatása a kukoricatermesztésben. *Növénytermelés*. 45. 3: 297–305.
- Nagy J. 2000. A talajművelés és a műtrágyázás hatása a kukorica (*Zea mays* L.) termésére

- aszályos és kedvező évjáratokban. [In: Nagy J., Pepó P. (szerk.) Talaj, növény és környezet kölcsönhatásai. III.]. Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum, Debrecen, 97–119.
- Nagy J. 2005. 30 év a kukoricakutatás és fejlesztés szolgálatában. [In: Nagy J (szerk.) Kukorica hibridek adaptációs képessége és termésbiztonsága: A kukoricakutatás és fejlesztés 30 éve.] DE ATC, Debrecen, 8–53.
- Nagy J. 2007a. Kukoricatermesztés. Akadémiai Kiadó, Budapest, 393.
- Nagy J. 2007b. Evaluating the effect of year and fertilisation on the yield of mid ripening (FAO 400–499) maize hybrids. Cereal Research Communications. 35. 3: 1497–1507.
- Nagy J. 2009a. A kukorica ágazat esélyei és lehetőségei. [In: Nagy J. Jávorski A. (szerk.) Debreceni álláspont az agrárium jelenéről, jövőjéről.]. DE AMTC, Magyar Mezőgazdaság Kft. Budapest, 5–18.
- Nagy J. 2009b. A vetésidő hatása a kukorica- (*Zea mays* L.) hibridek terméshozamára és minőségére. Növénytermelés. 58. 2: 85–105.
- Nagy, J. 2010a. Impact of Fertilization and Irrigation on the Correlation between the Soil Plant Analysis Development Value and Yield of Maize Communications in Soil Science and Plant Analysis. 41.11: 1293–1305.
- Nagy J. (szerk.) 2010b. Az öntözés vállalati szintű elemzése. Debrecen: Debreceni Egyetem Agrár- és Műszaki Tudományok Centruma, Debrecen, 218 p.
- Nagy J. 2012a. The effect of fertilization and precipitation on the yield of maize (*Zea mays* L.) in a long-term experiment. Időjárás. 116. 1: 39–52.
- Nagy J (szerk.) 2012b. Versenyképes Kukoricatermesztés: A jövedelmezőség kulcstényezői a szántóföldi gyakorlatban. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 494.
- Nagy J. – Huzsvai L. 2005. Hibridválasztás a kukoricatermesztés középpontjában. Agrofórum Extra. 9: 30–32.
- Nagy J. – Megyes A. 2005. Tápanyag-utánpótlás a kukoricatermesztésben mészeledékes csernozjom talajon. Agrofórum. 16. 3: 14–16.
- Nagy J. – Megyes A. 2009. A kukoricatermesztés kritikus elemei. Agrofórum Extra. 37–40.
- Nagy J. – Rátónyi T. – Megyes A 2006. Mélylazítás a minőségi talajművelés jegyében. Agrofórum. 17. 9: 11–13.
- Nelson, F.E. – Anisimov, O.A. – Shiklomanov, N.I. 2002. Climate change and hazard zonation in the circum-arctic permafrost regions. Natural Hazards. 26. 3: 203–225.
- Net1. <http://www.pannonbuza.hu/infratec1241NIT.pdf>
- Németh J. 1977. A termőképesebb hibridek előállításának genetikai tartalékai. [In: Bálint A. (szerk.) A kukorica jelene és jövője]. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.

- Németh J. – Gyulavári O. – Kálmán L. – Pintér L. – Pintér Z. – Szél S. 1982. A Gabonatermesztési Kutatóintézet Kukoricanemesítési Főosztályának tudományos eredményei 1971–1981. Szeged.
- Németh J. – Szél S. – Notheisz F.né – Nehéz R. 1976. A kukorica szemtermés beltartalmának javítása szelekciós úton. Növénytermelés. 25. 4: 325–333.
- Németh T. 1996. Talajaink szervesanyag-tartalma és nitrogén forgalma. MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest. 28.
- Németh T. 2013. Műtrágyázás tanulságokkal. Magyar Tudomány. 174. 8: 1012–1014.
- Németh T. – Fülekgy Gy. – Tolner L. – Szabó J. 2002. A precíziós növénytermesztés talajtani-agrokémiai alapjai. [In: Harnos Zs., Herdon M. (szerk.) Agrárinformatika 2002: Informatikai kutatások, fejlesztések és alkalmazások az agrárgazdaságban és vidékfejlesztésben.] Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum, Debrecen, 145.
- Németh T. – Pásztor L. – Szabó J. – Kuti L. 1998. A talaj, a nitrát és a talajvíz. Élet és Tudomány. 53. 45: 1427–1429.
- Németh T. – Várallyay Gy. 1998. A trágyázás és a tápanyagutánpótlás jelenlegi helyzete és lehetőségei. Agrofórum. IX. 13: 2–4.
- Newmann, J.E. 1982. Tips on timing corn planting. Farmer's Digest. Milwaukee, 45. 8: 5–8.
- Norwood, C. A. 2001. Planting date, hybrid maturity, and plant population effects on soil water depletion, water use, and yield of dryland corn. Agronomy Journal. 93: 1034–1042.
- Nyíri L. 1973. A talajjavítás, talajművelés hatása barna erdőtalajon. MTA Agrártudományok Osztályának Közleményei. 32. 1–2: 185–197.
- Olson, R. 1972. Maximizing the utilization efficiency of fertilizer N by soil and crop management. Effects of intensive fertilizer use on the human environment. FAO, Rome. Soils Bulletin. 16: 34–52.
- OECD – FAO 2011. Mezőgazdasági kitekintés 2011–2020.
- Outtar, S. – Jones, R.J. – Crookston, R.K. – Kajeiuo, M. 1987. Effect of drought on water relations of developing maize kernels. Crop Science. 27: 730–735.
- Pais I. 1980. A mikrotápanyagok szerepe a mezőgazdaságban. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 138.
- Palm, C. – Giller, K. – Mafongoya, P. – Swift, M.J. 2001. Management of organic matter in the tropics: translating theory into practice. Nutr. Cycl. Agroecosys. 61: 63–75.
- Pálovics B. – Sárvári M. 2006. Tőszám hatása a kukorica hibridek termésére. Agrártudományi Közlemények. 23: 50–61.

- Pásztor K. – Forgács B. – Győri Z.–Szilágyi Sz. 1997. Kukoricahibridek fehérje- és aminosav-összetételének vizsgálata. Növénytermelés. 46. 1: 23–35.
- Pepó P. 2005. A globális klímaváltozás hatásai és válaszai a Tiszántúl szántóföldi növénytermelésében. „Agro-21” Füzetek. 41: 59–65.
- Pepó P. 2012. Effect of cropyear and some agrotechnical factors in rainfed and irrigated maize (*Zea mays* L.) production. Növénytermelés 61:(supplement) 77–80.
- Pepó Pé, Pepó Pá 1982. A hasznosítási iránynak megfelelő kukorica hibridek megválasztásának szempontjai. [In: Gabonafórum Országos Konferencia.]. Gödöllői Agrártudományi Egyetem, Gödöllő, 74.
- Pepó Pé. – Sárvári M. 2013. Agrotechnikai változások a kukoricatermesztésben. Magyar Mezőgazdaság 68. 14: 24–26.
- Pepó P. – Szabó P. – Albrecht L. 2002. Az állománysűrűség szerepe a fajtaspecifikus kukoricatermesztésben. Gyakorlati Agrofórum. 13. 3: 34–36.
- Pethő M. 1984. Mezőgazdasági növények élettana. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 131–174.
- Petinov N.Sz. 1965. Az öntözött mezőgazdasági növények fiziológiája. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 178.
- Petr J. – Cerny V. – Hruska L. 1985. A főbb szántóföldi növények termésképződése. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Petrasovits I. 1967. Az öntözővízigény megállapításainak problémái. Hidrológiai Közlemények. 47. 10: 456–461.
- Petrasovits I. 1988. Az agrohidrológia főbb kérdései. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Phillips, R.E. – Kirkham, D. 1962. Soil compaction in the field and corn growth. Agron. J. 54: 29–34.
- Pintér L. – Burucs Z. – Páldi E. 1994. Mire vezethető vissza a kukorica genetikailag meghatározott tőszámreakciója? Növénytermelés. 43. 3: 255–263.
- Pintér L. – Varga K. – Széll E. – Németh J. 1983. A tenyészterület nagyságának, kiegyenlítettségének és alakjának hatása a kukorica termésére. Szeged-Martonvásár.
- Pletser J. – Szalai D. – Ábrányi A. 1980a. A kukorica vegetatív fejlődési szakaszainak kapcsolata az időjárással. Beszámolók az 1978-ban végzett tudományos kutatásokról. OMSZ. Budapest. 210–218.
- Pletser J. – Szalai D. – Ábrányi A. 1980b. A kukorica generatív fejlődési szakaszainak kapcsolata az időjárással. Beszámolók az 1978-ban végzett tudományos kutatásokról. OMSZ. Budapest. 219–225.

- Prettenhoffer I. – Gratzl D. 1961. A tiszántúli szikeseken végzett altalajlazítási kísérletek eredményei 1955–59. I. Javított, mésztelen, semleges körüli szikesek. Agrokémia és Talajtan. 10. 1: 23–40.
- Prokszáné Paplogó Zs. – Széll E. – Kovácsné Komlós M. 1995. A N-műtrágyázás hatása a kukorica (*Zea mays* L.) termésére és néhány beltartalmi mutatójára eltérő évjáratokban réti öntéstalajon. Növénytermelés. 44. 1: 33–42.
- Puget, P. – Lal, R. 2005. Soil organic carbon and nitrogen in a Mollisol in central Ohio as affected by tillage and land use. Soil Tillage Res. 80: 201–213.
- Pusztai A. 1961. A talajművelés hatása a talajnedvesség tartalmára és hőmérsékletére. MTA Mezőgazdasági Kutató Intézete Jubileumi Tudományos Konferencia, Martonvásár, 293–301.
- Pusztai A. 1966. Sekély- és mélyművelés hatása a talaj nedvességtartalmára csernozjom talajon. MTA Agrártudományi Közlemények. 15: 259–273.
- Rácz Cs. – Nagy J. 2011. A víz- és tápanyagellátottság, illetve -hasznosulás megítélésének kérdései kukorica terméseredmények vonatkozásában. Növénytermelés. 60. 1: 97–114.
- Radke, J.K. 1982. Managing early season soil temperatures in the northern corn belt using configured soil surfaces and mulches. Soil Sci. Soc. Am. J. 46: 1067–1071.
- Rátónyi T. 1999. A talaj fizikai állapotának penetrométeres vizsgálata talajművelési tartamkísérletben.: - Disszertáció/PhD. 94.
- Rátónyi T. – Megyes A. – Sulyok D. 2007a. A talaj tömödöttségének penetrométeres vizsgálata. Acta Agronomica Óváriensis. 49. 2: 445–449.
- Rátónyi, T. – Megyes, A. – Sulyok, D. 2007b. Evaluation of the physical conditions of soil by using penetrometer in a long-term tillage experiment. Cereal Research Communications. 35. 1: 989–992.
- Rátónyi, T – Megyes, A. – Huzsvai, L. – Sulyok, D. 2006. The effects of soil moisture and bulk density on soil clod on crumb fraction after tillage. [In: R. Horn (szerk.) International Soil Tillage Research Organisation]. 17 th Triennial Conference. Kiel, Németország, 366–372.
- Rátónyi T. – Megyes A. – Nagy J. – Sulyok D. 2005. A talaj-előkészítés minőségét befolyásoló talajjellemzők és a művelés utáni talajállapot összefüggései a kukoricatermesztésben. [In: Nagy J (szerk.) Kukorica hibridek adaptációs képessége és termésbiztonsága]. A kukoricakutatás és fejlesztés 30 éve. DE ATC Debrecen, 204–211.
- Robbins, S.G. – Voss, R.D. 1991. Phosphorus and potassium stratification in conservation tillage systems. J. Soil Water Conserv. 46: 298–300.

- Robert, P. C. – Rust R. H. – Larson W. E. 2001. Corn oil, protein and starch variability as affected by yield, fertility and field position. Proceedings of the 5th International Conference on precision agriculture. Bloomington, Minnesota, USA. 1–16.
- Roldán, A. – Salinas, J.R. – Garcia, Alguacil, M.M. – Caravaca, F. 2005. Changes in soil enzyme activity, fertility, aggregation and C sequestration mediated by conservation tillage practices and water regime in a maize field. *Applied Soil Ecology*. 30. 1: 11–20.
- Russell, W. A. 1968. Testcrosses of one- and two-ear types of corn Belt maize inbreds. I. Performance at four plant densities. *Crop Science*. 8: 244–247.
- Russell, W. A. 1984. Agronomic performance of maize cultivars representing different ears of maize breeding. *Maydica*. 29: 375–390.
- Russell, W. A. 1991. Genetic improvement of maize yields. *Adv. Agron.* 46: 245–298.
- Ruzsányi L. 1973. A műtrágyázás hatása egyes szántóföldi növények vízfogyasztására és vízhasznosítására. *Növénytermelés*. 23. 3: 249–258.
- Ruzsányi L. 1975. A növényállományok evapotranszspirációjának vizsgálata különböző tápanyagellátottsági szinten. Kandidátusi értekezés, Debrecen.
- Ruzsányi L. 1977. A Debreceni Agrártudományi Egyetem Mezőgazdasági Egyetemi Karának néhány fontosabb, a gyakorlatnak átadható eredménye. Debreceni Agrártudományi Egyetem, Debrecen.
- Ruzsányi L. 1981. Az öntözés szükségessége és az öntözővíz hasznosulása a főbb szántóföldi növénykultúráknál. *Növénytermesztési Szimpózium*, Debrecen, 2: 7–9.
- Ruzsányi L. 1987. Agrotechnika a kukoricatermesztésben. *Magyar Mezőgazdaság*. 42. 18: 8–9.
- Ruzsányi L. 1992. Főbb növénytermesztési tényezők és a vízellátás kölcsönhatásai. Akadémiai doktori értekezés tézisei. Debrecen.
- Ruzsányi L. – Nagy J. – Sárvári M. – Pepó Pé – Lesznyák M né – Huzsvai L. 1992. Termesztési tényezők szerepe az alkalmazkodó növénytermesztésben. [In: Szász G (szerk.) A Debreceni Agrártudományi Egyetem 125 éve.]. Debreceni Agrártudományi Egyetem, Debrecen, 213–225.
- Ruzsányi, L. – Pepó, P. – Sárvári, M. 1994. Evaluation of major agrotechnical factors in sustainable crop production. *Agrokémia és Talajtan*. 43. 3–4: 335–343.
- Ruzsányi L. – Pető K. 1993. A vetésváltás és a trágyázás hatása a talajnedvességre. *Növénytermelés*. 42. 1: 85–94.
- Sander, D. H. – Allaway, W. H. – Olson R. A. 1987. Modification of nutritional quality by environment and production practices 45–82. [In: Olson, R. A., Frey, K. J. (eds.) Nutritional quality of cereal grains]. ASA, CSSA, Madison, Wisc., USA.

- Sárdi K. 1999. A kálium szerepe a növények életében. [In: Fülek Gy. (szerk.) Tápanyag-gazdálkodás.] Mezőgazda Kiadó, Budapest, 50–57.
- Sárdi K. 2003. Agrokémia. A Növénytáplálás Alapjai. Kari jegyzet. Keszthely.
- Sarkadi J. – Balla A.-né – Miklayné Tüdös E. 1984. Műtrágyázási tartamkísérletek eredményei mezőföldi mészlepedékes csernozjom talajon I. N- és P-műtrágyahatások az őszi búza kísérletekben. Agrokémia és Talajtan. 33: 355–374.
- Sarkadi J. 1975. A műtrágyaigény becslésének módszerei. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Sárvári M. 1982. A tőszám növelésének hatása eltérő tenyésztidejű kukoricahibridek termésére és állóképességére réti talajon. Növénytermelés. 31. 3: 225–235.
- Sárvári M. 1986. A vetésváltás és a tápanyagellátás hatása a búza és a kukorica termésátlagára. Kandidátusi értekezés, DATE. 108.
- Sárvári M. 1988. A különböző kukoricahibridek tőszámsűrítetősége és a terméseredmények közötti összefüggés. "Tessedik Sámuel" Tiszántúli Mezőgazdasági Tudományos Napok. 19–20.
- Sárvári M. 1995a. A kukoricahibridek termőképessége és trágyareakciója réti talajon. Növénytermelés. 44. 2: 184–190.
- Sárvári M. 1995b. A tőszám szerepe a fajtaspecifikus kukoricatermesztési technológiában. Növénytermelés. 44: 261–270.
- Sárvári M. 2000. Fajtaspecifikus kukoricatermesztési technológiák fejlesztése. Agroforum. 11. 3: 53–55.
- Sárvári M. 2003a. A fenntartható fejlődést és a termésbiztonságot befolyásoló tényező a kukoricatermesztésben. [In: Nagy J. (szerk.) A kukoricahibridek adaptációs képességének és termésbiztonságának javítása.] Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum, Debrecen, 93–103.
- Sárvári M. 2003b. A tőszám hatása a kukorica termésére és a minőségére. Agroforum. Extra 2: 25–28.
- Sárvári M. 2003c. Tőszám és termésminőség. Magyar Mezőgazdaság. 58: 10–11.
- Sárvári M. 2003d. A tőszám hatása a kukoricahibridek termésére és minőségére. [In: Szász G., Székelyné Sipos K., Jávorski A. (szerk.) 135 éves a debreceni agrár-felsőoktatás.] DE ATC, Debrecen, 306–310.
- Sárvári M. 2008. Hibridspecifikus trágyázás. Magyar mezőgazdaság. 63. 39: 16–17.
- Sárvári M. – Boros B. 2008. A klímaváltozás és hatásai a szántóföldi növénytermesztésre. Agrárunió XI. 3: 38–40.

- Sárvári M. – El Hallof N. – Molnár Zs. 2008. Felértékelődő biológiai alapok. Magyar Mezőgazdaság. 63. 6: 18–20.
- Sárvári M. – Futó Z. 2000. Összefüggés a kukoricahibridek vetésideje, produkciója és a betakarításkori nedvességtartalma között csernozjom talajon. Debreceni Egyetem Agrártudományi Közlemények. 1: 32–41.
- Sárvári M. – Futó Z. 2001. A vetésidő hatása a különböző genetikai adottságú kukoricahibridek termésére. Növénytermelés. 50. 1: 43–60.
- Sárvári M. – Futó Z. – Zsoldos M. 2002. A vetésidő és a tőszám hatása a kukorica termésére 2001-ben. Növénytermelés. 51. 3: 291–307.
- Sárvári M. – Győri Z. 1982. A monokultúrában és a vetésváltásban termesztett kukorica termésátlagának és minőségének változása különböző tápanyagellátás esetén. Növénytermelés. 31. 2: 177–184.
- Sárvári M. – Széll E. 1998. Hektáronkénti növényszám. [In: Sziebert D., Széll E. (szerk.) Amit a kukoricatermesztésről tudni kell]. Mezőmag Kft. Kiadó, Székesfehérvár, 75–79.
- Scheffer, F. – Schachtschabel, P. 2002. Lehrbuch der Bodenkunde. Spektrum Akademischer Verlag GmbH. Heidelberg – Berlin. 295–304.
- Schmitt, L. – Brauer, A. 1969. Ein zwölfjähriger Phosphatversuch auf Dauergrünland des Vogelsberges. Phosphorsäure. 28: 39–55.
- Schneider, E.C. – Gupta, S.C. 1985. Corn emergence as influenced by soil temperature, matric potential, and aggregate size distribution. Soil Sci. Soc. Am. J. 49: 415–422.
- Schultz, F.A. – Bateman, D.F. 1969. Temperature response of seeds during the early phases of germination and its relation to injury by *Rhizoctonia solani*. Phytopathology. 59: 352–355.
- Shaw, R.H. 1955. Climatic Requirement. [In: Sprague, G. F. Corn and corn improvement]. Academic Press Inc., New York.
- Shaw, R.H. 1988. Cimate requirement. [In: Sprague, G.F., Dudley, J.W. (eds.) Corn and Corn Improvement, Agronomy Monograph]. Madison, WI. 609–638.
- Sipos G. 1958. Földműveléstan. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Sipos G. 1963. Az optimális és gazdaságos altalajlazítás mélységének megállapítása réti agyag és szikes talajokon. Kísérletügyi Közl. 55/a. 2: 3–22.
- Sipos G. 1972. Földműveléstan. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Sipos S. – Hegedűs S. 1982. A kukoricatermelés, a talajművelés és a műtrágyázás közötti összefüggések. Növénytermelés. 31. 3: 245–254.

- Soane, B.D. – Pidgeon, J.D. 1975. Tillage requirement in relation to soil physical properties. Soil Sci. 119. 376–384.
- Soledad V.L. – Blanco, M. – Cortada, L. – Sorribas, F.J. 2013. Resistance of tomato rootstocks to *Meloidogyne arenaria* and *Meloidogyne javanica* under intermittent elevated soil temperatures above 28 °C. Crop Protection. 46: 57–62.
- Sörös I. – Soós S. 1994. Szántás nélküli kukoricatermesztés. Mezőgazdasági Technika. 35. 3: 3–6.
- Spitkó T. – Pintér J. – Marton L.Cs. 2013a. Szárazság és aszálytűrés: hogyan védekezhetnek növényeink a vízhiány ellen. Martonvásár, 25. 1: 24–26.
- Spitkó T. – Pók I. – Halmos G. – Marton L.Cs. 2013b. Szárazság hatása kukorica hibridek (*Zea mays* L.) termés elemeire [In: Hoffmann B., Kollaricsné Horváth M. (szerk.) XIX. Növénytermesztési Tudományos Nap.]. MTA Agrártudományok Osztályának Növénytermesztési Bizottsága, Budapest, 138.
- Stapleton, A.R.A. – Wagenet, R.J. – Turner, D.L. 1983. Corn growth and nitrogen uptake under irrigated, fertilized conditions. Irrigation Science. Longman, 4. 1: 1–15.
- Stefanovits P. 1975. Talajtan. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 351.
- Stevenson, F.J. – Cole, M.A. 1999. Cycles of Soil: Carbon, Nitrogen, Phosphorus, Sulfur Micronutrients (2nd ed.) John Wiley & Sons, Inc., USA.
- Stone, P.J. – Sorensen, I.B. – Jamieson, P.D. 1999. Effect of soil temperature on phenology, canopy development, biomass and yield of maize in a cool-temperate climate. Field Crops Research. 63: 169–178.
- Studdert, G.A. – Echeverría, H.E. 2000. Crop rotations and nitrogen fertilization to manage soil organic carbon dynamics. Soil Sci. Soc. Am. J. 64: 1496–1503.
- Surányi J. 1957. A kukorica és termesztése. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- 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.
- Szalókiné Z.I. – Szalóki S. 2002. A víz- és a tápanyagellátás hatása a kukorica termésösszetevőinek mennyiségére és NPK-tartalmára. Növénytermelés. 51. 5–6: 543–557.
- Szász G. 1973. A termesztett növények vízigényének és az öntözés gyakoriságának meteorológiai vizsgálata. Növénytermelés. 22: 245–258.
- Szász G. 1988. Agrometeorológia. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 458.
- Szél S. 2007. A kukorica tenyésztése és a Magyarországon termelt hibridek ajánlata. Agronapló. XI. 3: 21–23.
- Szél S. 2010. A kukorica nemesítése és a változó feltételek. Agronapló. XIV. 12: 23–24.

- Széles, A. 2007. The indication of nitrogen deficiency in maize growing using SPAD-502 chlorophyll meter. *Cereal Research Communication*. 35. 2: 1149–1153.
- Széll E. 1984. Az aszály hatása a kukoricára. *Magyar Mezőgazdaság*. 39. 15: 9.
- Széll E. 1984. Termesztési kutatások; tőszám kísérletek. [In: A hatodik évtized. Összefoglaló kiadvány a Gabonatermesztési kutatóintézet 1974–1983 közötti munkájáról.] Szeged, 113–116.
- Széll E. 1994. A kukorica vetőmagtermesztés hibridspecifikus technológiájának kidolgozását szolgáló agrotechnikai kísérletek rendszere. Kandidátusi értekezés tézisei. Szeged.
- Széll E. 2010. A termésingadozás mérséklésének lehetősége kukoricában termesztéstechnológiai műveletekkel. *Agrofórum*. 5: 30–34.
- Széll E. – Kovácsné Komlós M. 1993. Hozzászólás a „Tápanyagok nélkül?” című riporthoz. *Agrofórum*. 4. 9: 23–25.
- Széll E. – Makhajda J. 2001. Néhány fontos gondolat a szegedi kukoricahibridek nitrogén műtrágyázásáról. *Agrofórum*. 12. 5: 41–45.
- Széll E. – Muzsik F. – Virág B. – Süli A. – Kovács Gy. – Szél Á. 2010. A kukorica vetésidejéről. *Gabonakutató Híradó*. 24. 1: 6–7.
- Széll E. – Pintér Z. – Makhajda J. 2003. A kukorica vetésére gondolva. *Magyar Mezőgazdaság*. 58. 16: 10–11.
- Széll, E. – Szél, S. – Kálmán, L 2005. New maize hybrids from Szeged and their specific production technology. *Acta Agronomica Hungarica*. 53. 2: 143–152
- Szieberth D. – Széll E. 1998. Amit a kukoricatermesztésről a gyakorlatban tudni kell. Mezőmag Kft., Székesfehérvár, 158.
- Szieberth D. 2008. A kukorica-termesztés, mint általános gazdasági kockázat. [In: Dekalb hírlevél. Kockázat menedzsment a kukorica-termesztésben]. <http://www.dekalbmet.hu/hirlevel/Aszaly2008.pdf>
- Szirtes V. 1970. A nitrogén műtrágyázás hatása a kukorica tápanyagfelvételére. *Növénytermelés*. 19. 4: 373–384.
- Szirtes V. – Pongor S. – Penczi E. 1977. A mikrotápanyagokkal történő műtrágyázás hatása a kukorica fehérje-termésére és lizin-arányára. *Növénytermelés*. 26. 1: 49–59.
- Szlovák S. 1986 The effect of nitrogen doses and different water supply upon nitrogen utilization of maize. *Acta Agronomica Hungarica*. 35: 239–255.
- Teresenko, Sz. G. – Zsabiczkij, P. F. 1973. Vlijanie azotnüh udobrenij na urozsaj, ego kacsesztva pri razlicnoj vlagoebeszpecsennosztji. *Kukuruza*, Moszkva, 8: 13–14.
- Thiagarajah, M.R. – Hunt, L.A. 1982. Effects of temperature on leaf growth in corn (*Zea mays* L.). *Can. J. Bot.* 60: 1647–1652.

- Timmons, D.R. 1980. Effect of fertilization and supplemental irrigation on nitrogen utilization and leaching losses. *Dissertation Abstracts International*. Minnesota, 41. 5: 1577–1578.
- Tognetti, J.A. – Aguirrezábal, L.A.N. – Assuero S.G. 2006. Funciones de los nutrientes en el crecimiento vegetal [Echeverría, H.E., García F.O. (eds.) *Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos*.] Ediciones INTA, Buenos Aires, Argentina, 19–42.
- Tokatlidis, I. S. – Koutsika-Sotiriou, M. – Tamoutsidis, E. 2005. Benefits from using maize density-independent hybrids. *Maydica*. 50. 1: 9–17.
- Tolk, J.A. – Howell, T.A. – Evett, S.R. 1999. Effect of mulch, irrigation, and soil type on water use and yield of maize. *Soil and Tillage Research*. 50. 2. 22: 137–147.
- van Duin, R.H.A. 1956. On the influence of tillage on conduction of heat, diffusion of air, and infiltration of water in soil. *Versl. Landbouwk Onderz.*, Wageningen, The Netherlands.
- Ványiné Széles, A. 2010. Evaluation of the level of N supply in maize hybrids at different nutritional levels. *Acta Agronomica Hungarica*. 58: 89–94.
- Ványiné Széles A. – Megyes A. – Nagy J. 2010. Vetésidő és az évjárat hatása a kukorica hibridek terméshozamára és a minőségére. *Növénytermelés*. 59. 4: 63–88.
- Ványiné Széles A. – Nagy J. 2012. Effect of nutrition and water supply on the yield and grain protein content of maize hybrids. *Australian Journal of Crop Science*. 6. 3: 381–290.
- Ványiné Széles, A. – Megyes, A. – Nagy, J. 2012a. Irrigation and nitrogen effects on the leaf chlorophyll content and grain yield of maize in different crop years. *Agricultural Water Management*. 107: 133–144.
- Ványiné Széles A.– Tóth B. – Nagy J. 2012b. Effect of nitrogen doses on the chlorophyll concentration, yield and protein content of different genotype maize hybrids in Hungary. *African Journal of Agricultural Research*. 7. 16: 2546–2552.
- Ványiné Széles, A. – Ragán, P. – Nagy, J. 2012c. The effect of natural water supply and irrigation on the moisture content of the soil and maize yield. *Növénytermelés*. 61: 121–124.
- Varga K. (1991): Martonvásári hibridek tőszámreakciója. MTA Mezőgazdasági Kutatóintézetének és Kísérleti Gazdaságának Közleményei. Martonvásár, 4: 14.
- Varga-Haszonits Z. 1977. *Agrometeorológia*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 224.
- Varga-Haszonits Z. – Varga Z. – Lantos Zs. – Enzsölné Gerencsér E. –Milics G. 2008: A talajok vízellátottságának hatása a gazdasági növények vízigényének alakulására. *Agrokémia és Talajtan*. 57. 1: 7–20.
- Veress I. 1973. A kukoricaszem aminosavjainak változása nitrogén műtrágyázás hatására. *Növénytermelés*. 22. 2: 125–136.

- Voorhees, W.B. – Farrell, D.A. – Larson, W.E. 1975. Soil strength and aeration effects on root elongation. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 39: 948–953.
- Vyn, T.J. – Raimbault, B.A. 1993. Long-term effect of five tillage systems on corn response and soil structure. *Agron. J.* 85: 1074–1079.
- Walker, J.M. 1969. One-degree increments in soil temperatures affect maize seedling behavior. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 33: 729–736.
- 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.
- Williams, W. A. – Loomis, R. S. – Duncan, W. G. – Doyt, A. – Nunez, F. 1968. Canopy architecture at various population densities and the growth and grain of corn. *Crop Science.* 8: 303–308.
- Wu, C.L. – Shen, Q.R. – Mao, J.D. – Xu, Y.C. 2010. Fate of ^{15}N after combined application of rabbit manure and inorganic N fertilizers in a rice–wheat rotation system. *Biol. Fertil. Soils.* 46: 127–137.
- Zsigrai Gy. 1997. Műtrágyázás-csapadék-termés kapcsolatok a karcagi OMTK kísérletekben. Tessedik Sámuel Tiszántúli Mezőgazdasági Tudományos Napok. DATE, 80–85.

PUBLIKÁCIÓK AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN

Tudományos közlemény magyar nyelvű, lektorált folyóiratban:

Sedlák G. 2003: A hibridkukorica vetőmag értékesítés sajátosságai hazánkban. *Agrártudományi Közlemények*, Debrecen, 13. 78-81.

Sedlák G. 2004: A magyar hibridkukorica vetőmag értékesítés lehetőségei Magyarországon. 2003-ban. *Agrártudományi Közlemények*, Debrecen, 13. 166–169.

Sedlák G. 2012: A környezeti tényezők, a talajművelés és a műtrágyázás kölcsönhatásainak értékelése. *Agrártudományi Közlemények*, Debrecen, 47. 103–108.

Rágán P.–Bakó K.I.–Sedlák G. 2014. Az eltérő vetésidővel összefüggő környezeti változások hatása a kukorica termésére. *Agrártudományi Közlemények*, Debrecen, 55. 99–104.

Tudományos közlemény idegen nyelvű, hazai, lektorált folyóiratban:

Sedlák G.–Széles A. 2014: Effects of different crop years and sowing date on maize yield. *Acta Agraria Debreceniensis*, Debrecen, 59. 93–96.

Sedlák G.–Széles A. 2014: Effects of soil cultivation and environmental changes on maize yield. *Acta Agraria Debreceniensis*, Debrecen, 59. 97–100.

Magyar nyelvű lektorált konferencia kiadvány:

Széles A.–Sedlák G. 2006: Dekalb-kukoricahibridek műtrágya reakciója debreceni tartamkísérletek tükrében. [In: V. Alföldi Tudományos Tájgazdálkodási Napok: 5th International scientific days of land management in the Great Hungarian Plain.] Szolnoki Főiskola Mezőgazdasági Műszaki Fakultás, Mezőtúr, CD kiadv.118–123.

Magyar nyelvű könyvfejezet

Széles A.–Sedlák G. 2006: Az évjárat és a műtrágyázás hatása a Dekalb kukoricahibridek termésére. [In: Baranyi B.–Nagy J. (szerk.) Területfejlesztés, agrárium és regionalitás Magyarországon.] Debrecen, Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum, pp. 253–265.

Széles A.–Sedlák G. (2006): A Dekalb kukoricahibridek műtrágya termésnövelő hatásának vizsgálata a fenntarthatóság tükrében. [In: Nagy J.–Dobos A. (szerk.) Környezetkímélő növénytermesztés, minőségi termelés: Agrártudomány, agrár geo-információs rendszer.] Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum, Debrecen, pp. 172–185.

NYILATKOZAT

Ezen értekezést a Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Karán, a Kerpely Kálmán Növénytermesztési, Kertészeti és Regionális Tudományok Doktori Iskola keretében készítettem, a Debreceni Egyetem doktori (Ph.D.) fokozatának elnyerése céljából.

Debrecen, 2014. július 14.

.....
a jelölt aláírása

NYILATKOZAT

Tanúsítom, hogy Sedlák Gergő doktorjelölt 2014-ben a fent megnevezett Doktori Iskola keretében irányításommal végezte munkáját. Az értekezésben foglalt eredményekhez a jelölt önálló alkotó tevékenységével meghatározóan hozzájárult, az értekezés a jelölt önálló munkája. Az értekezés elfogadását javaslom.

Debrecen, 2014. július 14.

.....
a témavezető aláírása