

Egyetemi doktori (PhD) értekezés tézisei

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

Sedlák Gergő

Témavezető:
Dr. Széles Adrienn, PhD



DEBRECENI EGYETEM
Kerpely Kálmán Növénytermesztési, Kertészeti és
Regionális Tudományok Doktori Iskola

Debrecen
2014

1. 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 ásatások 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 „zooin” (élni) 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 termény 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. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1. 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 tenyészidejű hibrid, valamint két növényszám, öntözött és nem öntözött kezelésének termésre gyakorolt hatása. A kísérlet mind az öt évében 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 kezelései:

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 szárazzás 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.

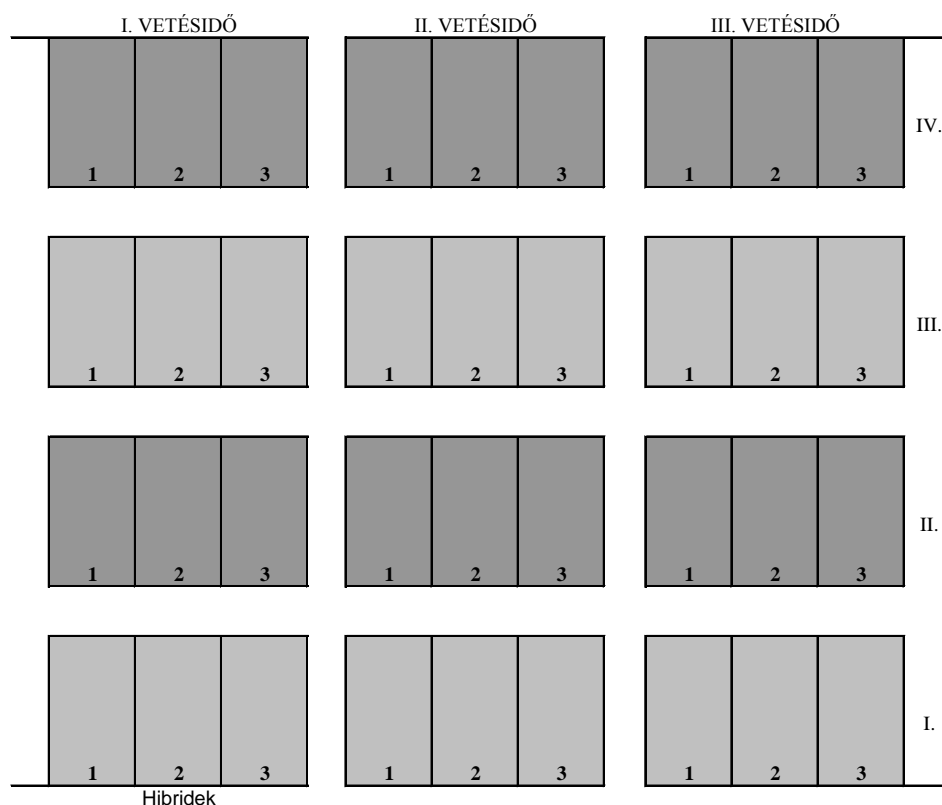
3.2. A nagykereki vetésidő kísérlet

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 nagykereki 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 alapműveléssel 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 sorköz kultivátorozást 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.

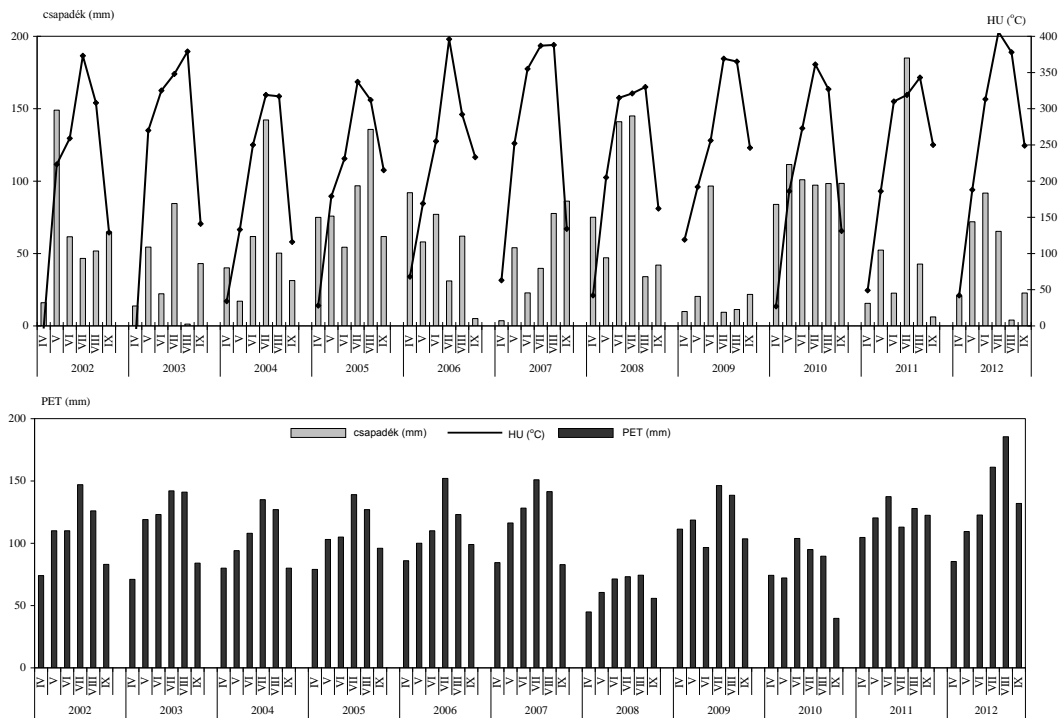
Keményítőtartalom közeli spektroszkópai technikával, transzmissziós mérési elvre épülő Foss InfratecTM 1241 műszerrel lett meghatározva. A műszer egy percen belül végzi el a szemeskukorica nagy pontosságú analizisét. A 800–1050 nm-es közeli infravörös tartományban a minta szkennelése nagy felbontású 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 ($SzD_{5\%}$), 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.

3.3. Az időjárás értékelése

2002. év tenyészidőszakban $0,5^{\circ}C$ -kal hűvösebb volt, mint az elmúlt 50 évben. A vegetációs időszak effektív hőösszege (HU) $1288^{\circ}C$ 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).

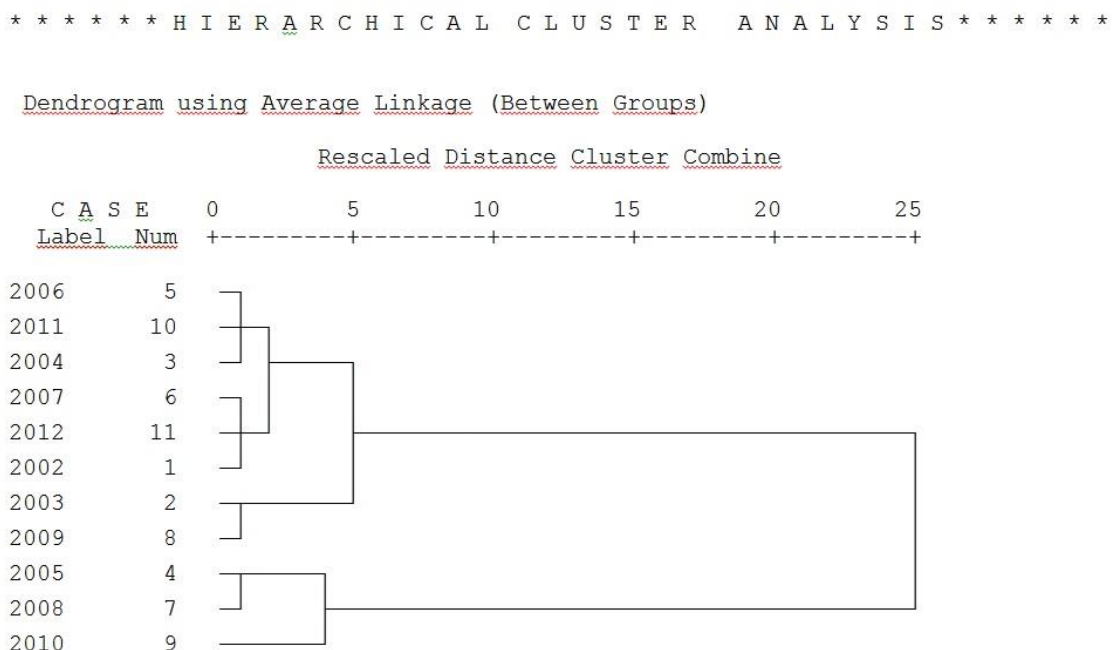
2011-ben az évi csapadékmennyiségnek (413 mm) 78%-a hullott a tenyészidőszakban. A vegetációs időszak minden hónapjában kevesebb, kivéve július hónapot, ahol 122 mm-rel több csapadék hullott, mint a sokévi átlag. A hőmérsékleti érték csak a csapadékos júliusi hónapban mutatott alacsonyabb értéket, mint 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 szemtelítődés 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)



4. EREDMÉNYEK

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

4.1.1. 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).

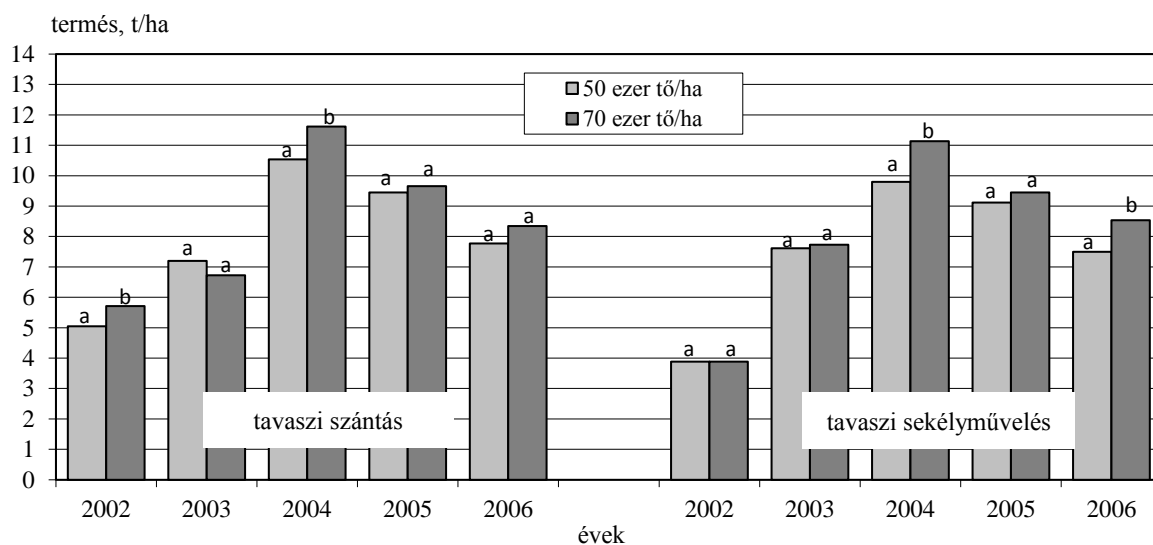
A tavaszi sekélyművelés, a 70 ezres tő/ha állománynál a vizsgált év mindegyikében nagyobb termést eredményezett, azonban statisztikailag megbízható termésmenövelő hatása csak 2004-ben (1336 kg/ha, $P<0,01$) és 2006-ban (1034 kg/ha, $P<0,01$) volt. A tavaszi szántás esetében is – kivéve 2003. évet – a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

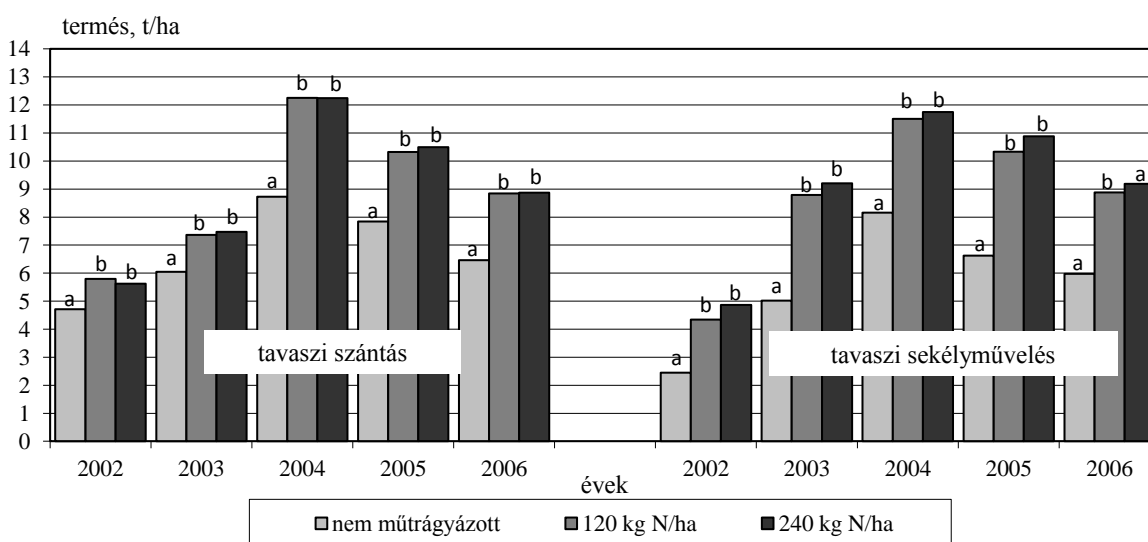
6. ábra. Az évjárat és a talajművelési változatok hatása a termésre eltérő növény szám mellett (Debrecen, 2002–2006)



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

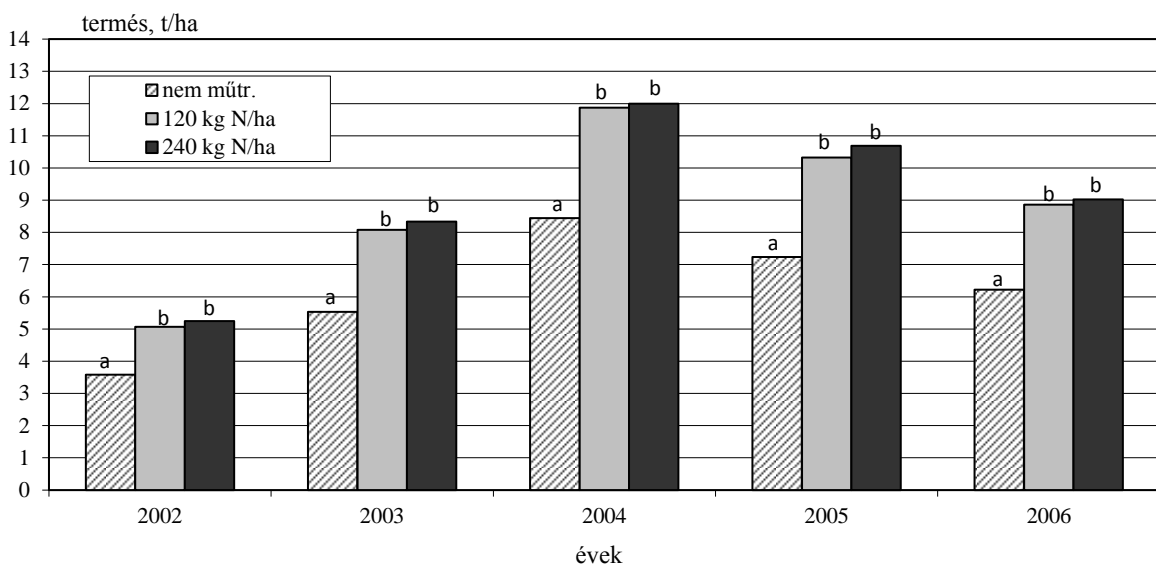
4.1.2. A műtrágyázás hatásának évenkénti értékelése

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 terméseszkökenéssel 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 tápanyagfeltáró 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 termésnövekedés. Jelentős termésnövekedést ($P < 0,001$) 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 termésnövekedés 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 kukoricahibridek termésére
(Debrecen, 2002–2006)

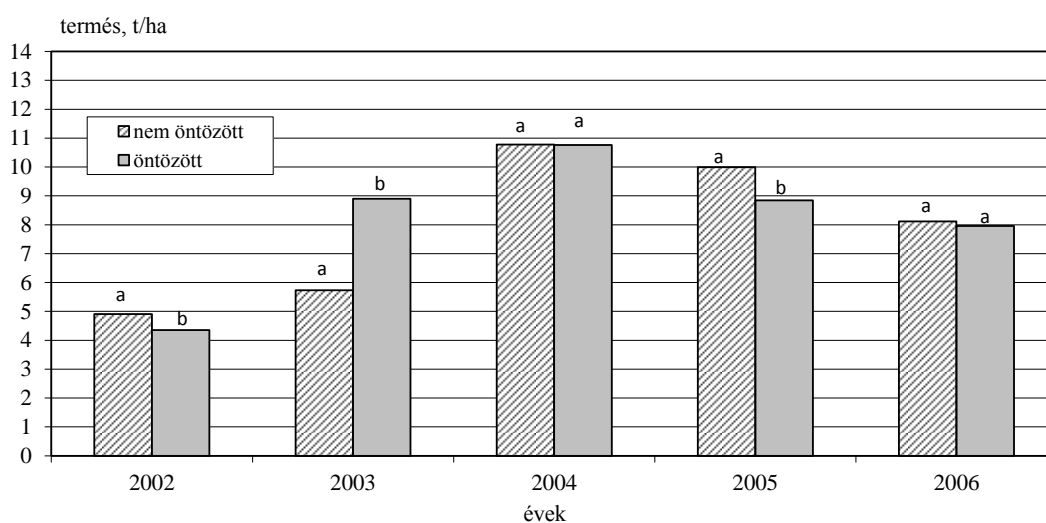
Műtrágyakezelés	Hibrid	Termés, t/ha					Átlag	
		2002	2003	2004	2005	2006		
Nem műtrágyázott		FAO 300	3,580 ^{ns}	6,201 ^{***}	8,140 [*]	8,136 ^{***}	6,439 ^{ns}	6,499
		FAO 400	3,581	4,865	8,746	6,333	5,997	5,904
		átlag	3,580	5,533	8,443	7,235	6,218	6,202
120 kg N/ha		FAO 300	4,756 ^{ns}	8,386 ^{ns}	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

4.1.3. Az öntözés hatásának évenkénti értékelése

2002-ben – a kezelések átlagában – az öntözésnek nem volt termésmenővelő 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 terméscsökkentő 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 termésmenvelő 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 ($P < 0,05$) termésnövekedést 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 $P < 0,001$) termésmenvelő 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. Termésmenvelő hatása 2005-ben és 2006-ban 2 t/ha feletti volt. A műtrágyázás átlagos termésmenvelettel 2004-ben (2804 kg/ha) bizonyult jelentősebbnek. Öntözött változatban a 120 kg N/ha műtrágyakezelések termésmenvelő 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).

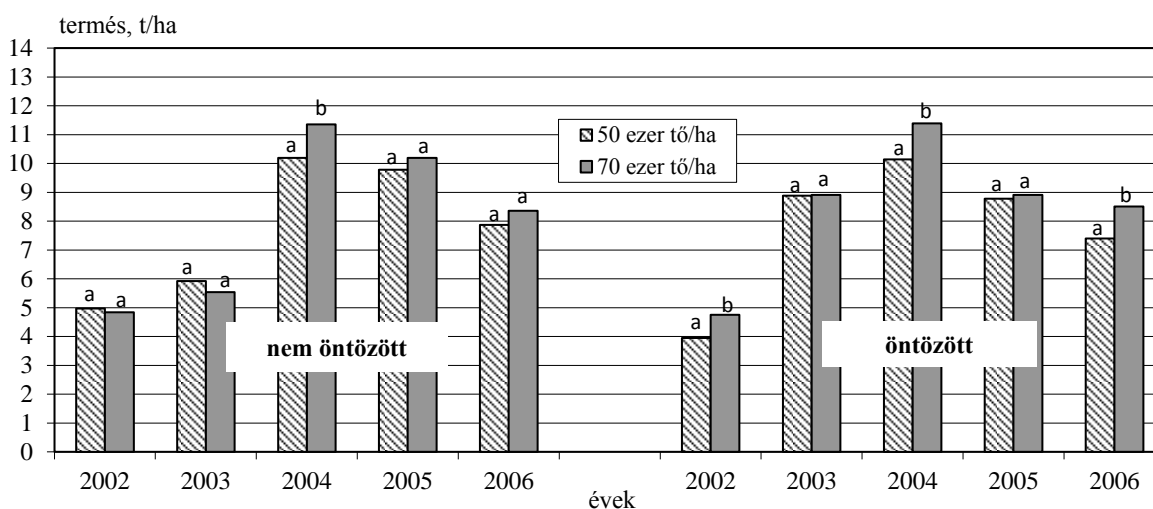
5. táblázat. Az évjárat és az öntözés hatása a termésre eltérő műtrágyakezelésekben (Debrecen, 2002–2006)

Öntözés	Műtrágyakezelés	Termés, t/ha					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>	<i>4,908</i>	<i>5,731</i>	<i>10,777</i>	<i>9,991</i>	<i>8,115</i>	<i>7,904</i>
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>	<i>4,354</i>	<i>8,901</i>	<i>10,764</i>	<i>8,843</i>	<i>7,955</i>	<i>8,163</i>

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 terméscsökkenés 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, $P<0,001$), terméscsökkenés 2002-ben (1021 kg/ha, $P<0,01$) és 2005-ben (1012 kg/ha, $P<0,05$) volt. Az öntözés 70 ezer tő/ha állománysűrűségénél érvényesült, a terméseredmények minden évben szignifikáns mértékben növekedtek, kivéve 2002 évet (10. ábra).

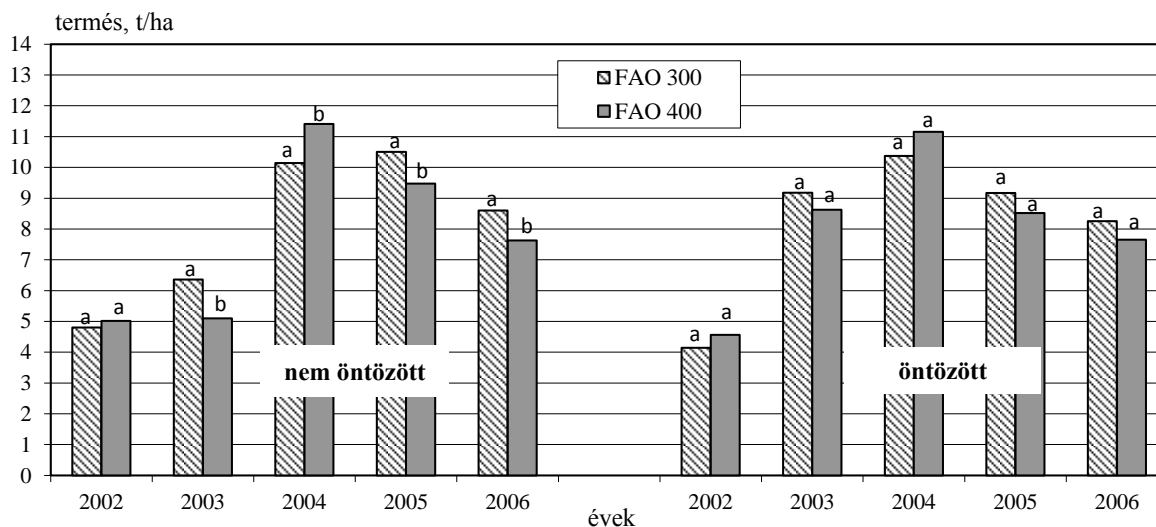
10. ábra. Az évjárat és az öntözés hatása a termésre különböző növényszám változatoknál (Debrecen, 2002–2006)



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 ($P<0,001$) terméscsökkenést 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 terméscsökkentő (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)

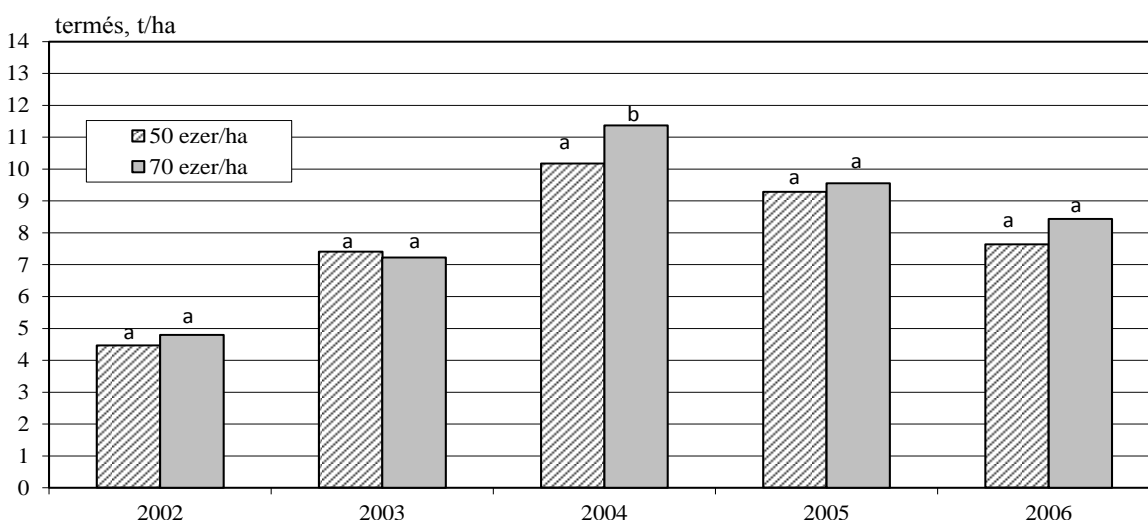


Jelmagyarázat: Az azonos betűvel jelzett adatok a Duncan-teszt alapján egymástól szignifikánsan nem különböznek

4.1.4. A növény szám hatásának évenkénti értékelése

A 70 ezer tő/ha növény szám – 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 növény számok közötti eltérések nem voltak megbízhatóak (12. ábra).

12. ábra. Az évjárat és a tőszám változatok 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 termésmnövelő hatása 2004-ben volt (2587 kg/ha). A műtrágyázás átlagos termésmnövelő hatása 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 termésmnövelő hatása 2004-ben (4277 kg/ha) volt. A műtrágyázás átlagos termésmnövelő hatása is számottevő (1868–4404 kg/ha).

A növényszám növelése a nem műtrágyázott kezelésekben minden esetben kismértékű terméscsökkenést 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 termésmnövelő hatást (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 ($P < 0,001$) termésmnövelő hatással (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
	<i>átlag</i>	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
	<i>átlag</i>	4,799	7,227	11,374	9,555	8,436	8,278

4.1.5. 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)

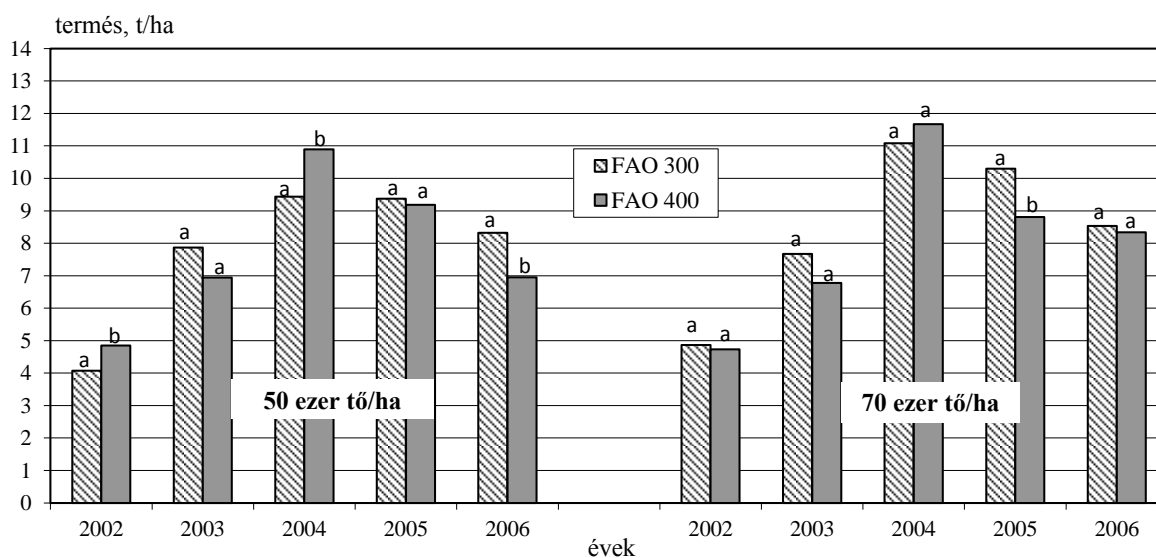
FAO szám	Termésátlag (t/ha)				
	2002	2003	2004	2005	2006
FAO 300	4,471 ^{ns}	7,770 [*]	10,258 ^{***}	9,838 ^{**}	8,430 ^{***}
FAO 400	4,790	6,862	11,282	8,997	7,640

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

4.1.6. 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 × hibrid két évben 2002-ben ($P < 0,01$) és 2005-ben ($P < 0,001$), a műtrágya × öntözés 2003-ban ($P < 0,001$), a műtrágya × növényszám 2004-ben ($P < 0,001$) és 2006-ban a növényszám × hibrid ($P < 0,001$) interakció bizonyult erőteljesebbnek (8. táblázat).

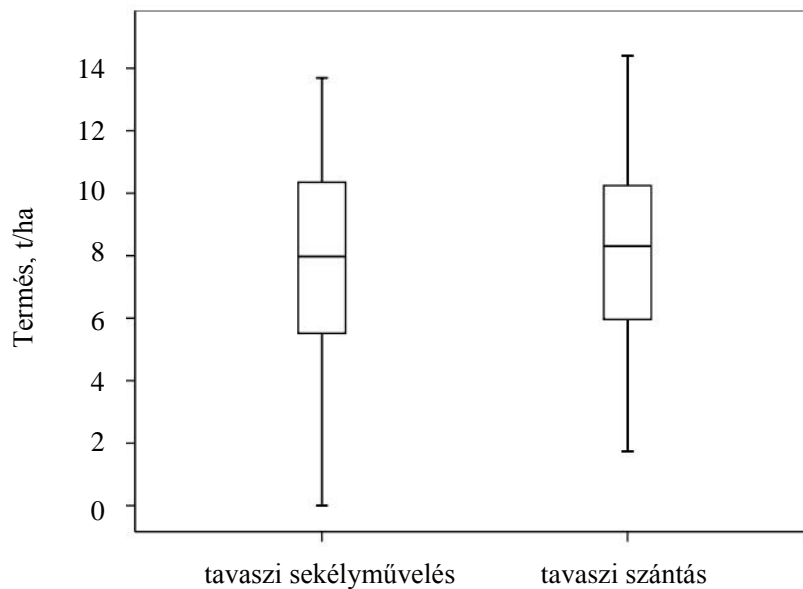
Összegzésképpen megállapítható a T-teszt alapján – a kezelések átlagában –, hogy a tavaszi szántás (8,204 t/ha) biztosította a kukorica számára a jobb feltételt, azonban a 341 kg/ha többlethozam nem bizonyult szignifikáns különbségnek a tavaszi sekélyműveléshez (7,863 t/ha) viszonyítva (14. ábra). Ugyancsak 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

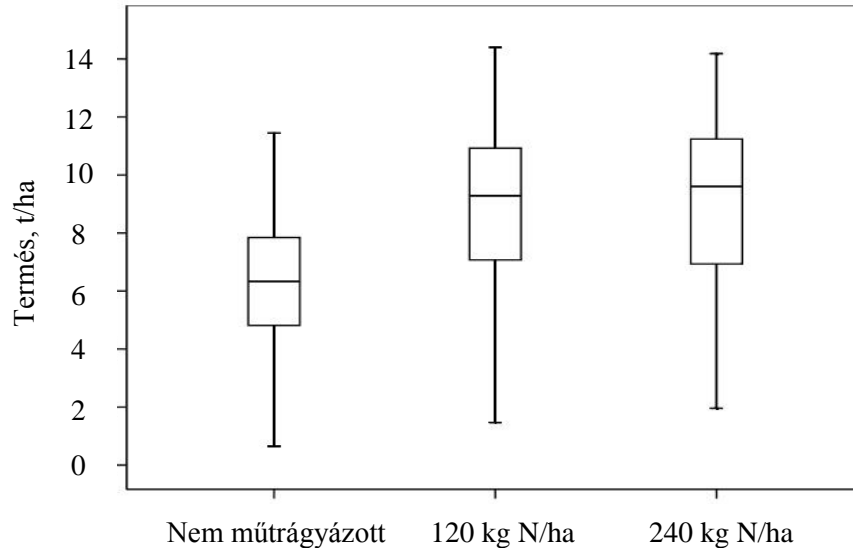
14. ábra. A talajművelés hatása a kukorica termésére (Debrecen, 2002–2006)



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

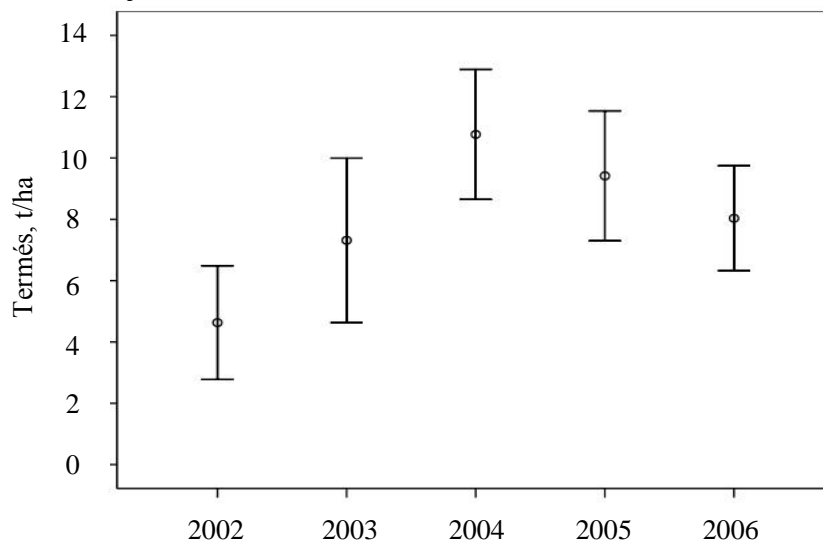
ki. A 120 kg N/ha kezelés termésátlagához képest szignifikánsan nem tért el a 240 kg/ha kezelés terméseredménye (15. ábra).

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)



4.1.7. 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.

4.2. A vetésidő hatásának értékelése a nagykereki kísérletben

4.2.1. 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.

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.

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

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

4.2.2. 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.

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).

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

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

14. táblázat. A vetésidő hatása a termésre, t/ha (Nagykerekci, 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

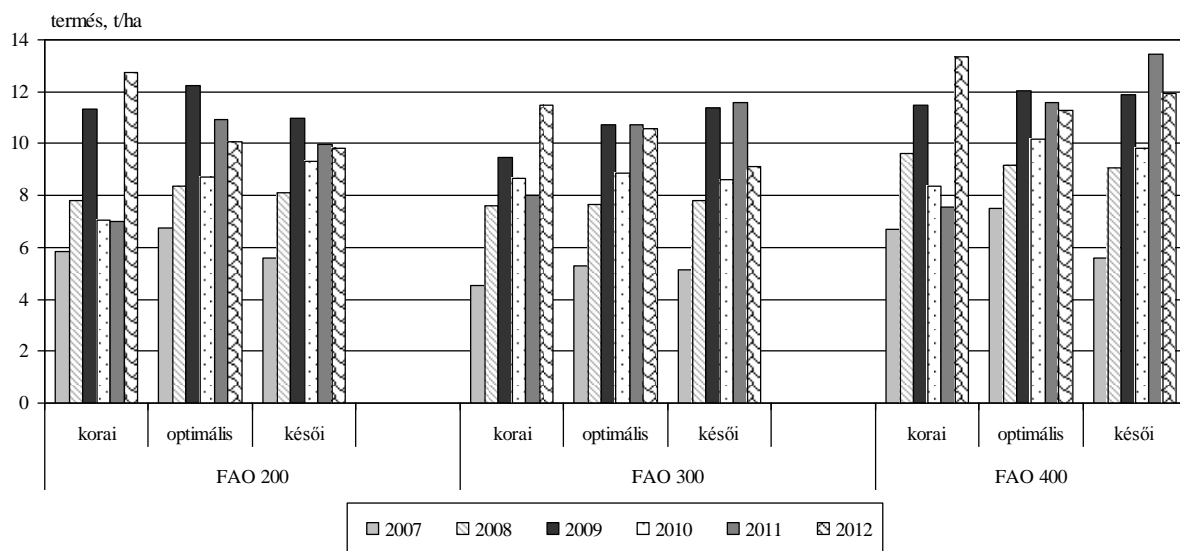
Az egy soron belül azonos betűvel jelzett adatok a Duncan-teszt alapján egymástól szignifikánsan nem különböznek

A FAO 200-as kukoricahibridnél 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 termésnövekedés (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 (17. 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 vetésé, azonban ez statisztikailag nem számszerűsíthető különbség. A késői (9,125 t/ha) vetés egyértelmű termésnövekedéssel járt az optimális vetéshez viszonyítva. 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.

17. ábra. Az évjárat és a vetésidő hatása eltérő FAO számú kukoricahibridek termésére (Nagykerek, 2007–2012)

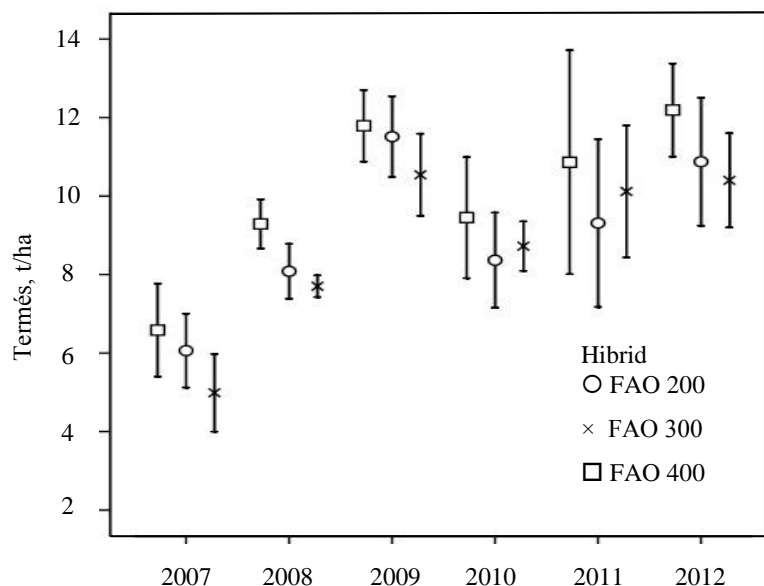


Az eredmények azt bizonyítják, hogy a kukoricahibridek termését a vetésidő nem minden évjáratban módosítja szignifikánsan. Azokban az években ahol a vetés időpontjának módosító hatása van a megbízható termésszint – kivéve 2012-es év, ahol a korai vetés – optimális vetésidőben (április 24.) érhető el.

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 (18. ábra). 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.

18. ábra. Az évjárat hatása eltérő FAO számú kukoricahibridek termésére (Nagykereki, 2007–2012)



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

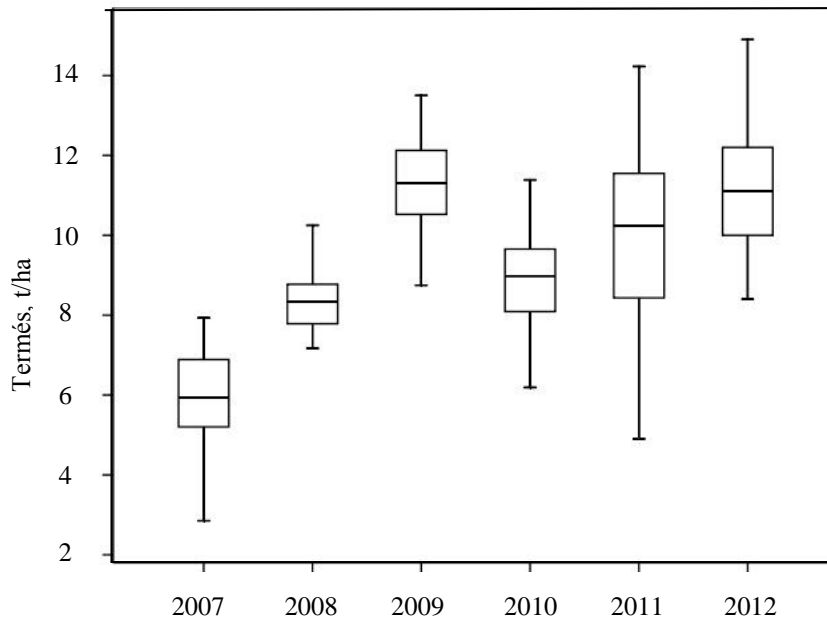
Tényezők	MQ	DF	F-érték
<i>FAO 200</i>			
Vetésidő [A]	4,615	2	4,734*
Év [B]	47,507	5	48,732***
A x B	6,280	10	6,442***
<i>FAO 300</i>			
Vetésidő [A]	3,261	2	6,737**
Év [B]	55,270	5	114,176***
A x B	4,129	10	8,529***
<i>FAO 400</i>			
Vetésidő [A]	5,032	2	4,914*
Év [B]	50,940	5	49,738***
A x B	8,832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

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

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 x év ($P < 0,001$) és az év x hibrid ($P < 0,05$) interakció szignifikáns volt, míg a vetésidő x hibrid kölcsönhatás nem befolyásolta a vizsgált paramétert.

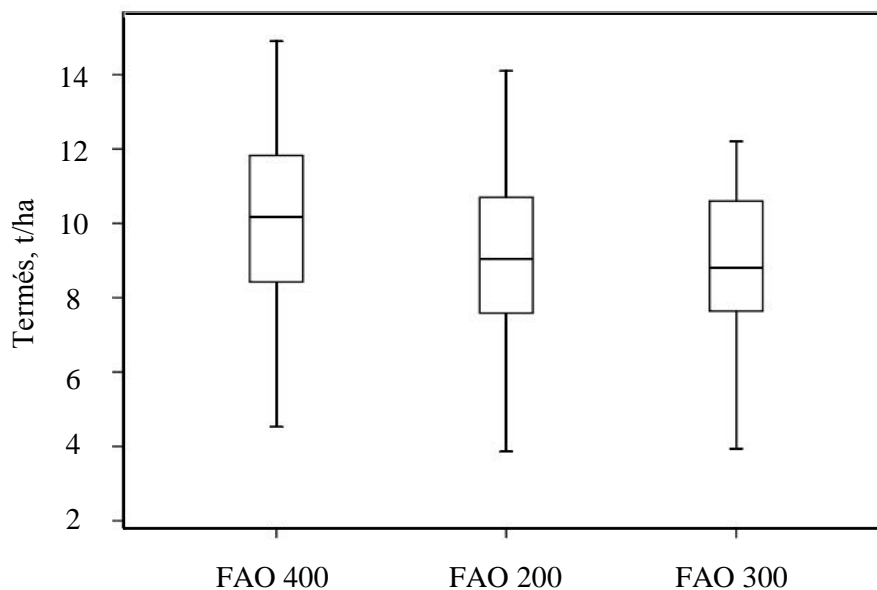
Az évjáratonként számszerűsített – a hibridek és a vetésidő átlagában – hozamok közül 2008. és 2010. évi, valamint a 2009. és a 2012. évi termések között az LSD teszt alapján nem volt kimutatható differencia (19. ábra).

19. ábra. Az évjárat hatása a kukorica termésére (Nagykerek, 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 (20. ábra).

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

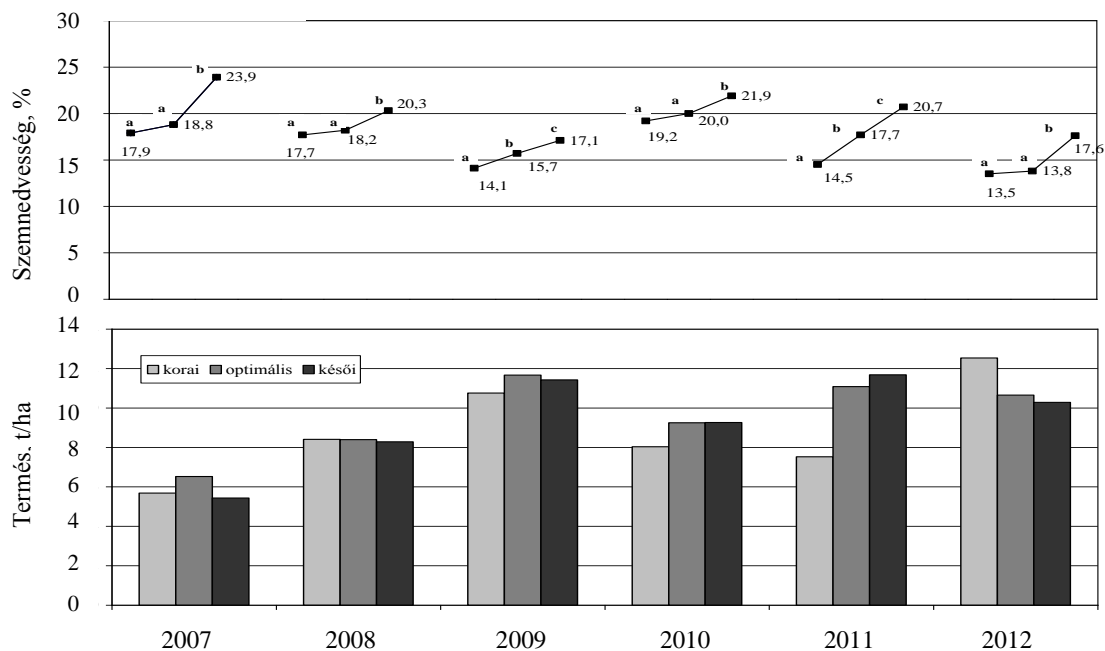


4.2.3. Vetésidő hatása a betakarításkori szemnedvesség-tartalomra

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 (21. ábra).

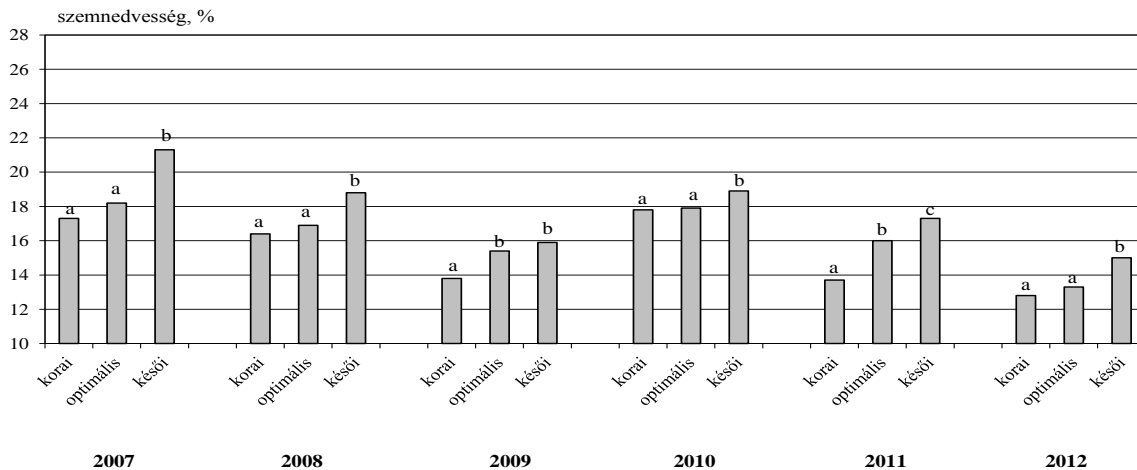
A FAO 200-as kukoricahibridnél a statisztikai vizsgálatok matematikailag igazolható ($P < 0,05$) különbségeket mutattak a vizsgált évek mindegyikében – kivéve 2009. évet – az optimális és a késői vetés szemnedvesség-tartalma között. 2007-ben volt a legjelentősebb, 17,5%-os növekedés, és a legkisebb mértékű 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 (22. ábra).

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



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

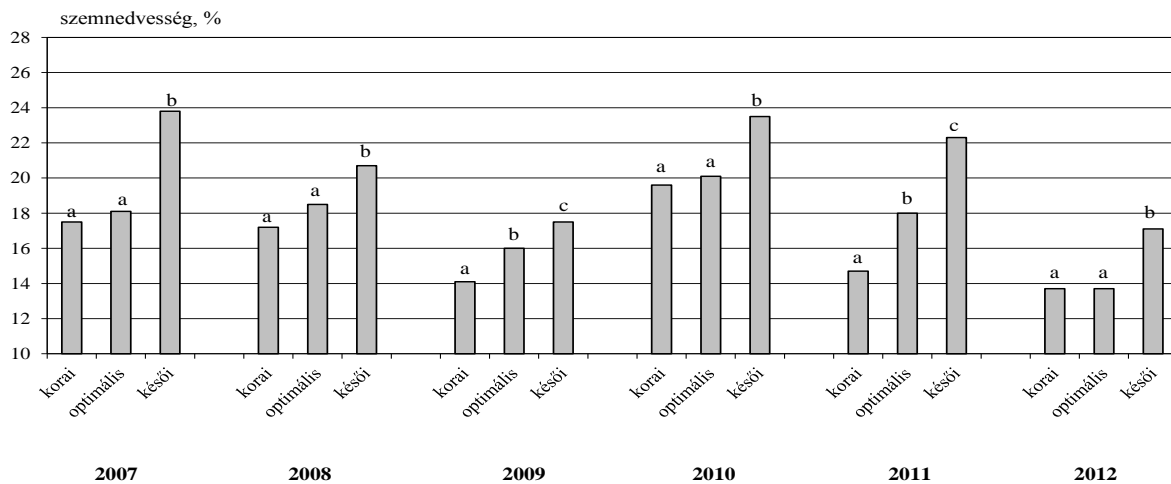
22. ábra. A FAO 200-as hibrid szemnedvességének alakulása
(Nagykereké, 2007–20012)



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) (23. ábra).

23. ábra. A FAO 300-as hibrid szemnedvességének alakulása
(Nagykereké, 2007–20012)

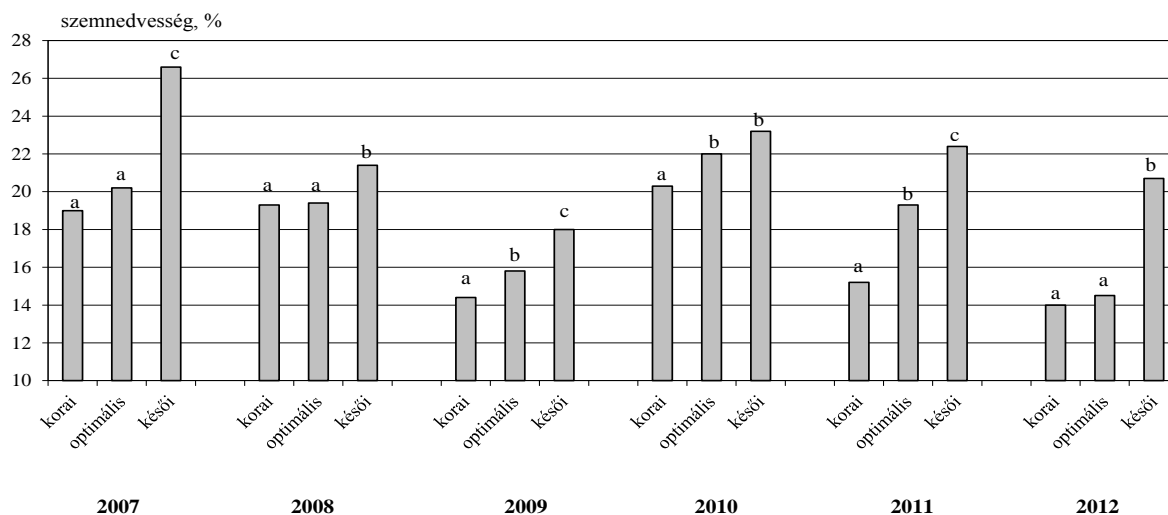


Jelmagyarázat: Az azonos betűvel jelzett adatok a Duncan-teszt alapján egymástól szignifikánsan nem különböznek

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%) (24. ábra).

24. ábra. A FAO 400-as hibrid szemnedvességének alakulása (Nagykereké, 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, % (Nagykereké, 2007–2012)

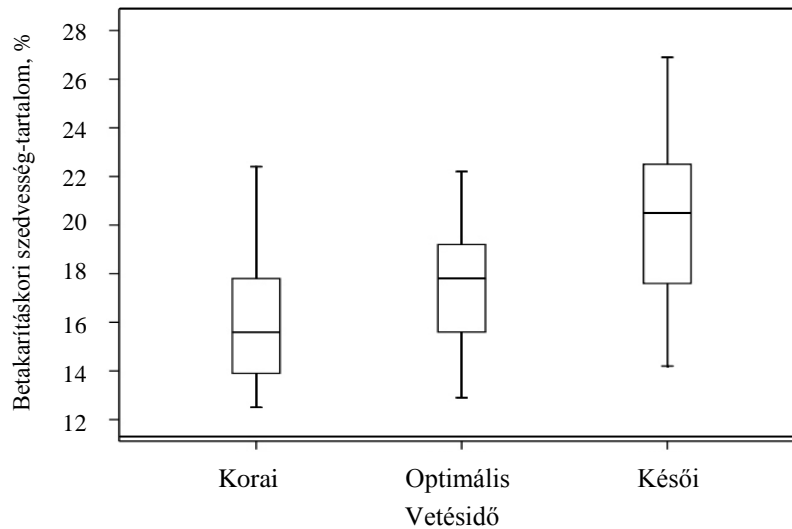
Tényezők	MQ	DF	F-érték
<i>FAO 200</i>			
Vetésidő [A]	40,115	2	148,619***
Év [B]	48,858	5	181,007***
A x B	1,837	10	6,807***
<i>FAO 300</i>			
Vetésidő [A]	141,030	2	229,573***
Év [B]	67,171	5	109,342***
A x B	4,736	10	7,710***
<i>FAO 400</i>			
Vetésidő [A]	157,613	2	316,379***
Év [B]	78,978	5	158,533***
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 ($P < 0,001$) nagyértékben meghatározza. A tényezők

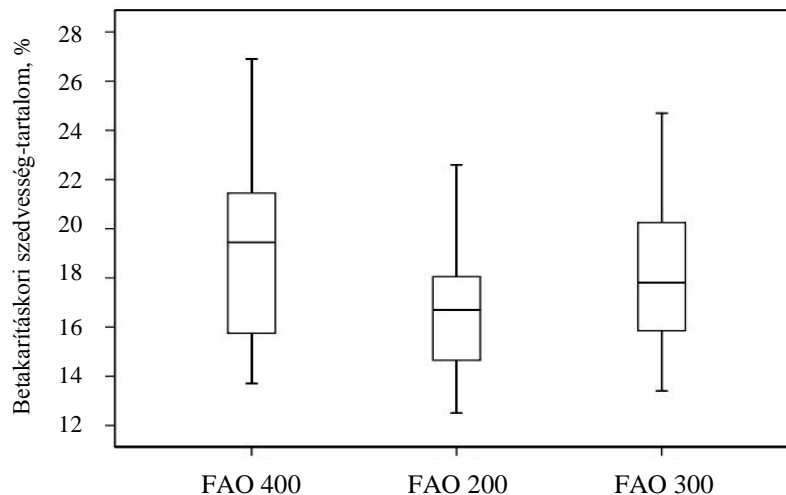
közül az MQ érték alapján a vetésidő módosító hatás volt a legjelentősebb. A legnagyobb szemnedvesség-tartalmak 2010-ben a korai és optimális vetésidőben, valamint 2007-ben késői vetésidőben adódtak. A korai vetésben az átlagos szemnedvesség-tartalom 16,1% volt, ez az érték az optimális vetésidőben 17,4%-ra növekedett és a késői vetésidőben már elérte 20,2%-ot is. A különbségek mindhárom esetben szignifikánsak ($P < 0,05$) (25. ábra).

25. 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 (26. ábra).

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



4.2.4. 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

4.2.5. 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).

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

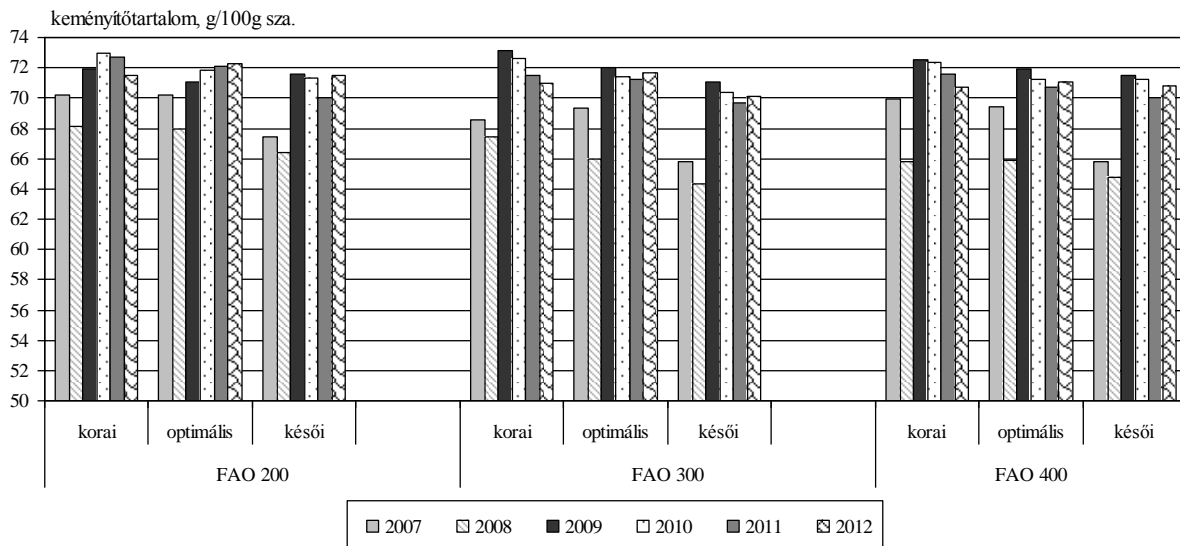
19. táblázat. A vetésidő hatása a keményítőtartalomra, g/100g sza.
(Nagykereki, 2007–2012)

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

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 (27. ábra).

27. ábra. A vetésidő hatása eltérő FAO számú kukorica hibridek keményítőtartalmára
(Nagykereki, 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 sza.) keményítőtartalma

vetésidőpontok előrehaladtával csökkent, statisztikailag igazolt különbség a korai és az optimális (1,2 g/100g sza.), valamint a korai és a késői (2,2 g/100g sza.) 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 sza.) és 2011-ben (1,6 g/100g sza.). 2012-ben az optimális vetés keményítőtartalma volt a legnagyobb (71,1 g/100g sza.), 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 sza.) keményítőtartalom kedvező évjárat (2008), míg a legnagyobb (72,6 g/100g sza.) a legcsapadékosabb (2010) évben volt. A két extrémnek (2007 és 2010) számító év eredménye közötti különbség is nagyon jelentős (3,0 g/100g sza.). Az optimális vetésnél is a 2008-as kedvező évjáratban volt a legalacsonyabb (66,6 g/100g sza.) 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}

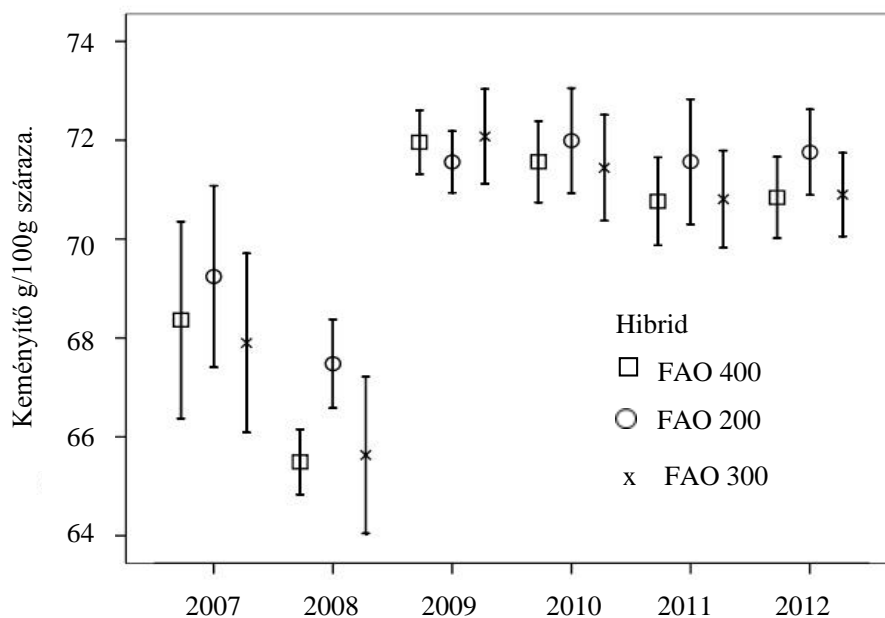
Jelmagyarázat: **P=0,01%, *P=0,05%, ns= nem szignifikáns

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 (28. 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.

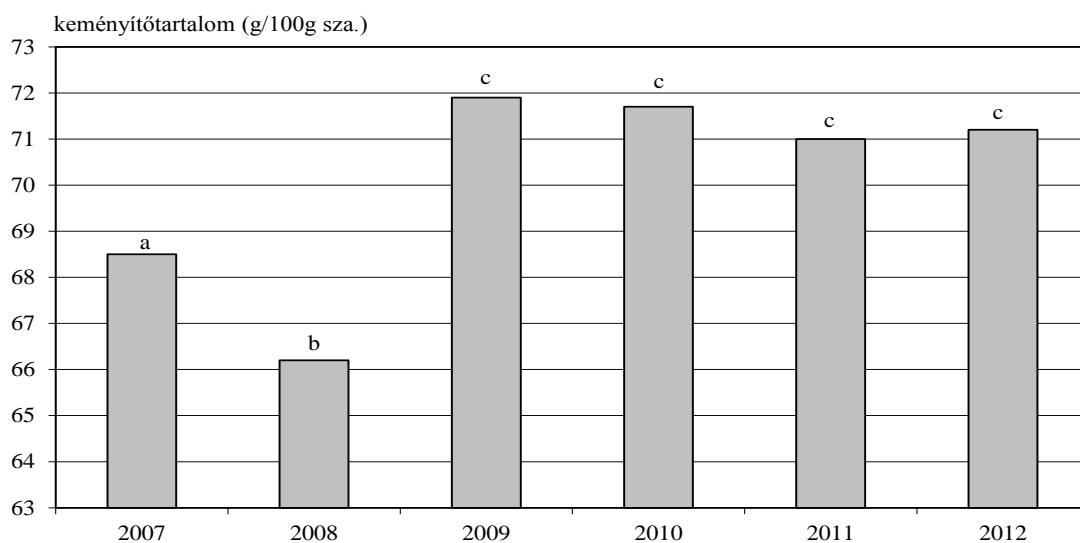
A háromtényezős varianciaanalízis kimutatta, hat év átlagában, hogy mindhárom tényező (vetésidő, a hibrid, évjárat) megbízhatóan ($P < 0,001$) befolyásolta a kukoricaszem keményítőtartalmát. Az MQ értékek alapján az évjárat (178,391) hatása volt a legjelentősebb, ezt követte a vetésidő (57,547) és a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

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



Az évjáratonként számszerűsített keményítőtartalom – a kezelések átlagában – 2009-ben volt a legnagyobb (71,9 g/100g sza.) és a legalacsonyabb 2008-ban (66,2 g/100g sza.). Az aszályos 2007-es és a kedvező 2008-as évek 0,1%-os szignifikancia mellett minden év keményítőtartalmától eltért. A többi évek között mérhető különbség nem volt (29. ábra).

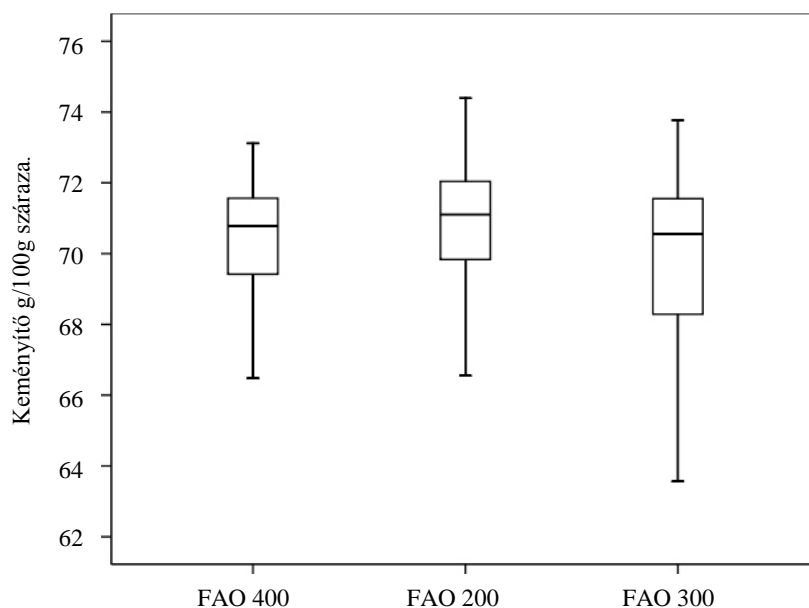
29. ábra. Az évjárat hatása a keményítőtartalom alakulására
(Nagykerek, 2007–2012)



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 hibridek közötti különbség minimális (30. ábra).

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



4.2.6. 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 vetésidőkben. 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=0,01%, *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}

5. 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 termeszető 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 mérteteket. A 120 kg N kezelés alkalmazásának a termésmenővelő 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 termésmenővelő 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 termésmenőbbltet 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 termésmenővelő 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 termeszetés 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 növényesűrűség 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 csapadékkellátottság 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 sza.) keményítőtartalom – hat év átlagában – a korai, a legalacsonyabb (69,0 g/100g sza.) a késői vetésben volt.

6. 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 termésmnövelő 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 termésnövekedést okozott.
4. A hosszabb tenyészidejű hibrid (FAO 400) kedvező évjáratban (2004) teljesített jól, termésmnövekedete 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 vetésidője 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.

7. 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.

IRODALOMJEGYZÉK

- ENSZ 2011. Egy milliárd ember éhezik. <http://www.origo.hu/nagyvilag/20100430-fao-ensz-egymilliard-ember-ehezik.html>
- FAOSTAT adatbázis 2010–2012. <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>
- 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.
- Geisler, G. 1980. *Pflanzenbau*. Verlag Paul Parey, Berlin - Hamburg.
- Heszky L. 2009. A növénytermesztés és növénynevelés globális kihívásai a 21. század elején, figyelemmel a burgonyára. Előadás: 2009. június 19-én Mórahalmon rendezett Burgonya Bemutatón.
- KSH 1970–2012. *Statisztikai évkönyvek*, Budapest.
- Láng I. – Jolánkai M. – Csete L. 2007. A globális klíma változás–hazai hatások és válaszok–A VAHAVA jelentés. Szaktudás Kiadó Ház Rt. Bp.
- Net1. <http://www.pannonbuza.hu/infratec1241NIT.pdf>
- OECD – FAO 2011. *Mezőgazdasági kitekintés 2011–2020*.

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 terméshozam-növelő 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.