

DEBRECENI EGYETEM
KERPELY KÁLMÁN DOKTORI ISKOLA

Doktori Iskola vezető:

Prof. Dr. Nagy János

MTA doktora

Témavezető:

Prof. Dr. Nagy János

MTA doktora

**AZ AGROTECHNIKAI TÉNYEZŐK HATÁSA A KUKORICA HIBRIDEK
TERMÉSÉRE ÉS KEMÉNYÍTŐHOZAMÁRA**

Készítette:

Balla Zoltán

doktorjelölt

DEBRECEN

2017

AZ AGROTECHNIKAI TÉNYEZŐK HATÁSA A KUKORICA HIBRIDEK BELTARTALMÁRA

Értekezés a doktori (PhD) fokozat megszerzése érdekében,
növénytermesztési és kertészeti tudományok tudományágban.

Írta: **Balla Zoltán, okleveles agrármérnök**

Készült a Debreceni Egyetem Kerpely Kálmán Doktori Iskolája
(Növénytermesztési és kertészeti tudományok doktori programja) keretében

Témavezető:
Prof. Dr. Nagy János, MTA doktora

A doktori szigorlati bizottság:

	név	tud. fokozat
elnök:		
tagok:		
		

A doktori szigorlat időpontja: 2017.

Az értekezés bírálói:

	név, tud. fok.	aláírás
Dr.....		
Dr.....		

A bíráló bizottság:

	név, tud. fok.	aláírás
elnök:	Dr.....	
titkár:	Dr.	
tagok:	Dr.....	
	Dr.....	
	Dr.....	
	Dr.....	
	Dr.....	

Az értekezés védésének időpontja: 2017.

TARTALOMJEGYZÉK	2
1. BEVEZETÉS	4
2. TÉMAFELVETÉS, CÉLKITŰZÉS	7
3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	10
3.1. A kukoricatermesztés jelentősége	10
3.2. A kukorica morfológiája és környezeti igénye	11
3.2.1. A kukorica származása, alaktani jellemzői	11
3.2.2. A kukorica éghajlat-, talaj-, víz- és tápanyag igénye	13
3.3. Az agrotechnikai tényezők hatása a kukorica termésére	16
3.3.1. A kukorica talajművelési rendszere, a talajművelés hatása a termésre	16
3.3.2. Műtrágyázás (N,P,K) hatása a termésre	17
3.3.3. A hektáronkénti tőszám hatása a termésre	21
3.4. A kukorica beltartalmi tulajdonságai, és az azt befolyásoló tényezők ...	22
4. ANYAG ÉS MÓDSZER	25
4.1. A termőhely bemutatása, Debrecen – Látókép Kísérleti Telep kisparcellás kísérlet jellemzése	25
4.2. A tartamkísérlet bemutatása	26
4.3. A kísérleti évek időjárása	30
4.4. A beltartalmi vizsgálatok módszerei	34
4.5. A minták beltartalmi értékeinek értékelése	34
4.6. Az alkalmazott statisztikai módszerek bemutatása	35
5. EREDMÉNYEK	37
5.1. A terméseredmények értékelése	37
5.2. A terméseredmények évenkénti értékelése (50 ezer tő/ha)	40
5.2.1. A 2012. év terméseredményének értékelése (50 ezer tő/ha)	40
5.2.2. A 2013. év terméseredményének értékelése (50 ezer tő/ha)	43
5.2.3. A 2014. év terméseredményének értékelése (50 ezer tő/ha)	46
5.2.4. A 2012-2014. évek terméseredményeinek összevont értékelése (50 ezer tő/ha)	51
5.3. Terméseredmények évenkénti értékelése (70 ezer tő/ha)	55
5.3.1. A 2012. év terméseredményének értékelése (70 ezer tő/ha)	55

5.3.2. A 2013. év terméseredményének értékelése (70 ezer tő/ha)	58
5.3.3. A 2014. év terméseredményének értékelése (70 ezer tő/ha)	62
5.3.4. A 2012-2014. évek terméseredményeinek összevont értékelése (70 ezer tő/ha)	66
5.4. Hektáronkénti keményítőhozam értékelése (50 ezer tő/ha)	69
5.4.1. A 2012. év keményítőhozamának értékelése (50 ezer tő/ha)	69
5.4.2. A 2013. év keményítőhozamának értékelése (50 ezer tő/ha)	72
5.4.3. A 2014. év keményítőhozamának értékelése (50 ezer tő/ha)	75
5.4.4. A 2012-2014. évek keményítőhozamának összevont értékelése (50 ezer tő/ha)	79
5.5. Hektáronkénti keményítőhozam értékelése (70 ezer tő/ha)	82
5.5.1. A 2012. év keményítőhozamának értékelése (70 ezer tő/ha)	82
5.5.2. A 2013. év keményítőhozamának értékelése (70 ezer tő/ha)	85
5.5.3. A 2014. év keményítőhozamának értékelése (70 ezer tő/ha)	87
5.5.4. A 2012-2014. évek keményítőhozamának összevont értékelése (70 ezer tő/ha)	91
5.6. Ismételt méréses variancia-analízis, 50 ezer tő/ha és 70 ezer tő/ha tőszám esetén, a kukorica termésmennyiségére és keményítőhozamára (2012-2014)	94
6. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK	111
7. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK	116
8. AZ EREDMÉNYEK GYAKORLATI HASZNOSÍTHATÓSÁGA	117
9. ÖSSZEFOGLALÁS	118
10. SUMMARY	121
11. IRODALOMJEGYZÉK	124
12. MELLÉKLETEK	139
13. PUBLIKÁCIÓS JEGYZÉK	142
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	148
NYILATKOZATOK	149

1. BEVEZETÉS

Az ENSZ legutóbbi becslése szerint 2017. július 1-jén közel 7,6 milliárd ember él a Földön (*World Population Prospects*, 2017). Az 1950. évi 2,5 milliárdos népesség napjainkra a háromszorosára gyarapodott. Lassuló ütemben ugyan, de tovább növekszik a Föld lakossága. A világ népessége 2050-re – a közepes szintű termékenységgel számolt prognózis szerint – 9,8 milliárdra nő, és 2100-ra már 11 milliárd fölé emelkedik. Ez a népességnövekedés az élelmiszer iránti kereslet még nagyobb mértékű igényét jelenteni (*Statistikai Tükör*, 2017).

A modern, fejlett országok termelésük során napjainkban is jelentős mezőgazdasági nehézségekkel szembesülnek, melynek okai: az instabil felvásárlási árak, a termelés mennyiségének ingadozása (pl. túltermelés), a szélsőséges időjárási viszonyok gyakorivá válása, valamint a termőföldek nagymértékű állapotbeli (minőségi) romlása, ami leginkább az egyoldalú termőföldhasználat eredménye. A teljes növénytermesztési vertikumra általánosságban igaz, hogy problémát jelent a termesztési tényezőkön belül (agrotechnikai, biológiai és ökológiai) a klímaváltozás előidézte időjárási szélsőségek kialakulása és egyre gyakoribbá válása; a talajállapot romlása; továbbá a szervesstrágyázás háttérbe szorulása. Ezek eredményeképpen csökken a talajélet aktivitása és kedvezőtlené válik a talajok termékenysége (hő–víz–levegő gazdálkodása). A rendelkezésre álló biológiai alapok megfelelőek, azonban nem mindig megfelelő a hibridválasztás. Az agrotechnikai tényezőknél sok esetben több olyan elemet lehet felsorolni, amely nem megfelelő, ilyen például az okszerűtlen vetésváltás vagy a szakszerűtlen tápanyag-visszapótlás. E negatív hatások nagymértékben ellensúlyozhatók a mezőgazdasági termelés még nagyobb mértékű korszerűsítésével, az okszerű és a célszerű agrotechnika alkalmazásával.

A Föld népességének élelmezése szempontjából legnagyobb jelentőséggel a szántóföldi növénytermesztés bír. Az iparilag fejlett országok lakosságának körében egyre kevesebben foglalkoznak élelmiszer-előállítással, amely magában foglalja mind a növénytermesztést, mind az állattenyésztést. Az élelmiszerszükséglet iránti igény átalakulását a bioüzemanyagok gyártására szolgáló alapanyagok termelése is jelentősen befolyásolja. A fosszilis energiahordozók – pl. kőolaj, földgáz – korlátozott mennyiségben állnak rendelkezésre, melynek következtében napjaink egyik nagy kihívása az alternatív megoldások megvalósítása, melyekkel a felmerülő energiaszükségletünket ki tudjuk elégíteni. Az alternatív megoldások során meg kell

említeni egyes szántóföldi növények (kukorica, napraforgó, repce, cukornád) ipari felhasználásának növekedését.

Várható, hogy a gazdasági versenyben az olaj helyét a víz fogja betölteni, azonban ha figyelembe vesszük, hogy a Föld vízkészletének csupán 2,5%-a édesvíz, aminek 60–70%-át a mezőgazdaság használja fel, akkor látható, hogy komoly kihívást fog okozni a víz gazdasági szerepének növekedése [a vízigény kukoricára vonatkoztatva: 1 kg szárazanyag előállításához 300–400 liter vízre van szüksége a kukoricanövénynek (Szanyi, 2016)].

A világon található szárazföld 10%-án – 1400 millió hektáron – folyik növénytermesztési tevékenység (Antal, 2005).

A 2014-es adatok alapján a világ össztermése kukoricából 939 millió tonna volt, melyet hozzávetőlegesen 178 millió hektáron állítottak elő, a termésátlag 5,27 t/ha volt. Az ötéves előrejelzések szerint ez a mennyiség további 63 millió tonnával növekszik, amely jelentősen befolyásolhatja az árakat is. Ez gyakorlatilag azt jelenti, hogy világszinten 12,6 millió tonnával kell többet termelni évente (Szanyi, 2016).

A kukorica 2015. évi termőterülete 9,33 millió hektár körül alakult az Európai Unió 28 tagállamában, ez 3%-kal maradt el az előző évitől. A termésátlag csaknem 22%-kal csökkent, 6,15 tonnával hektáronként, így az éves termésmennyiség kevéssel haladta meg az 57 millió tonnát. Ez közel 25%-os terméseszkökenést jelentett a 2014. évihez képest (Agrárunió, 2016).

A Magyarország területének ($\approx 9,3$ millió hektár) 80%-át kitevő termőterület 25 ezer hektárral növekedett 2015-höz képest, amely főként a nem hasznosított mezőgazdasági területek újra művelés alá vonásának az eredménye. A termőterületnek közel háromnegyede (5,4 millió hektár) a szűkebb értelemben vett mezőgazdasági terület, amely a szántó, konyhakert, szőlő, gyümölcsös és gyepek művelési ágak között oszlik meg (Statistikai Tükör, 2016).

Hazánkban – a kalászos gabonák mellett – a kukorica a legfontosabb szántóföldi növényünk. Vetésterülete évről-évre eléri az 1 millió hektárt. Ennek ellenére a kukorica vetésterülete jelentősen csökkent a növény iránt mutatkozó alacsonyabb kereslet miatt. A 135 ezer hektáros változás következtében a 2016. évi vetésterület – 1,03 millió hektár – a 2015. évinek csak a 88%-át éri el (Statistikai Tükör, 2016).

A növénytermesztés és ezzel együtt a kukoricatermesztés kiegyensúlyozottságát a természeti és termelési adottságok következetes összehangolásával tudjuk elérni. A hibridek tulajdonságainak, adaptációs képességeinek ismerete nélkülözhetetlen a

rentábilis termesztés megvalósításához. A kukoricatermesztés szempontjából kiemelkedő jelentőségű a tápanyagfelvétel, az agrotechnikai beavatkozásokra adott válaszreakciók ismerete, melyeket több éves tartamkísérletek során ismerhetünk meg.

A jelenkor legfontosabb célkitűzése a fenntartható gazdálkodás követelményeinek való megfelelés. A fenntartható fejlődés koncepciójának első – és szinte mindenki által elfogadott – meghatározását Gro Harlem Brundtland, a Környezet és Fejlődés Világ Bizottság (World Commission on Environment and Development) elnökasszonya fogalmazta meg az 1987-ben megjelent „*Our common future*” („*Közös jövőnk*”) c. tanulmányában. A tanulmányban a következő megfogalmazás áll: *„a fenntartható fejlődést olyan fejlődésnek tekinti, amelynek során a jelen szükségleteit úgy kell kielégíteni, hogy azzal nem veszélyeztetik a jövő generációk azon képességét, hogy saját szükségleteiket kielégíthessék”*.

A fenntartható fejlődés az agrárium vonatkozásában is megköveteli az ökológiai és ökonómia feltételekhez való alkalmazkodást, vagyis egy olyan szemlélet gyakorlatban való alkalmazását, amely megvalósítja a termelési igények és környezetvédelmi célok összehangolását, figyelembe veszi a termőhelyi adottságokat, és minimális környezeti terhelést okoz a gazdaságos termelés megvalósítása mellett.

A megfigyelések szerint egyre gyakoribbak az olyan szélsőséges időjárási események, amelyek korábban emberöltőnként csak egyszer fordultak elő. Magyarországon a tenyészidőszak kezdete korábbra tolódott, ami fellendítheti a mezőgazdasági termelést, ugyanakkor éves szinten csökkent a rendelkezésre álló vízmennyiség, mert kevesebb napon, de koncentráltabban, intenzívebben hullik csapadék, ami a mezőgazdaság számára – az új körülmények kialakulásával – kihívást jelent. Az éves középhőmérséklet világszerte növekszik, Európában az elmúlt 10 év folyamán 0,3–0,6 °C-os emelkedés volt megfigyelhető, számos klímamodell alapján azonban a hőmérséklet további növekedése prognosztizálható.

Fontos ismernünk, hogy a növényfajták miként reagálnak a megnövekedett légköri szén-dioxid-koncentrációra, a megemelkedett hőmérsékletre, a víz hiányára, és az ezek által együttesen kiváltott stresszhelyzetekre.

2. TÉMAFELVETÉS, CÉLKITŰZÉS

A kukoricatermesztéssel kapcsolatban ismert – a folyamatban lévő és az újonnan megjelenő kutatások alapján is –, hogy növénytermesztési szempontból egy széles körben elterjedt növényről van szó, amely magas terméspotenciállal rendelkezik, mindezek mellett pedig felhasználása is igen sokrétű – élelmiszer, takarmány, ipari nyersanyag, energetikai célú (Mengel, 1993).

A mára tényként elfogadott globális klímaváltozás eredményeként azonban megváltoztak a termesztési körülmények, melyek a kukorica termesztéstechnológiai kutatásainak további előrelépését követelik meg. A hosszú távú előrejelzések szerint hazánkban is egyre gyakoribb válnak az időjárási szélsőségek, ennek következtében az átlaghőmérséklet növekedése mellett csökken a csapadékmennyiség, mellyel számolni kell a termesztés során (Láng *et al.*, 2007).

A biztonságos növénytermesztés alapvető fontosságú elemei olyan agrotechnikai javaslatok, megoldások kidolgozása, melyek elősegítik az ágazat fenntarthatóságát, növelik gazdaságosságát és hatékonyságát. A folyamatosan kiéleződő piaci verseny a termelők számára iránymutatást ad a leghatékonyabb input-anyagok felhasználására és az okszerű-célszerű talajművelési eljárások alkalmazására, annak érdekében, hogy a stabil termelés hosszútávon fenntartható legyen.

Egy adott terület klimatikus tulajdonságainak alakulásért 65%-ban az évjárat, 35%-ban pedig az adott terület országon belüli elhelyezkedése a felelős (Jeney *et al.*, 1985). A klímaváltozás hatásként az évi átlagos középhőmérséklet +1 °C-os emelkedése a kukoricatermesztő terület zonális határát 300–350 km-rel észak felé tolja el (Carter *et al.*, 1991). A termésmennyiségben 20%-os ingadozást is jelenthet az időjárás nagymértékű változékonysága Varga-Haszonits (1987) szerint.

Az ökológiai, a biológiai és az agrotechnikai tényezők együttesen határozzák meg a kukoricatermesztés eredményességét és hatékonyságát. A különböző tényezők önállóan is erős hatással vannak a termesztésre, azonban együttes vizsgálatuk nélkülözhetetlen a termesztéstechnológia szempontjából (Csathó *et al.*, 1991; Debreczeni és Berecz, 2000; Huzsvai és Nagy, 2005; Nagy, 2007a).

Hazánkban a növénytermesztés és állattenyésztés kedvezőtlen, 60%:40%-os arányának következtében jelentős kukoricafeleslegeink vannak, melyeket gazdaságosabb lehet itthon ipari célra felhasználni, mint a külpiacokon értékesíteni. A magyarországi bioetanol-ipar felfuttatása megoldaná a kukoricatermelők értékesítési

gondjait, stabilizálná az agrárium helyzetét (Sárvári és Boros, 2014). Igaz meg kell említeni, hogy a szabadegyházai Hungrana Keményítő- és Izocukorgyártó és Forgalmazó Kft. megépítette Európában egyedülálló technológiájú és kapacitású, gyógyszerkönyvi minőségű alkoholt gyártó üzemét, amely elsősorban a gyógyszer- és a vegyipar számára állít elő bioökonómiai alapanyagot, ezzel enyhítve a gazdasági kérdések okozta nehézségeken.

Növénytermesztési szempontból legfontosabb tényezők, melyek egy növény termesztésének hatékonyságát befolyásolják: a genotípus, a víz- és tápanyag-ellátottság, valamint a tápanyag kijuttatásának ideje és megoszlása.

A hozamok növekedésére való igény mellett fontos kritérium az adott termésre vonatkozó minőségi mutatók szinten tartása, javítása. A minőségi jellemzők a beltartalmi tulajdonságokkal együttesen megadják az adott termés táplálkozási értékét, valamint ipari feldolgozhatóságának formáját.

Az Európai Unió a tagállamokra nézve kötelező határozatot hozott a bioüzemanyagok motorhajtóanyagokon belüli részarányának 10%-ra történő növelésére 2020-ig. Egyes tagállamok – akik nem képesek maguk előállítani az adott mennyiségű etanolt, mellyel el tudják érni az előírt bekeverési részarányt – kukoricaimportra szorúlnak. Számos ország képes gazdaságosan előállítani etanolt, többek között Franciaország 1250 millió liter/év, Németország 750 millió liter/év Spanyolország 465 millió liter/év mennyiségben (*Biofuels-platform*, 2016). Magyarországon a jelenlegi termelési körülmények között kukoricából lehet a leghatékonyabban etanolt előállítani.

A bioetanol-előállítás hatékonyságát azonban tovább növelhetjük a termesztési célnak megfelelő technológiával, melynek legfontosabb elemei: a hibridválasztás, a nitrogén, foszfor, kálium (NPK) tápanyag-ellátáson belül az N-P-K táparány változtatása.

A doktori dolgozat keretében olyan kukorica hibridek termesztésbeli vizsgálatát tűztam ki célul, melyek alapanyagként szolgálhatnak bioetanol gyártásához. A kiválasztott hibridek beltartalmi értékeit kívántam összehasonlítani közeli infravörös spektroszkópia segítségével – kiemelt figyelemmel kísérve az etanol-kihozatal szempontjából jelentős keményítőtartalmat.

Kutatásom további célja – az évjárat hatások vizsgálata mellett – az agrotechnikai tényezők közül a talajművelés, a műtrágyázás és az eltérő tőszám hatásainak vizsgálata a kísérletbe bevont kukorica hibridek termés mennyiségére és keményítőtartalmára a 2012, 2013, 2014. években.

A vizsgálatok legfontosabb célkitűzései:

- a vizsgált évek, évjárat hatásainak elemzése, termésmennyiségre gyakorolt hatásai;
- a vizsgált évek, évjárat hatásainak elemzése, keményítőhozamra gyakorolt hatásai;
- a vizsgált évek során alkalmazott talajművelési eljárások termésmennyiségre gyakorolt hatásai;
- a vizsgált évek során alkalmazott talajművelési eljárások keményítőhozamra gyakorolt hatásai;
- a vizsgált évek során alkalmazott műtrágya dózisok termésmennyiségre gyakorolt hatásai;
- a vizsgált évek során alkalmazott műtrágya dózisok keményítőhozamra gyakorolt hatásai;
- a vizsgált évek során alkalmazott különböző tőszámbeállítások termésmennyiségre gyakorolt hatásai;
- a vizsgált évek során alkalmazott különböző tőszámbeállítások keményítőhozamra gyakorolt hatásai;
- a tényezők komplex vizsgálata és kölcsönhatásaiknak számszerűsítése.

3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

3.1. A kukoricatermesztés jelentősége

A világ mezőgazdaságában kiemelt helyen szerepel a kukoricatermesztés, hiszen a kukorica az emberiség egyik legfontosabb növénye a rizs és a búza mellett (*Nagy és Sárvári*, 2005). A világon a 2014. év során a 178 millió hektáron megtermelt 939 millió tonna kukorica termésátlaga 5,27 t/ha volt (*Szanyi*, 2016).

Magyarország területe 9,3 millió hektár, melyből 2016 júniusában az ország területének 47%-át művelték szántóterületként (4,333 millió hektár), amely mintegy 3000 hektárral haladta meg az egy évvel korábbi értéket. A 4,333 millió hektárból a kukorica vetésterülete 1,03 millió hektár, ami a 2015. évi terület 88%-a (*Statisztikai Tükör*, 2016). A csökkenés részben azzal magyarázható, hogy az elmúlt évek bőséges termései túlkínálatot eredményeztek, amit tovább fokozott, hogy a kőolaj alacsony világpiaci ára mellett már kevésbé versenyképes a bioetanol, a mérséklődő igény pedig a vetésterület csökkenésének irányába hatott.

2015-ben 3,4%-kal kisebb területről takarították be a kukoricát, a termésátlag 27%-kal volt alacsonyabb, mint 2014-ben (*KSH Gyorstájékoztató*, 2015). A KSH szerint (*KSH Gyorstájékoztató*, 2016) kukoricát 11%-kal kisebb területről (1023 ezer hektár) takarítottak be 2016-ban, mint 2015-ben. A 8,8 millió tonnányi termés harmadával, a termésátlag (8,6 t/ha) 49%-kal volt magasabb, mint 2015-ben (*KSH Gyorstájékoztató*, 2016).

A kukorica magyarországi felhasználását tekintve legjelentősebb a takarmányozási célra történő felhasználás, az ipari felhasználás szempontjából a keményítő és a szeszgyártás alapanyagaként szolgál. Mellékterméke szintén nem elhanyagolható, mivel takarmányozásra, energetikai célokra, valamint a talajban tápanyag-visszapótlásra egyaránt felhasználható (*Hidvégi*, 2007).

Hazánk kukoricatermesztése az 1960-as évektől egyre intenzívebbé vált, amit a fokozódó műtrágyahasználat, a korszerű növényvédelmi eljárások megjelenése, a műszaki, infrastrukturális háttér és a genetikai alapok robbanásszerű fejlődése eredményezett (*Nagy és Megyes*, 2009). Ennek eredményeképp a termésátlag az 1980-as évekre – a korábbi időszakhoz (1960) képest – mintegy 2,5-szeresére növekedett (*Bocz és Nagy*, 2003). *Menyhért* (1985) szerint hazánk első helyen szerepelt az évenkénti termésátlagok vonatkozásában az 1960 és 1980 közötti időszakban,

világviszonylatban vizsgálva. A rendszerváltást követően a termésátlagok jelentősen visszaestek, ezzel együtt egy-egy évjárat terméssingadozása is számottevő volt. A 2000-es évek fordulóját a kukoricatermesztés szempontjából kettősség jellemezte. Egyrészt kiváló volt a hibridellátottság, megfelelő volt a gépészeti háttér (erő- és munkagépek), valamint a gyomirtó szerek és a műtrágya-ellátottság, másrészt viszont megjelentek az ún. nadrágszíj parcellák, ahol legtöbb esetben szakszerűtlen termesztéstechnológiát alkalmaztak az input-anyagok árának folyamatos emelkedése mellett. Ezek együttes jelenléte miatt nem lehetett az 1980-as évek jellemző kukoricatermesztési színvonalat biztosítani (Széll, 2004).

A hazai növénytermesztés szempontjából a legnagyobb probléma a klímaváltozás, a csapadék mennyiségének csökkenése és rendkívül kedvezőtlen eloszlása, továbbá a hőmérséklet emelkedése, ami növeli a talajfelszíni párolgást – az evaporációt –, ez pedig tovább fokozza a vízhiányt (Sárvári és Kovács, 2016).

Pepó (2005) szerint a kukoricatermesztésben elért kedvező termésátlagok nem agrotechnikai, hanem elsősorban kedvező évjáratok hatásainak tulajdoníthatók, azt azonban fontos megemlíteni, hogy az évjáratbeli különbségek nagyfokú kockázattal is járnak, mivel alapvetően befolyásolják a termés mennyiségét és minőségét, ezáltal a termeszítők jövedelmi viszonyait is. Több kutató, köztük Berzsenyi és Győrffy (1995) alapján elmondható, hogy az évjáratok hatására aszályosabb évben 4 t/ha, csapadékos évben 6 t/ha termést eredményezett vizsgálataikban.

3.2. A kukorica morfológiája és környezeti igénye

3.2.1. A kukorica származása, alaktani jellemzői

Hazai kutatók, így például Mándy (1974) és Menyhért (1985) is foglalkoztak a kukorica származásának felkutatásával. Mindkét említett szerző a Scheimann-elméletet vette alapul a kukorica eredetének meghatározásakor, azonban a mai napig nem tisztázott a kukorica pontos származása, pedig a búza és a rizs után az emberiség harmadik legfontosabb növénye. Menyhért (1985) leírása szerint a Mexiko város által irányított régészeti feltárások során 60 méteres mélységben 80 ezer éves kukoricapollent sikerült azonosítani a kutatóknak, ami egyértelműen a kukorica amerikai származását igazolja.

Az bizonyos, hogy a növény 1493-ban érkezett kontinensünkre (Spanyolországba) Kolumbusz Kristóf Európába való visszatérése során. A kukorica betegségei és kártevői

gyakorlatilag ismeretlenek voltak ekkor Európában, így a növénynek lehetősége volt arra, hogy termőképességét maximálisan kifejtse, amely hozzásegítette ahhoz, hogy az addig ismert összes gabonafélét termőképességben maga mögé szorítsa (Bocz et al., 1996). Az 1500-as évek kezdetén portugál és velencei hajósok közreműködésével az akkor ismert világ minden pontjára eljutott a növény. 1494-ben a növény megjelent Olaszországban, majd 1517-ben Egyiptomban, 1571-ben pedig már Franciaországban, valamint Németországban is. Magyarországra 1590-ben érkezett Olaszországból vagy Dalmáciából, és megjelent a törökök közvetítésével is. Hazánkban – mivel a tengerentúlról származik – tengerinek is hívják, illetve a török közvetítés miatt a törökbúza elnevezés is gyakori volt. Rendelkezésre állnak 1611-ből erdélyi feljegyzések is, amelyek már akkor a kukorica korabeli termesztéséről írnak (Pepó és Sárvári, 2011).

A kukoricát a Haiti-szigeteken az indián nyelv „mahiz”-nak nevezi. Linné svéd botanikus a görög kifejezésű *Zea* szóból (amely gabonaféléket jelent) és az indián mahiz szóösszetételből megalkotta a mai is ismert nevét: *Zea mays* L. (Pepó és Sárvári, 2011).

A kukorica (*Zea mays* L.) egyszikű, a pázsitfűfélék (*Poaceae*) családjába, a kukorica (*Zea*) nemzetségbe tartozó növény. Vad alakja nem ismert (Tuzson, 1926; Berzsenyi, 2012). A nemzetség monotipikus, csak a kukorica tartozik ide. A szakértők többsége a kukorica őseinek a gammafüvet (*Tripsacum dactyloides* L.) és a teosintet (*Euchlaena mexicana* Schrad) tekinti. Feltételezhető, hogy fejlődése kezdeti szakaszában nem volt váltivarú, virágzata a kalászos gabonafélékéhez volt hasonló. A pázsitfűvek gazdasági szempontból a legfontosabb növénycsalád, olyan termesztett növények tartoznak ide, mint a búza, az árpa, a rozs, a zab, a rizs, a cirokfélék, a köles, a kanáriköles, vagy mint a cukornád, de rokonai még a bambuszok és a gyepet alkotó fűvek is. Fejlődésének későbbi szakaszában a kukorica egyik átmeneti őse a pelyvás kukorica volt (*Zea mays* v. *tunicata*), ennél a kukoricacsövön minden szemet pelyva borít (Bocz et al., 1996).

A kukorica – mint a legtöbb fűféle – bojtos gyökerzettel rendelkezik, mely gyökérrendszert elsődleges és járulékos gyökök alkotják (Bocz et al., 1996). Járulékos gyökérképződés esetén három típust különböztetünk meg: a mellék-, a korona-, és a harmatgyököket (Lieber és Tavčar, 1939). A főhajtás adja a hajtásrendszer tengelyét, ami a talajszinten mellékhajtásokat nevelhet, ezek a főhajtáshoz hasonló felépítésűek (Berzsenyi, 2012). A hajtásrendszer maga a szár, az esetlegesen megjelenő oldalhajtások, a levelek, a címer és a cső (Nagy, 2007b). A kukoricánál a fajra jellemző a fattyasodási hajlam (Tavčar és Lieber, 1939). Bocz et al. (1996) szerint a fajtára

jellemző, hogy a magas tőszám mellett termesztett hibridek bokrosodási hajlama csekély. Csapadékos évjárat és jó tápanyag ellátottság esetén a kevésbé fattyasodó fajták is fattyasodhatnak (Láng, 1976). A kukoricaszár vastagsága és magassága a fajtára jellemző, amelyet a termesztési körülmények befolyásolnak (Nagy, 2007b). Györffy (1965) szerint a Magyarországon termesztett kukoricafajták növénymagassága 120–300 cm közötti, míg Berzsenyi (2012) szerint 130–350 cm között változik. A kukorica leveleinek száma 8–14 darab (Nagy és Sárvári, 2005). A kukorica egylaki, váltivarú növény, a fűfélék között egyedülállóan a hímvirágzat (címer) a nővirágzattól (cső) külön található (Bocz et al., 1996, Nagy és Sárvári, 2005). Magyarországi hibridek esetén 1–2, eseteként 3 nővirágzat is képződik egy növényen (Nagy, 2007b). A kukoricacső maga a megtermékenyült torzsavirágzat. A kukoricacső hossza Berzsenyi (2012) leírása alapján 10–30 cm között, Nagy (2007b) alapján 3–50 cm között változik. Egy csövön 600–1000 db szem található (Surányi, 1957). A kukoricatermesztés vonatkozásában a növényi produktum legértékesebb része maga a kukoricaszem. A kukoricaszem száraz, zárt, egyszemű termés, amiben a terméshéj és a maghéj teljesen összenőtt. A szemek hosszúsága 2,8–23 mm között változik, a szélességük és vastagságuk 2,7–18 mm közé esik (Nagy, 2007b, Berzsenyi, 2012). A kukorica ezerszem-tömege 200–430 g közötti értéket vehet fel (Pető et al., 1991).

3.2.2. A kukorica éghajlat-, talaj-, víz- és tápanyagigénye

Az éghajlat a kukorica növénytermesztés eredményére nagy hatást gyakorol (Pepó, 2005). A jó vagy átlag feletti terméseredményének eléréséhez megfelelő klimatikus viszonyok megléte szükséges (Ángyán, 1987). A különböző klimatikus tényezők – mint a hőmérséklet, a csapadék, a napsütéses órák száma – jelentős befolyással vannak a termés mennyiségére és a beltartalmi értékekre alakulására (Péter és Tolner, 1998). A hazánkban termesztett növények közül a kukorica a melegigényes növények közé sorolható (Bocz et al., 1996; Nagy és Sárvári, 2005). Az egyenletes és gyors keléshez minimum 10–12 °C talajhőmérséklet, 13 °C feletti éjszakai átlag léghőmérséklet, valamint állandóan nyirkos magágy szükséges (Shaw, 1976). Nagy (2007b) szerint a csírázáshoz elegendő a 8–10 °C átlagos talajhőmérséklet.

Bocz et al. (1996) szerint a legnagyobb termést a kukorica termesztése során akkor éri el, ha a nyári hónapok átlaghőmérséklete 21–27 °C között változik, ezzel szemben Berzsenyi (2012) szerint ez az átlaghőmérséklet csak 20–22 °C. A kukorica a -2 °C-ot meghaladó lehűlések esetén teljesen elszáradhat, aminek következtében teljesen

kipusztul a növény (Nagy, 2006). A magyarországi hibridek jellemzően 1100–1400 °C hasznos hőösszeget igényelnek a tenyésztésben (Nagy és Sárvári, 2005).

A kukorica talajigényét nézve, a termesztett gabonafélék közül a talajra és annak kultúrállapotára a legigényesebb (Nagy, 2005). Nagy termést mélyrétegű, humuszban és tápanyagokban gazdag, középkötött vályogtalajon produkál. A kukoricát világszerte a jobb minőségű talajokon termesztik (Bocz, 1992). A termesztésbe vont területek pH-ja a 6,6–7,5 között változik. Az 5,6 alatti pH érték esetén a termésmennyiségben visszaesés tapasztalható, ami ellensúlyozható megfelelő Ca-ellátással, és az ellátás folyamatos fenntartásával (Menyhért, 1985). Kiemelt jelentősége van a talajhőmérsékletnek a gyökerek fejlődésére, ezáltal a megfelelő tápanyagfelvétel kialakulására. Az optimálistól negatív irányba eltérő talajhőmérséklet kedvezőtlen körülményeket biztosít a gyökerek fejlődésének (Ching és Barber, 1979), ennek következtében a növény tápanyagfelvétele vontatott lesz (Mackay és Barber, 1984). A felsoroltakkal ellentétben hazánkban több olyan területen is termesztene kukoricát, ahol a terület adottságai nem megfelelőek. Így rossz vízforgalmú, homokos textúrájú, alacsony szervesanyag-tartalmú, sekély termőrétegű talajokon is termesztik a kukoricát, azonban ezeken a területeken javasolt a kisebb vízigényű, korai éréscsoportba tartozó hibridek választása (Láng, 1976).

A kukorica vízigénye – a nagy termés potenciál miatt – magas (Bocz et al., 1996). Huzsvai és Nagy (2003) szerint a vetés és a virágzás közötti időszakban lehullott csapadék mennyisége sokkal inkább meghatározó a termés mennyiségére, mint a téli félévben lehullott csapadék mennyisége. Szász (2000) szerint a talaj nedvességtartalmának változékonysága miatt a termések elsősorban térbeli heterogenitásának okozója, ellenben az éghajlat – ezen belül is kiemelten a csapadékelátás nagy variabilitása –, a termések tér- és időbeli szórásának okozója. A kukorica vízigénye 450–550 mm/év, a napi vízfogyasztása 4,5–5,5 mm/ha (Nagy, 2007b). Bocz et al. (1996) és Berzsényi (2012) szerint a kukorica vízigénye 460–580 mm között ingadozik. A termés eredmények szórásának okozója a talajnedvességtartalom változása. A növény szárazanyag-készletének 80%-át a címerhányást megelőző egy hónapban halmozza fel, így ekkor van a legtöbb nedvességre szüksége (Berzsényi, 2012). A kontinentális éghajlaton, így hazánkban is, a legnagyobb terméslimitáló tényező a vízellátottság (Nagy, 2007b).

Dóka és Pepó (2007), valamint Pepó et al. (2006) szerint a növény megfelelő vízmennyiség megléte mellett képes a talajban található tápanyagokat felvenni.

E szerzők mellett azonban Szász (1988), illetve Novák és Vidovic (2003) szerint a felvehető tápanyagok mennyisége nagyban függ a talaj hőmérsékletétől és a talajban megtalálható víz mennyiségétől együttesen. A vízhiány esetenként nagymértékű terméseszköket eredményezhet, attól függően, hogy a fellépő vízhiány a növény mely fejlettségi stádiumában következik be, milyen a növény genetikai stressztűrő képessége, valamint, hogy a fellépő stresszhatás milyen mértékben, és mennyi ideig sújtja a növényt (Lorens *et al.*, 1987). A kukorica termésképződésében nagy szerepet kap a napsütés, a légköri hőmérséklet, a rendelkezésre álló, felvehető tápanyagok mennyisége, valamint a tenyésztésben rendelkezésre álló víz mennyisége (Kreucz, 1977; Pakurár *et al.*, 2004; Huzsvai és Nagy, 2005; Megyes *et al.*, 2005; Káta *et al.*, 2006). A kukorica nagy mennyiségű tápanyagot igényel, amihez a növény nagyfokú tápanyag-hasznosító képességet társít (Menyhért, 1985; Ruzsányi, 1992a; Berzsenyi-Janossits, 1993; Pakurár *et al.*, 2004).

A műtrágyázás kiemelt jelentőséggel bír a kukorica termésmennyiségét befolyásoló termesztéstechnológiai elemek közül (Bocz, 1976; Németh és Várallyay, 1998; Máté és Jolánkai, 2001; Svecnjak *et al.*, 2004; Széll *et al.*, 2005; Bharati *et al.*, 2007; Nagy, 2007a; Debreczeniné, 2009). A műtrágyázással csökkenthetőek a különböző termőhelyek és az időjárási tényezők által előidézett mennyiségi és minőségi egyenetlenség (Árendás, 2006; Ványiné, 2010a). A felvett tápanyag mennyisége – azaz a kijuttatott tápanyag hatása és hasznosulása – nagymértékben függ az évjárártól (Csathó *et al.*, 1991; Kádár, 1992; Nagy és Huzsvai, 1995; Nagy, 2007a), a termőhelytől, a genetikai tulajdonságoktól, és az alkalmazott agrotechnikától (Bruetsch és Estes, 1976; Pintér, 1979; Debreczeni és Berecz, 2000). A műtrágyázás termésmenyevekedésre gyakorolt hatását Berzsenyi és Györffy (1994) 31%-ban, míg Nagy (2005) 48%-ban határozta meg. A kukorica által egy tenyésztési időszak alatt egy tonna termés képzéséhez szükséges műtrágya mennyiségét különböző mennyiségben határozták meg, így Menyhért (1979) szerint 24 kg N, 10 kg P₂O₅, 24 kg K₂O, Antal (1999) szerint 28 kg N, 11 kg P₂O₅, 30 kg K₂O, míg Berzsenyi (2012) szerint 25 kg N, 11 kg P₂O₅, 20 kg K₂O hatóanyag szükséges egy tonna szemtermés előállításához. A műtrágya-kijuttatás elengedhetetlen feltétele a talaj NPK-készletének vizsgálata annak érdekében, hogy harmonikus tápanyag-gazdálkodást lehessen megvalósítani (Sárvári és Kovács, 2016).

3.3. Az agrotechnikai tényezők hatása a kukorica termésére

3.3.1. A kukorica talajművelési rendszere, a talajművelés hatása a termésre

A talajművelés rendszerét mindenkor a talaj típusa, a talaj állapota, valamint az évjárat sajátosságai szerint a növényfaj és –fajta speciális igényeihez kell igazítani, változtatni, kiegészíteni, vagy csökkenteni (Jóri, 2014).

A kukoricatermesztés agrotechnikájának egyik fontos kérdése a vízmegőrző talajművelés alkalmazása (Antal, 1987). A téli csapadékot megfelelő mennyiségben befogadó és tároló talajművelés, valamint az őszi alpművelés az eredményes kukoricatermesztés alapvető feltétele. A talaj-előkészítési eljárás két műveleti csoportra osztható: őszi alpművelés és a tavaszi magágykészítés. A talaj előkészítésének módját az elővetemény lekerülésének ideje határozza meg. Ezek alapján két talaj-előkészítési módot különböztetünk meg: a korán lekerülő elővetemény (kalászos gabonák) utáni talaj-előkészítést, és a későn lekerülő elővetemény (kukorica, napraforgó) utáni talaj-előkészítést (Nyíri, 1993).

Jolánkai (2002) szerint a korán lekerülő elővetemény után a legfontosabb feladat a tarlóhántás elvégzése, amellyel a vízmegőrzést biztosíthatjuk, valamint a művelet elvégzése a kelő gyomok gyérítését is eredményezi. Azt az állítást, mely szerint a talajmunkálatok és a talajnedvesség mennyiségének változása szoros összefüggésben van, több kutató is igazolta (Pusztai, 1961, 1966; Gyuricza és Birkás 2005; Rátonyi et al., 2006). Négyévenként mélyítő művelés elvégzésével segíthetjük a talaj nedvességének és szerkezetének megóvását (Manninger, 1957). Surányi (1957) szerint a száraz évjárat esetén a kukorica vízhiánya még inkább kockázati tényező, így az esetlegesen alkalmazott tavaszi szántás mellőzése indokolt annak érdekében, hogy a talaj víztartalma ne csökkenjen nagymértékben, Nagy (2012) azonban kedvező évjárat esetén javasolja a tavaszi szántás alkalmazását alpművelésként. Hegedűs (1984) négyéves tartamkísérletében legjobb alpművelési eljárásként az őszi szántást említi – ami a kukorica termésére a legnagyobb mértékű pozitív hatást gyakorolja –, ezt követi a tavaszi sekélyművelés, majd pedig a tavaszi szántás. Káposzta (1968) alapján az őszi és tavaszi szántás termésre gyakorolt hatása nem igazolt jelentős különbséget.

Nagy (1995) a mélyrétegű vályogtalajon végzett őszi szántás termésmenővelő hatását igazolta a tavaszi, forgatás nélküli sekélyműveléssel szemben. A szántás nélküli alpműveléshez viszonyítva mintegy 9%-os terméstöbbletet közöl az őszi szántás alkalmazása esetén, aszályos évben azonban az őszi szántás pozitív hatása

mérsékeltőbb, hatása fél tonnára tehető maximálisan. *Birkás et al.* (1999) szerint a tavasszal végzett sekély, forgatás nélküli tavaszi sekélyművelés kedvezőtlenül hat a termés mennyiségének alakulására. *Fenyves* (1997) alapján a kukorica számára a szántásos és lazításos technológiai elemek alkalmazása minden esetben kedvezőbbnek bizonyult. *Gecse* (2001) szerint aszályos években kifejezetten hátrányos a tavaszi sekélyművelés.

A „csökkentett talajművelési rendszerek” alkalmazása esetén fellépő terméseszkökenél miatt a forgatás nélküli rendszerek nehezen terjednek el Európában (*Jones et al.*, 2006). *Surányi* (1957) a tavaszi szántást kedvezőnek ítéli meg, a kukorica kelése és kezdeti növekedése szempontjából, azonban a tavaszi bolygatás miatt kialakuló talajnedvesség-csökkenés negatív hatással bír aszályos, száraz években. A tavaszi szántásos alpművelés további kockázatot jelent olyan területeken, ahol magas az agyagtartalom, így nehéz a jó minőségű szántás elvégzése. *Birkás* (2017) szerint a tavaszi szántás indokolatlan mélyítő hatása, a több taposás, a nedvességveszteség, a kiegyenlítetlen nedvességű és aprózottságú állapot miatt többnyire hátrányos. *Nagy* (2005) vizsgálta különböző genotípusú kukorica hibridek terméseredményeire gyakorolt hatását más-más talajművelési eljárások esetén. Kísérletei igazolták, hogy egyes hibridek alkalmazkodó képességeiknek köszönhetően tavaszi szántás, és szántás nélküli talajművelés alkalmazása esetén is aszályos években jó terméseredményt hoztak. Szoros összefüggés figyelhető meg a talajművelés módja, eszközei, továbbá a talajnedvesség megőrzése és a terméshozamok nagysága között (*Vajdai* 1991; *Nagy*, 2007b alapján).

Győrffy és Szabó (1979) szerint *Nagy* (2007a) alapján a művelés mélységének, a műveletek számának hatását a műtrágyázás alkalmazása kiegyenlíti vagy csökkenti.

A talajművelés mélységének és a trágyázás kölcsönhatását szintén vizsgálta *Sipos S.* (1968) és *Sipos G.* (1978). Eredményeik azt mutatják, hogy a két tényező közül a trágyázás hatása volt nagyobb befolyással a terméshozamra, azonban azt is leírták, hogy a száraz évjárat e két tényező kölcsönhatását módosítja.

3.3.2. A műtrágyázás (NPK) hatása a termésre

A műtrágyázás a tápanyagellátás módjai közül a legjelentősebb agrotechnikai eljárás. A műtrágyázás során alkalmazott dózis adott mennyiség felett már nem a növény igényeinek kielégítését, hanem a talaj feltöltődését szolgálja *Loch és Jászberényi* (1987), *Sarkadi* (1991), *Csathó et al.*, (2000) szerint, *Ványiné* (2008) alapján.

Győrffy (1976) alapján megállapítható, hogy a kukorica termésnövekedését a trágyázás 27%-ban, a fajta 26%-ban, az ápolás 24%-ban, a növényszám 20%-ban, és a mélyművelés 3%-ban befolyásolta. Ezzel szemben a műtrágyázás termésképződésre gyakorolt hatása Berzsenyi és Győrffy (1994) 31%-ban határozta meg, míg Nagy (2005) 48%-ot ír. Pepó és Csajbók (2014) kutatásai nyomán a trágyázásnak 39%, a vetésváltásnak 28%, az öntözésnek 14%, a tőszámnak 7% befolyásoló hatást tulajdonítanak a termés mennyiség növekedésére. A betakarított terméstöbblet a felsorolt tényezők interakciójának eredménye, ezért gyenge tápanyag-ellátottságú talajokon a trágyázás a többi tényező hatását nagyobb mértékben befolyásolja, mint egy jobb tápanyag-ellátottságú talajon (Ványiné, 2008).

A kukorica termés hozam-többletek elérésében a legnagyobb szerepe a kijuttatott nitrogén mennyiségének van (Győrffy és I'só, 1966; Balláné, 1968; Latkovicsné és Krámer, 1968; Bocz, 1974; Bocz, 1976; Anda, 1987; Nagy, 1986; Ahmad, 2000; Berzsenyi, 2009a), főleg monokultúrás termesztés esetében (Dóka és Pepó, 2007). Bruns és Ebelhar (2006), valamint Zuber et al. (2015) szerint a nitrogénnek a termés minőségére és más elemek felvételére is hatása van, míg Shah et al. (2003), Borwn et al. (2014), valamint Alvarez és Grigera (2005) kutatásai azt mutatják, hogy hiánya világszerte a gabonafélék termésének egyik leginkább limitáló tényezője. Szalka (1996) kísérleteiben igazolta a nitrogén foszforfelvételre gyakorolt kedvező hatását. Ez a kedvező kölcsönhatás fordítva is helytálló, azaz a foszforadagok növelése kedvezően befolyásolja a nitrogénműtrágya érvényesülését – áll Bennett et al. (1962), Szirtes (1971), valamint Liebig et al. (2002) közléseiben.

A maximális termés eléréséhez szükséges nitrogén mennyisége – többek között – függ a talaj tápanyag-ellátottságától, az évjáratától, és egyéb agrotechnikai tényezőktől (Nagy, 2010; Kádár, 2012; Pepó, 2012; Allmaras et al., 2004). Arra vonatkozóan, hogy a legnagyobb termés eléréséhez mennyi nitrogén kijuttatása szükséges hektáronként, eltérő kutatói írások állnak rendelkezésre. Blaskó és Zsigrai (2010) 100 kg/ha, Széll és Kovácsné (1993) 200 kg/ha, Sárvári (1995) az elővetemény függvényében 60–120 kg/ha, Nagy (1995b) nem öntözött termesztésben 90–120 kg/ha, Miao et al. (2006) termőhelytől függően 93–195 kg/ha, Werner (1983) pedig 214 kg/ha nitrogén kijuttatását tartja optimálisnak. Nagy (2007a) későbbi véleménye szerint száraz évjáratokban alacsonyabb, azaz maximum 60 kg/ha nitrogén kijuttatása indokolt, mivel ennél magasabb mennyiségnél megnő a termelési kockázat. Kádár és Márton (2007a)

mészlepedékes csernozjom talajon végzett kutatásai szerint a termés maximális értéke a 100–150 kg/ha nitrogénadaghoz köthető.

Több kutató együttes véleménye, hogy a műtrágyázás mellett fontos a szerves trágya kijuttatása is, mivel az hatással van talajéletre, a talaj tápanyag-szolgáltató képességére, a termés mennyiségére, valamint annak minőségére (*Nel et al.*, 1996; *Jamwal*, 2005; *Sara és Mondal*, 2006; *Falano et al.*, 2014), azonban e szerzők véleményével *Debreczeni és Berecz* (2000) nem ért egyet, mivel kutatásaik alapján – a minimumtrágyázással összehasonlítva – nem tapasztalták a termés, illetve a kivont NPK mennyiségének szignifikáns növekedését szerves trágya használata esetén. Az okszerűtlen mennyiségben kijuttatott műtrágya mennyisége a környezetre is káros hatással lehet (*Németh és Buzás*, 1991; *Ruzsányi*, 1992b; *Sárvári*, 1995, *Mulvaney*, 2009). *Geisler* (1988) szerint a kevésbé kötött talajokon a kimosódás lehetősége még nagyobb mértékben áll fent, mint egy kötöttebb talajon.

Optimális mennyiségben rendelkezésre álló víz esetén a növény a számára optimális mennyiségben veszi fel a nitrogént (*Traynor*, 1980). A nitrogén hatása leginkább genotípus függvénye, vagyis nemesítéssel javítható (*Moll et al.*, 1982). Más-más tenyésztési hibridek esetén a nitrogén, száraanyag- és termésnövelő hatása a vegetációs periódus hosszának függvényében eltérő (*Coulter és Nafziger*, 2008; *Varga et al.*, 2008; *Berzsenyi*, 2009a, *Persson et al.*, 2009).

A növénytermesztés és egyben a növények másik fontos tápeleme a foszfor. A növényekben szerves és szervetlen formában található (*Nagy*, 2007b). A foszfor szoros kapcsolatban van a nitrogénnel és a fehérjevegyületekkel. A generatív szervekben 3–6-szor nagyobb a foszfor mennyisége, mint a vegetatív szervekben. A növények számára nélkülözhetetlen, de termésnövelő hatása kisebb, mint a nitrogéné, mivel a vegetatív szerveket kis mértékben gyarapítja (*Debreczeniné és Sárdi*, 1999b). Ezzel szemben *Zsigrai* (1997) szerint a termés növelésében legnagyobb szerepe a foszfor ellátásnak van, majd ezt követi a nitrogén és a kálium. A megfelelő foszforellátás meggyorsítja a növények fejlődését és érését (*Nagy*, 1993). Hiányában anyagcserezavar lép fel, késlelteti a virágzást és az érést is (*Loch és Nosticzius*, 1983). A foszfor a talajban szerves és szervetlen kötésben található. *Győri* (1984) és *Loch* (1992) szerint 0,01% és 0,12% között változik a talajok összes foszfortartalma. *Loch és Nosticzius* (1983) szerint a foszforban gazdag növények szárazságtűrése jobb, azaz hiányban nő az aszályérzékenység a növényben.

A kukorica foszforigénye nem nagy, ugyanakkor gyenge a foszfortárgya-reakciója (Nagy, 2007b). Csathó (2004) megállapította az általa végzett 84 hazai szabadföldi foszfor-hatás kísérlet során, hogy a gazdaságos terméshez 22 kg/ha foszforra van szükség. A vizsgálatai során a foszfor kontroll parcellák szemtermése 6,26 t/ha, a foszfortrágyázás nélküli parcellák e terméseredmény 95%-át érték el, vagyis a terméstöbbletben kifejezett foszforhatás 0,25 t/ha, ami csekély mennyiségnek felel meg.

A foszforműtrágyázás ideje nagyban függ az alkalmazás módjától. Nagy (2007a, 2007b) szerint a legmegfelelőbb az őszi egyenletes kiszórás és bedolgozás. A tavaszi sekélyműveléssel bekevert foszfor az első évben pozitív hatást minimális mértékben eredményez.

A modern növénytermesztési technológia további fontos eleme a kálium. A kálium jelentősége a növény életében sokoldalú (Nagy, 2007a). A növények aktív úton, egyértékű kationként veszik fel, legnagyobb mértékű felvételi időszak a növény vegetatív fejlődési időszaka. Legnagyobb mértékben a vegetatív részekben található, így a szár- és tarlómaradványokat a talajba dolgozva azok természetes káliumforrásként szolgálnak a tápanyag-visszapótlás során (Bergmann és Neubert, 1976; Loch és Nosticzius, 1983; Beringer és Nothdurft, 1985; Weber, 1985, Csathó, 1997 szerint, Nagy 2007b nyomán). Lásztity et al. (1985) a kutatásaik során kapott eredményekkel az előző megállapítást kiegészítik, miszerint a fő kálium-felvételi időszak a virágzáskor tapasztalható, majd a betakarítás időpontjáig a növényi koncentráció mintegy 20%-os csökkenést mutat.

A kálium a növényi szervezetben stabilizálja az enzimek szerkezetét, enzimaktiváló szereppel bír a fotoszintézis, a fehérjeszintézis, a lipidek és szénhidrátok képződése során (Loch, 2004). Fontos tulajdonsága még, hogy növeli, a betegségekkel szembeni ellenállóságot, valamint javítja a szárszilárdságot (Mengel, 1968; Debreczeni, 1990; Kádár, 1992; Csathó, 1997; Sárdi, 1999; Mengel et al., 2001; Loch, 2004). Sárvári (1986) kísérleteiben kimutatta, hogy a kálium – megfelelő nitrogén- és foszforadagok mellett – a termés mennyiségét 3–4 t/ha-ral növelte, mely eredménnyel összezsengenek a Krisztián et al. (1989) valamint Ruzsányi et al. (1994) által végzett kutatások eredményei. Kádár (2000) a kálium termésnövelő hatását vizsgálva arra a következtetésre jutott, hogy az egyoldalú kálium trágyázás hatására 3,4 t/ha, a kiegyensúlyozott foszfor–kálium ellátás hatására viszont 6,2 t/ha termést takarítottak be. Csathó (2004) kutatásai során arra az eredményre jutott, hogy mély fekvésű humuszos homokon 1,9 t/ha-ral, vályogon 0,4 t/ha-ral, homokos vályog talajon 0,7 t/ha-ral, agyagos

vályogon viszont 0,2 t/ha-ral növekedett a kálium hatására a termés mennyisége. Ezzel szemben *Bruns és Ebelhar* (2006), *Kádár és Márton* (2007a, 2007b), *Csathó* (2005), valamint *Izsáki* (2008) közleménye szerint a káliumtrágyázás nem mutat szignifikáns különbséget a termés mennyiségének alakulásában. *Buzás* (1983) és *Kadlicskó et al.* (1988) szerint a kukorica káliumigényes növény, így a káliumtrágyázás a termesztéstechnológia kiemelt jelentőségű eleme. Fontos eredményt közölnek ezek mellett *Kadlicskó et al.* (1988) kutatásaik alapján, szerintük a káliumtöbblet közvetetten termésdepressziót idézhet elő, aminek oka a növény számára optimális tápelem-arány eltolódása. A káliumhiány nem minden esetben jelentkezik azonnal a növényen, viszont jelentős terméseszkökenést okozhat (*Kalocsai et al.*, 2004). *Nagy* (2007a) szerint a nem megfelelő káliumellátás esetén csökken a növény ellenálló-képessége, aránytalanul megemelkedik a növény párologtatása, amelynek következtében a levélsúcsok és a levélszélek hervadnak, majd elhalnak.

Elek és Kádár (1980) ajánlásában az áll, hogy a kálium-műtrágyákat az őszi talajmunkák során szükséges kijuttatni, ezzel biztosítva azok feltáródását. *Kádár* (1993) hazánk talajainak nagy részét káliummal jól ellátottaknak ítélte meg.

3.3.3. A hektáronkénti tőszám hatása a termésre

A kukoricatermesztés szempontjából optimális tőszám meghatározása több évtizedes múlta tekint vissza. A 20. század elejének metodikája azt mutatta, hogy a jó tápanyag-ellátottságú és vízgazdálkodású területekre kisebb tőszámot szükséges alkalmazni, mivel ez eredményezi a növényi vegetáció nagy mennyiségét. Ez a tenyészterület akkor 70×70 cm volt (*Pálovics és Sárvári*, 2006).

Győrffy és I'só (1966) leírása azt mutatja, hogy a lófogú fajták és hibridek a 70×70 cm tenyészterületnél kisebb területen adják a nagyobb termést.

Azt az összefüggést, mely szerint a tőszám nagymértékben befolyásolja a termés mennyiségét, *Sárvári et al.* (1994) publikációja is igazolta. A túlsűrítés hatására nő a meddő tövek száma, csökken a termés mennyisége, és csökkenhet a szár állóképessége, valamint növekedhet a szártőkorhadásra való fogékonyság.

Surányi (1957) általános szabályként közli, hogy az a tenyészterület, amelyen a növények a területegységen a legnagyobb termést adják, mindig kisebb annál, mint amelyen a legnagyobb egyedi termés elérhető.

A kukorica egyedi terméseredménye és a növényszám közötti algoritmust *Duncan* (1958) írta le. Ez bizonyítja, hogy Nyugat-Európában és az Amerikai Egyesült

Államokban már ekkor elkezdődtek kísérletek, melyek az optimális tőszám-meghatározásra irányultak.

Magyarországon 1957-ig 70×70 cm-es tenyészterületet alkalmaztak. 1957–1960 között 70×50 cm-re csökkent a tenyészterület, ami 12–18%-os terméstöbbletet eredményezett. Később ez 50×50 cm és 70×40 cm volt, ami 20–25%-os többlettermést hozott. 1960-tól hosszú időn át alkalmazták jó termékenyséű és vízgazdálkodású talajokon az 50×40 cm és a 70×30 cm-es vetésmódot, amely az előbbiekhöz képest is 9–10%-os terméstöbbletet adott (*Pálovics és Sárvári, 2006*).

A genetikai potenciál érvényre jutásához a tőszámot az ökológiai adottságoknak és a termesztési körülményeknek megfelelően kell alkalmazni (*Sárvári et al., 2001*).

Pepó Pál kutató állapította meg, hogy a tápanyag-ellátottság és a tőszám között szoros korreláció mutatható ki, ami a hozamokra gyakorolt hatásokat illeti (*Pepó, 1987*).

Nagy (1996) szerint a hektáronkénti 60–80 ezer tő/ha állomány az őszi szántásban, tavaszi sekélyművelés esetén 60 ezer tő/ha, valamint a tavaszi szántásnál a 70 ezer tő/ha állomány eredményezett kedvező mennyiségű termést. *Árendás et al. (2013)* szerint a FAO 200–299 éréscsoportba tartozó hibridek optimális tőszáma 50–90 ezer/hektár, azonban a FAO szám növekedésével ez az érték 50–70 ezer/hektárra csökken. *Pepó et al. (2002)* száraz években 50 ezer tő/hektár, átlagos években 65–73 ezer tő/hektár, kedvező évek esetén pedig a 79 ezer tő/hektár állománysűrűséget tartják indokoltnak.

3.4. A kukorica beltartalmi tulajdonságai, és az azt befolyásoló tényezők

A növények összetétele fajonként – a beltartalom adott határokon belül – változik, amely változása számos termesztési tényező függvénye (*Balláné, 1966*). A növényi termések minőségi tulajdonságait elsősorban a genetikai adottság határozza meg, amit a termesztéstechnológia és a termőhelyi adottságok módosíthatnak (*Jellium-Marion, 1966; Debreczeni, 1979; Aildson et al., 2005; Izsáki, 1999, 2006*). Ezzel szemben azt tartalmazza *Gundel (1977)* korábbi megállapítása, hogy a termőhely és az évjárat hatása erősebb, mint a hibridhatás. *Sárvári és Győri (1982)* szerint egyaránt fontos és meghatározó a fajtulajdonság, termőhely, műtrágyázás az öntözés és növényvédelem a minőségi paraméterek alakulása kapcsán.

A kukoricaszem beltartalmára tett megállapítások alapján *Izsáki (1999)* szerint a szem 77% keményítőt, 2% cukrot, 9% fehérjét, 5% olajat és 2% hamut tartalmaz.

Móroczné (2004) ezzel szemben a következő értékeket közli: szénhidrát 70–72%, fehérje 8–10%, olaj 4–5%, nyersrost 3–3,5%, hamu 1,5–2%. A minőséget leginkább meghatározó beltartalmi tulajdonság a fehérje- és olajtartalom.

Győri (1998a) szerint a gabonafélékre a magas keményítő- és fehérje-, valamint az alacsony lipidtartalom jellemző.

A tápanyagellátás – azon belül is a nitrogén ellátás – mint agrotechnikai elem határozza meg legnagyobb mértékben a termés nagyságának alakulását, ezzel együtt a szem minőségét is (Genter et al., 1956; Veress, 1973; Jellium et al., 1973; Lásztity, 1975; Sarkadi, 1975; Getmanets és Klyavzo, 1981).

Bocz (1976) megállapította, hogy a műtrágyák jelentősen befolyásolják a kukorica szemtermésének beltartalmát. Vizsgálatai során kitért a három makrotápelem (NPK) arányainak vizsgálatára is. Eredményei alapján arra a következtetésre jutott, hogy a nitrogén és foszfor, amelyek elsősorban befolyásolják a szem beltartalmát. A kontrollhoz képest a nitrogén önmaga is képes volt növelni a nyersfehérje-tartalmat, viszont az NPK együttes adagolása során volt elérhető a legnagyobb mennyiségű nyersfehérje a termésben. Ezt az eredményt később Ványiné et al. (2012) is igazolta.

Napjainkban egyes nemesítőházak ajánlásaiban elérhetőek a 70–75% keményítőtartalmú kukorica hibridek is. Ezeket a hibrideket az ajánlásokban HTF (High Total Fermentable) jelöléssel látják el. Ennek célja, hogy megkülönböztessék ezeket a hibrideket a takarmányozási célra ajánlott hibridektől, melyek nagyobb fehérjetartalommal bírnak.

A kukoricaszem szénhidrát-tartalmának növelésére végzett kutatásokat Sárvári és Boros (2011). Kutatásaik során arra a megállapításra jutottak, hogy olyan NPK műtrágya arányt szükséges biztosítani a technológia során, mellyel a megfelelő mennyiségű termés mellett nem a fehérjetartalom, hanem a keményítőtartalom növekszik. Az NPK műtrágyák használata során, a három tápelem közül a kálium mennyiségének növelése eredményezte a szénhidrát-képződést és a keményítőtartalom-növekedést. A bioetanol célú kukoricatermesztés során Sárvári és Boros (2011) a 80–90 kg/ha nitrogén, 70–80 kg/ha foszfor, míg 120–130 kg/ha kálium hatóanyag-kijuttatást javasolja a keményítőtartalom maximumának eléréséhez.

Ványiné et al. (2010b) szerint a vetés időpontja a keményítőtartalom alakulására statisztikailag igazolható hatással volt, míg a fehérje- és olajtartalmat nem befolyásolta. Sárvári (2003a; 2003b), Győri és Győriné (2002), Tokatlidis et al. (2005) és Josipovic (2007) megállapításai nyomán elmondható, hogy a tőszám növelése a nyersfehérje-

tartalom csökkenését eredményezi. A tőszámsűrítés és az emelt nitrogéndózis hatására ez a fehérjetartalom csökkenés minimalizálható, továbbá a megnövekedett tőszám és nitrogénmennyiség keményítőtartalom-növekedést produkált *Sárvári* (2003c) kutatásaiban.

Az etanol előállítás hatékonyságának növelése nem csak a nagyobb keményítőtartalmú, hanem nagyobb termőképességű hibridek választásával lehetséges. Ennek következtében a területegységre vetített előállítható etanol mennyiségét a hibridek keményítőtartalmától (%) még nagyobb mértékben befolyásolja a hektáronkénti keményítőhozam, amely szoros összefüggésben van a területegységre vetített terméssel (*Sárvári és Boros*, 2011). *Prokszáné és Harmati* (1988) eredményei alapján a területegységre vetített tőszám növelése a keményítőtartalom növekedését, és az olaj- és fehérjetartalom csökkenését eredményezi. *Sárvári és Szabó* (1998) kutatásaiban szintén a tőszám-optimum intervallumon belüli felső értékhez való közelítéssel, illetve az optimumnál némileg nagyobb tőszám alkalmazásával a keményítőhozam növekedését érte el.

Makra (2012) vizsgálatai alapján megállapította, hogy a legmagasabb keményítő- és fehérjetartalom magas termésátlagok mellett érhető el.

4. ANYAG ÉS MÓDSZER

4.1. A termőhely bemutatása, Debrecen – Látókép Kísérleti Telep kisparcellás kísérlet jellemzése

A vizsgálatokat a Debreceni Egyetem, Agrár Kutatóintézetek és Tangazdaság (AKIT) Debreceni Tangazdaság és Tájkutató Intézet Látóképi Kísérleti Telepén (É.sz. 47°33' K.h. 21°27') középkötött, mészlepedékes csernozjom talajon végeztük, 2012, 2013, 2014. években.

A tartamkísérletben feltárt talajszelvény leírása:

A_{sz} : 0–25 cm, barnásfekete színű, laza, morzsás szerkezetű vályog, nyirkos, növényi maradványokat tartalmaz.

A₁ szint: 25–50 cm, barnásfekete, tömődött, morzsás szerkezetű vályog, nedves, szénsavas meszet nem tartalmaz, sósavval nem pezseg, egyenletesen humuszos, gilisztajáratokkal tarkított, átmenet a következő szintbe fokozatos.

B szint: 50–60 cm, barnásfekete, gyengén tömődött, morzsás szerkezetű vályog, nedves, humusztartalom a mélységgel fokozatosan csökken. Szénsavas mész a szint alján jelenik meg a szerkezeti elemek felületén szürke lepedék formájában, sósavval gyengén pezseg. Gilisztajáratokkal tarkított.

BC szint: 60–90 cm, sárgásbarna, gyengén tömődött, nedves, szénsavas meszet tartalmaz, sósavval erősen pezseg, mészerek és mészkonkréciók is találhatóak, krotovinákkal, gilisztajáratokkal tarkított.

C szint: 90 cm–: színe sárga, sárgásbarna lösz, gyengén tömődött, agyagos vályog, nedves, sósavval erősen pezseg, mészkonkréciókat tartalmaz, krotovinákkal tarkított.

A talaj össznitrogén-tartalma 0,15%, ami közepes ellátottsági szintnek felel meg. A művelt réteg AL-oldható P₂O₅ tartalma a területen jelentős heterogenitást mutat, a 0–20 cm-es talajréteg átlagértéke (133 ppm) alapján közepesen ellátott, AL-oldható K₂O tartalma (240 ppm) alapján jó ellátottsági szintbe sorolható (Rátonyi, 1999).

Kedvezőek a talaj vízgazdálkodási jellemzői is. A talaj térfogattömege a művelt rétegekben 1,40–1,45 g/cm³, az alsóbb rétegekben 1,25–1,29 g/cm³. A talajszelvényben a pórustérfogat 46–54% között változik. A kísérleti terület talaja kedvező víztartó és

vízbefogadó képességgel rendelkezik. A növények vízellátása szempontjából fontos 0–200 cm talajrétegben a minimális vízkapacitásig ($VK_{\min}$) telített talaj 600–650 mm vizet képes befogadni, aminek kb. 55–60%-át teszi ki a diszponibilis (hasznosítható) víz. A talajvíz átlagos mélysége 3–5 m, ami csapadékos évszám esetén sem emelkedik 2 m fölé. A kísérleti terület talajának fontosabb fizikai tulajdonságait az **1. táblázat**ban, kémiai tulajdonságait a **2. táblázat**ban láthatjuk.

1. táblázat: A kísérleti terület talajának fontosabb fizikai tulajdonságai

mélység	leiszapolható rész	Arany-féle kötöttségi	higroszkóposság	térfogat-tömeg	pórus-térfogat	minimális vízkapacitás	holtvíz
cm	Li%	szám K_A	hy	g/cm ³	P%	$VK_{\min}$ tf%	HV _{tf} %
0-20	56,8	42	2,25	1,41	46,7	33,7	12,69
20-40	58,6	43	2,25	1,43	46	31,1	12,87
40-60	57,1	43	2,13	1,31	50,5	29,1	11,16
60-80	57,5	44	2,51	1,29	51,3	28,6	12,51
80-100	58,6	48	2,07	1,30	50,9	29,1	10,76
100-120	54,1	47	2,18	1,24	53,3	27,4	10,81
120-140	55,3	46	1,91	1,24	53,3	27,8	9,47

Forrás: Rátonyi (1999)

2. táblázat: A kísérleti terület talajának fontosabb kémiai tulajdonságai

mélység	kémhatás		CaCO ₃	humusz	össz.N	AL-oldható	
cm	H ₂ O	KCl	%	%	%	P ₂ O ₅	K ₂ O
						ppm	
0-20	7,3	5,6	0	2,72	0,150	133,4	240
20-40	7,2	5,4	0	2,31	0,120	48,0	173,6
40-60	7,2	5,8	0	1,68	0,100	40,4	123,0
60-80	8,0	7,2	1,1	1,02	0,086	32,4	96,5
80-100	8,4	7,5	11,64	0,81	0,083	39,8	93,6
100-120	8,4	7,5	10,63	-		40,6	86,1
120-140	8,4	7,5	7,5	-		31,6	78,0

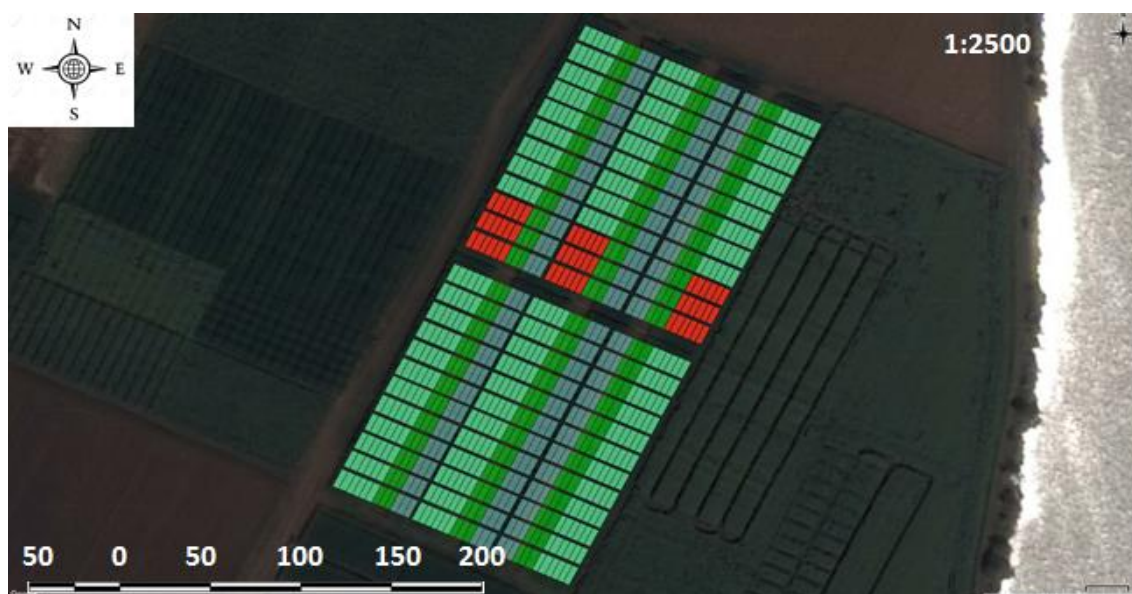
Forrás: Rátonyi (1999)

4.2. A tartamkísérlet bemutatása

A tartamkísérlet kétszeresen osztott parcellás (split-strip-plot) elrendezésű, a főparcellákon a talajművelési és az öntözési változatok szerepelnek ismétlés nélkül. Az elsőrendű alparcellán a kukorica hibridek 70 ezres és 50 ezres tőszámmal, a másodrendű alparcellákon a műtrágyakezelés négy ismétlésben randomizáltan foglal helyet. Egy talajművelési blokk 8064 m²-es területet foglal el, amely egy öntözött és egy öntözetlen

blokkra van felosztva. A kísérleteink során csak az öntözetlen kísérlet adatait elemeztük.

Mindhárom vizsgált évben a kísérletben azonos kukorica hibridek szerepelnek, eltérő érésidővel (**3. táblázat**). Egy-egy hibriddel beállított főparcella mérete: 2688 m², a műtrágyakezelések parcellája 336 m². Egy parcella nettó alapterülete 30 m². A doktori értekezés készítése során felhasznált kísérleti területet az **1. ábrán** piros színnel ábrázolva láthatjuk.



1. ábra: A kísérlet földrajzi elhelyezkedése

Forrás: Google Earth, KML réteg alapján saját szerkesztés

3. táblázat: A kísérletben résztvevő hibridek (2012–2014)

	2012		2013		2014	
	Hibrid	FAO szám	Hibrid	FAO szám	Hibrid	FAO szám
1	RENFOR	300	RENFOR	300	RENFOR	300
2	NEFFEL	350	NEFFEL	350	NEFFEL	350
3	ARMAGNAC	490	ARMAGNAC	490	ARMAGNAC	490

A polifaktoriális talajművelési tartamkísérlet kezelései:

Talajművelési változat: T_1 = őszi szántás (30 cm)
 T_2 = tavaszi szántás (25 cm)
 T_3 = tavaszi sekélyművelés (12–15 cm)

Öntözési változat: nem öntözött

Műtrágyakezelés:	1. N 0 kg/ha	P_2O_5 0 kg/ha	K_2O 0 kg/ha
	2. N 120 kg/ha	P_2O_5 90 kg/ha	K_2O 106 kg/ha
	3. N 240 kg/ha	P_2O_5 180 kg/ha	K_2O 212 kg/ha

A talajművelési változatok kialakításában az volt a cél, hogy ne csak a művelési mélységben, hanem a talaj-előkészítés minőségében is eltérések legyenek.

A kijuttatott műtrágya minden évjáratban 27%-os MAS (Genezis Pétisó) volt, azaz kémiaiilag $NH_4NO_3 + CaMg (CO_3)_2$. Pontos összetétele: 27% nitrogén (N) ammónia (NH_4) és nitrát (NO_3) formában 1:1 arányban 5% kalcium (Ca), ami kalciumoxidban kifejezve 7% CaO, 3% magnézium (Mg), ami magnéziumoxidban kifejezve 5% MgO.

A komplex talajművelési tartamkísérlet agrotechnikai adatait vázlatosan a **4. táblázat** tartalmazza. A kísérletben végzett részletes agrotechnikai műveletek az **1. mellékletben** találhatóak, évenkénti bontásban.

4. táblázat: A kísérlet agrotechnikai műveletei

ŐSZI SZÁNTÁS	TAVASZI SZÁNTÁS	TAVASZI SEKÉLYMŰVELÉS
Szárzúzás	Szárzúzás	Szárzúzás
Műtrágyázás	Műtrágyázás	Műtrágyázás
Tárcsázás	Tárcsázás	Tárcsázás
Őszi szántás		
Őszi szántás elmunkálás		
Gyomirtás	Tavaszi szántás	Gyomirtás
Magágykészítés	Szántás elmunkálás, magágykészítés	Tárcsázás
Vetés	Vetés	Vetés
	Hengerezés	
Gyomirtás	Gyomirtás	Gyomirtás
Sorköz kultivátorozás	Sorköz kultivátorozás	Sorköz kultivátorozás
Betakarítás	Betakarítás	Betakarítás

4.3. A kísérleti évek időjárása

A vizsgált években a termésmennyiség és a szemnedvesség szempontjából meghatározó jelentőséggel bírt az időjárás. A 2012. és 2013. években az aszály, másik évben a tavaszi nagy mennyiségű belvíz, a kora őszi nagy mennyiségű csapadék, jelentős problémát idéz elő a kukorica termesztésében.

A kísérleti telepen a környezeti paraméterek folyamatos mérését automata mérő- és adatgyűjtő-állomással (**1. kép**) végzik. A készülék hat másodpercenként méri a levegő hőmérsékletét (°C), relatív páratartalmát (%) 2, 1, 0,5 méteres magasságban, a talaj hőmérsékletét (°C) 5, 25, 50 cm-es mélységben, a szélesebességet (m/s) és a csapadék mennyiségét (mm). A vizsgált évek meteorológiai adatait a Debreceni Egyetem Agrár Kutatóintézetek és Tangazdaság (AKIT) Debreceni Tangazdaság és Tájkutató Intézet Agrometeorológiai és Agroökológiai Monitoring Központ Agrometeorológiai Obszervatóriuma (Debrecen-Látókép állomás) biztosította a dolgozat elkészítéséhez. A rögzített adatok összevethetőek a 100 éves debreceni adatsorral, amelyet az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) adatbázisából gyűjtöttem össze.



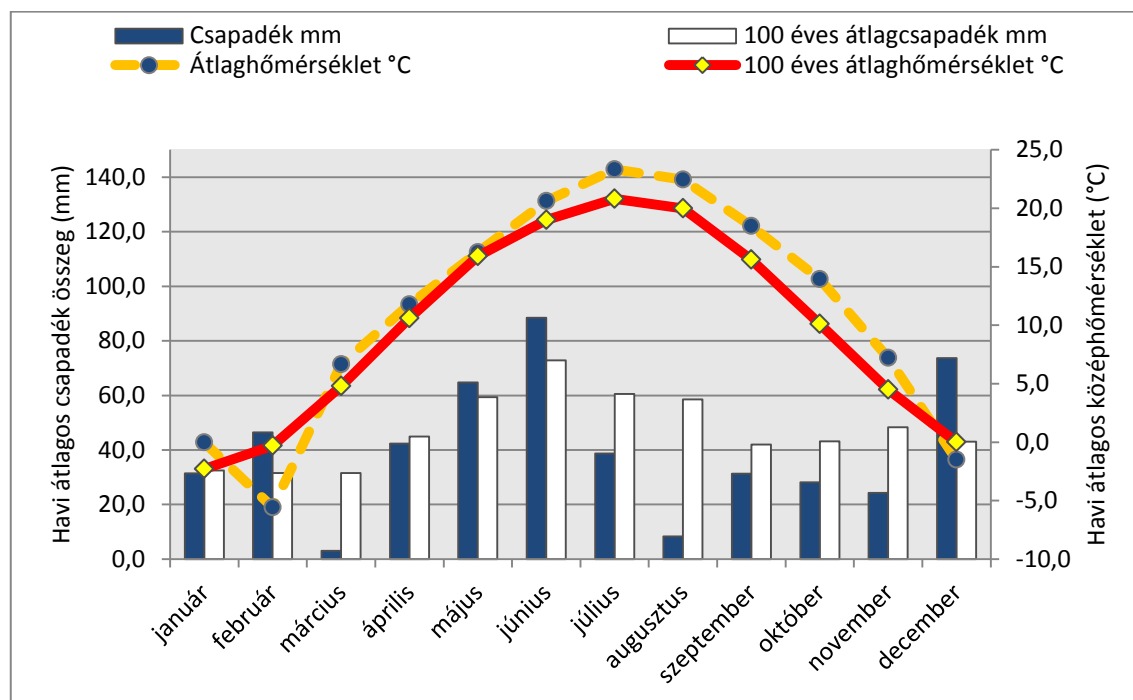
1. kép: A automata mérő- és adatgyűjtő-állomás

Forrás: saját felvétel

A 2012. év időjárása

A 2012. év időjárási adatait (2. *ábra*) vizsgálva megállapítható, hogy a kukoricatermesztés vonatkozásában kedvezőtlenül alakult az időjárás. Igaz, a csapadék szempontjából a vegetációs időszakban – májusban 5,4 mm, júniusban 15,5 mm-rel hullott több csapadék a 100 éves átlaghoz képest, azonban júliusban 21,8 mm-rel, augusztusban 50,2 mm-rel, míg szeptemberben 10,7 mm-rel maradt el a lehullott csapadék mennyisége a 100 éves átlaghoz viszonyítva. Az egész évet figyelembe véve, összességében 87,8 mm-rel hullott kevesebb csapadék, mint a 100 év átlaga.

A vízhiányt fokozta a hőmérséklet kedvezőtlen alakulása is. Áprilisban 1,2 °C-kal, májusban 0,3 °C-kal volt magasabb az átlaghőmérséklet, mint a 100 éves átlag. A hőmérsékletkülönbség a tenyészidőszak ezt követő ideje alatt tovább növekedett, júniusban 1,6 °C-kal, júliusban és augusztusban egyaránt 2,5 °C-kal haladta meg a havi átlaghőmérséklet a 100 éves átlagot. Az időjárási extrémítást tovább fokozta, hogy szeptemberben 2,9 °C-os és októberben 3,8 °C-os különbség volt mérhető az átlaghoz képest.

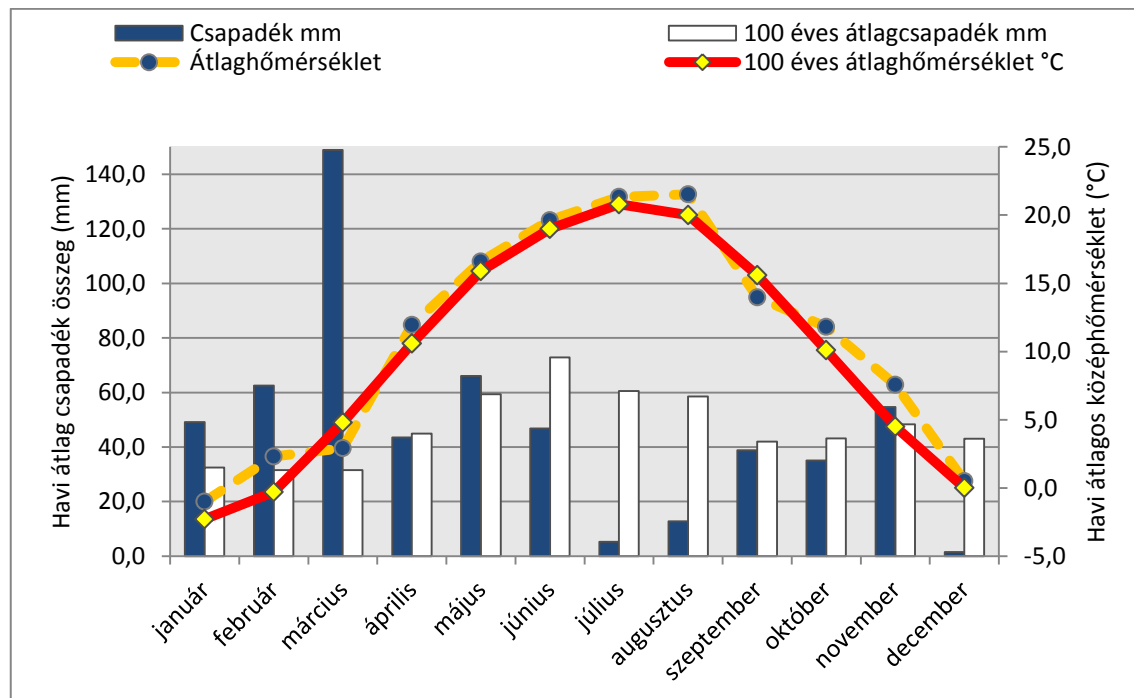


2. ábra: A havi átlagos középhőmérséklet és csapadékösszeg (Látókép, 2012)

A 2013. év időjárása

A 2013. év időjárása sem alakult teljesen pozitívan a kukoricatermesztés szempontjából (**3. ábra**). A január, február, március hónapokban lehullott nagy mennyiségű csapadék következtében a talajok fel tudtak tölteni vízzel, azonban az ezt követő nyári csapadékhiány kedvezőtlenül hatott a termesztésre. Az év első három hónapjában 164,8 mm-rel hullott több csapadék, mint a 100 év átlaga. Ezt követően áprilist -1,4 mm, júniust -26,1 mm, júliust -55,2 mm, augusztust -45,7 mm, szeptembert -3,2 mm csapadékhiány, míg ezekkel szemben májust +6,6 mm csapadék többlet jellemezte. A teljes év alatt a 100 éves átlaghoz képest 3,5 mm-rel hullott kevesebb csapadék ebben az évben.

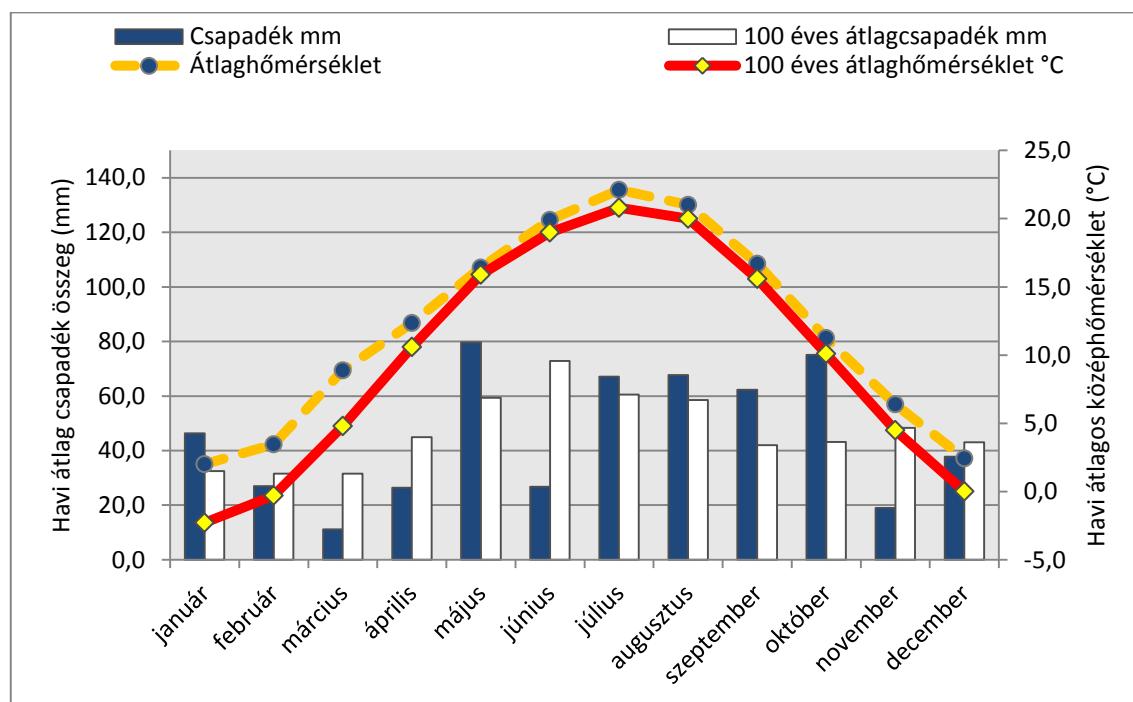
Hőmérséklet szempontjából az év március hónapja 1,9 °C-kal volt hűvösebb, míg az április 1,4 °C-kal, május 0,7 °C-kal, június 0,6 °C-kal volt melegebb a sok éves átlagnál. A tavaszi hőmérséklet fontos a kelés biztonsága miatt, a nem megfelelően átmelegedett magágyban egyeletlen, vonatott lesz a kelés. A júliusi 0,5 °C és augusztusi 1,5 °C-os melegebb átlaghőmérsékletet egy hűvösebb szeptember követte, ahol 1,6 °C-kal volt kevesebb az átlaghőmérséklet.



3. ábra: A havi átlagos középhőmérséklet és csapadékösszeg (Látókép, 2013)

A lehullott csapadék tekintetében a 2014. év során nem beszélhetünk egyenletes eloszlású csapadék mennyiségről. Ebben az évben május 20,2 mm-rel, július 6,6 mm-rel, augusztus 9,2 mm-rel, míg szeptember 20,3 mm-rel haladta meg az átlagot. Azonban márciusban 20,5 mm-rel, áprilisban 18,5 mm-rel, míg júniusban 46,1 mm-rel hullott kevesebb csapadék a 100 éves átlaghoz képest. Az egész évet nézve a csapadékhiány az átlaghoz képest 22,3 mm volt.

A 2014. év során mért hőmérsékleti adatok alapján elmondható, hogy a kukoricatermesztés szempontjából kedvezőbb évjárat volt a 2014 év. A márciusi +4,1 °C, az áprilisi +1,8 °C és a májusi +0,5 °C átlaghőmérséklet emelkedés pozitív anomáliát jelent. Az év további részében az átlaghőmérséklettől való pozitív irányú eltérés sem maradt el, így a június +0,9 °C-os, a július +1,3 °C-os, az augusztus +1 °C-os és a szeptemberi +1,1 °C-os átlaghőmérséklet növekedést mutatott a 100 éves átlaghoz képest (4. ábra).



4. ábra: A havi átlagos középhőmérséklet és csapadékösszeg (Látókép, 2014)

4.4. A beltartalmi vizsgálatok módszerei

A kukorica hibridek beltartalmi vizsgálatait a Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Földhasznosítási, Műszaki és Területfejlesztési Intézet épületében lévő FOSS INFRATECH™ 1241 GRAIN ANALYZER típusú terményanalizáló műszerrel végeztük. A laboratóriumi vizsgálatokhoz szükséges minták, a kísérleti parcellákról a tenyészidőszak teljes érési fázisában kerültek begyűjtésre. A három év alatt, a három különböző kukorica hibridből ismétlésenként került sor a minták vételezésére, szabvány mintavételi zacskókba. Az adott parcellán meghatározásra került a betakarításkori parcella tömeg, melyből egy hektárra vetített termés hozam számítható.

A gabonavizsgáló műszer a közeli infravörös transzmissziós technika elvén működik, ami lehetővé teszi darálás nélkül egészmagból a szemes termények egy percen belüli analízisét. A 800–1050 nm-es közeli infravörös tartományban a minta szkennelése nagy felbontású monokromátorral történik. A berendezés a mai kor követelményeinek megfelelő optikai és számítástechnikai elemei lehetővé teszik, hogy a gabonaféléket gyakorlatilag a szabvány analízisnek megfelelő pontossággal tudjuk mérni. A készülékben található szoftver segítségével a mért adatokat numerikusan adja meg a vizsgált mintákra vonatkoztatva. A mért adatok a minta össztömege, nedvességtartalma tömegszázalékban, valamint szárazanyag-tartalomra vonatkoztatott keményítő-, fehérje- és olajtartalom szintén tömegszázalékban kifejezve. A mintákhoz tartozó mérési eredményeket, mindhárom év során MS Excel 2013 fájlban rögzítettük és tároltuk.

4.5. A minták beltartalmi értékeinek értékelése

A vizsgálatban szereplő – három év során összegyűjtött, különböző nedvességtartalommal rendelkező – kukorica hibridek összehasonlíthatósága miatt a különböző minták szárazanyagra vonatkoztatott keményítőtartalmát határoztam meg. Ezt az adat a relatív keményítőtartalom, ami lehetővé teszi az eltérő nedvességtartalmú hibridek mintáinak összehasonlíthatóságát.

A relatív keményítőtartalmat a következő képlettel lehet számítani:

$$100/(100-A) \times B$$

ahol: A – a mérés során kapott pillanatnyi nedvességtartalom, B – az adott nedvességtartalmú minta spektroszkópai mérés szerinti keményítőtartalma.

4.6. Az alkalmazott statisztikai módszerek bemutatása

A statisztikai vizsgálatot R 3.4.1. statisztikai környezetben (R Core Team, 2016) RStudio (RStudio Team, 2016) grafikus felülettel, "car" (Fox és Weisberg, 2011) és "agricolae" (de Mendiburu, 2016) csomagok felhasználásával végeztük. A grafikonokat Microsoft Excel 2013 programmal készítettük. Az elsőfajú hibát 5%-nak választottuk ($\alpha=0,05$).

A varianciaanalízisek példája R statisztikai környezetben:

```
model<- aov(vizsgált_változó ~ (főparcella*osztó_parcella*osztó-osztó_parcella) +  
Error(ismétlés/főparcella/(osztó_parcella*osztó-osztó_parcella),  
data=forrás_adatbázis))  
summary(modell)
```

ahol a vizsgált változó a mért termés értékek, a ~ jel után pedig az osztott sávok (split-strip plot) kísérleti elrendezést figyelembe véve kísérleti főparcellaként a talajművelést, osztóparcellaként műtrágya és osztó-osztó parcellaként a hibridet vizsgáltuk, amellyel a műtrágyázás hatását lehet nagyobb pontossággal becsülni. A +Error itt is a modell hibáját definiálja, amelyben a kísérleti ismétlést követi a főparcella, valamint az elrendezésnek megfelelő fő-, osztó-, és osztó-osztó parcella.

Az évjáratok termésre gyakorolt hatásának elemzésére szintén ismételt mérési modellt használtunk a dolgozatban, ahol az időtényező az egyes vizsgálati évek:

```
modell<-  
aov(ismételt_mérési_változó~kezelés*év+Error(egyedi_azonosító/mérési_időpontok),  
data=forrás_adatbázis))  
summary(modell)
```

A termések és keményítő hozamok középérték összehasonlítását Duncan-teszt segítségével végeztük (Huzsvai és Balogh, 2015).

R statisztikai környezetben az ismételt mérési modell, valamint a split-strip varianciaanalízis minden egyes post hoc tesztjéhez a szabadsági fokokat (df) és a négyzetösszeg hibákat (MSE) egyedileg lehet definiálni, melyet a következő kóddal végeztünk minden modellre külön-külön (Huzsvai és Balogh, 2015):

```
df=df.residual(modell$"hiba:hiba")
```

```
mse=deviance(modell$"hiba:hiba")/df
```

```
DUNCAN<- with(adatbázis,
```

```
duncan.test(függő_változó,modellből_a_szigifikáns_hatás, df, mse, console = T)
```

5. EREDMÉNYEK

A kisparcellás szántóföldi tartamkísérletek eredményei alapján kerestük a választ, hogy, milyen hatása van az általunk választott három kukorica hibrid hektáronkénti termésére, és hektáronkénti keményítőhozamára:

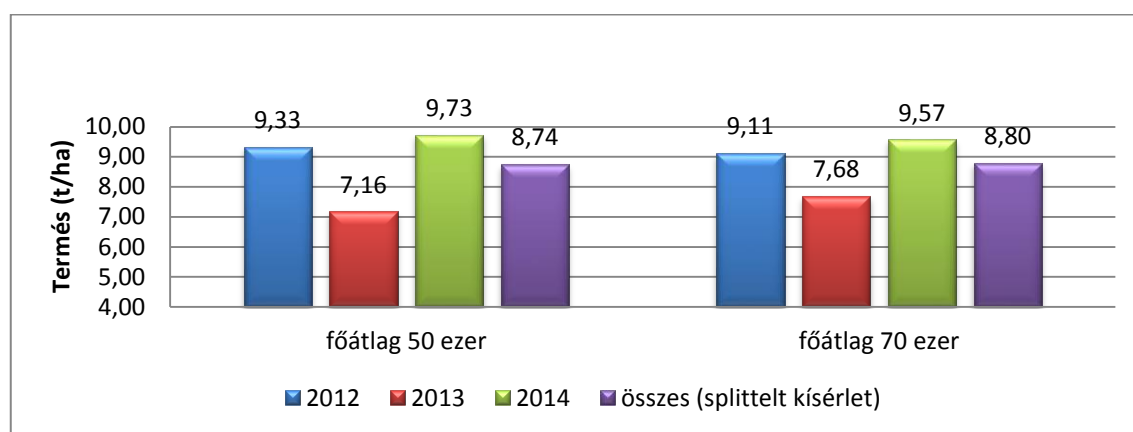
- a talajművelés,
- a műtrágyázás,
- és az állománysűrűség (tőszám) változtatása.

A műtrágyakezelések eredményeinek megbízható értékelését növeli, hogy a Látóképi szántóföldi tartamkísérletben a kezelések tartamhatása meghaladja a 25 évet.

A kísérleti eredmények a 2012–2014. évekre vonatkoznak, a vizsgálat tárgyát képező három év időjárására elmondható, hogy az elmúlt 100 év adatai alapján mind a csapadék, mind a hőmérséklet szempontjából a szélsőséges évek közé sorolhatóak.

5.1. A terméseredmények értékelése

Az időjárás és az agrotechnikai tényezők termésmennyiségre gyakorolt együttes hatását a 2012., 2013., 2014. évekre vonatkozóan az **5. ábra** szemlélteti. A vizsgálatok során az alkalmazott két növény-sűrűséget külön kezeltük.



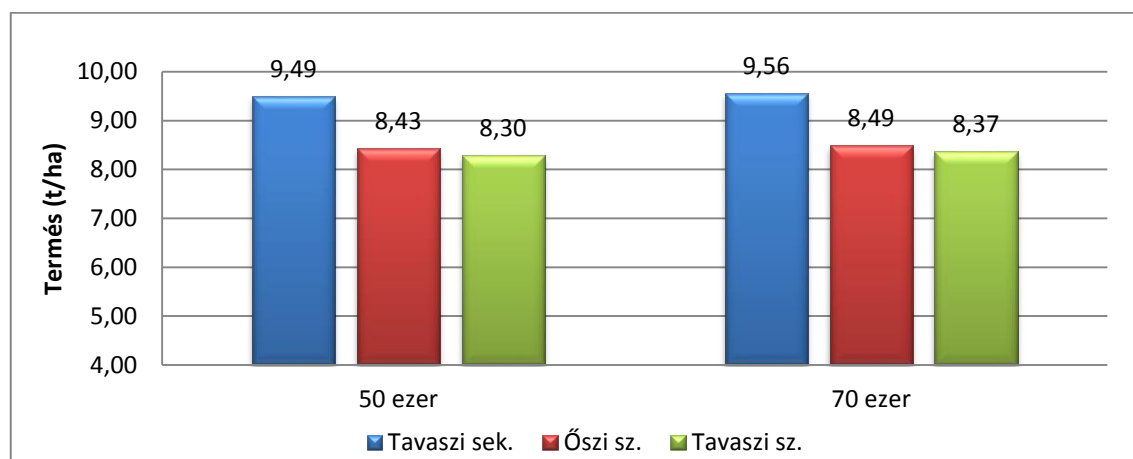
5. ábra: A tőszám hatása a kukorica hibridek termésére (Debrecen, 2012–2014)

A kísérletek eredményei alapján 2012-ben a kukorica termése 50 ezer tő/ha esetén 9,33 t/ha és 70 ezer tő/ha esetén 9,11 t/ha; 2013-ban 50 ezer tő/ha esetén 7,16 t/ha és 70 ezer tő/ha esetén 7,68 t/ha; 2014-ben 50 ezer tő/ha esetén 9,73 t/ha és 70 ezer tő/ha esetén 9,57 t/ha.

A vizsgált három év közül az időjárási viszonyok 2014-ben voltak kedvezőek, mely a terméseredményekben is megmutatkozott. Mindkét tőszám esetén a kedvezőtlen időjárás hatása 2012-ben és 2013-ban egyaránt jelentkezett.

A talajművelés és tőszám együttes hatását a három év átlagában vizsgálva elmondható, hogy legkedvezőbb hatást a termésmennyiségre a tavaszi sekélyművelés eredményezte mindkét tőszám esetén (**6. ábra**).

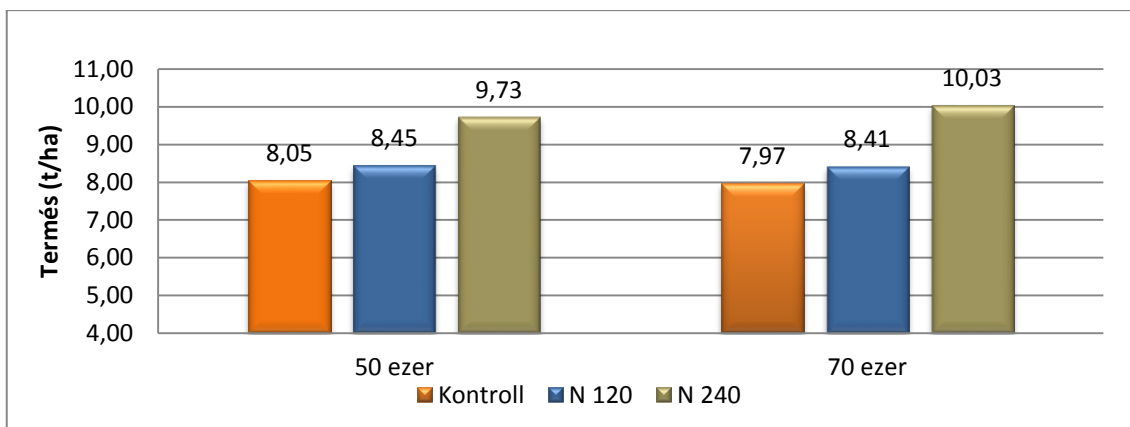
A tavaszi sekélyműveléssel elért 50 ezer tő/ha esetén 9,49 t/ha, valamint a 70 ezer tő/ha esetén 9,56 t/ha termésátlag a három kísérleti évre vonatkoztatva nagyban különbözik a *Birkás et al.* (1999) által tett megállapítástól, mely szerint a tavasszal végzett sekély, forgatás nélküli művelés kedvezőtlenül hat a termés mennyiségének alakulására.



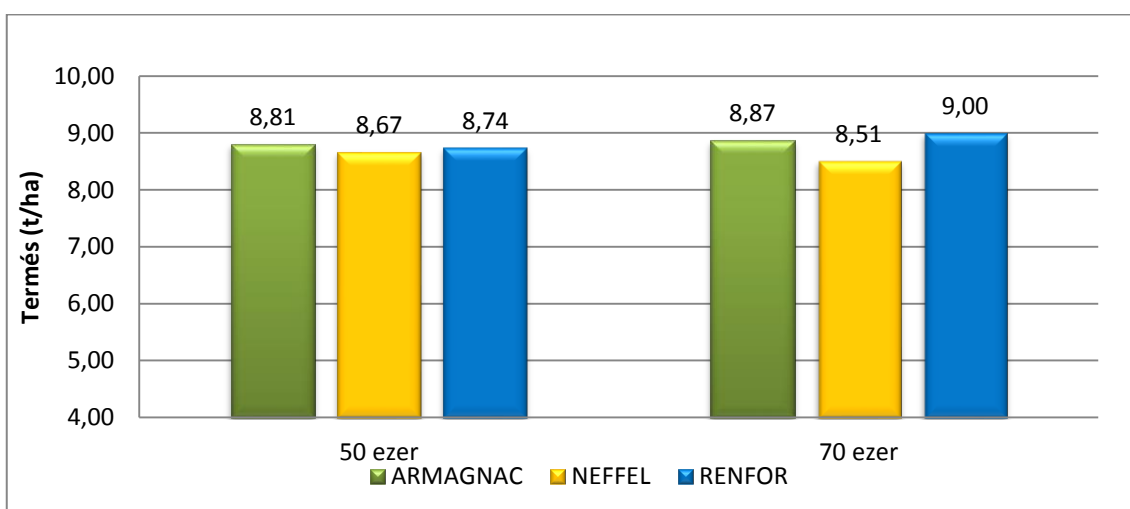
6. ábra: Talajművelés és tőszám hatása a kukorica termésére (Debrecen, 2012–2014)

A tartamkísérletben végzett tápanyag-gazdálkodási kutatások szolgáltatták a **7. ábrán** látható eredményeket. Mindkét tőszámbeállítás esetén a három év átlagában a N 240 kg/ha, P₂O₅ 180 kg/ha, K₂O 212 kg/ha műtrágya dózis alkalmazása mellett értük el a legnagyobb mennyiségű termést. A 240 kg/ha nitrogénműtrágya mennyisége megközelítőleg egyezik *Werner* (1983) megállapításával, aki 214 kg/ha nitrogén kijuttatása mellett érte el a termésmaximumot kutatásai során.

A vizsgálatokban szereplő három hibrid eltérő érésidejű csoportba tartozott. Kiemelkedő eredménye az 50 ezer tő/ha állományban a FAO 490-es ARMAGNAC (8,81 t/ha), míg a 70 ezer tő/ha állományban a FAO 300-as éréscsoportba tartozó RENFOR érte el (9,00 t/ha) (**8. ábra**).



7. ábra: Műtrágyázás és tőszám hatása a kukoricatermésre (Debrecen, 2012–2014)



8. ábra: A kukorica hibridek termése, eltérő tőszámok mellett (Debrecen, 2012–2014)

5.2. A terméseredmények évenkénti értékelése (50 ezer tő/ha)

5.2.1. A 2012. év terméseredményének értékelése (50 ezer tő/ha)

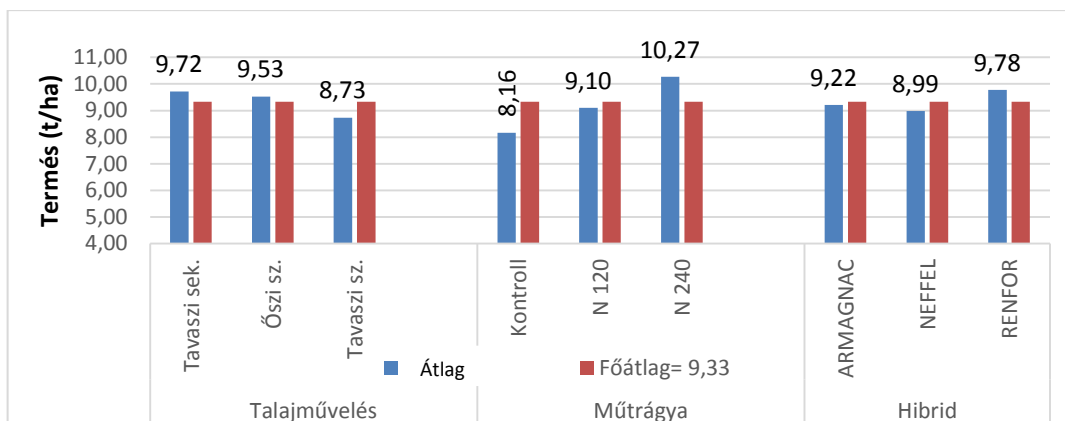
A 2012. év extrém aszályos időszak volt, melynek hatásai egyértelműen kimutathatóak a termesztési tényezők és a terméseredmények együttes vizsgálata során kapott termésátlagok, továbbá a kapott szignifikancia értékek között. A kísérletben szereplő talajművelési módokat, műtrágya adagokat, hatásait és azok kölcsönhatásait hibridenként háromfaktoros varianciaanalízis alkalmazásával teszteltük (**5. táblázat**).

5. táblázat: Háromtényezős varianciaanalízis eredménye 50 ezer tő/ha tőszám alkalmazása mellett (Debrecen, 2012)

	Szabadságfokok	Eltérés négyzetösszeg	Variancia	F érték	Szignifikancia
Talajművelés	2	9,849	4,925	1,558	0,391
Maradék	2	6,320	3,160		
Műtrágya	2	25,870	12,935	0,919	0,449
Talajművelés * műtrágya	4	6,160	1,539	0,109	0,975
Maradék	6	84,450	14,075		
Hibrid	2	5,930	2,965	0,542	0,608
Talajművelés * hibrid	4	8,060	2,015	0,368	0,824
Maradék	6	32,830	5,472		
Műtrágya* hibrid	4	5,680	1,420	0,850	0,520
Talajművelés * műtrágya * hibrid	8	13,420	1,678	1,005	0,480
Maradék	12	20,040	1,670		

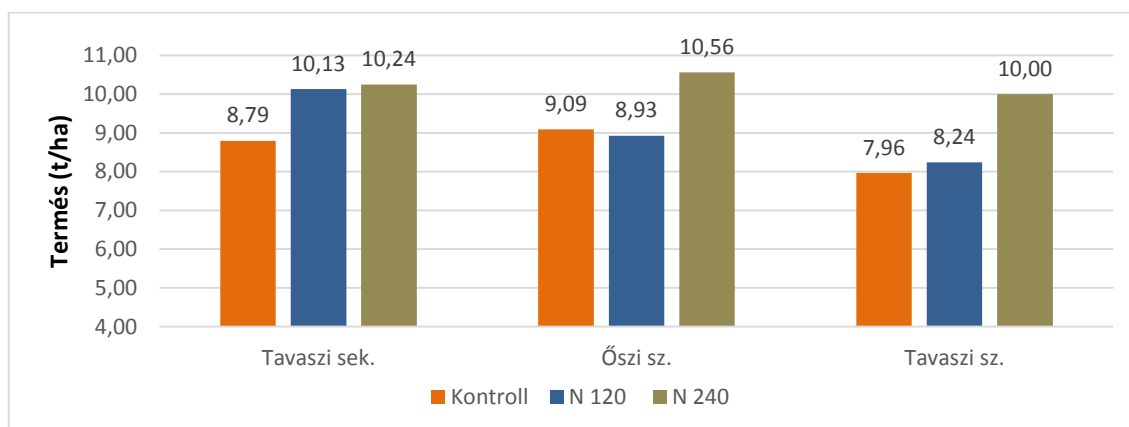
Szignifikancia <0.05 *

A 2012. évben a kukorica termésére – 50 ezer tő/ha állománysűrűség esetén – nincs szignifikáns hatása a talajművelésnek (Szig.=0,391>0,05). Műtrágyázás nem volt szignifikáns hatással a kukorica termésmennyiségének alakulására (Szig.=0,449>0,05), valamint a hibridválasztás nem befolyásolta a termésmennyiséget (Szig.=0,608>0,05). A 2012. évi termés főátlaga, 50 ezer tő/ha esetén 9,33 t/ha volt. A tényezők által kapott eredmények átlagait a terméseredmények főátlagaihoz viszonyítva a **9. ábra** szemlélteti.



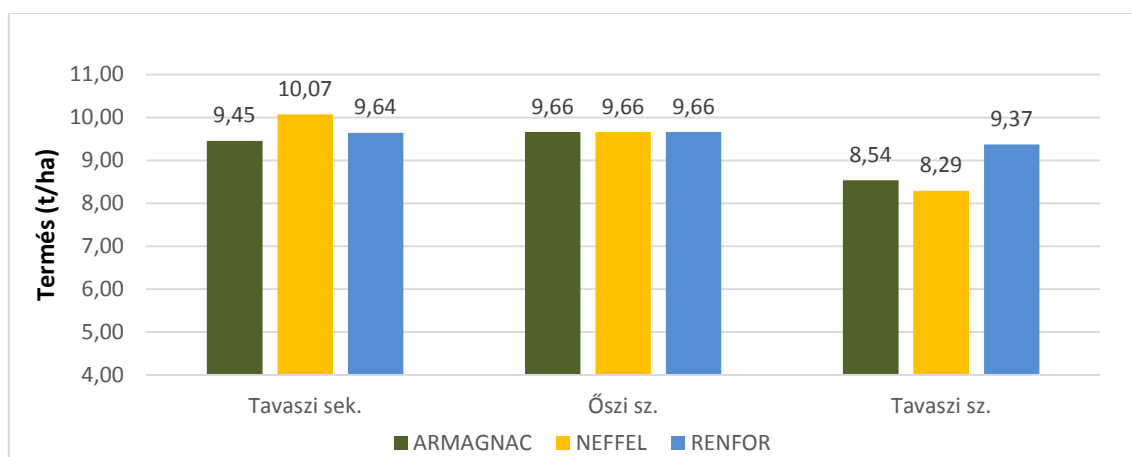
9. ábra: A talajművelés, műtrágyázás és kukorica hibridek elért terméseredményei a főátlaghoz viszonyítva (Debrecen, 2012)

A termesztéstechnológiai tényezők kölcsönhatásai nem szignifikánsak a 2012-ben elvégzett kutatások szerint. A talajművelés–műtrágyázás (Szig.=0,975>0,05) kölcsönhatása mellett elért terméseredmények (**10. ábra**) 0,975 szignifikancia értéke mutatja.



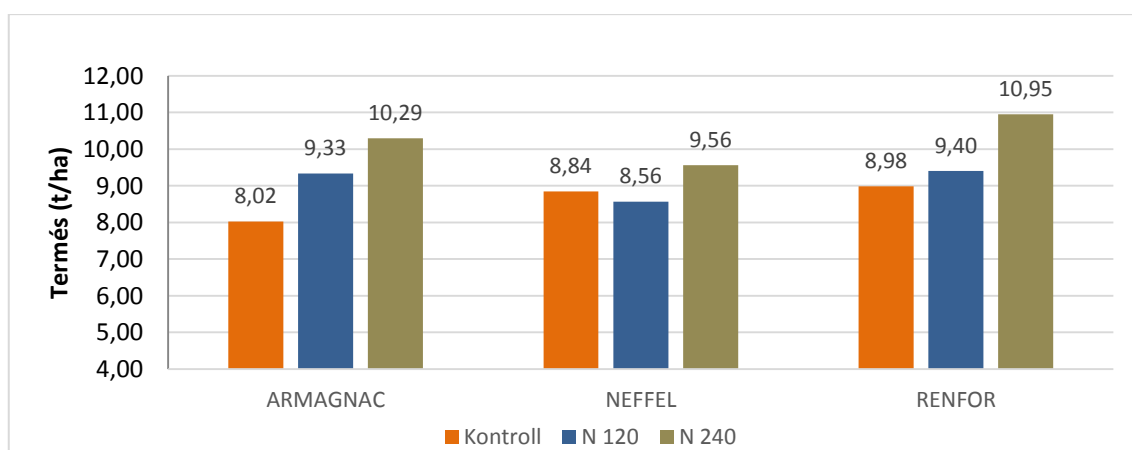
10. ábra: Talajművelés és műtrágyázás hatása a kukoricatermésre 50 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2012)

Az alkalmazott tényezőket tovább vizsgálva megállapítottuk, hogy a talajművelés–hibrid kölcsönhatása nem mutatott szignifikáns különbséget (Szig.=0,824>0,05) a termésre gyakorolt hatásuk szerint (**11. ábra**).



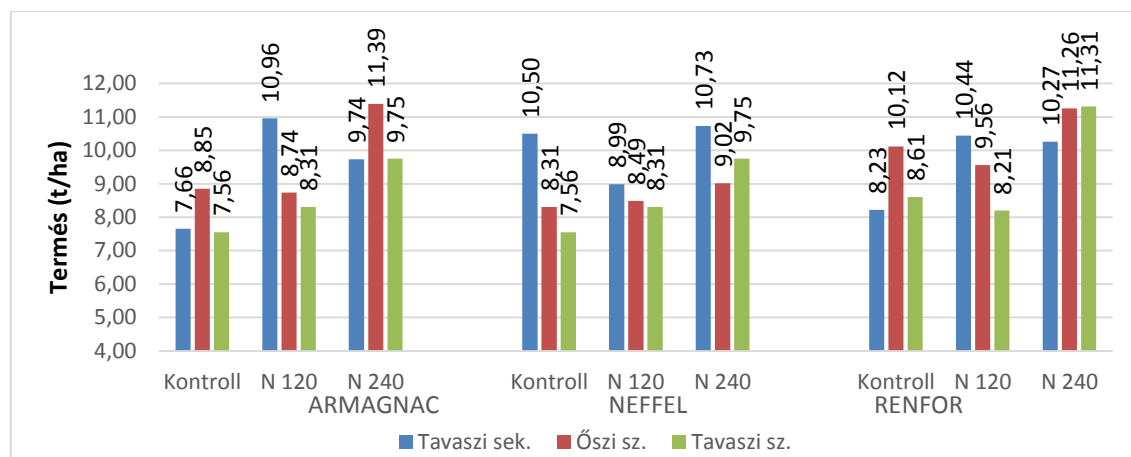
11. ábra: A kukoricahibridek keményítőhozama, 50 ezer tő/ha állományban
(Debrecen, 2012)

A 2012. év aszályossága miatt a műtrágya hatása nem érvényesült. Erre vonatkozóan több szerző is tett megállapítást, *Berzsenyi és Győrffy* (1994) 31 százalékban, *Nagy* (2005) 48 százalékban határozza meg a műtrágya, termésre gyakorolt hatását. *Győrffy* (1976) 26 százalékban a hibrid hatást tartja felelősnek a termésmennyiség alakulásáért. Azonban mindkét tényező hatását az időjárási szélsőségek tompíthatják. A kapott eredmények alapján, miszerint a műtrágyázás termésmennyiségre gyakorolt hatását az időjárás befolyásolja, az általunk választott 3 hibrid, 3 műtrágyakezelésben nem eredményezett statisztikailag igazolható különbséget ($S_{\text{zig.}}=0,520>0,05$) (12. ábra).



12. ábra: Műtrágyázás és hibridválasztás kölcsönhatásának eredménye a kukoricatermésre (Debrecen, 2012)

A három tényezőt, ha együttesen vizsgáljuk, szintén elmondható, hogy a talajművelés–műtrágyázás–hibridválasztás (Szig.=0,480>0,05) nem befolyásolta szignifikánsan az 50 ezer tő/ha mellett, 2012. év során elért termésátlagot (**13. ábra**).



13. ábra: Talajművelés és műtrágyázás hatása a kukorica termésére, hibridenként (Debrecen, 2012)

5.2.2. A 2013. év terméseredményének értékelése (50 ezer tő/ha)

A 2013. év hasonlóan alakult a 2012. évhez képest. A vegetációs időszak szempontjából igen fontosnak mondható július (virágzás) és augusztus (szemtelítődés) hónapok erősen csapadékhiányosak voltak. Ennek eredményeképp ebben az évben is az időjárás hatása volt erősebb az összes tényező hatásainál a termésátlag alakulására, ezért egy tényezőnél sem figyelhető meg szignifikáns eltérés (**6. táblázat**).

6. táblázat: Háromtényezős varianciaanalízis eredménye 50 ezer tő/ha tőszám alkalmazása mellett (Debrecen, 2013)

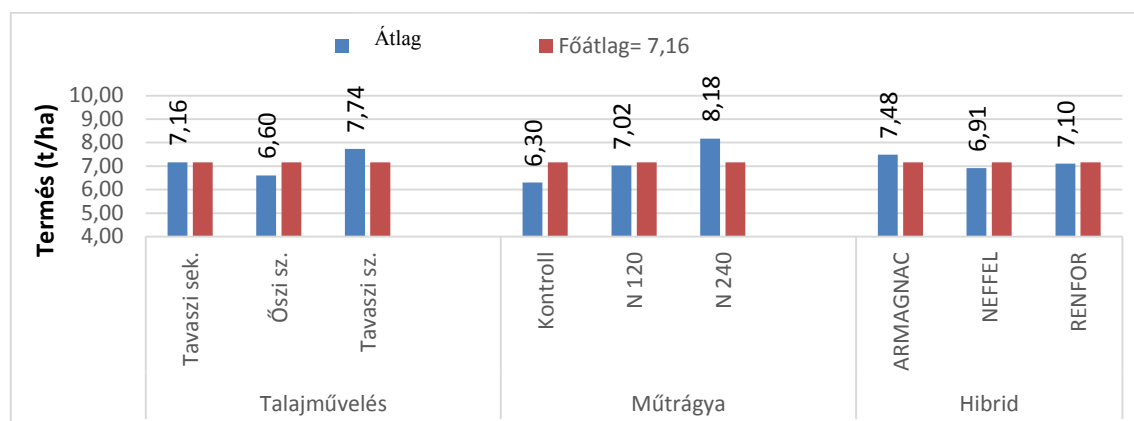
	Szabadságfokok	Eltérés négyzetösszeg	Variancia	F érték	Szignifikancia
Talajművelés	2	11,54	5,770	3,306	0,232
Maradék	2	3,49	1,745		
Műtrágya	2	32,36	16,181	1,909	0,228
Talajművelés * műtrágya	4	2,37	0,592	0,070	0,989
Maradék	6	50,85	8,474		
Hibrid	2	3,042	1,521	4,858	0,0556
Talajművelés * hibrid	4	8,06	2,015	0,368	0,824
Maradék	6	1,879	0,313		
Műtrágya* hibrid	4	0,356	0,089	0,114	0,975
Talajművelés * műtrágya * hibrid	8	0,630	0,078	0,101	0,998
Maradék	12	9,374	0,781		

Szignifikancia <0.05 *

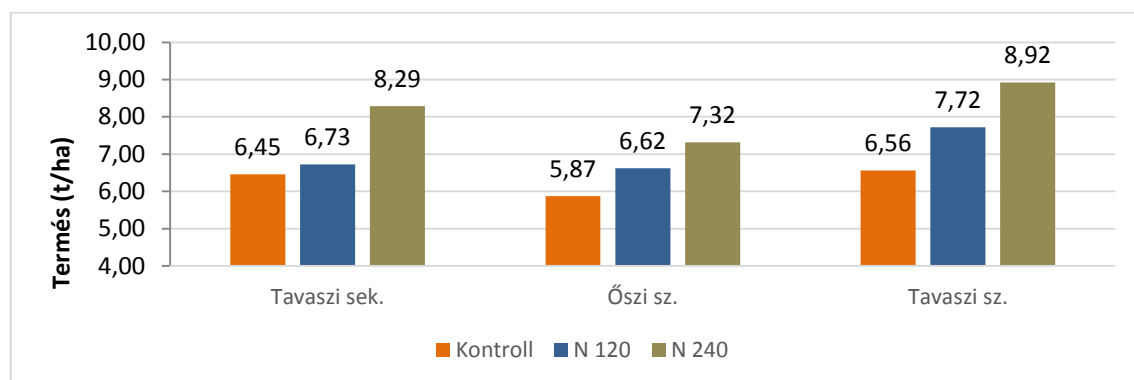
Az adatok alapján megállapítható, hogy a 2013-as évjáratban a kukorica termésére 50 ezer tő/ha állománysűrűségben nincs szignifikáns hatása sem a talajművelésnek (Szig.=0,232>0,05), sem a műtrágyázásnak (Szig.=0,228>0,05), sem a genotípusnak (Szig. = 0,055>0,05), és nincs szignifikáns eltérés a főátlagtól sem (**14. ábra**).

A kölcsönhatások nem szignifikánsak a 2013-as évjáratban a kukorica termésére. A talajművelés–műtrágya kölcsönhatása nem igazolható statisztikailag (Szig.=0,989>0,05) a termésátlagra vonatkoztatva a két tényező interakciójában (**15. ábra**).

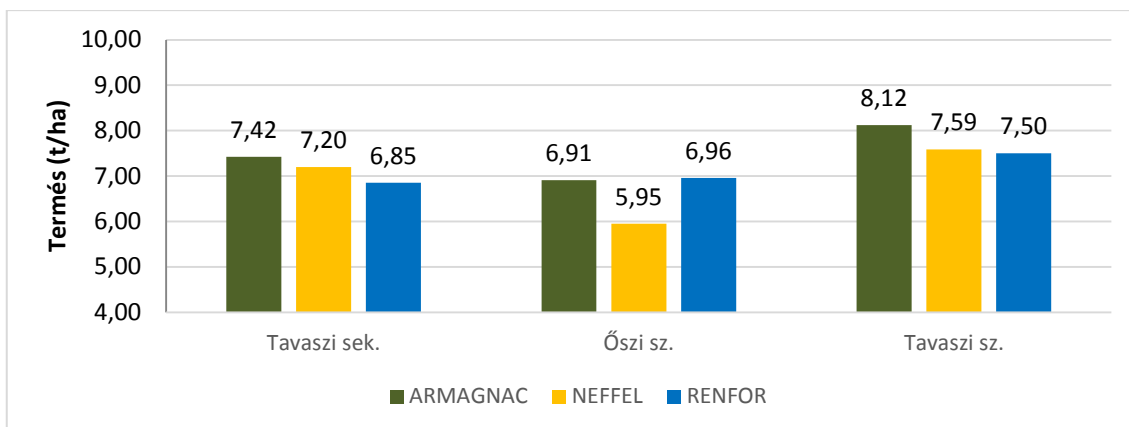
A **6. táblázat** adatai szerint a talajművelés–hibrid kölcsönhatása nem szignifikáns (Szig.=0,824>0,05), e két tényező termésátlagra gyakorolt hatását a **16. ábra** szemlélteti.



14. ábra: A talajművelés, műtrágyázás és hibridválasztás mellett elért terméseredmények a főátlaghoz viszonyítva (Debrecen, 2013)

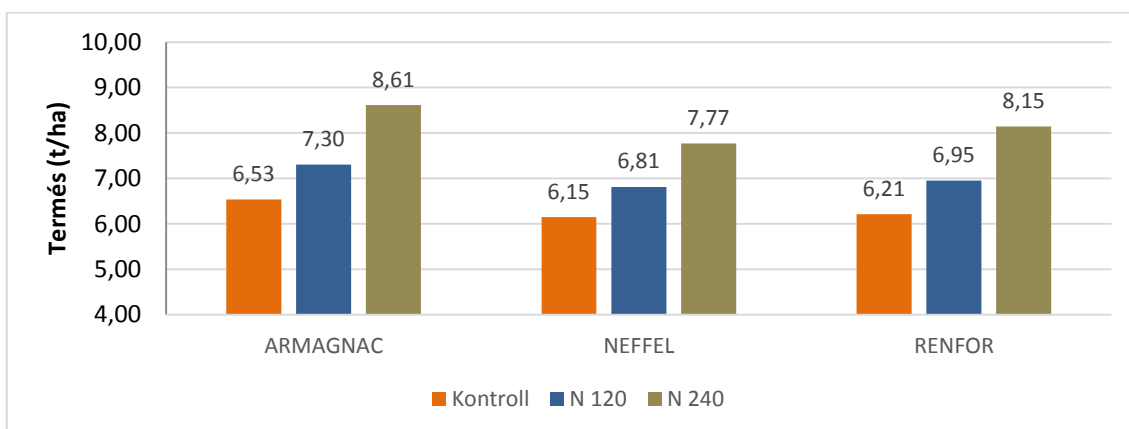


15. ábra: Talajművelés és műtrágyázás hatása a kukorica termésére (Debrecen, 2013)



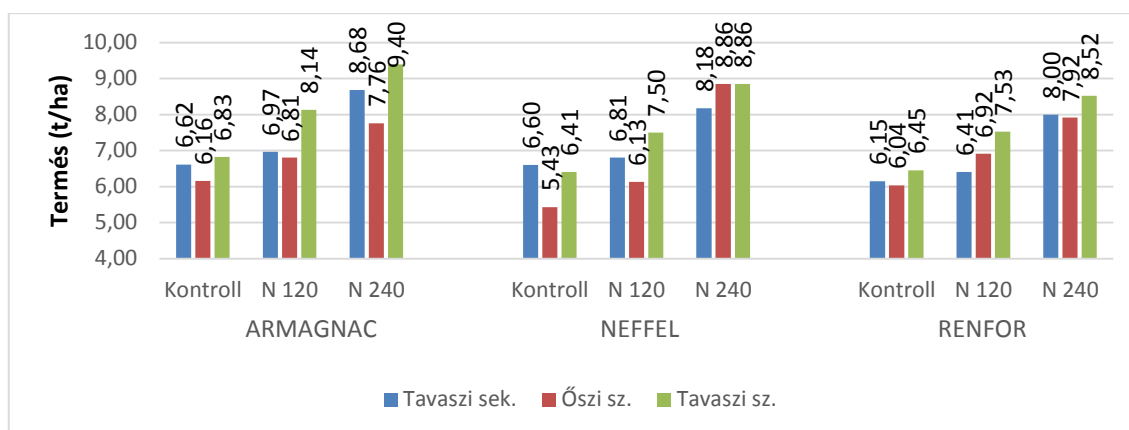
16. ábra: Talajművelés hatása a kukorica termésére, hibridenként (Debrecen, 2013)

A műtrágya – hibridválasztás kölcsönhatását a **17. ábra** mutatja. A kapott 0,975 szignifikancia érték mutatja, hogy a kapcsolat nem hozott szignifikáns eredményt (Szig.=0,975>0,05).



17. ábra: Műtrágyázás hatása a kukorica hibridek termésére 50 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2013)

Az eredmények szerint a 2012. évhez hasonlóan a három tényezőt együttesen vizsgálva – talajművelés–műtrágya–hibrid – (Szig.=0,998>0,05) nem kaptunk szignifikáns eredményt, azaz e három tényező nem befolyásolta szignifikánsan az 50 ezer tő/ha 2013-as év termésátlagát (**18. ábra**).



18. ábra: Talajművelés és műtrágyázás hatása a kukorica termésére hibridenként (Debrecen, 2013)

5.2.3. A 2014. év terméseredményének értékelése (50 ezer tő/ha)

A kukoricatermesztés szempontjából a 2014. év kedvezőbb volt, mint a 2012. és 2013. év. A május, július, augusztus, szeptember hónapokban hullott csapadék mennyisége meghaladta a 100 éves átlagot. A vizsgált tényezők közül a talajművelés és a hibridválasztás befolyásolta szignifikánsan a termést (7. táblázat).

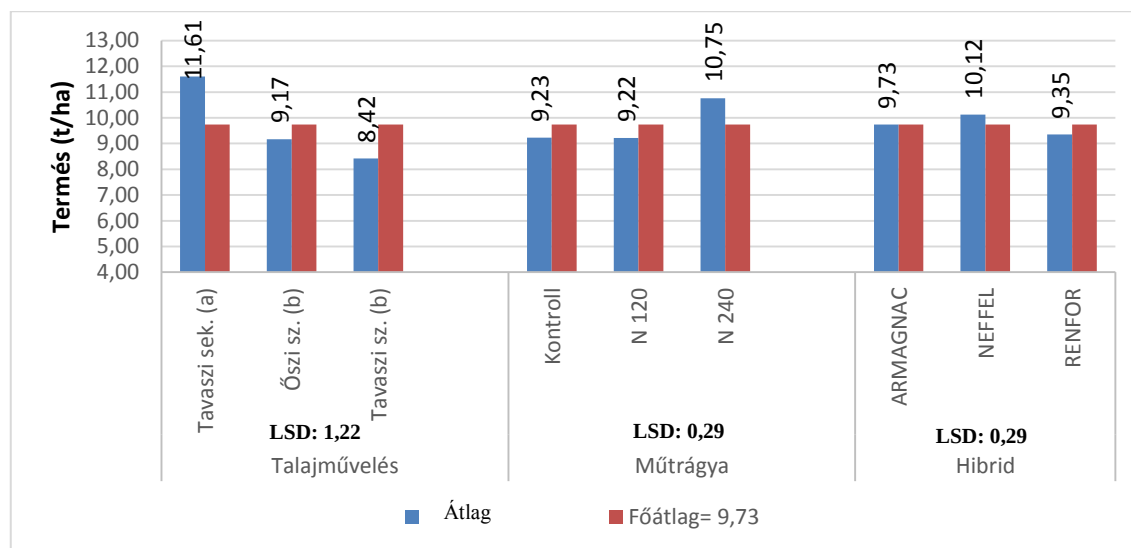
7. táblázat: Háromtényezős varianciaanalízis eredménye 50 ezer tő/ha tőszám alkalmazása mellett (Debrecen, 2014)

	Szabadságfokok	Eltérés négyzetösszeg	Variancia	F érték	Szignifikancia
Talajművelés	2	100,7	50,04	69,17	0,014*
Maradék	2	1,45	0,72		
Műtrágya	2	28,15	14,076	0,892	0,458
Talajművelés * műtrágya	4	2,51	0,627	0,040	0,996
Maradék	6	94,63	15,772		
Hibrid	2	5,344	2,672	21,12	0,001*
Talajművelés * hibrid	4	13,819	3,455	27,31	0,000*
Maradék	6	0,759	0,127		
Műtrágya* hibrid	4	0,206	0,0514	0,144	0,962
Talajművelés * műtrágya * hibrid	8	1,738	0,217	0,608	0,755
Maradék	12	4,285	0,357		

Szignifikancia <0,05 *

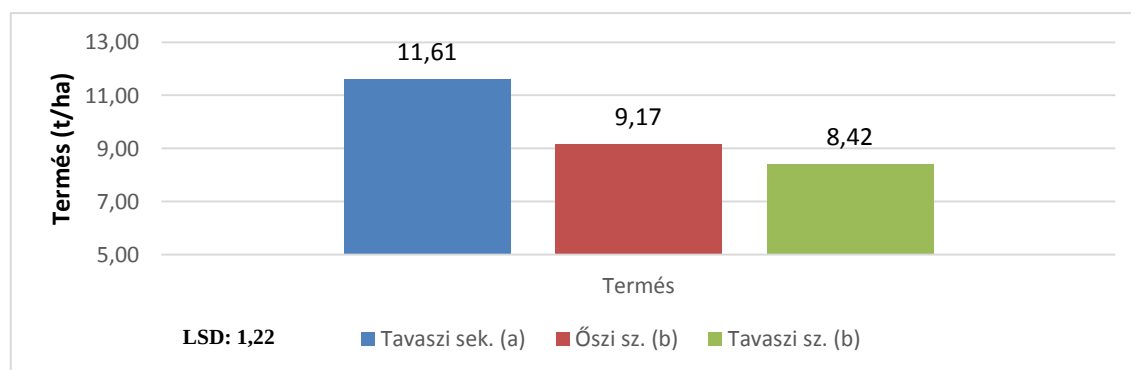
A 2014-es évjárat kukoricatermését 50 ezer tő/ha állománysűrűség esetén a talajművelés (Szig.=0,014*<0,05) szignifikánsan befolyásolta. A műtrágyázás hatása nem volt szignifikáns a kukorica termésére (Szig.=0,458>0,05), a hibridválasztás azonban statisztikailag igazolhatóan befolyásolta a termésmennyiség alakulását (Szig.=0,001*<0,05).

A főátlaghoz (9,73 t/ha) viszonyítva szignifikáns különbséget mutat a tavaszi sekélyművelés és a hibridválasztás (**19. ábra**).



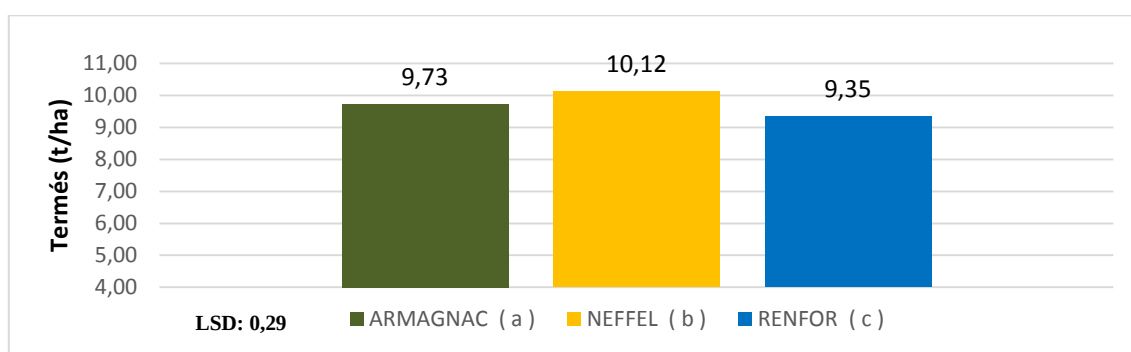
19. ábra: A talajművelés, műtrágyázás és hibridválasztás mellett elért kukorica terméseredmények a főátlaghoz viszonyítva (Debrecen, 2014)

A 2014-es évre vonatkozóan a talajművelésnek a kukorica termésére gyakorolt hatását Duncan post hoc teszttel vizsgáltuk. A módszer lényege, hogy az elsőfajú hiba nem a kísérlet egészére rögzített, így a próba nem annyira konzervatív, mint a hasonló tesztek. Két homogén csoportot (a és b) kaptunk eredményül, amelyek szignifikánsan különböznek egymástól, azaz a különböző betűvel jelölt csoportok átlagai szignifikánsan (Szig.<0,05) különböznek egymástól. Tehát a termésátlag a tavaszi sekélyművelés esetén szignifikánsan (Szig.<0,05) különbözik az őszi és tavaszi szántásos talajművelési eljárás alkalmazása mellett elért termésátlagtól (**20. ábra**).



20. ábra: Talajművelés hatása a kukorica termésére 50 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2014)

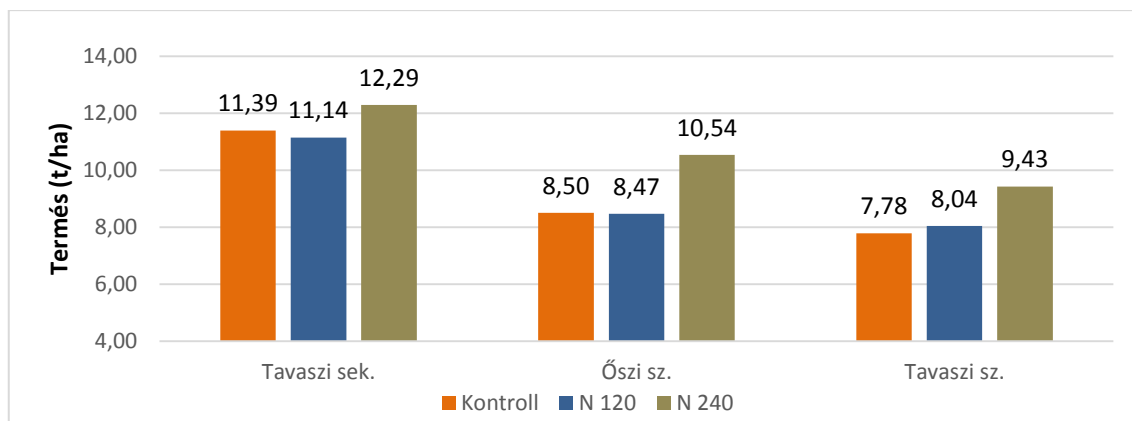
Ha a 2014-es évjáratot, kukorica termésére nézve vizsgáljuk a hibridválasztást elmondható, hogy a hatás szignifikáns, tehát a hibrid szignifikánsan befolyásolta a termésátlag alakulását (Szig.=0,001* < 0,05). A szignifikanciát a talajműveléshez hasonlóan szintén Duncan post hoc teszttel vizsgáltuk. Három, szignifikánsan különböző csoportot kaptunk eredményül. Hibridenként ezek a következők: RENFOR (9,35±2,221) (átlag+-szórás) hibrid átlag termése szignifikánsan alacsonyabb ARMAGNAC és NEFFEL átlag termésétől, amelyek közül a NEFFEL (10,12 ± 2,352) átlagtermése szignifikánsan magasabb ARMAGNAC (9,73 ± 2,033) átlag termésétől (21. ábra).



21. ábra: A kukorica terméseredménye hibridenként 50 ezer tő/ha tőszám mellett (Debrecen, 2014)

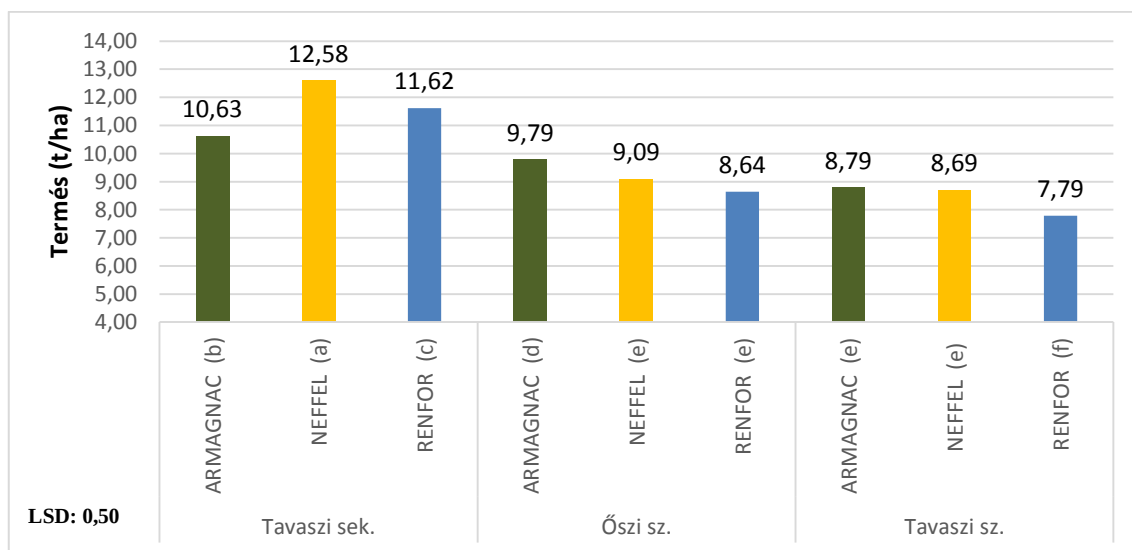
A talajművelés és műtrágya közötti kölcsönhatások nem szignifikánsak (Szig.=0,996>0,05) (7. táblázat). A két tényező termésátlagra gyakorolt hatását a 22. ábra szemlélteti.

Ha együtt vizsgáljuk a két szignifikáns hatást a következő megállapítást tehetjük (talajművelés–hibridválasztás szignifikáns (Szig.=0,000*<0,05). Eredményül hat homogén csoportot kaptunk, melyek egymástól szignifikánsan különböznek.



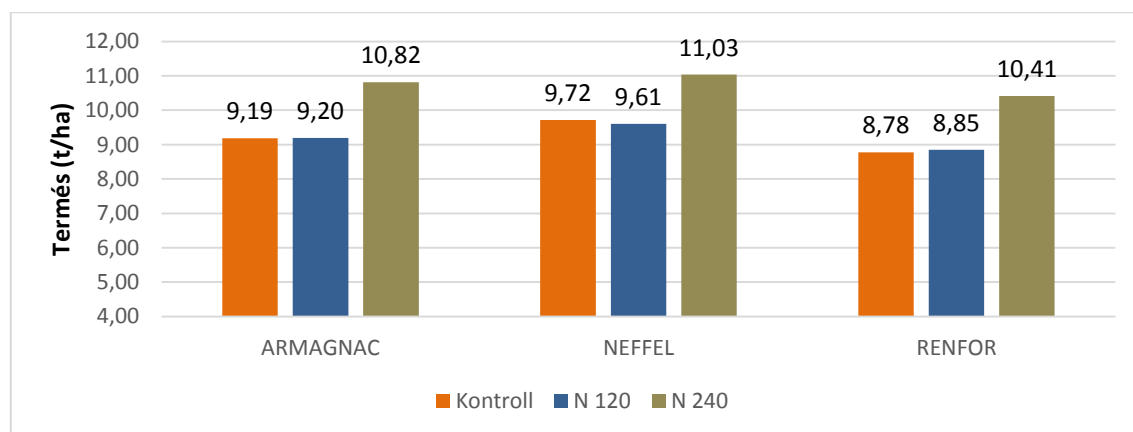
22. ábra: Talajművelés és műtrágyázás hatása a kukorica termésére
50 ezer tő/ha tőszám mellett (Debrecen, 2014)

A NEFFEL termése (12,58 t/ha) a tavaszi sekélyművelésnél szignifikánsan nagyobb a RENFOR tavaszi sekélyművelésben elért eredményétől (11,62 t/ha), amely viszont szignifikánsan nagyobb az ARMAGNAC tavaszi sekélyművelése esetén kapott termésátlagától (10,63 t/ha). Az ARMAGNAC tavaszi sekélyművelés esetén kapott termésátlaga (10,63 t/ha) viszont szignifikánsan nagyobb az ARMAGNAC őszi szántásos művelésben elért eredményétől (9,79 t/ha), és szignifikánsan nagyobb a következő csoporttól: őszi szántás NEFFEL (9,09 t/ha), RENFOR (8,64 t/ha); tavaszi szántás ARMAGNAC (8,79 t/ha), NEFFEL (8,69 t/ha) (ezek egymás közt nem különböznek); végül tavaszi szántás RENFOR (7,79 t/ha) szignifikánsan alacsonyabb a felsoroltaktól (23. ábra).



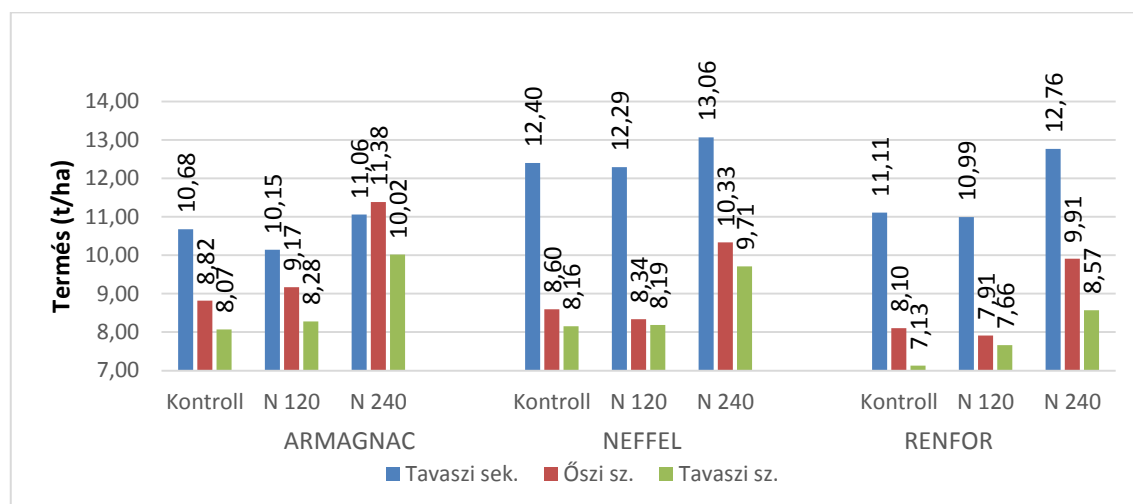
23. ábra: Talajművelés hatása a kukorica hibridek termésére 50 ezer tő/ha állományban
(Debrecen, 2014)

A 2014. évben a műtrágyázás–hibridválasztás ($S_{\text{zig.}}=0,962>0,05$) hatása nem eredményezett szignifikáns különbséget (7. táblázat) az 50 ezer tő/ha állománysűrűségben. Az elért terméseredményeket a hibridválasztás és műtrágya együttes hatására a 24. ábra mutatja.



24. ábra: A műtrágyázás hatása a kukorica hibridek termésére 50 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2014)

A talajművelés–műtrágya–hibrid ($S_{\text{zig.}}=0,755>0,05$) együttes hatásának értékelése a 2014. év 50 ezer tő/ha állománysűrűség esetén nem mutat szignifikáns különbséget. A fent említett tényezők termésátlagra gyakorolt hatását a 25. ábrán látjuk.



25. ábra: Talajművelés és műtrágyázás hatása a kukorica termésére hibridenként 50 ezer tő/ha állományban (2014) [SZD 5%]

5.2.4. A 2012–2014. évek terméseredményeinek összevont értékelése (50 ezer tő/ha)

A vizsgálatba bevont három év átlagában végzett elemzések alapján a következő megállapításokat tehetjük.

A 2012–2014. évek kukorica termését 50 ezer tő/ha állományban szignifikánsan befolyásolta a talajművelés (Szig.=0,030*<0,05). Műtrágya kezelés nem hatott szignifikánsan a kukorica termésére a három év átlagában (Szig.=0,458>0,05). A hibridválasztás nem befolyásolta szignifikánsan a termésmennyiség alakulását (Szig.=0,853<0,05) (**8. táblázat**).

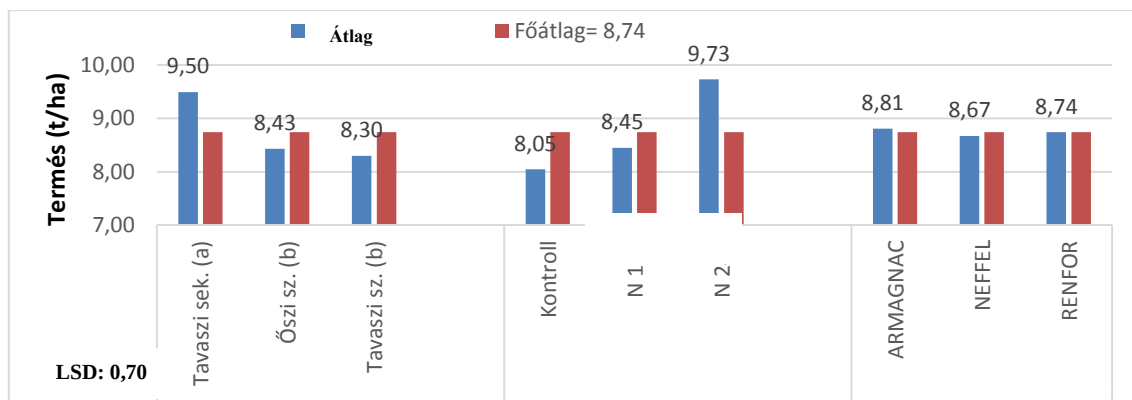
A három év terméseredményeinek főátlag 8,74 t/ha volt. Az egyes agrotechnikai tényezők termésátlagra gyakorolt hatását, azaz a terméseredmények főátlagtól való eltérését a **26. ábrán** láthatjuk.

A termés tavaszi sekélyművelés esetén (9,50±2,408) szignifikánsan (Szig.<0,05) különbözik az őszi szántással (8,43±2,418) és tavaszi szántással (8,30±1,810) művelt kukorica terméseitől (**27. ábra**). A 3 év átlagában a tavaszi sekélyművelés 50 ezer tő/ha növényszám mellett, 1,07 t/ha terméstöbbletet eredményezett az őszi szántáshoz képest. Ez az eredmény nem egyezik meg azon megállapításokkal, miszerint a forgatás nélküli, tavaszi sekélyművelés kedvezőtlenül hat a termés mennyiségének alakulására aszályos évek esetén (Birkás *et al.*, 1999; Gecse, 2001).

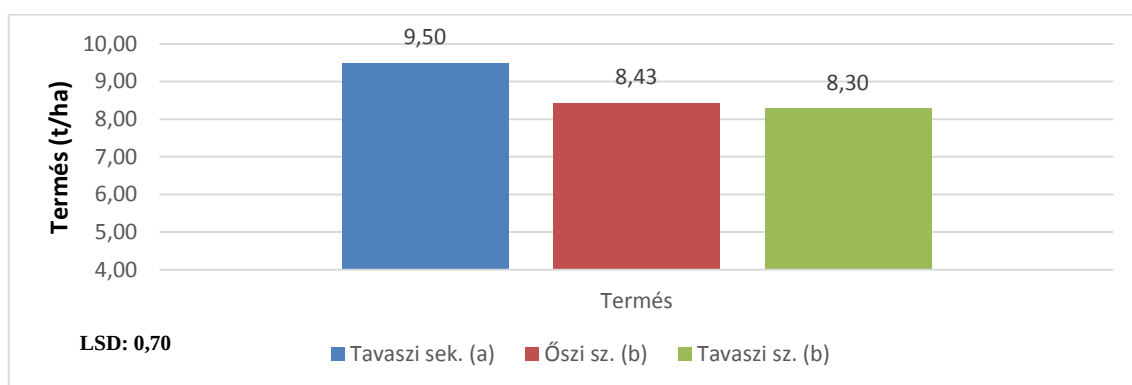
8. táblázat: Háromtényezős varianciaanalízis eredménye 50 ezer tő/ha tőszám alkalmazása mellett (Debrecen, 2012-2014)

	Szabadságfokok	Eltérés négyzetösszeg	Variancia	F érték	Szignifikancia
Talajművelés	2	46,49	23,247	32,26	0,030*
Maradék	2	1,44	0,721		
Műtrágya	2	83,76	41,88	2,315	0,180
Talajművelés * műtrágya	4	2,70	0,68	0,037	0,997
Maradék	6	108,53	18,09		
Hibrid	2	0,513	0,256	0,164	0,853
Talajművelés * hibrid	4	14,833	3,708	2,371	0,165
Maradék	6	9,382	1,564		
Műtrágya* hibrid	4	3,400	0,850	0,780	0,559
Talajművelés * műtrágya * hibrid	8	4,112	0,514	0,472	0,854
Maradék	12	13,081	1,090		

Szignifikancia <0.05 *

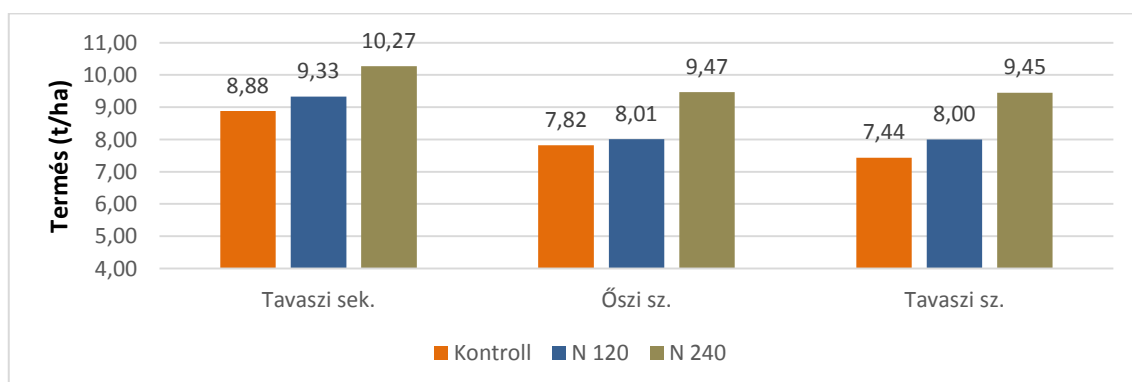


26. ábra: A talajművelés, műtrágyázás és hibridválasztás mellett elért kukorica terméseredmények a főátlaghoz viszonyítva (Debrecen, 2012–2014)

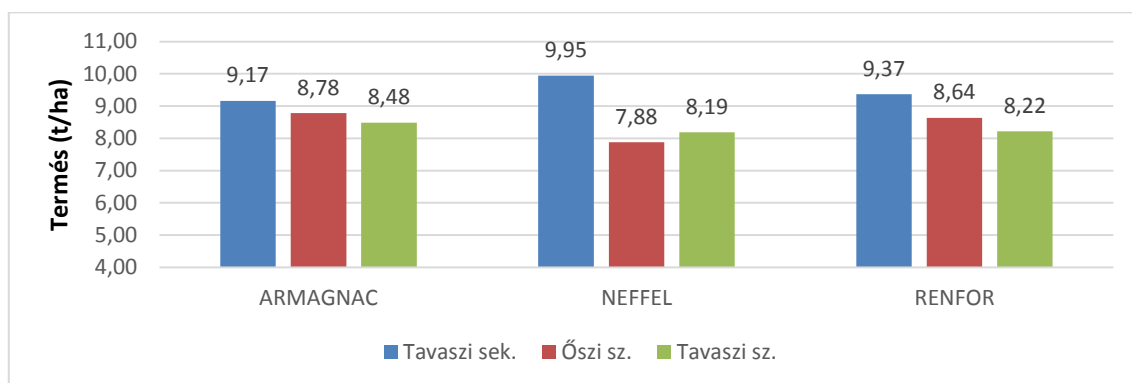


27. ábra: Talajművelés hatása a kukorica termésére 50 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2012–2014)

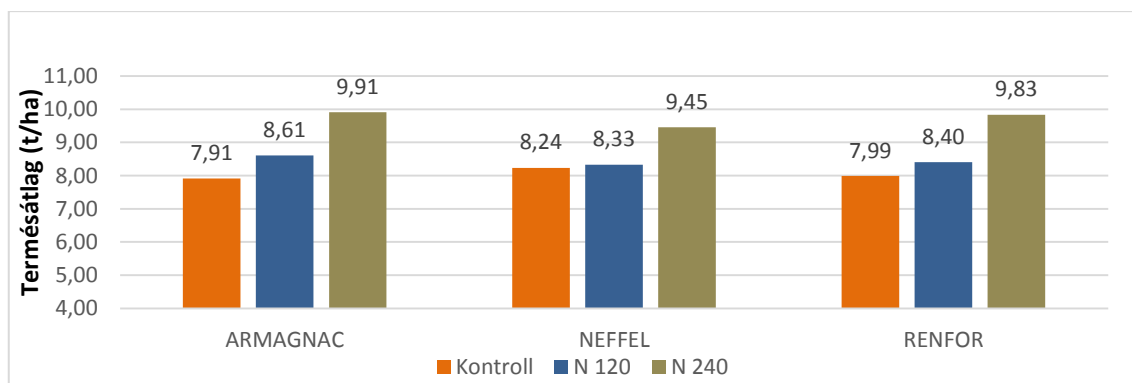
A kölcsönhatásokat, melyek nem szignifikánsak, mint a talajművelés–műtrágya kölcsönhatása ($S_{\text{zig.}}=0,997>0,05$) a **28. ábra**, a talajművelés–hibridválasztás kölcsönhatása ($S_{\text{zig.}}=0,165>0,05$) a **29. ábra**, valamint a műtrágya–hibridválasztás kölcsönhatása ($S_{\text{zig.}}=0,559>0,05$) a **30. ábra** szemlélteti a vizsgált három év átlagában.



28. ábra: Talajművelés és műtrágyázás hatása a kukoricatermésre 50 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2012–2014)

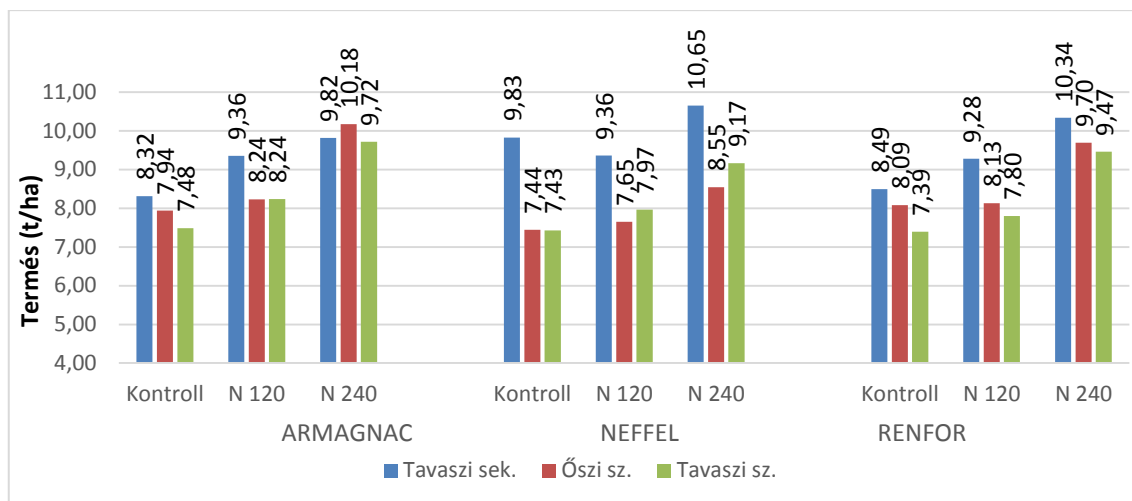


29. ábra: Talajművelés hatása a kukoricatermésre, hibridenként 50 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2012–2014)



30. ábra: Műtrágyázás hatása a kukoricatermésre, hibridenként, 50 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2012–2014)

A kísérletben szereplő három év és a három tényező – talajművelés–műtrágya–hibridválasztás – kölcsönhatása nem mutat szignifikáns eredményt ($S_{\text{zig.}}=0,854>0,05$). A terméseredmények alakulását a **31. ábra** szemlélteti.



31. ábra: Talajművelés és műtrágyázás hatása a kukorica termésére hibridenként
50 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2012–2014)

5.3. A terméseredmények évenkénti értékelése (70 ezer tő/ha)

5.3.1. A 2012. év terméseredményének értékelése (70 ezer tő/ha)

A hektáronkénti tőszám növelésével (korábbi 50 ezer tő/ha-ról, 70 ezer tő/ha-ra növelt) teszteltük a három agrotechnikai tényező termésmennyiségre gyakorolt hatását annak függvényében, hogy a tőszám nagy mértékben befolyásolja a termés mennyiségét *Sárvári et al.* (1994) közleménye alapján.

Az 50 ezer tő/ha növényállomány mellett, így 70 ezer tő/ha tőszámot is alkalmaztunk kísérleteink során mindhárom évben. A 2012. év eredményeit, kölcsönhatásvizsgálatát, szignifikancia elemzését a **9. táblázat** tartalmazza.

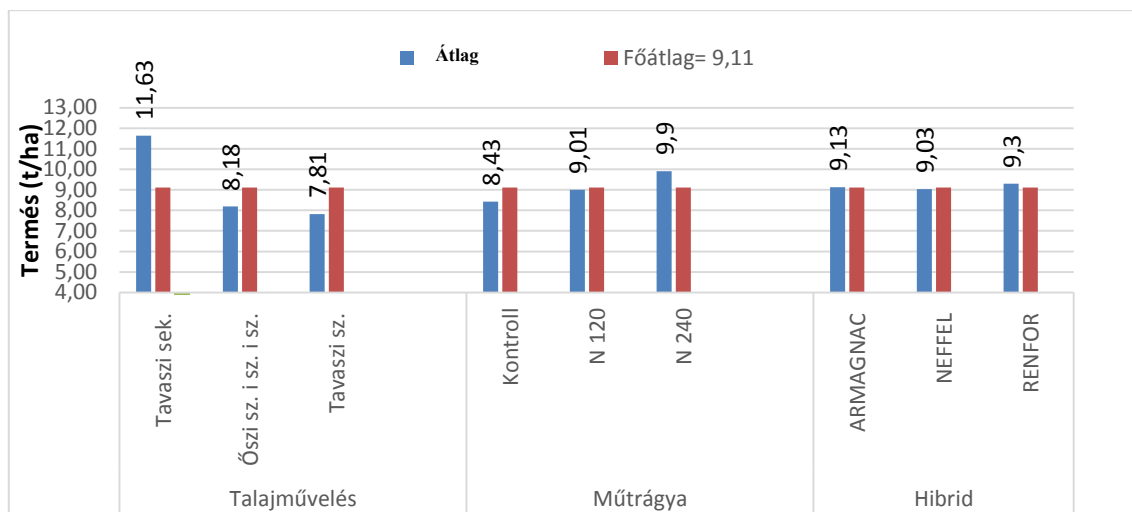
9. táblázat: Háromtényezős varianciaanalízis eredménye 70 ezer tő/ha tőszám alkalmazása mellett (Debrecen, 2012)

	Szabadságfokok	Eltérés négyzetösszeg	Variancia	F érték	Szignifikancia
Talajművelés	2	165,26	82,63	5,766	0,148
Maradék	2	28,66	14,33		
Műtrágya	2	21,89	10,946	1,762	0,250
Talajművelés * műtrágya	4	2,64	0,659	0,106	0,976
Maradék	6	37,28	6,214		
Hibrid	2	0,506	0,253	0,100	0,906
Talajművelés * hibrid	4	9,654	2,413	0,952	0,496
Maradék	6	15,215	2,535		
Műtrágya* hibrid	4	4,455	1,113	0,817	0,538
Talajművelés * műtrágya * hibrid	8	7,375	0,921	0,677	0,705
Maradék	12	16,351	1,362		

Szignifikancia <0.05 *

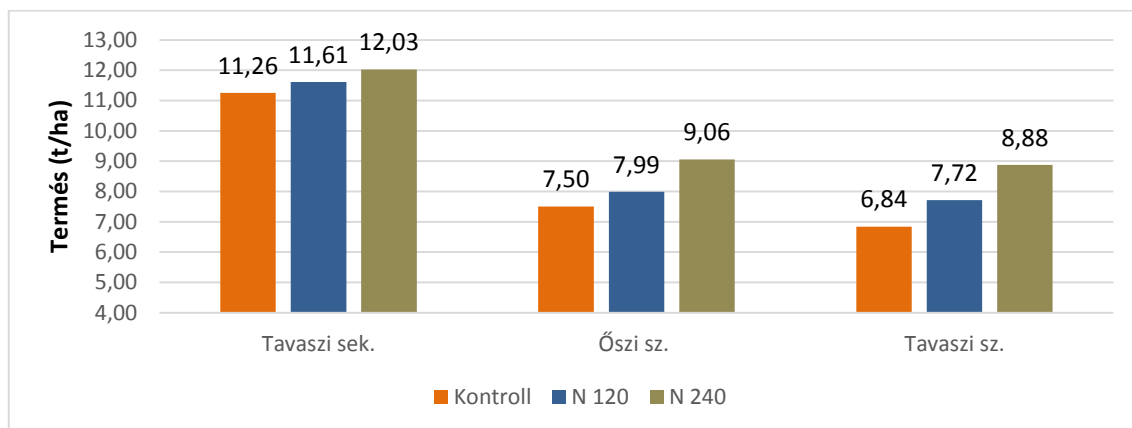
Megállapítottuk, hogy a kísérletben a 2012. évben a 70 ezer tő/ha növényszám alkalmazása esetén nem kaptunk szignifikáns hatásokat egyik tényezőre sem. Azaz, nincs szignifikáns hatása a talajművelésnek (Szig.=0,148>0,05), a műtrágyázásnak (Szig.=0,250>0,05) és a hibridválasztásnak (Szig.=0,906>0,05) a kukorica terméseredményeire.

A 2012. év termésének főatlaga 9,11 t/ha volt. Szignifikánsan egyik tényező átlaga sem tér el a főátlagtól (**32. ábra**).

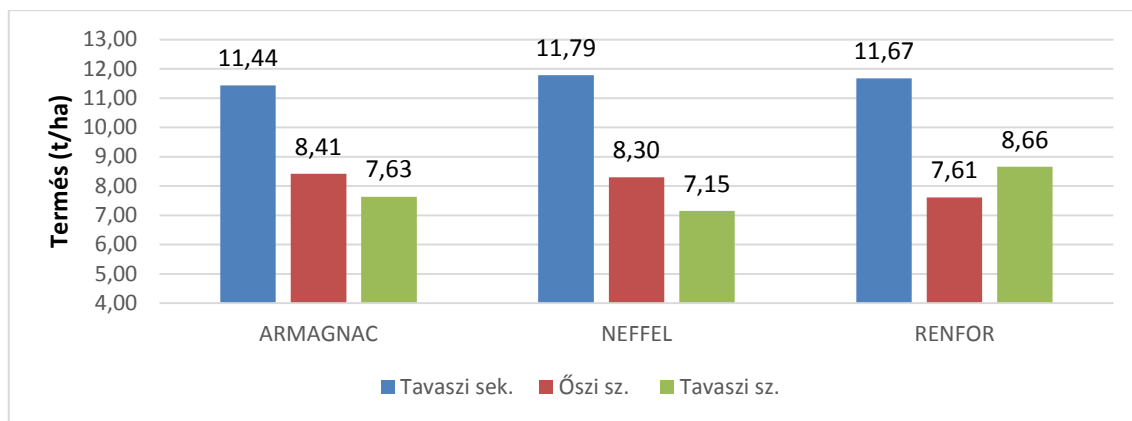


32. ábra: A talajművelés, műtrágyázás és hibridválasztás mellett elért kukorica terméseredmények a főátlaghoz viszonyítva (Debrecen, 2012)

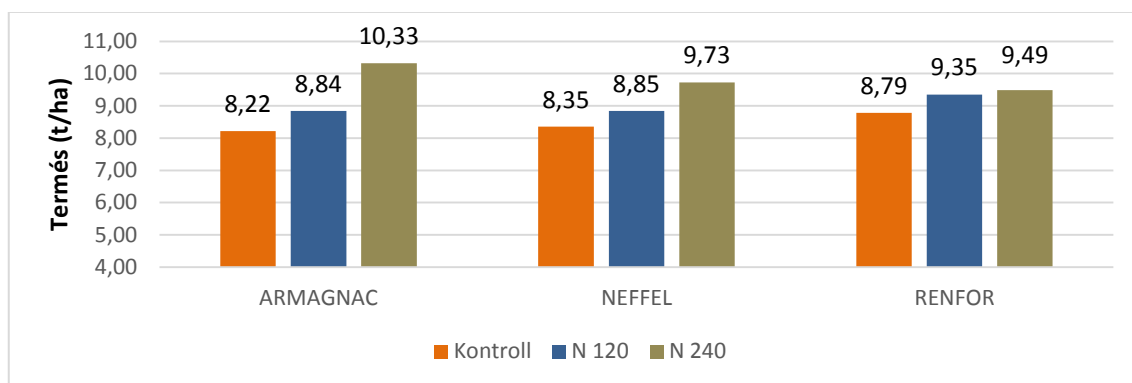
Az egyes kölcsönhatások szignifikancia szint vizsgálatának grafikus ábrázolását a talajművelés–műtrágya (Szig.=0,976>0,05) vonatkozásában a **33. ábra**, a talajművelés–hibridválasztás (Szig.=0,496>0,05) vonatkozásában a **34. ábra**, míg a műtrágya–hibrid (Szig.=0,538>0,05) esetében a **35. ábra** szemlélteti. Az ábrázolt tényezőkapcsolatok egyike sem mutat szignifikáns különbséget a terméseredmény vonatkozásában.



33. ábra: Talajművelés és műtrágyázás hatása a kukoricatermésre, 70 ezer t/ha állományban (Debrecen, 2012)

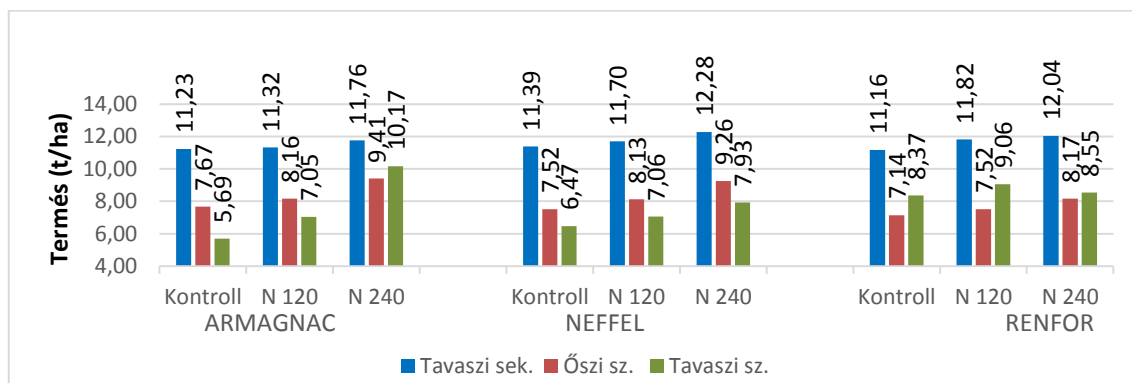


34. ábra: Talajművelés hatása a kukoricatermésre hibridenként 70 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2012)



35. ábra: Műtrágyázás hatása a kukoricatermésre hibridenként 70 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2012)

A három tényező hatását együttesen ábrázolva (Szig.=0,705>0,05) (36. ábra), az előzőekhez hasonló eredményt kaptunk, azaz a talajművelés–műtrágya–hibridválasztás nem mutat szignifikáns különbséget a terméseredmény vonatkozásában.



36. ábra: Talajművelés és műtrágyázás hatása a kukorica termésére hibridenként 70 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2012)

5.3.2. A 2013. év terméseredményének értékelése (70 ezer tő/ha)

A 2013. év májusi hónapjában lehullott csapadéktöbblet mellett alkalmazott talajművelés, mint agrotechnikai tényező statisztikailag igazolható hatást gyakorolt a termésmennyiségre. A 2013-as év esetén a kukorica terméseredményét 70 ezer tő/ha állománysűrűség mellett szignifikánsan befolyásolta a talajművelés (Szig.=0,049*<0,05). A tényezők által mutatott szignifikancia értékeket a **10. táblázat** foglalja össze.

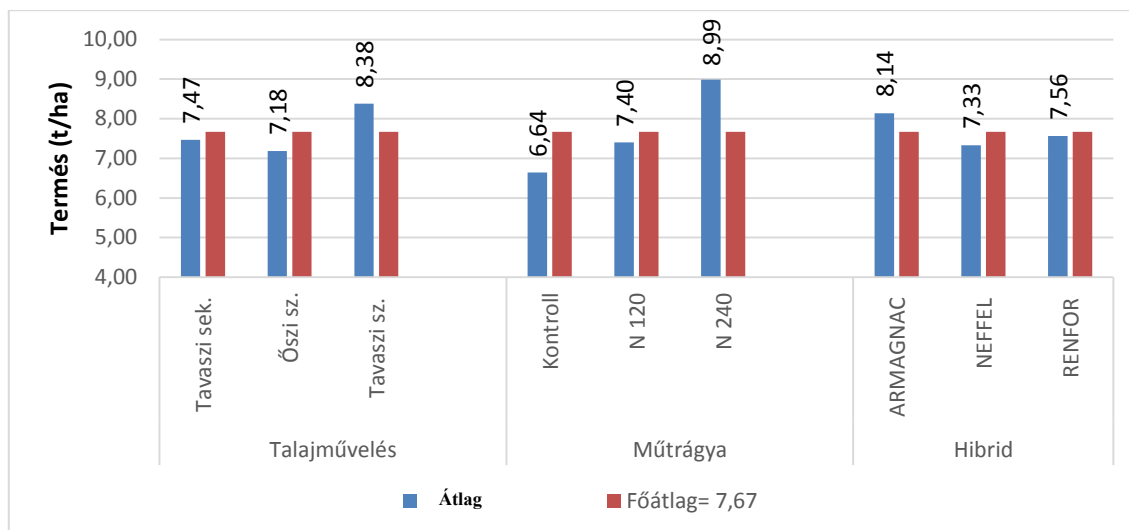
10. táblázat: Háromtényezős varianciaanalízis eredménye 70 ezer tő/ha tőszám alkalmazása mellett (Debrecen, 2013)

	Szabadságfokok	Eltérés négyzetösszeg	Variancia	F érték	Szignifikancia
Talajművelés	2	13,993	6,997	19,37	0,049*
Maradék	2	0,722	0,361		
Műtrágya	2	51,72	25,861	1,686	0,262
Talajművelés * műtrágya	4	0,41	0,102	0,007	1
Maradék	6	92,02	15,335		
Hibrid	2	6,171	3,085	2,376	0,174
Talajművelés * hibrid	4	2,656	0,663	0,511	0,731
Maradék	6	7,792	1,298		
Műtrágya* hibrid	4	0,664	0,166	0,559	0,697
Talajművelés * műtrágya * hibrid	8	1,048	0,131	0,441	0,874
Maradék	12	3,568	0,297		

Szignifikancia <0.05 *

A talajműveléssel szemben a műtrágya nem hatott szignifikánsan a kukorica termésére (Szig.=0,262>0,05), valamint a hibridválasztás sem befolyásolta számottevően a termés alakulását (Szig.= 0,174>0,05).

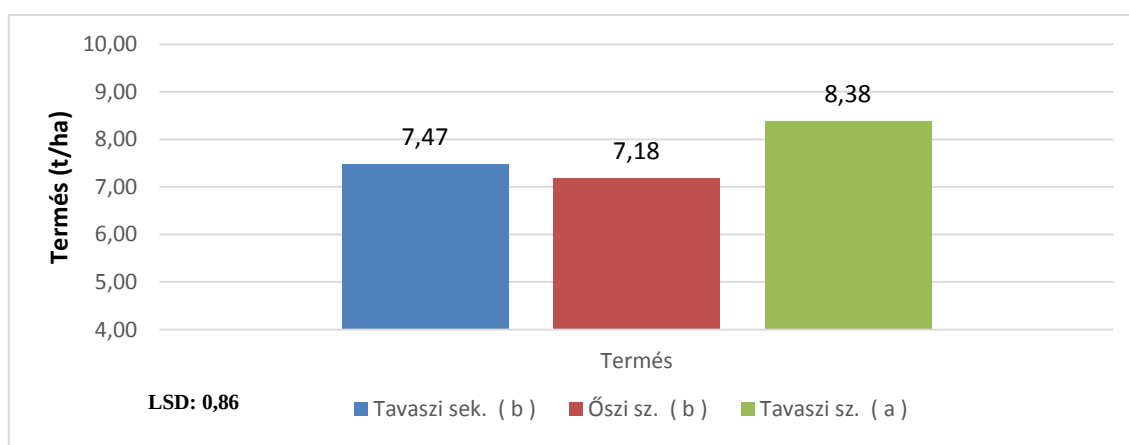
Az egyes tényezők termésre gyakorolt hatásait a **37. ábrán** látjuk. A termésmennyiség főátlag 2013-ban 7,67 t/ha volt 70 ezer tő/ha tőszám esetén.



37. ábra: A talajművelés, műtrágyázás és hibridválasztás mellett elért kukorica terméseredmények a főátlaghoz viszonyítva (Debrecen, 2013)

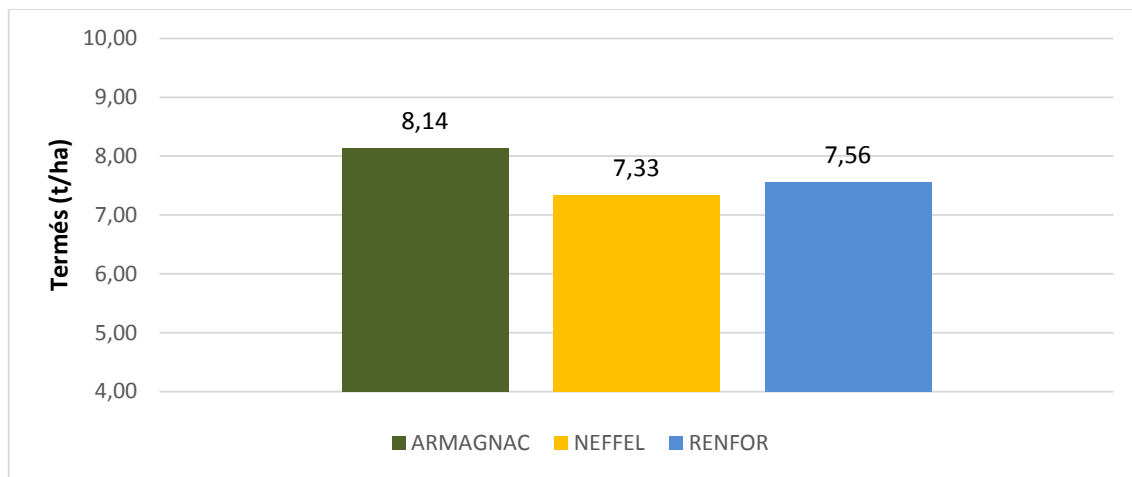
A talajművelés szignifikancia szintjének vizsgálata Duncan teszttel történt. A teszt eredményei alapján tavaszi szántás alkalmazása esetén a kukorica termése szignifikánsan ($S_{\text{zig.}} < 0,05$) nagyobb az őszi szántás és tavaszi sekélyművelés által eredményezett terméstől. A **38. ábrán** látható, hogy a zöld oszlop a legmagasabb (8,38 t/ha), amely a tavaszi szántást szemlélteti.

A tavaszi szántást *Surányi* (1957) kedvező hatásként írja le, amely a terméseredményt pozitívan befolyásolja. Ezt az állítást ebben az évben, erre a tőszámra nézve, ekkora csapadék estén igazoltuk.



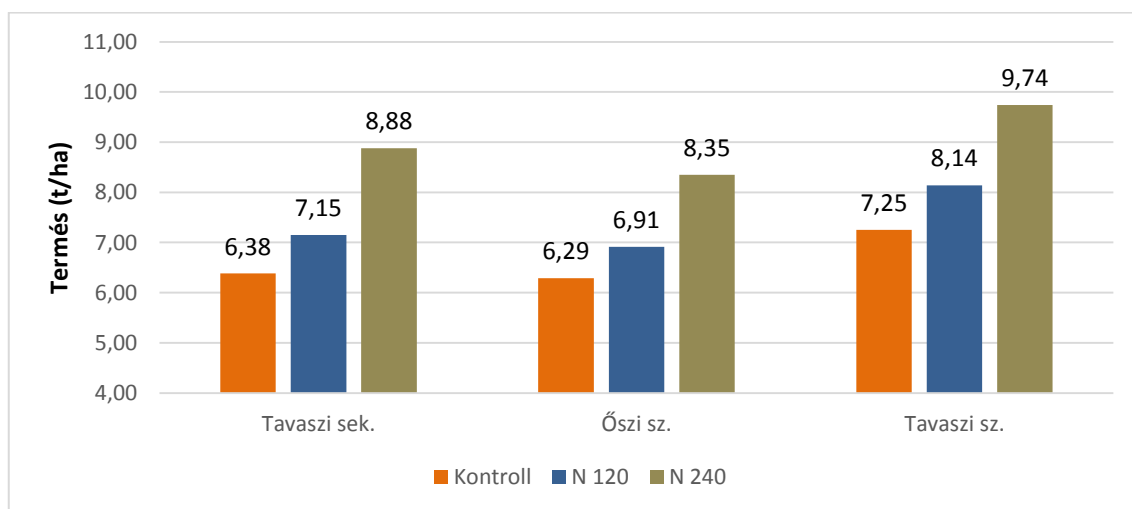
38. ábra: Talajművelés hatása a kukorica termésére 70 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2013)

A **39. ábrán** látható, hogy a hibridek mekkora terméseredményt értek el a 70 ezer tő/ha esetén, 2013. év átlagában. Legnagyobb termésátlagot az ARMAGNAC produkálta, 8,14 t/ha eredménnyel.



39. ábra: A kukorica hibridek terméseredményei 70 ezer tő/ha állományban
(Debrecen, 2013)

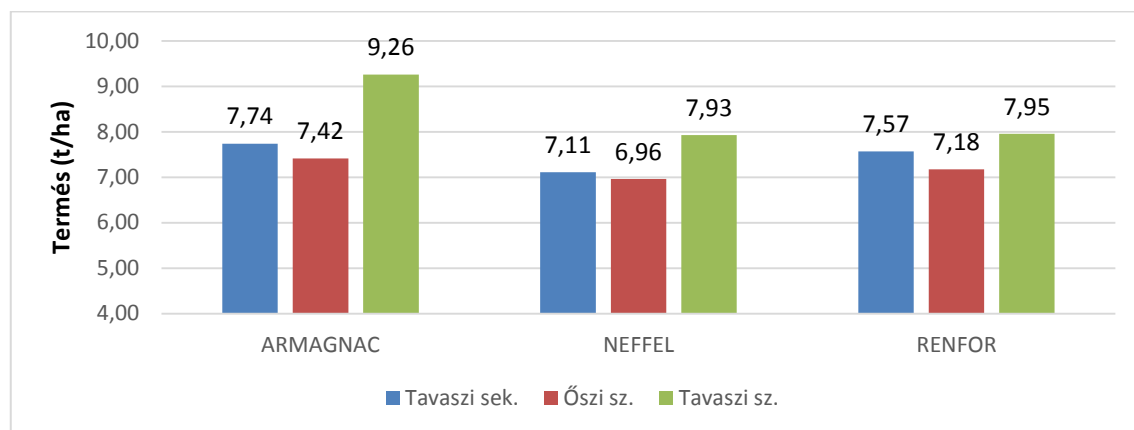
A talajművelés módjának és a trágyázás dózisének kölcsönhatását a száraz évjárat módosíthatja vagy teljes mértékben elnyomhatja (Sipos S., 1968; Sipos G., 1978). A 2013-as aszályos évben ezt megfigyelhettük, mivel a talajművelés–műtrágya (Szig.=1>0,05) hatása nem szignifikáns (**40. ábra**).



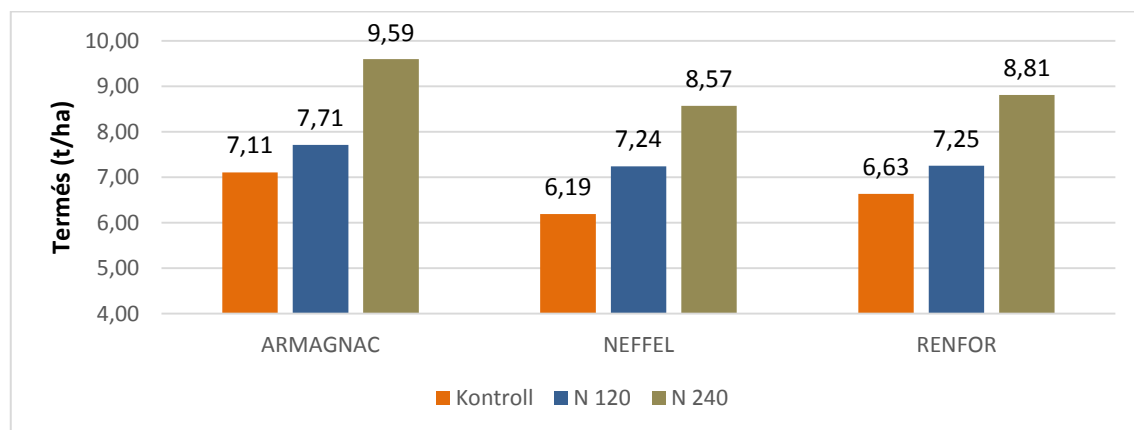
40. ábra: Talajművelés és műtrágyázás hatása a kukoricatermésre
70 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2013)

A talajművelés–hibridválasztás kölcsönhatása nem volt igazolható statisztikailag ($S_{\text{zig.}}=0,731>0,05$) azaz nincs szignifikáns különbség a termésátlagok között (41. ábra).

Ugyanezt lehet elmondani a műtrágya–hibridválasztás kölcsönhatására is, hogy nem eredményezett szignifikáns különbséget a 2013. évben a kísérlet során (42. ábra).

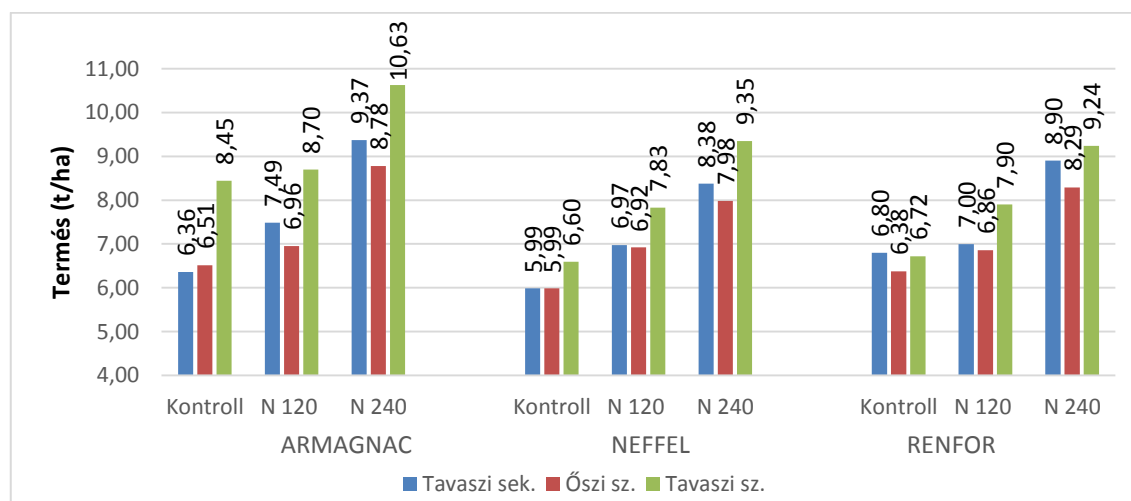


41. ábra: Talajművelés hatása a kukoricatermésre hibridenként
70 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2013)



42. ábra: Műtrágya hatása a kukoricatermésre hibridenként
70 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2013)

A három tényező – talajművelés–műtrágya–hibrid – szignifikáns hatása szintén nem volt statisztikailag igazolható ($S_{\text{zig}}=0,874>0,05$) (43. ábra).



43. ábra: Talajművelés és műtrágyázás hatása a kukorica termésére hibridenként (Debrecen, 2013)

5.3.3. A 2014. év terméseredményének értékelése (70 ezer tő/ha)

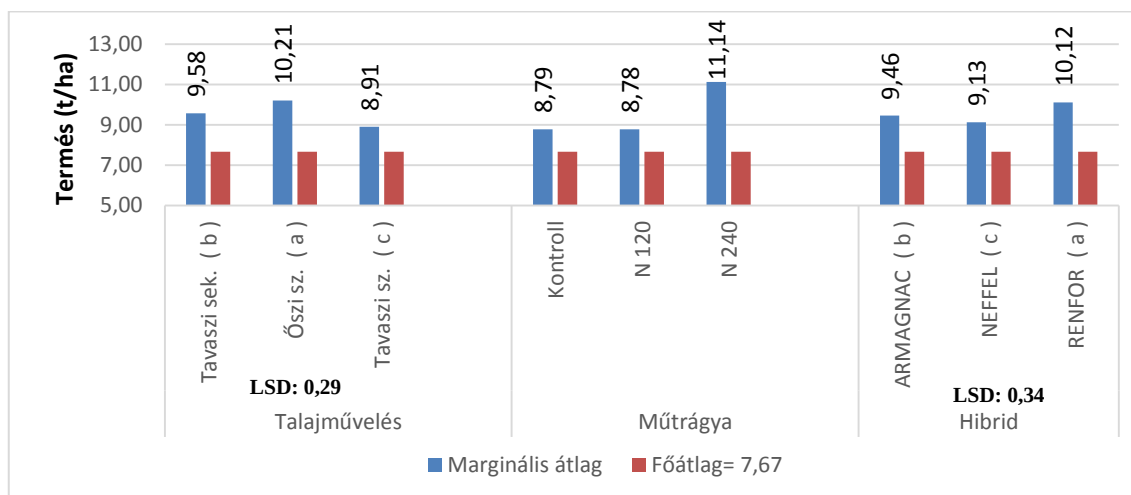
A 2014. év eredményei alapján (11. táblázat) megállapítható, hogy csak két tényező mutat szignifikáns hatást a terméseredményre.

11. táblázat: Háromtényezős varianciaanalízis eredménye 70 ezer tő/ha tőszám alkalmazása mellett (Debrecen, 2014)

	Szabadságfokok	Eltérés négyzetösszeg	Variancia	F érték	Szignifikancia
Talajművelés	2	15,11	7,556	180,9	0,005*
Maradék	2	0,084	0,042		
Műtrágya	2	66,30	33,15	0,841	0,477
Talajművelés * műtrágya	4	5,59	1,40	0,035	0,997
Maradék	6	236,55	39,43		
Hibrid	2	9,159	4,580	26,646	0,001*
Talajművelés * hibrid	4	0,394	0,099	0,574	0,692
Maradék	6	1,031	0,172		
Műtrágya* hibrid	4	2,552	0,638	0,574	0,687
Talajművelés * műtrágya * hibrid	8	2,296	0,287	0,258	0,968
Maradék	12	13,340	1,112		

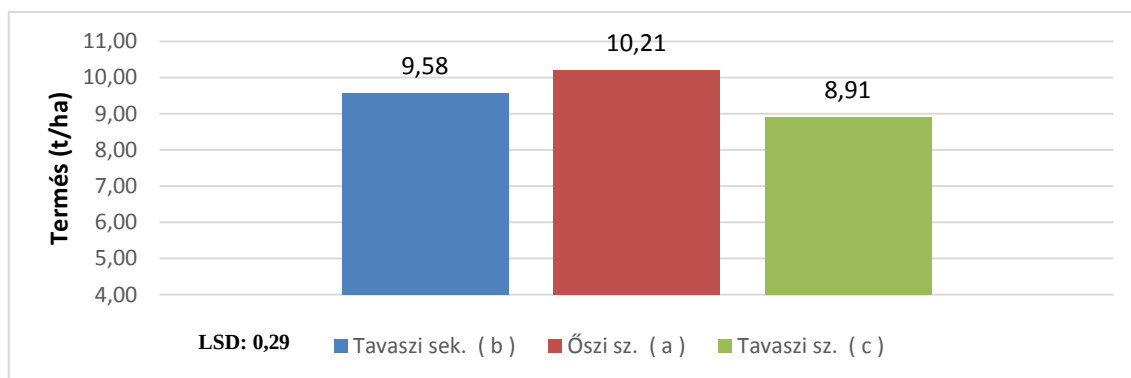
Szignifikancia <0.05 *

A 2014. év kukorica termésátlagát 70 ezer tő/ha állományban szignifikánsan befolyásolta a talajművelés (Szig.=0,005*<0,05) és a hibridválasztás (Szig.=0,001*>0,05). A műtrágya nem hatott szignifikánsan a kukorica termésére (Szig.=0,477>0,05). A termésátlagok főátlaghoz viszonyított alakulását a 2014. év során a **44. ábra** mutatja.



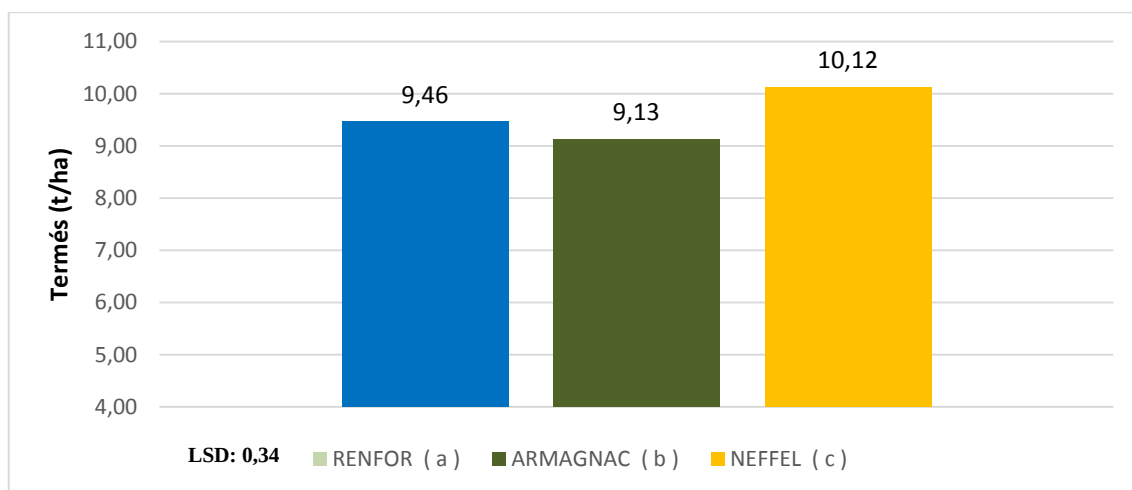
44. ábra: A talajművelés, műtrágyázás és hibridválasztás mellett elért kukorica terméseredmények a főátlaghoz viszonyítva (Debrecen, 2014)

A talajművelés szignifikáns hatását 2014-ben a kukorica termésére Duncan-teszt alkalmazásával elemeztük. A teszt eredményei szerint az őszi szántásos talajművelés termésátlaga (10,21 t/ha) szignifikánsan nagyobb a tavaszi sekélyművelés esetén kapott átlagtól (9,58 t/ha), ami szignifikánsan nagyobb a tavaszi szántás esetén elért átlagterméstől (8,91 t/ha) (**45. ábra**).



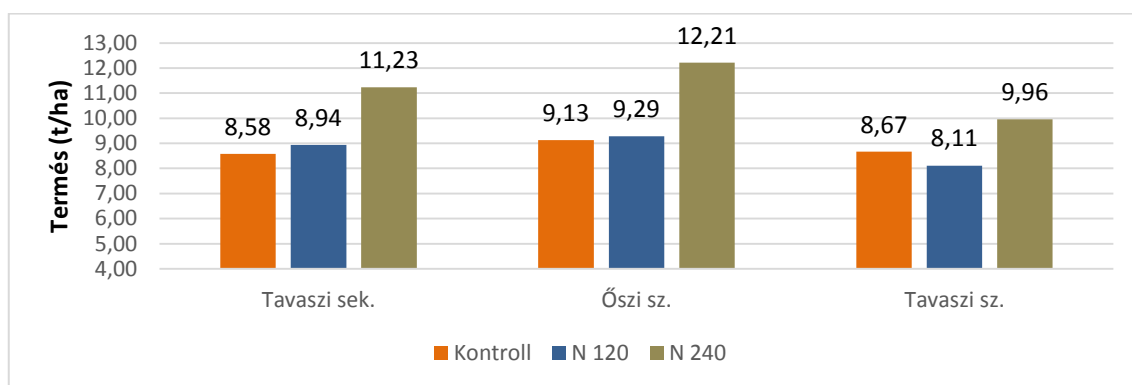
45. ábra: Talajművelés hatása a kukorica termésére 70 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2014)

A hibridenként elért terméseredmények elemzést követően elmondható, hogy a RENFOR átlagtermése (9,46 t/ha) szignifikánsan nagyobb az ARMAGNAC termésátlagától (9,13 t/ha), és szignifikánsan kisebb a NEFFEL termésátlagától (10,12 t/ha) (46. ábra).

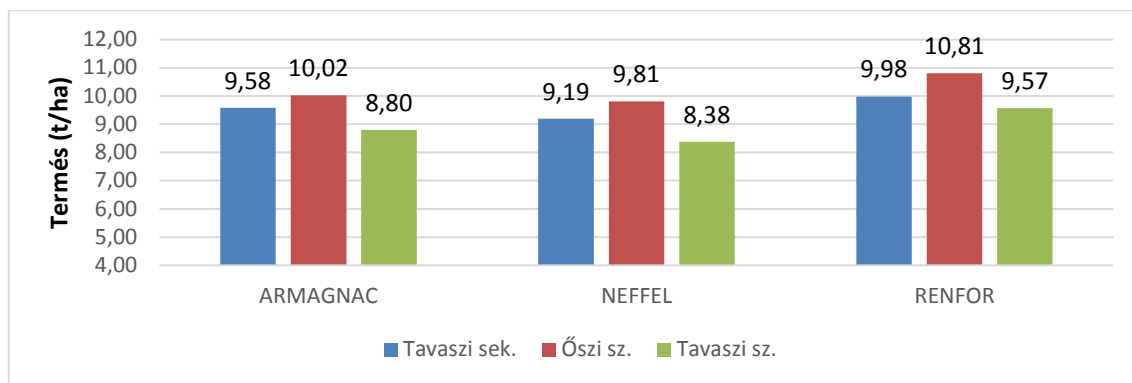


46. ábra: A kukoricahibridek terméseredményei 70 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2014)

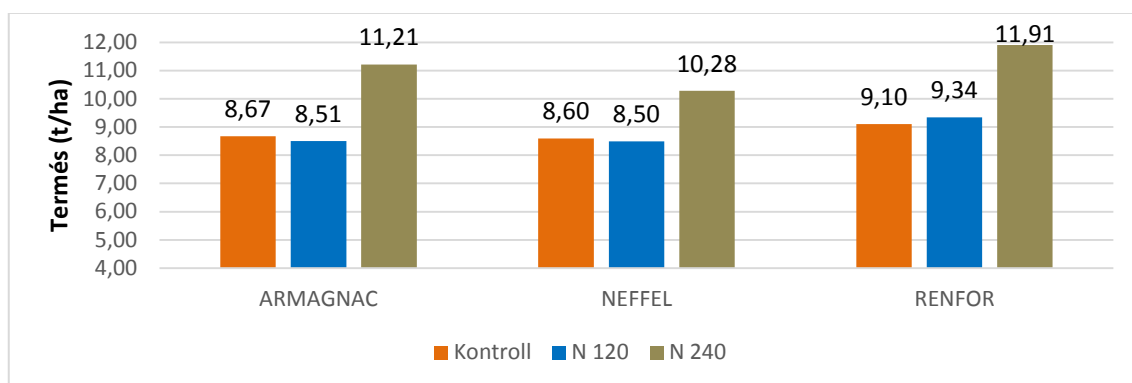
A tényezők további vizsgálatát követően megállapítottuk, hogy a kapott kölcsönhatások nem szignifikánsak a 2014-es évjáratban a kukorica termésére nézve 70 ezer tő/ha tőszám esetén. A talajművelés–műtrágya kölcsönhatása (Szig.=0,997>0,05) (47. ábra), a talajművelés–hibridválasztás kapcsolata (Szig.=0,692>0,05) (48. ábra), és a műtrágya–hibridválasztás kapcsolata (Szig.=0,687>0,05) (49. ábra).



47. ábra: Talajművelés és műtrágya hatása a kukoricatermésre 70 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2014)

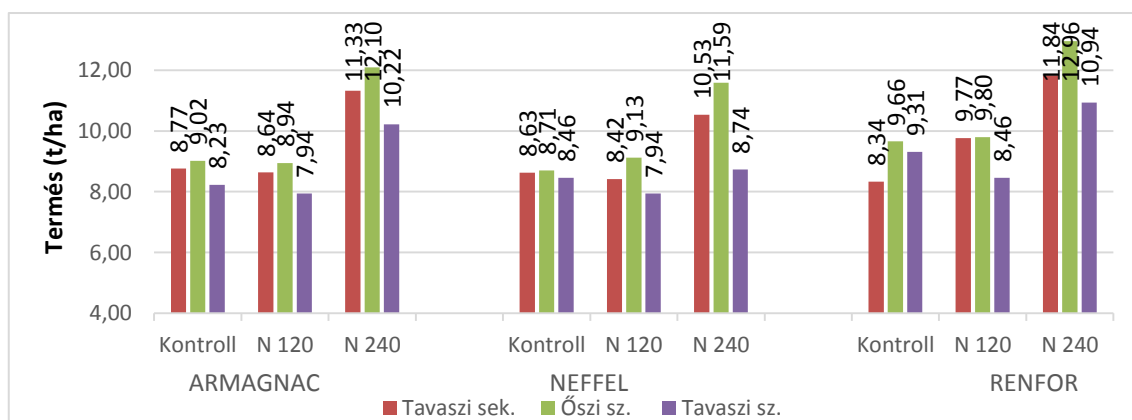


48. ábra: Talajművelés hatása a kukoricatermésre hibridenként 70 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2014)



49. ábra: Műtrágyázás hatása a kukoricatermésre hibridenként 70 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2014)

Megállapítottuk, hogy a három tényező termésre gyakorolt hatása nem igazolható statisztikailag, azaz a talajművelés–műtrágya–hibridválasztás kapcsolata (Szig.=0,968>0,05) nem mutat statisztikailag igazolható különbséget. E tényezők összevont értékelését követően kapott terméseredményeket az **50. ábrán** láthatjuk.



50. ábra: Talajművelés és műtrágyázás hatása a kukorica termésére hibridenként 70 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2014)

5.3.4. A 2012–2014. évek terméseredményeinek összevont értékelése (70 ezer tő/ha)

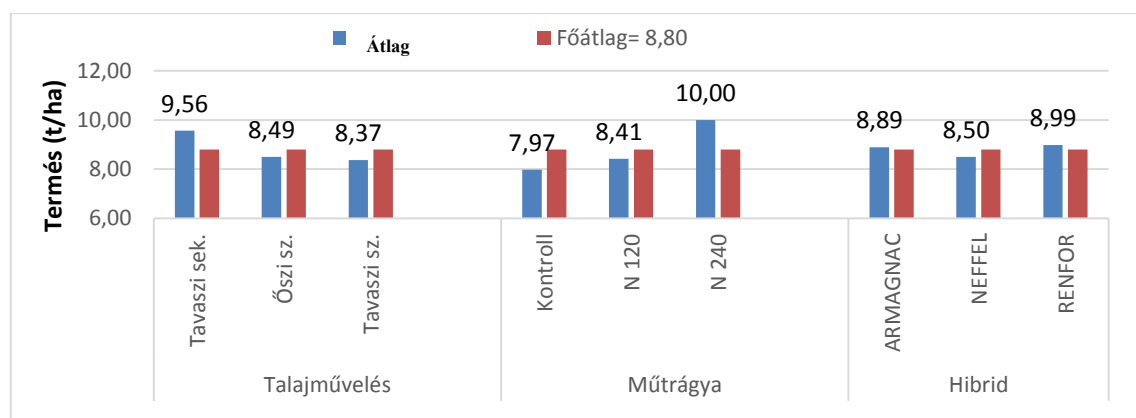
A 70 ezer tő/ha állománysűrűséggel beállított kisparcellás tartamkísérletben végzett kutatások a talajművelés, a műtrágyázás, a hibridválasztás kölcsönhatásának elemzésére a **12. táblázat**ban látható eredményeket adták.

12. táblázat: Háromtényezős varianciaanalízis eredménye 70 ezer tő/ha tőszám alkalmazása mellett (Debrecen, 2012-2014)

	Szabadságfokok	Eltérés négyzetösszeg	Variancia	F érték	Szignifikancia
Talajművelés	2	47,07	23,54	6,612	0,131
Maradék	2	7,12	3,56		
Műtrágya	2	127,99	63,99	2,861	0,134
Talajművelés * műtrágya	4	0,46	0,11	0,005	1
Maradék	6	134,20	22,37		
Hibrid	2	7,2	3,6	1,99	0,216
Talajművelés * hibrid	4	2,989	0,747	0,415	0,793
Maradék	6	10,807	1,801		
Műtrágya* hibrid	4	2,661	0,665	1,174	0,371
Talajművelés * műtrágya * hibrid	8	3,296	0,412	0,727	0,667
Maradék	12	6,803	0,566		

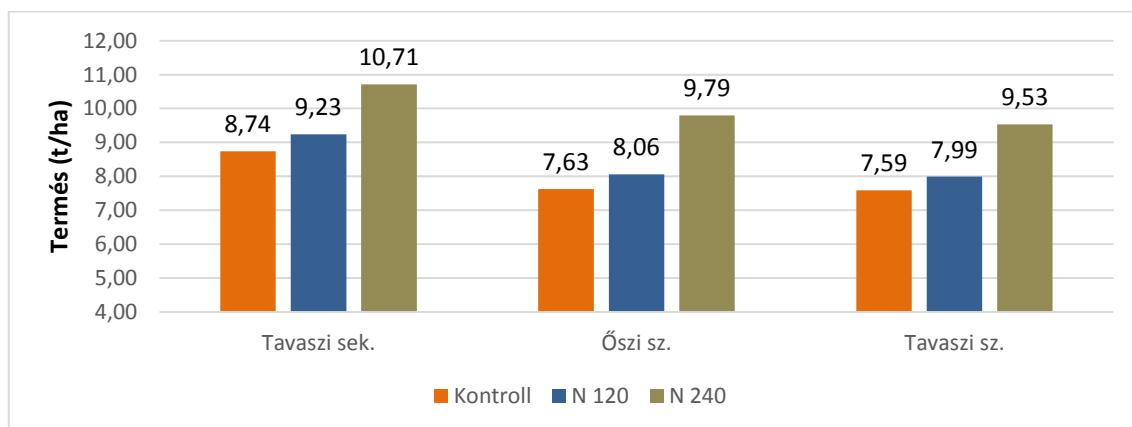
Szignifikancia <0.05 *

A 2012–2014. évek átlagában a kukoricatermés alakulására nincs szignifikáns hatása a talajművelésnek (Szig.=0,131<0,05), sem a műtrágyázásnak (Szig.=0,134>0,05), továbbá a hibridválasztás sem befolyásolta jelentősen a termésmennyiséget (Szig.=0,216<0,05) (**51. ábra**).

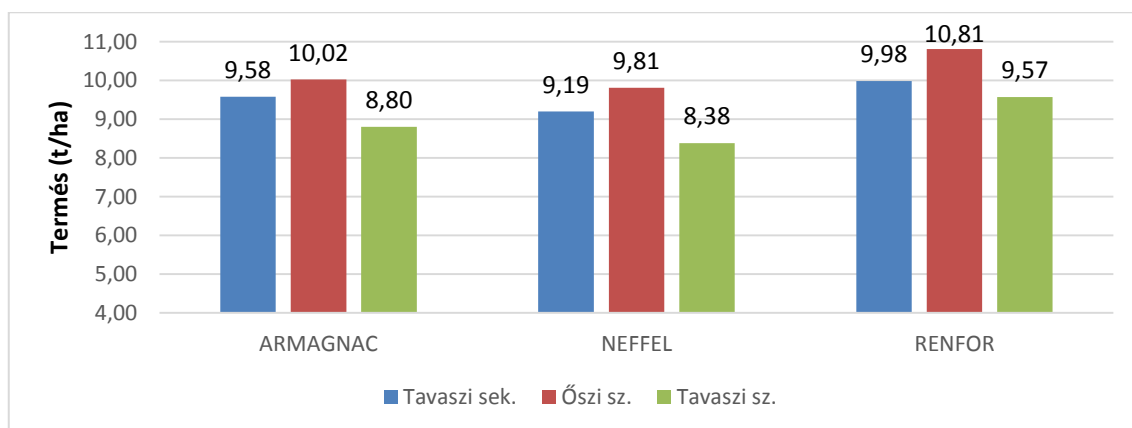


51. ábra: A talajművelés, műtrágyázás és hibridválasztás mellett elért kukorica terméseredmények a főátlaghoz viszonyítva (Debrecen, 2012-2014)

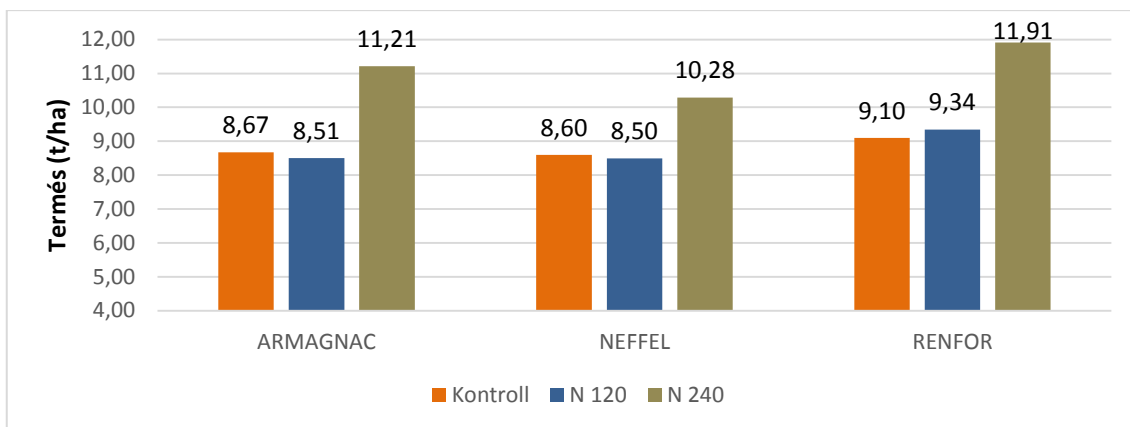
A vizsgálatban szereplő három tényező kölcsönhatásait vizsgálva megállapítottuk, hogy a termésre gyakorolt hatásuk nem hozott szignifikáns eredményt. A szignifikancia szintet vizsgálva a következő eredményeket kaptuk: Talajművelés–műtrágyázás kölcsönhatása (52. *ábra*) nem szignifikáns ($S_{\text{zig.}}=1>0,05$), hasonlóan a talajművelés–hibridválasztás kapcsolatához (53. *ábra*) ($S_{\text{zig.}}=0,793<0,05$), illetve a műtrágya–hibridválasztáshoz (54. *ábra*) ($S_{\text{zig.}}=0,371>0,05$), és talajművelés–műtrágyázás–hibridválasztás (55. *ábra*) ($S_{\text{zig.}}=0,667>0,05$) termésre gyakorolt hatásaik szerint.



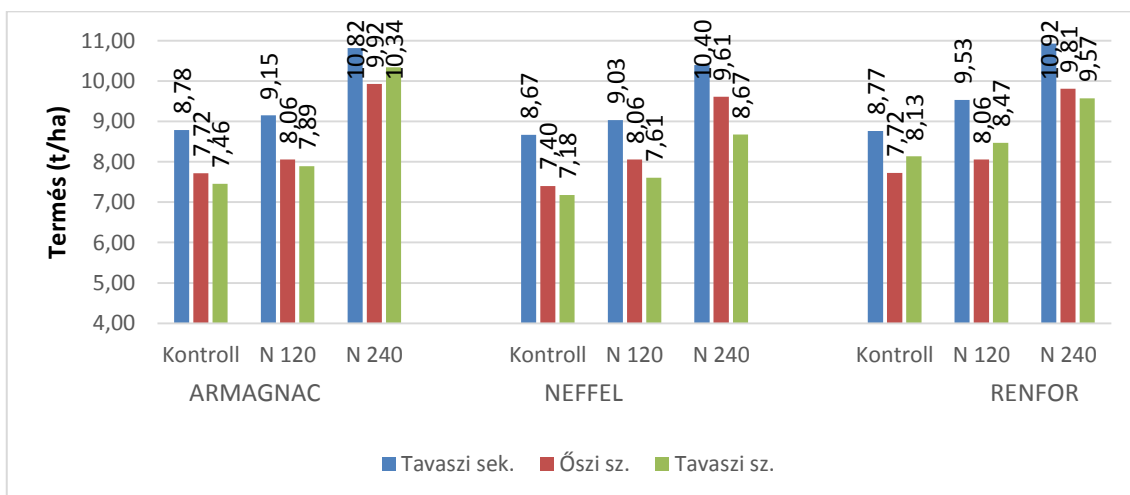
52. ábra: Talajművelés és műtrágyázás hatása a kukoricatermésre
70 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2012–2014)



53. ábra: Talajművelés hatása a kukoricatermésre, hibridenként
70 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2012–2014)



54. ábra: Műtrágyázás hatása a kukoricatermésre hibridenként 70 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2012–2014)



55. ábra: Talajművelés és műtrágyázás hatása a kukorica termésére 70 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2012–2014)

5.4. A hektáronkénti keményítőhozam évenkénti értékelése (50 ezer tő/ha)

A vizsgálatainkban az agrotechnikai tényezők termésátlagra gyakorolt hatása mellett választ kerestünk arra, hogy a kukoricaszem keményítőtartalom-alakulását ugyanezen agrotechnikai tényezők befolyásolják-e, és ha igen, akkor milyen irányba. Ennek érdekében a három évjáratban begyűjtött mintákat beltartalmi vizsgálatoknak vetettük alá, majd a kapott adatokat statisztikai módszerekkel elemeztük.

5.4.1. A 2012. év keményítőhozamának értékelése (50 ezer tő/ha)

2012-ben – ahogy azt a termésátlagok eredményeinél is megfigyelhettük – a keményítőtartalomra is nagy befolyással volt az időjárás. A beltartalmi vizsgálatok eredményei *Gundel* (1977) megállapításával egyező eredményt hoztak, miszerint a keményítőtartalmat az évjárat befolyásolja leginkább, a termőhely, a termesztési tényezők, és a hibrid tulajdonság mellett.

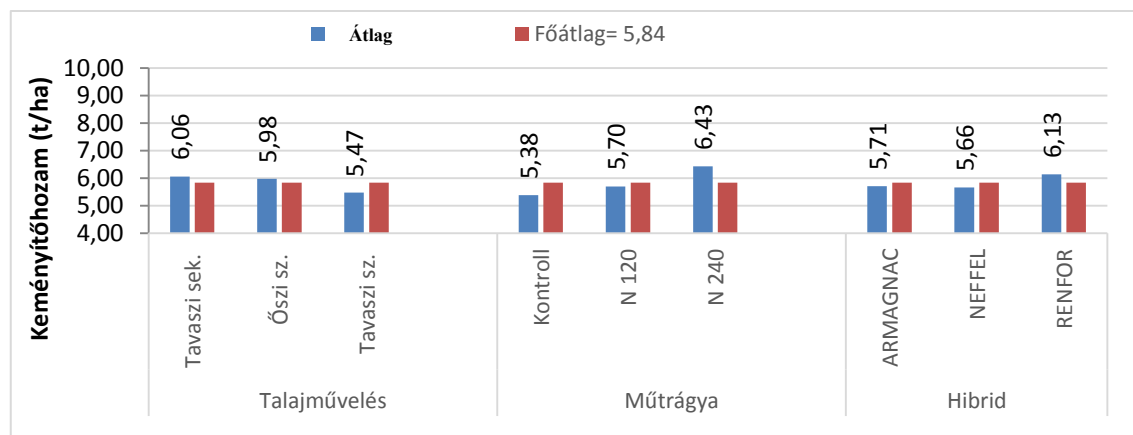
A **13. táblázatban** látható eredmények alapján – amiket a háromtényezős varianciaanalízis alkalmazásával kaptunk – elmondható, hogy egyik kísérletbe vont tényező sem hatott szignifikánsan a keményítőtartalom alakulására. A 2012-es évjárat keményítőhozamára az 50 ezer tő/ha tőszám esetén nincs szignifikáns hatása a talajművelésnek (Szig.=0,432>0,05). A műtrágyázás (Szig.=0,452>0,05), és a hibridválasztás (Szig.=0,604>0,05) sem hatottak szignifikánsan a keményítőhozamra.

13. táblázat: Háromtényezős varianciaanalízis eredménye 50 ezer tő/ha tőszám alkalmazása mellett (Debrecen, 2012)

	Szabadságfokok	Eltérés négyzetösszeg	Variancia	F érték	Szignifikancia
Talajművelés	2	3,630	1,815	1,316	0,432
Maradék	2	2,759	1,380		
Műtrágya	2	10,46	5,230	0,910	0,452
Talajművelés * műtrágya	4	2,88	0,721	0,125	0,968
Maradék	6	34,48	5,747		
Hibrid	2	2,399	1,199	0,549	0,604
Talajművelés * hibrid	4	2,534	0,633	0,290	0,874
Maradék	6	13,101	2,183		
Műtrágya* hibrid	4	1,909	0,477	0,756	0,573
Talajművelés * műtrágya * hibrid	8	6,282	0,785	1,244	0,354
Maradék	12	7,576	0,6314		

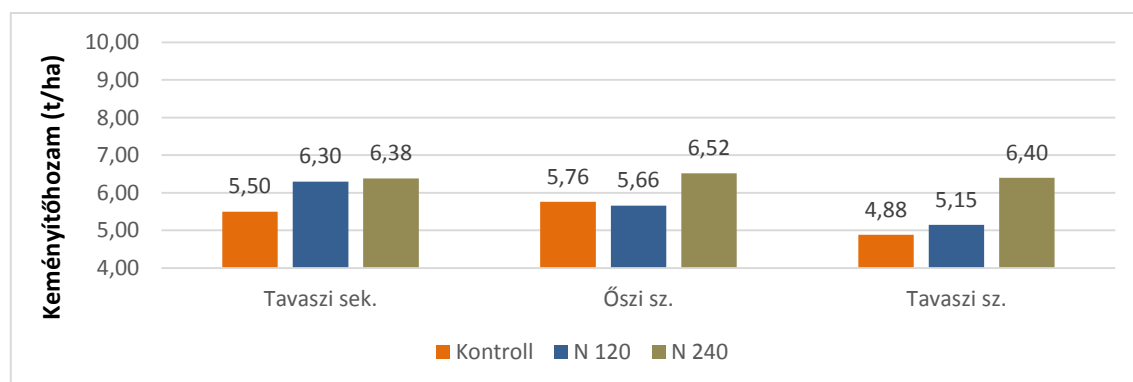
Szignifikancia <0.05 *

A keményítőhozam számításánál meghatározásra került minden évjárat esetén a keményítőhozam főátlaga is. A 2012. évi keményítő főátlagától (5,84 t/ha) való eltéréseket az **56. ábra** szemlélteti a termesztési tényezők vonatkozásában.

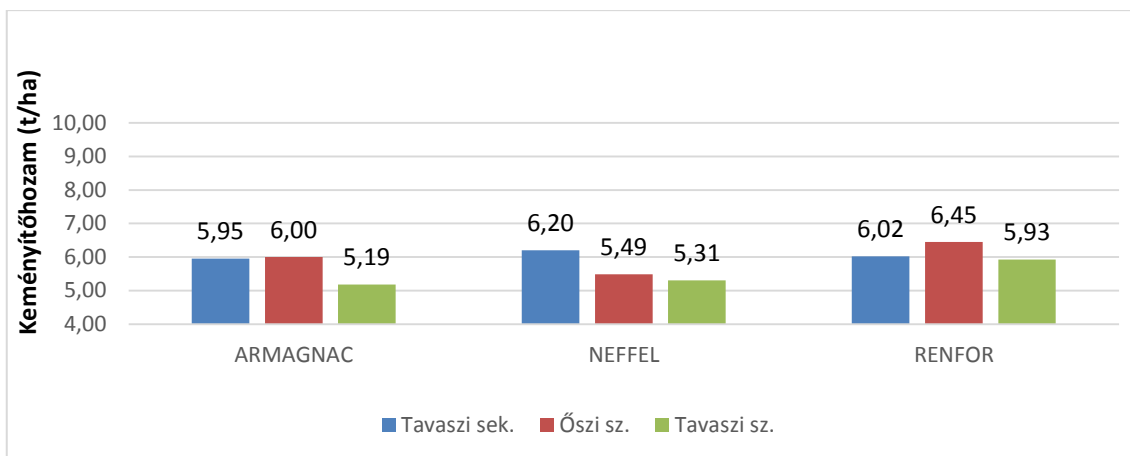


56. ábra: A talajművelés, a műtrágyázás és a hibridválasztás mellett elért kukorica keményítőhozamok a főátlaghoz viszonyítva (Debrecen, 2012)

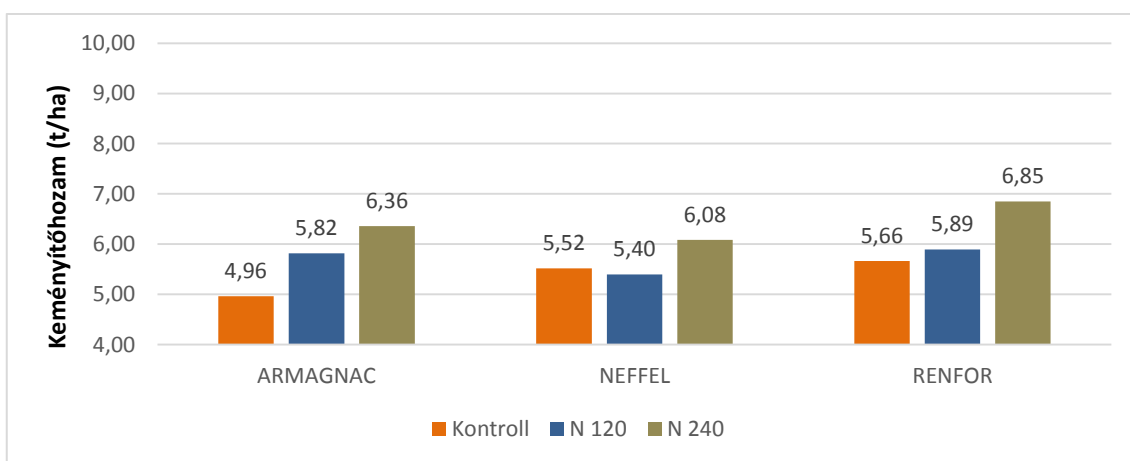
A tényezőket önállóan vizsgálva nem kaptunk statisztikailag igazolható hatásokat. A tényezők együttes vizsgálata nem hozott szignifikáns különbségeket. A kölcsönhatások vonatkozásában a talajművelés–műtrágya (Szig.=0,968>0,05) kölcsönhatása (**57. ábra**), a talajművelés–hibridválasztás kapcsolata (Szig.=0,874>0,05) (**58. ábra**), valamint a műtrágya–hibridválasztás (Szig.=0,573>0,05) interakciója (**59. ábra**) nem igazolható statisztikailag a keményítőhozamok alakulására. A három tényező együttes vizsgálata után kapott eredmények grafikus megjelenítését a **60. ábra** mutatja.



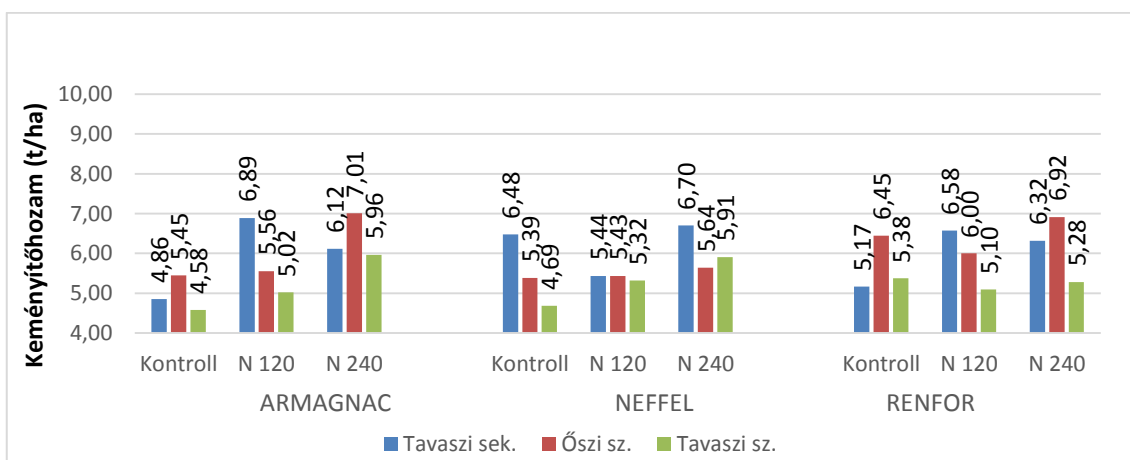
57. ábra: Talajművelés és műtrágyázás hatása a kukorica keményítőhozamára 50 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2012)



58. ábra: Talajművelés hatása a kukorica keményítőhozamára hibridenként
50 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2012)



59. ábra: Műtrágyázás hatása a kukorica keményítőhozamára
50 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2012)



60. ábra: Talajművelés és műtrágya hatása a kukorica keményítőhozamára hibridenként
(Debrecen, 2012)

5.4.2. A 2013. év keményítőhozamának értékelése (50 ezer tő/ha)

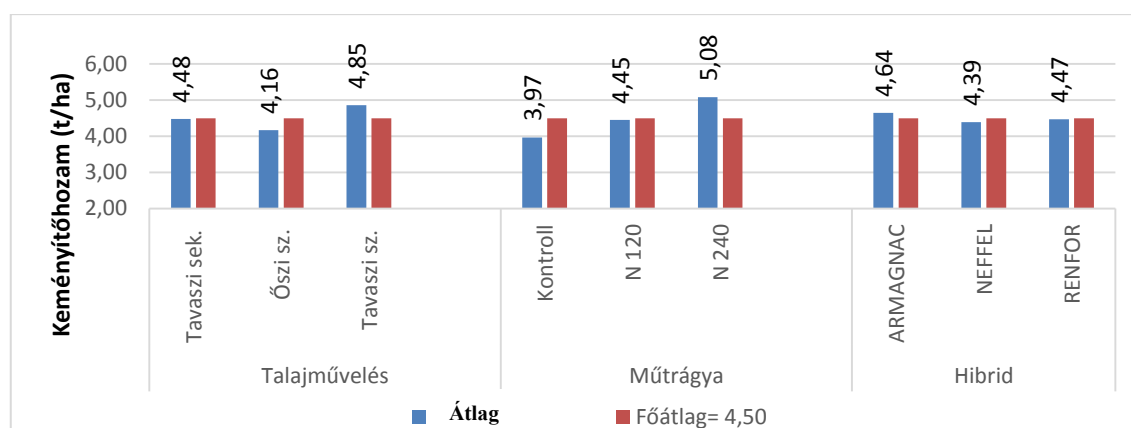
A 2013. évi keményítőtartalomra 50 ezer tő/ha tőszám alkalmazása mellett nem volt szignifikáns hatása a talajművelésnek (Szig.=0,261>0,05), a műtrágya nem hatott szignifikánsan a keményítőtartalomra (Szig.=0,267>0,05), továbbá a hibridválasztás nem eredményezett igazolható eltérést a keményítőtartalomban (Szig.=0,200>0,05) (14. táblázat). Az egyes tényezők hatásainak elmosódása a 2013. év során a június–október időszakban fellépő aszályos időszak kialakulására vezethető vissza.

14. táblázat: Háromtényezős varianciaanalízis eredménye 50 ezer tő/ha tőszám alkalmazása mellett (Debrecen, 2013)

	Szabadságfokok	Eltérés négyzetösszeg	Variancia	F érték	Szignifikancia
Talajművelés	2	4,318	2,158	2,835	0,261
Maradék	2	1,523	0,761		
Műtrágya	2	11,147	5,573	1,658	0,267
Talajművelés * műtrágya	4	0,893	0,223	0,066	0,990
Maradék	6	20,164	3,361		
Hibrid	2	0,605	0,3025	2,131	0,200
Talajművelés * hibrid	4	0,959	0,239	1,689	0,269
Maradék	6	0,852	0,142		
Műtrágya* hibrid	4	0,109	0,027	0,093	0,983
Talajművelés * műtrágya * hibrid	8	0,238	0,029	0,101	0,998
Maradék	12	3,530	0,294		

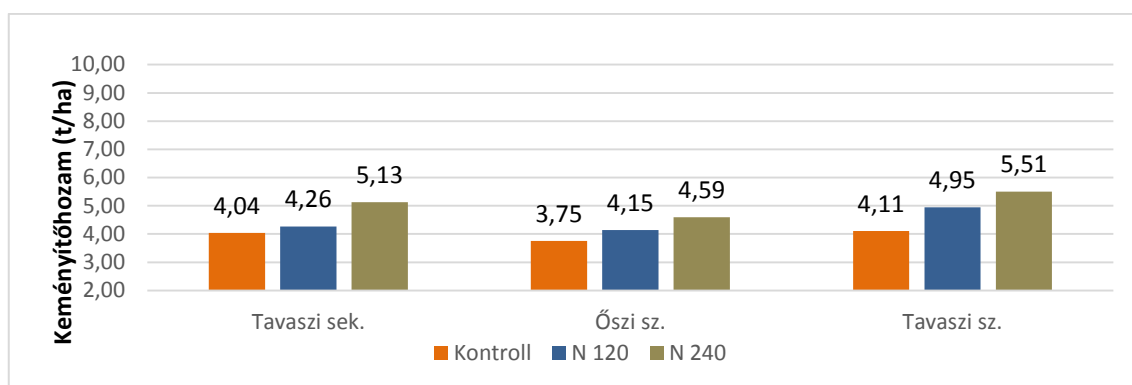
Szignifikancia <0.05 *

A 2013. év során mért keményítőhozam főátlagja 4,5 t/ha volt. Az egyes tényezők által eredményezett átlagok főátlaghoz viszonyított alakulását a 61. ábra mutatja.

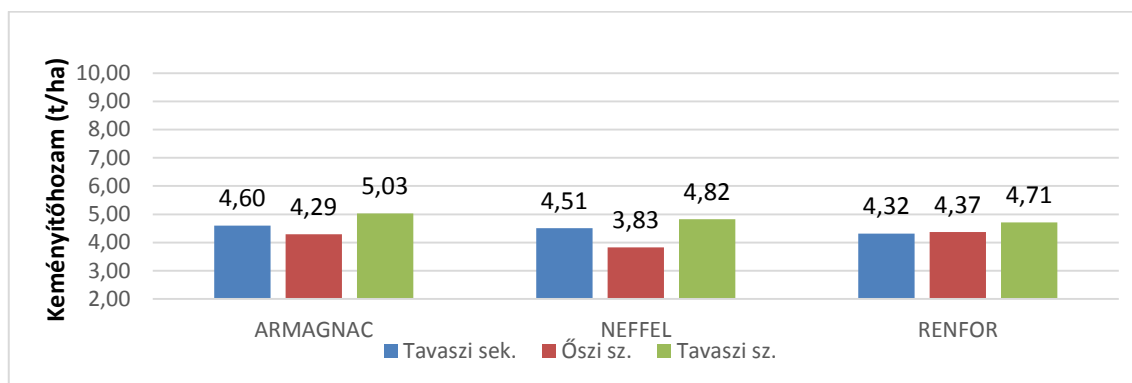


61. ábra: A talajművelés, műtrágyázás és hibridválasztás mellett elért kukorica keményítőhozamok a főátlaghoz viszonyítva (Debrecen, 2013)

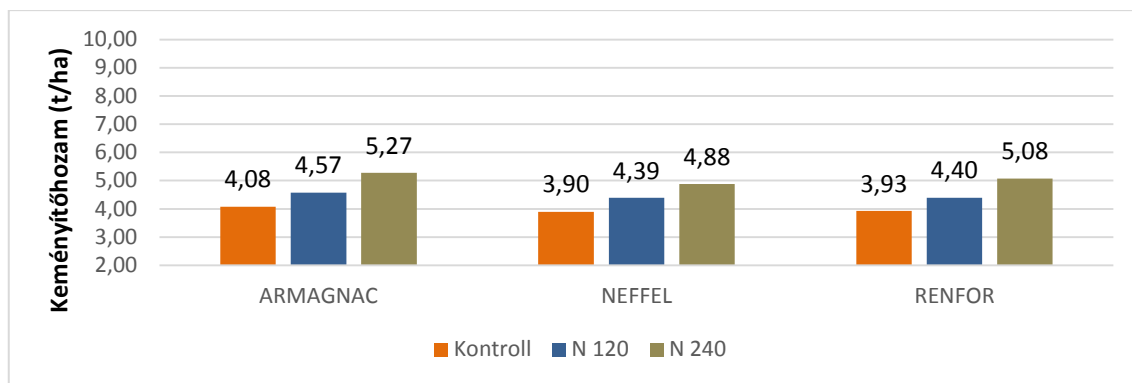
Az elemzéseket követően megállapítottuk, hogy az egyes tényezők kölcsönhatásai nem szignifikánsak 2013-ban 50 ezer tő/ha tőszám esetén a kukorica hektáronkénti keményítőhozamára. A talajművelés–műtrágyázás (Szig.=0,990>0,05) (62. *ábra*), a talajművelés–hibridválasztás kapcsolata (Szig.=0,269>0,05) (63. *ábra*), a műtrágyázás–genotípus kapcsolata (Szig.=0,983>0,05) (64. *ábra*), valamint összevontan a talajművelés–műtrágyázás–hibridválasztás (Szig.=0,998>0,05) (65. *ábra*), együtt nem volt statisztikailag igazolható hatással a keményítőhozamra.



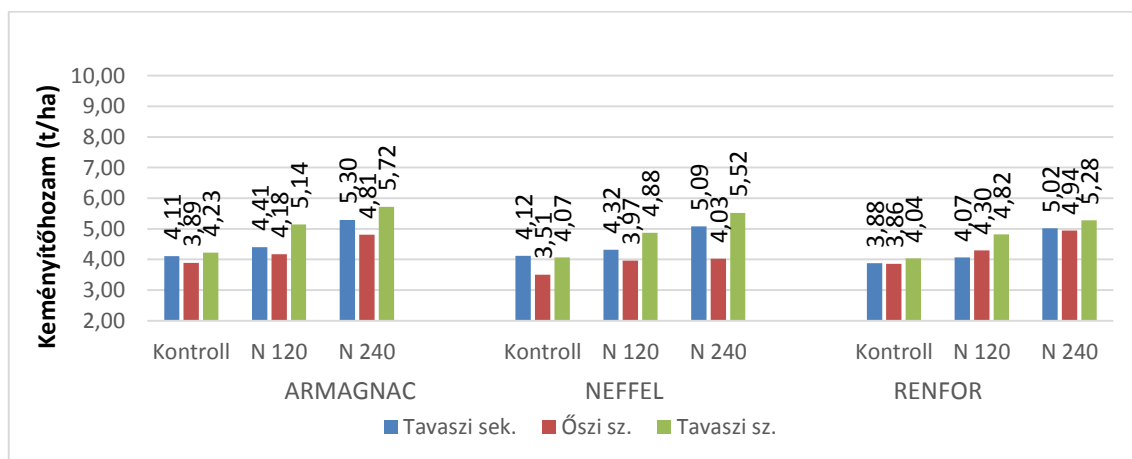
62. ábra: Talajművelés és műtrágyázás hatása a kukorica keményítőhozamára
50 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2013)



63. ábra: Talajművelés hatása a kukorica keményítőhozamára hibridenként
50 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2013)



64. ábra: Műtrágyázás hatása a kukorica keményítőhozamára, hibridenként
50 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2013)



65. ábra: Talajművelés és műtrágyázás hatása a kukorica keményítőhozamra
hibridenként 50 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2013)

5.4.3. A 2014. év keményítőhozamának értékelése (50 ezer tő/ha)

A 2014-ben elért terméseredmények esetén a talajművelés és a hibridválasztás szignifikánsan befolyásolta a termésmennyiség alakulását (ahogy az az 5.2.3 fejezetben látható volt termésátlagra vonatkoztatva). A **15. táblázatban** látható, hogy szintén a talajművelés és hibridválasztás kapcsolata statisztikailag igazolható volt a keményítőhozamra nézve 2014-ben.

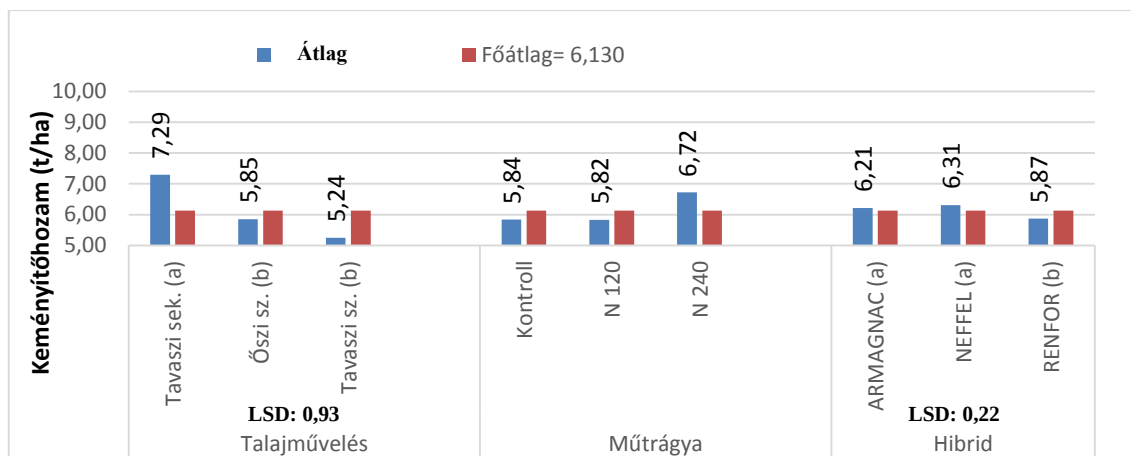
Ezek alapján megállapítható, hogy 2014-ben a kukorica keményítőhozamára 50 ezer tő/ha állomány esetén szignifikánsan hatott a talajművelés (Szig.=0,020*<0,05), valamint a hibridválasztás is kedvezően befolyásolta azt (Szig.=0,005*>0,05). A műtrágya nem volt szignifikáns hatással a keményítőhozamra (Szig.=0,529>0,05).

15. táblázat: Háromtényezős varianciaanalízis eredménye 50 ezer tő/ha tőszám alkalmazása mellett (Debrecen, 2014)

	Szabadságfokok	Eltérés négyzetösszeg	Variancia	F érték	Szignifikancia
Talajművelés	2	39,85	19,927	48,06	0,020*
Maradék	2	0,83	0,415		
Műtrágya	2	9,43	4,716	0,708	0,529
Talajművelés * műtrágya	4	1	0,251	0,038	0,997
Maradék	6	39,95	6,658		
Hibrid	2	1,902	0,951	13,62	0,005*
Talajművelés * hibrid	4	6,577	1,644	23,54	0,000*
Maradék	6	0,419	0,069		
Műtrágya* hibrid	4	0,130	0,032	0,178	0,945
Talajművelés * műtrágya * hibrid	8	0,954	0,119	0,654	0,721
Maradék	12	2,188	0,182		

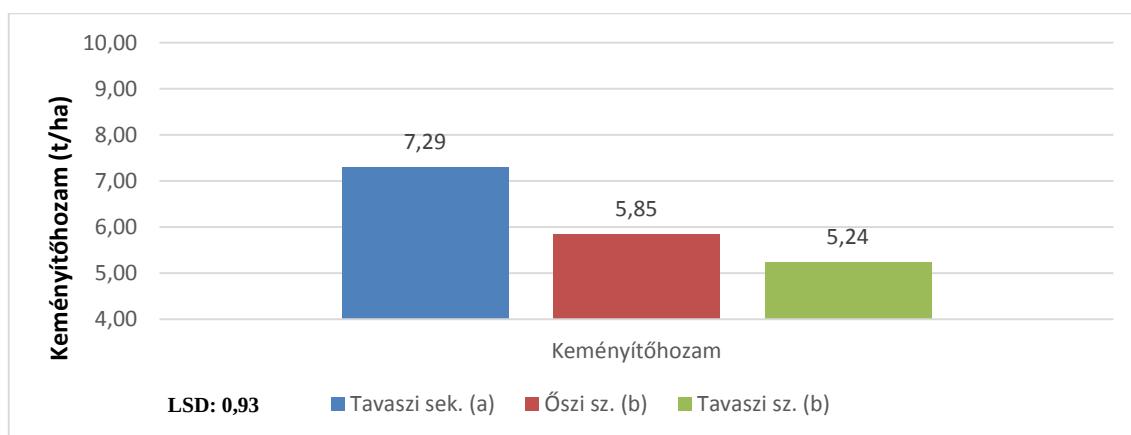
Szignifikancia <0.05 *

A 2014. év során a keményítőhozam főátlagja 6,13 t/ha volt. A talajművelést vizsgálva a főátlagtól a tavaszi sekélyművelés tér el, +1,16 t/ha értékkel, valamint a hibridválasztás vonatkozásában a főátlagtól szignifikánsan alacsonyabb eredményt ért el a RENFOR (5,87 t/ha), az ARMAGNAC-hoz (+0,34 t/ha) és a NEFFEL-hez (0,44 t/ha) képest. A RENFOR 5,87 t /ha keményítőhozama 0,26 tonnával marad el a 2014. évi keményítőhozam főátlagától (**66. ábra**).



66. ábra: A talajművelés, a műtrágyázás és a hibridválasztás mellett elért kukorica keményítőhozamok a főátlaghoz viszonyítva (Debrecen, 2014)

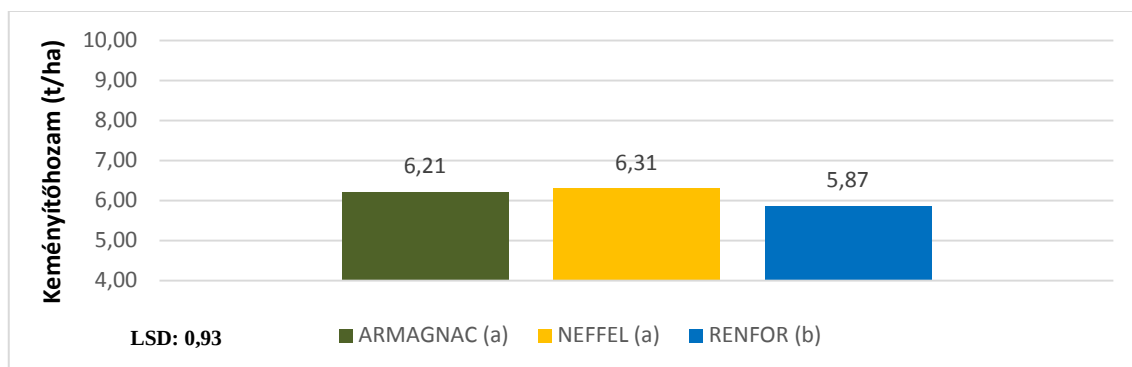
A talajművelés szignifikáns hatásának kivizsgálásra lefuttatott Duncan-teszt eredményei a **67. ábrán** láthatók a keményítőhozamra kifejezve, hektáronként. A teszt eredményei alapján megállapítottuk, hogy a tavaszi sekélyművelés esetén a keményítőhozama (7,29 t/ha) szignifikánsan magasabb az őszi szántásos (5,85 t/ha) és a tavaszi szántásos (5,24 t/ha) alapművelés esetén elért keményítőhozamtól.



67. ábra: Talajművelés hatása a keményítőhozamra
50 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2014)

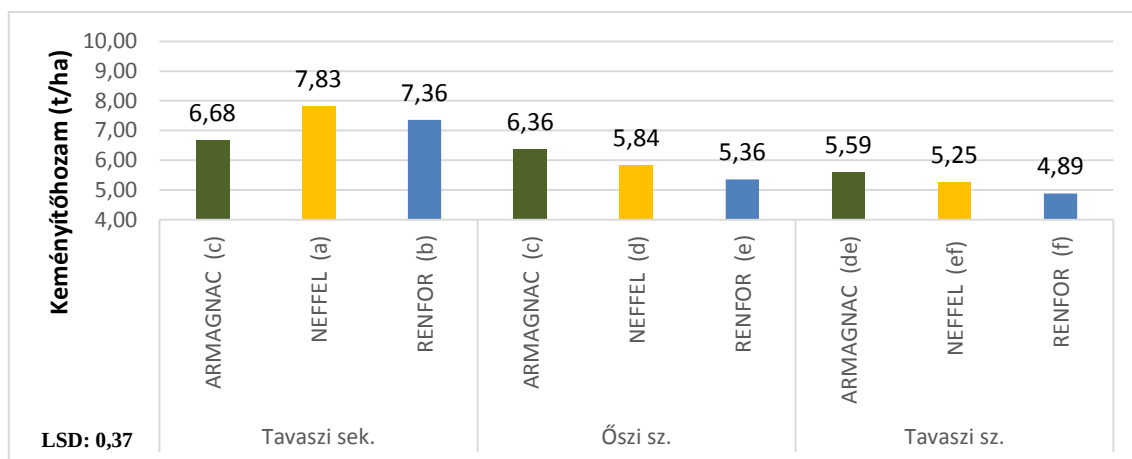
A tavaszi sekélyművelés esetén elért 7,29 t/ha keményítőhozamot 11,61 t/ha termésátlag mellett eredményezte a kísérlet. Ezzel igazoltuk *Makra* (2012) megállapítását, miszerint a legtöbb keményítőhozam a legmagasabb termés mellett érhető el. A 2014. évben az 50 ezer tő/ha tőszám esetén a 11,61 t/ha volt a legmagasabb termés a három talajművelési eljárás között (ahogy azt az 5.2.3. fejezetben láthattuk).

A hibridválasztás elemzéséhez szintén Duncan-tesztet használtuk. A hibridek között a RENFOR átlagos keményítőhozama (5,87 t/ha) szignifikánsan alacsonyabb az ARMAGNAC (6,21 t/ha) és a NEFFEL (6,31 t/ha) keményítőhozamánál (**68. ábra**).



68. ábra: A kukoricahibridek keményítőhozama 50 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2014)

Az agrotechnikai tényezők közül szignifikáns hatást mutat a talajművelés–hibridválasztás kapcsolata (Szig.=0,000*>0,05). A két tényező kölcsönhatását hasonlóan az előzőekhez Duncan-teszt alapján elemeztük. A kapott eredményeket a **69. ábra** tartalmazza.

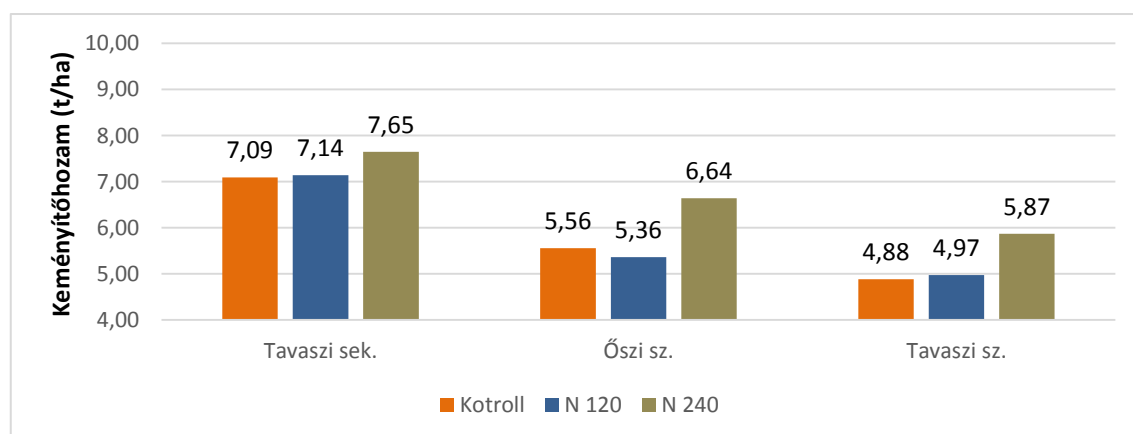


69. ábra: Talajművelés hatása a kukorica keményítőhozamára, hibridenként, 50 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2014)

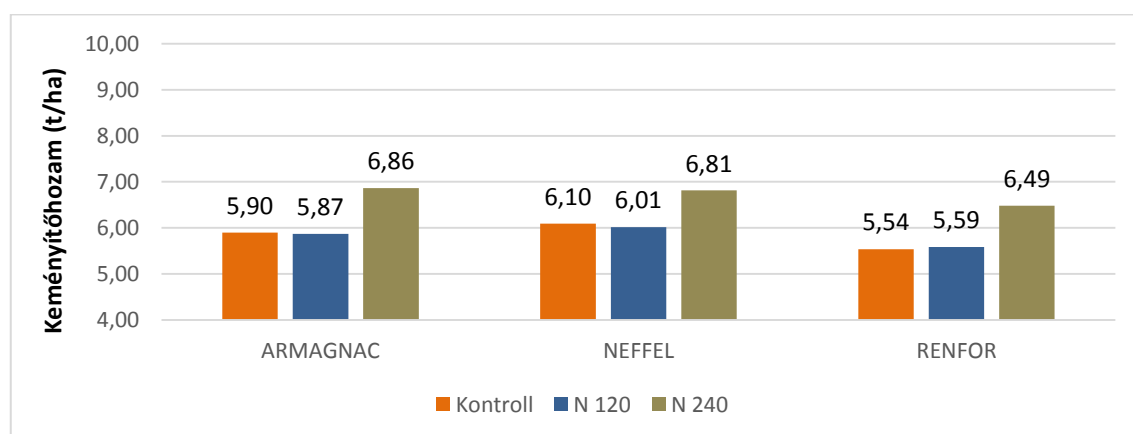
Az adatok alapján megállapítottuk, hogy „a” szignifikánsan magasabb „b”-től, azaz a tavaszi sekélyművelés esetén, a NEFFEL 7,8 t/ha keményítőhozama, szignifikánsan magasabb a RENFOR 7,36 t/ha keményítőhozamától. A RENFOR 7,36 t/ha keményítőhozama szintén szignifikánsan magasabb az ARMAGNAC 6,68 t/ha

keményítőhozamától, amit tavaszi sekélyművelés mellett értünk el. Megállapítottuk továbbá, hogy a RENFOR 7,36 t/ha keményítőhozama szignifikánsan magasabb a NEFFEL (5,84 t/ha) és a RENFOR (5,36 t/ha) őszi szántásos, valamint a RENFOR (4,89 t/ha) tavaszi szántásos alpművelés esetén elért keményítőhozamától. Tavaszi szántásos alpművelés esetén az ARMAGNAC (5,59 t/ha) és a NEFFEL (5,25 t/ha) nem elkülönítendő csoportot alkotnak („de” és „ef”).

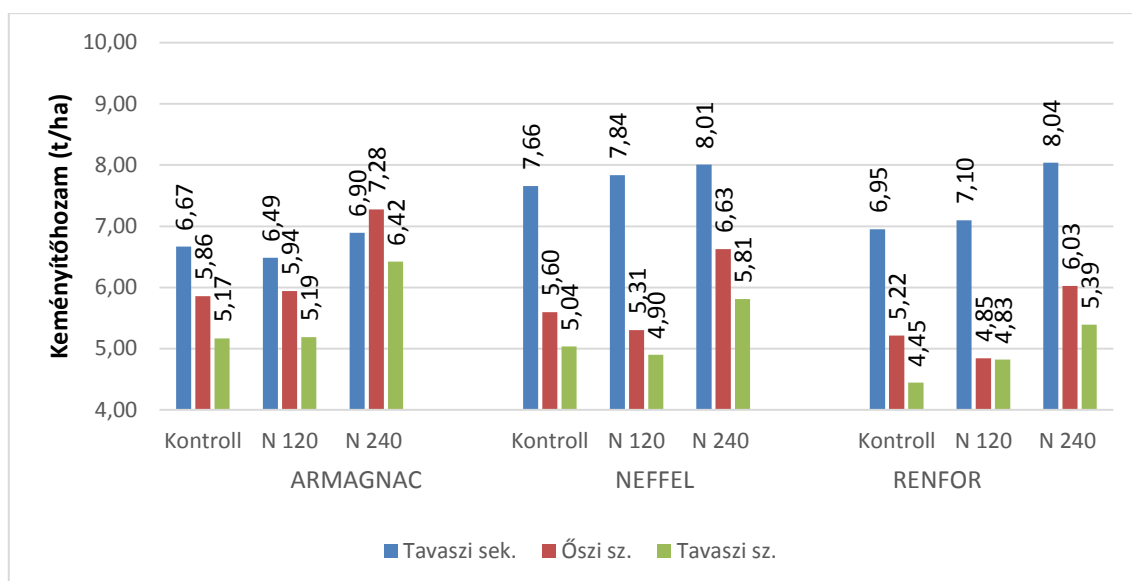
A többi tényező kölcsönhatása nem mutatott statisztikailag igazolható eredményt a keményítőhozamra. Statisztikailag a következő értékeket kaptuk: talajművelés–műtrágyázás (Szig.=0,997>0,05) (70. *ábra*), műtrágyázás–hibridválasztás (Szig.=0,945>0,05) (71. *ábra*), talajművelés–műtrágyázás–hibridválasztás (Szig.=0,721>0,05) (72. *ábra*).



70. ábra: Talajművelés és műtrágyázás hatása a kukorica keményítőhozamára 50 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2014)



71. ábra: Műtrágyázás hatása a kukorica keményítőhozamára, hibridenként 50 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2014)



72. ábra: Talajművelés és műtrágyázás hatása a kukorica keményítőhozamára hibridenként 50 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2014)

5.4.4. A 2012–2014. évek keményítőhozamának összehasonlító értékelése (50 ezer tő/ha)

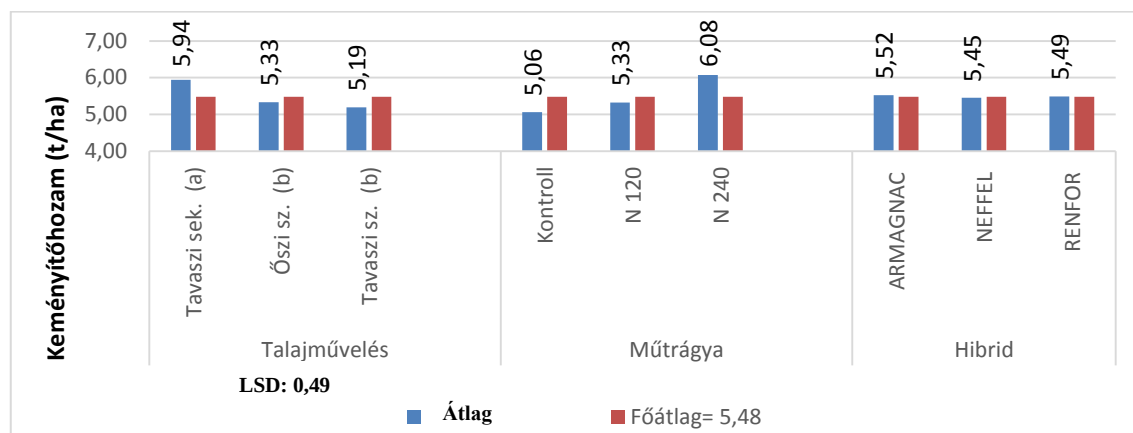
A 2012–2014. évek átlagában az elért keményítőhozamra 50 ezer tő/ha állománysűrűség esetén elmondható a háromtényezős varianciaanalízis eredményei alapján (16. táblázat), hogy szignifikánsan hatott a keményítőtartalomra a talajművelés (Szig.=0,033*<0,05). Megállapítottuk, hogy a műtrágya (Szig.=0,218>0,05) és a ibridválasztás (Szig.=0,921>0,05) nem volt szignifikáns hatással a keményítőtartalomra a vizsgált három év átlagában.

16. táblázat: Háromtényezős varianciaanalízis eredménye 50 ezer tő/ha tőszám alkalmazása mellett (Debrecen, 2012-2014)

	Szabadságfokok	Eltérés négyzetösszeg	Variancia	F érték	Szignifikancia
Talajművelés	2	1,725	8,625	28,76	0,033*
Maradék	2	0,60	0,30		
Műtrágya	2	29,84	14,920	1,986	0,218
Talajművelés * műtrágya	4	1,86	0,464	0,062	0,991
Maradék	6	45,07	7,512		
Hibrid	2	0,130	0,0649	0,084	0,921
Talajművelés * hibrid	4	4,143	1,035	1,338	0,356
Maradék	6	4,644	0,774		
Műtrágya* hibrid	4	1,091	0,272	0,576	0,685
Talajművelés * műtrágya * hibrid	8	1,843	0,230	0,487	0,844
Maradék	12	5,682	0,473		

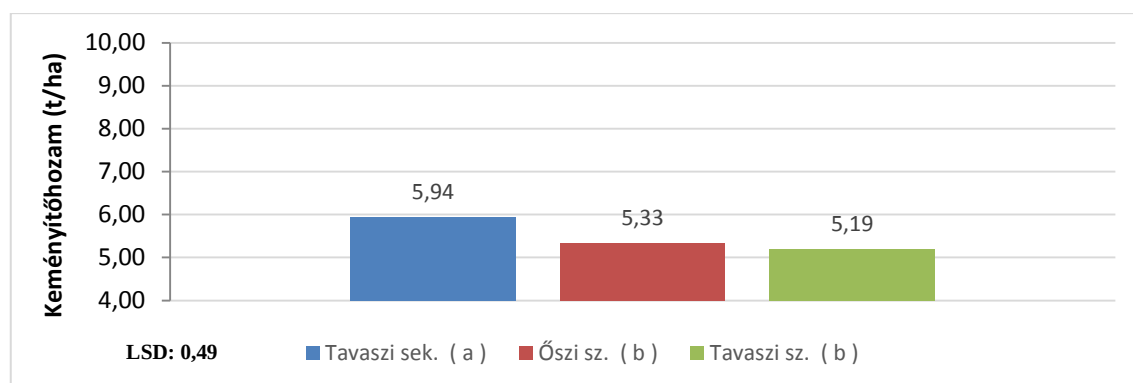
Szignifikancia <0.05 *

A 2012–2014. évek átlagában a keményítőhozam főátlaga 5,48 t/ha volt. Az egyes tényezők átlagainak főátlagtól való eltérését az **73. ábra** szemlélteti.



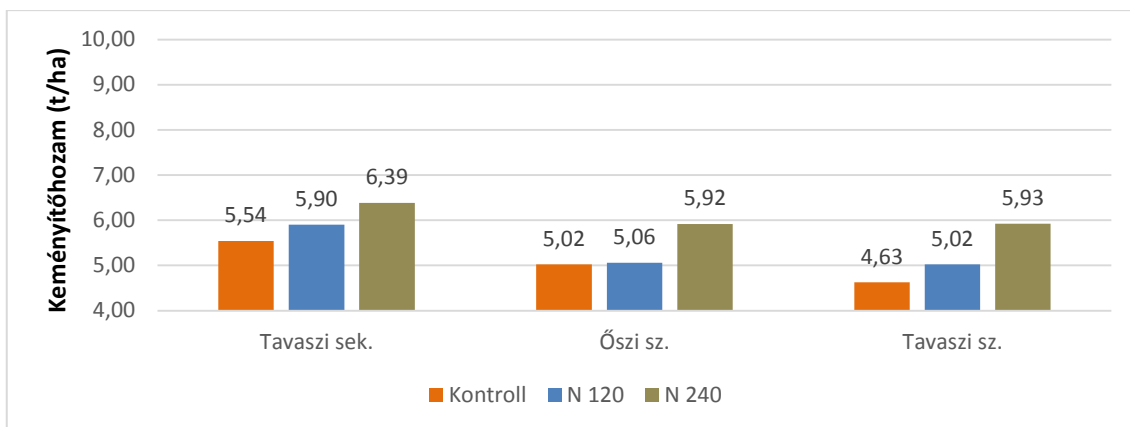
73. ábra: A kukorica keményítőhozama a főátlaghoz viszonyítva, 50 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2012–2014)

A három év átlagában a talajművelés hatását vizsgálva a keményítőhozam alakulására Duncan-teszt segítségével, a következő megállapításokat tehetjük: a tavaszi sekélyművelés esetén a keményítőhozam (5,94 t/ha) szignifikánsan magasabb az őszi szántás (5,33 t/ha) és a tavaszi szántás (5,19 t/ha) alkalmazása esetén elért keményítőhozamoknál (**74. ábra**).

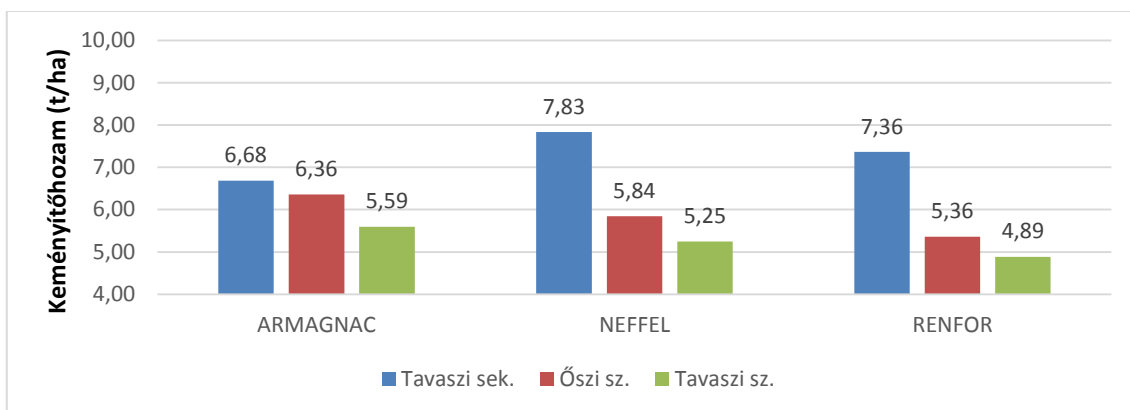


74. ábra: Talajművelés hatása a kukorica keményítőhozamára 50 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2012–2014)

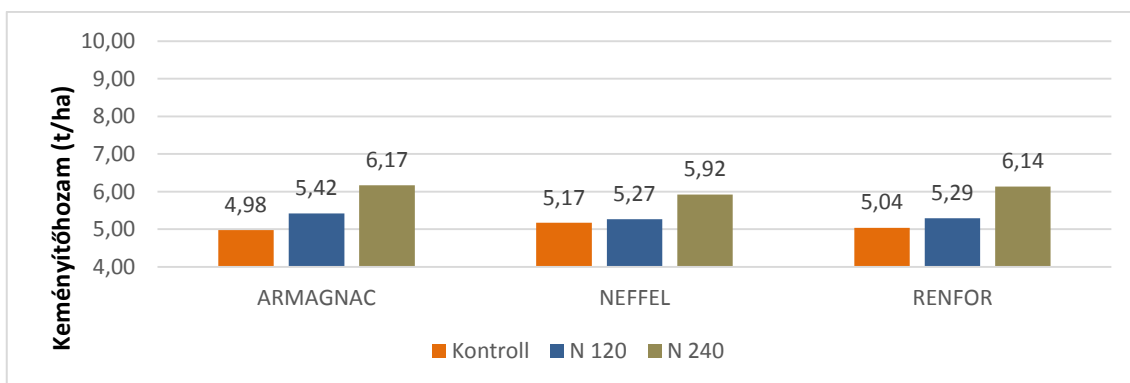
A tényezők kölcsönhatását a 2012–2014 évek átlagában vizsgálva megállapítottuk, hogy a kapott eredmények nem mutattak szignifikáns különbséget a talajművelés–műtrágyázás (Szig.=0,991>0,05) (**75. ábra**), a talajművelés–genotípus (Szig.=0,356>0,05) (**76. ábra**), műtrágyázás–genotípus (Szig.=0,685>0,05) (**77. ábra**) illetve a három tényező talajművelés–műtrágyázás–genotípus (Szig.=0,844>0,05) (**78. ábra**) együttes vizsgálata nem mutatott statisztikailag igazolható eredményt.



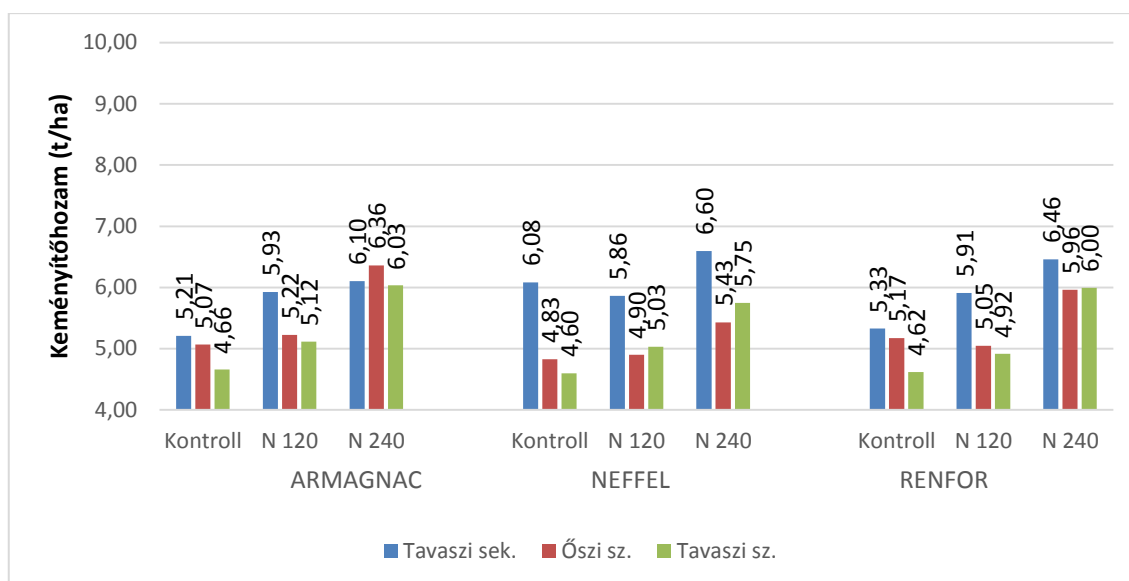
75. ábra: Talajművelés és műtrágyázás hatása a kukorica keményítőhozamára
50 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2012–2014)



76. ábra: Talajművelés hatása a kukorica keményítőhozamára hibridenként
50 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2012–2014)



77. ábra: Műtrágyázás hatása a kukorica keményítőhozamára hibridenként
50 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2012–2014)



78. ábra: Talajművelés és műtrágyázás hatása a kukorica keményítőhozamára hibridenként 50 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2012–2014)

5.5. A hektáronkénti keményítőhozam értékelése (70 ezer tő/ha)

5.5.1. A 2012. év keményítőhozamának értékelése (70 ezer tő/ha)

A 70 ezer tő/ha állománysűrűséggel beállított kísérletben a 2012. év során az egyes agrotechnikai tényezőknek nem volt szignifikáns hatása a kukorica keményítőtartalmának alakulására. A **17. táblázat** eredményei alapján megállapítottuk, hogy a talajművelésnek ($S_{\text{zig.}}=0,156>0,05$), a műtrágyázásnak ($S_{\text{zig.}}=0,244>0,05$) és a hibridválasztásnak ($S_{\text{zig.}}=0,764>0,05$) nincs szignifikáns hatása a beltartalmi tulajdonságok, azon belül is a keményítőtartalom változására.

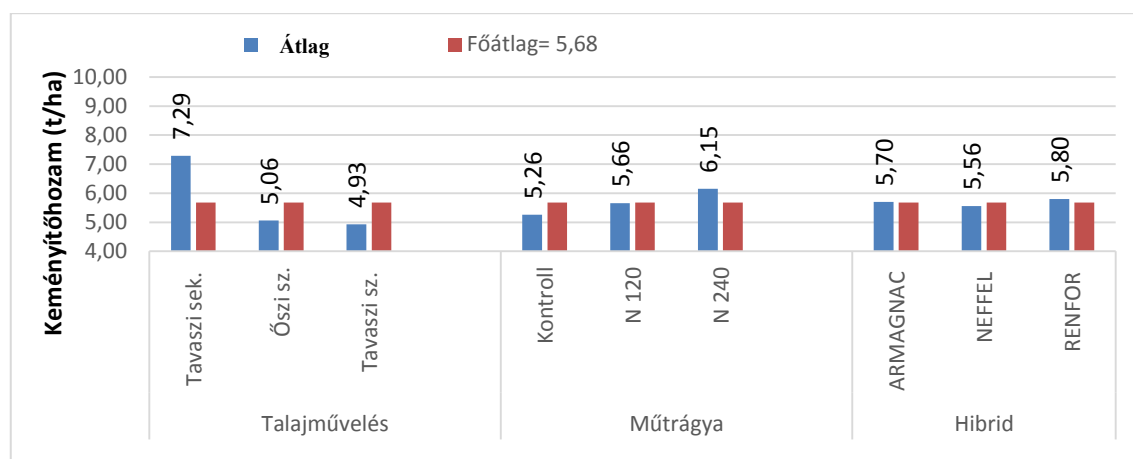
17. táblázat: Háromtényezős varianciaanalízis eredménye 70 ezer tő/ha tőszám alkalmazása mellett (Debrecen, 2012)

	Szabadságfokok	Eltérés négyzetösszeg	Variancia	F érték	Szignifikancia
Talajművelés	2	65,96	32,98	5,418	0,156
Maradék	2	12,17	6,09		
Műtrágya	2	8,104	4,052	1,800	0,244
Talajművelés * műtrágya	4	1,246	0,312	0,138	0,962
Maradék	6	13,510	2,252		
Hibrid	2	0,506	0,252	0,281	0,764
Talajművelés * hibrid	4	4,861	1,215	1,352	0,353
Maradék	6	5,395	0,899		
Műtrágya* hibrid	4	2,466	0,616	1,039	0,427
Talajművelés * műtrágya * hibrid	8	2,351	0,293	0,495	0,354
Maradék	12	7,121	0,593		

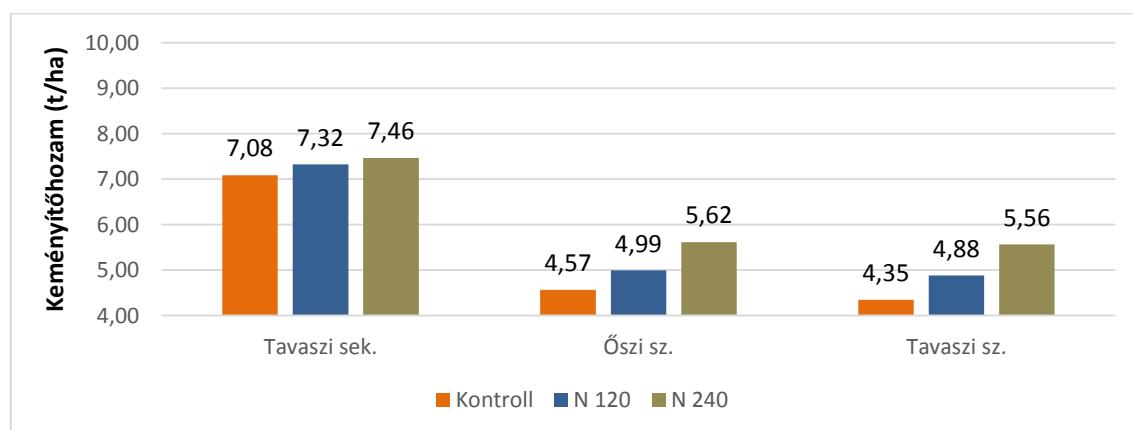
Szignifikancia <0.05 *

A 2012. év vonatkozásában a keményítőhozamok átlagának főátlagtól való eltérését a **79. ábra** mutatja.

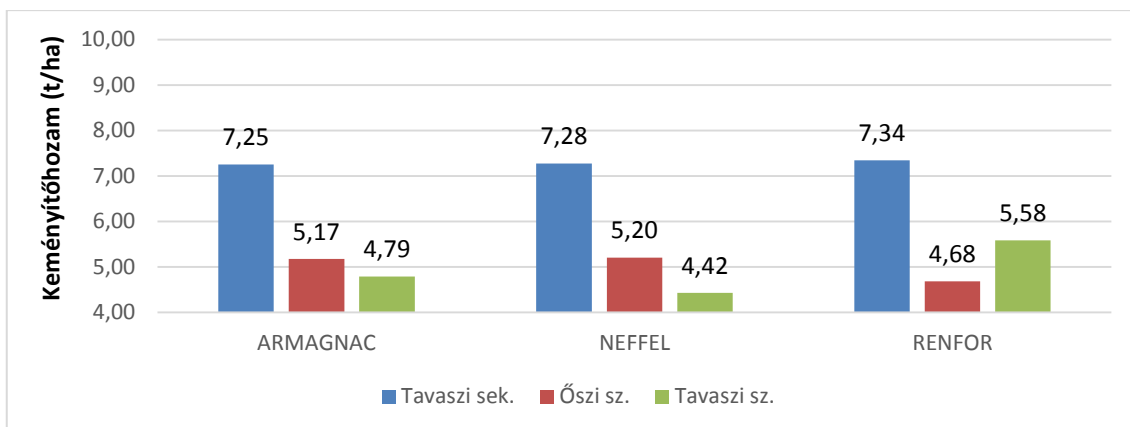
Az agrotechnikai tényezőket együtt vizsgálva megállapítottuk, hogy az egyes tényezők kölcsönhatásai a 2012-ben az 50 ezer tő/ha tőszámhoz hasonlóan, a 70 ezer tő/ha állománysűrűség esetén nem befolyásolták szignifikánsan a keményítőhozam alakulását a kísérlet során. A talajművelés–műtrágya (Szig.=0,962>0,05) a **80. ábrán**, a talajművelés–hibridválasztás (Szig.=0,353>0,05) a **81. ábrán**, a műtrágya–hibridválasztás (Szig.=0,427>0,05) a **82. ábrán**, valamint talajművelés–műtrágya–hibridválasztás kölcsönhatását (Szig.=0,354>0,05) a **83. ábrán** láthatjuk a hektáronkénti keményítőhozam vonatkozásában.



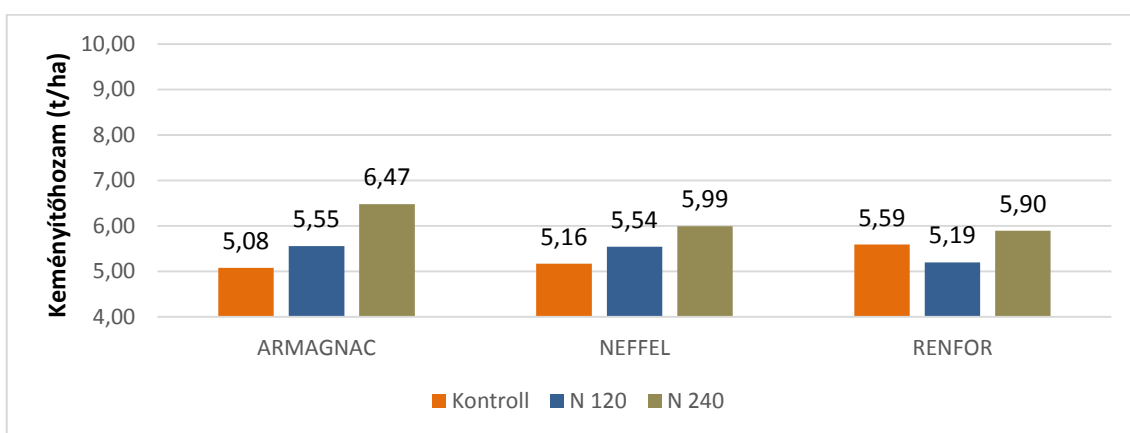
79. ábra: A talajművelés, műtrágyázás és hibridválasztás mellett elért kukorica keményítőhozamai a főátlaghoz viszonyítva (Debrecen, 2012)



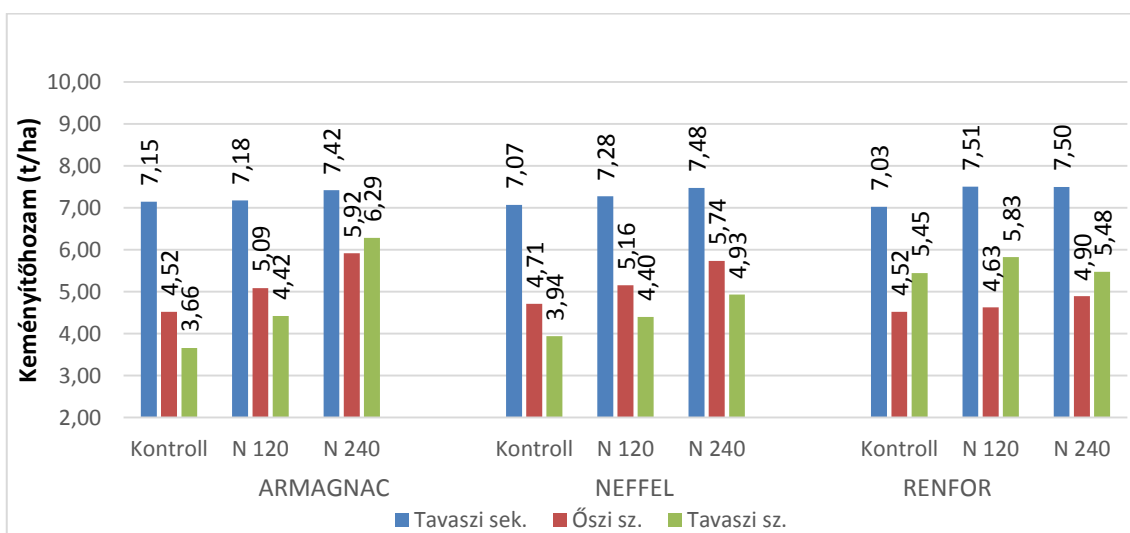
80. ábra: Talajművelés és műtrágyázás hatása a kukorica keményítőhozamára 70 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2012)



81. ábra: Talajművelés hatása a kukorica keményítőhozamára
70 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2012)



82. ábra: Műtrágyázás hatása a kukorica keményítőhozamára
70 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2012)



83. ábra: Talajművelés és műtrágyázás hatása a kukorica keményítőhozamára
70 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2012)

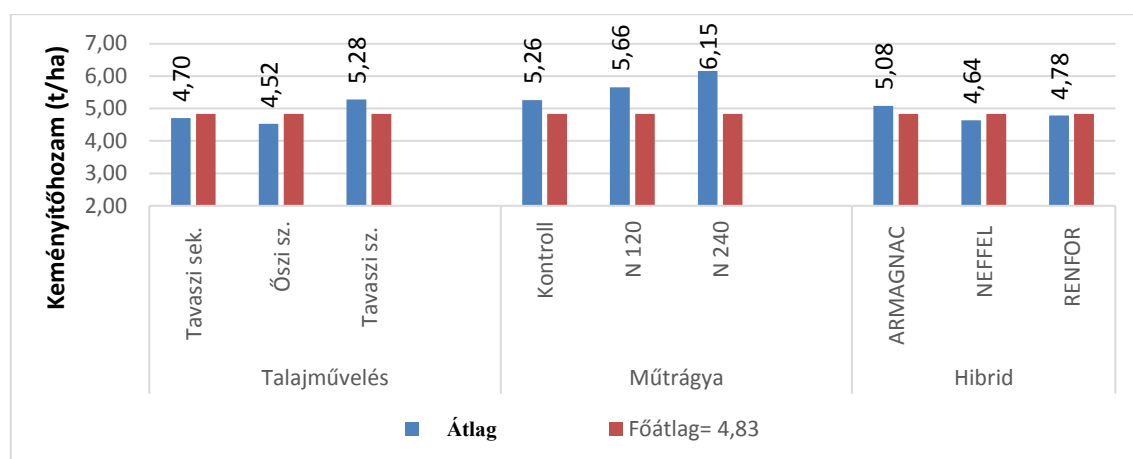
5.5.2. A 2013. év keményítőhozamának értékelése (70 ezer tő/ha)

A 2012-ben azonos paraméterek mellett beállított kísérlethez hasonlóan a 2013-ban elért eredmények és a statisztikai elemzések elvégzését követően megállapítottuk, hogy az évjárat keményítőhozamára nincs szignifikáns hatása a talajművelésnek (Szig.=0,069>0,05), a műtrágyázásnak (Szig.=0,284>0,05) illetve a hibridválasztás sem befolyásolta igazolhatóan a hektáronkénti keményítőhozamot (Szig.=0,246>0,05) (**18. táblázat**). Az egyes tényezők főátlagtól való eltéréseit a **84. ábra** szemlélteti.

18. táblázat: Háromtényezős varianciaanalízis eredménye 70 ezer tő/ha tőszám alkalmazása mellett (Debrecen, 2013)

	Szabadságfokok	Eltérés négyzetösszeg	Variancia	F érték	Szignifikancia
Talajművelés	2	5,629	2,814	13,35	0,069
Maradék	2	0,422	0,211		
Műtrágya	2	19,35	9,674	1,564	0,284
Talajművelés * műtrágya	4	0,29	0,073	0,012	1
Maradék	6	37,12	6,187		
Hibrid	2	1,866	0,933	1,787	0,246
Talajművelés * hibrid	4	1,117	0,279	0,535	0,717
Maradék	6	3,134	0,522		
Műtrágya* hibrid	4	0,342	0,085	0,672	0,624
Talajművelés * műtrágya * hibrid	8	0,494	0,061	0,485	0,844
Maradék	12	1,529	0,127		

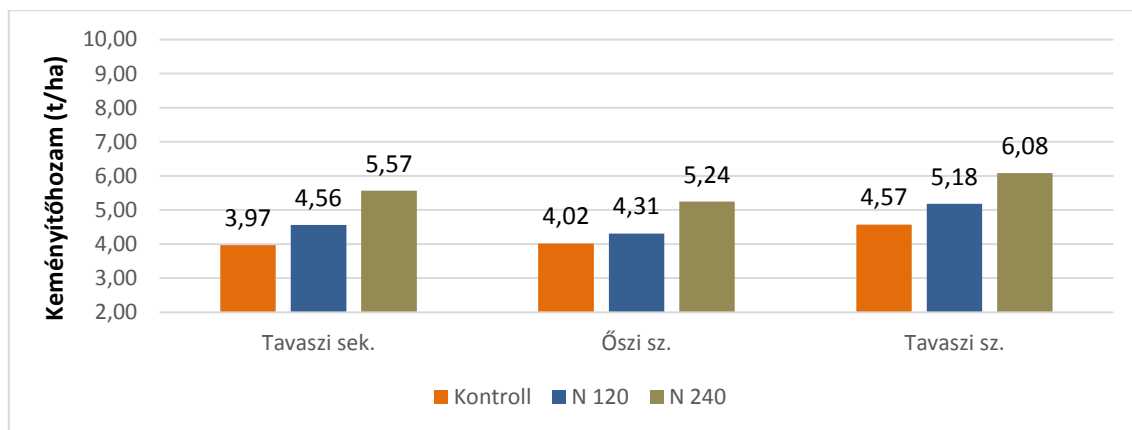
Szignifikancia <0.05 *



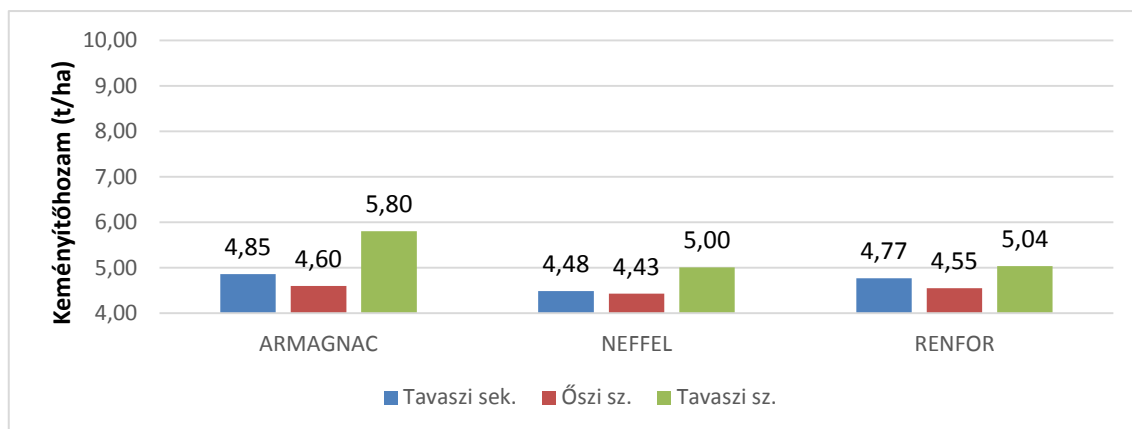
84. ábra: A talajművelés, műtrágyázás és hibridválasztás mellett elért kukorica keményítőhozamai a főátlaghoz viszonyítva (Debrecen, 2013)

Az agrotechnikai tényezőket együtt vizsgálva megállapítottuk, hogy azok kölcsönhatásai a 2013-ban – az 50 ezer tő/ha tőszámhoz hasonlóan – a 70 ezer tő/ha állománysűrűség esetén nem befolyásolták szignifikánsan a keményítőtartalmat.

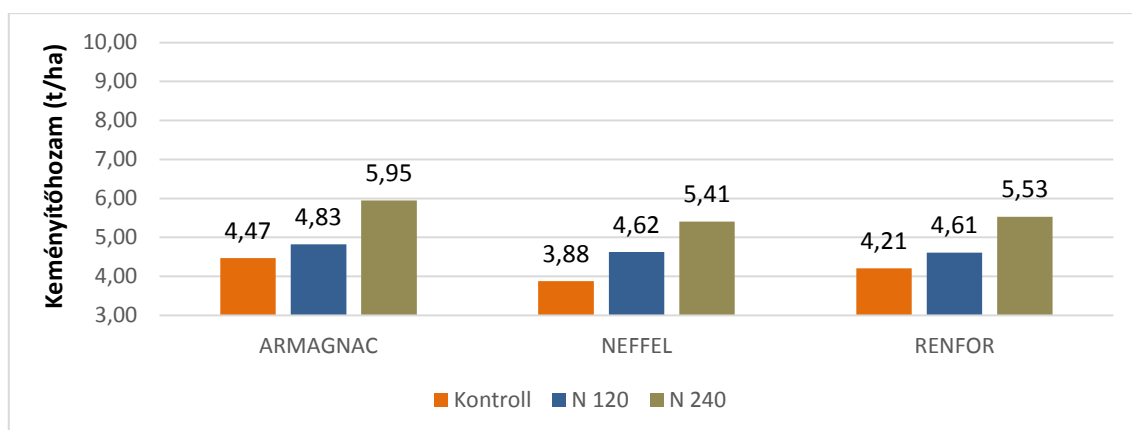
A talajművelés–műtrágya (Szig.=0,1>0,05) a **85. ábrán**, a talajművelés–hibridválasztás (Szig.=0,717>0,05) a **86. ábrán**, a műtrágya–hibridválasztás (Szig.=0,624>0,05) a **87. ábrán**, valamint a talajművelés–műtrágya–hibridválasztás (Szig.=0,844 > 0,05) a **88. ábrán** látható módon befolyásolta a keményítőhozamot.



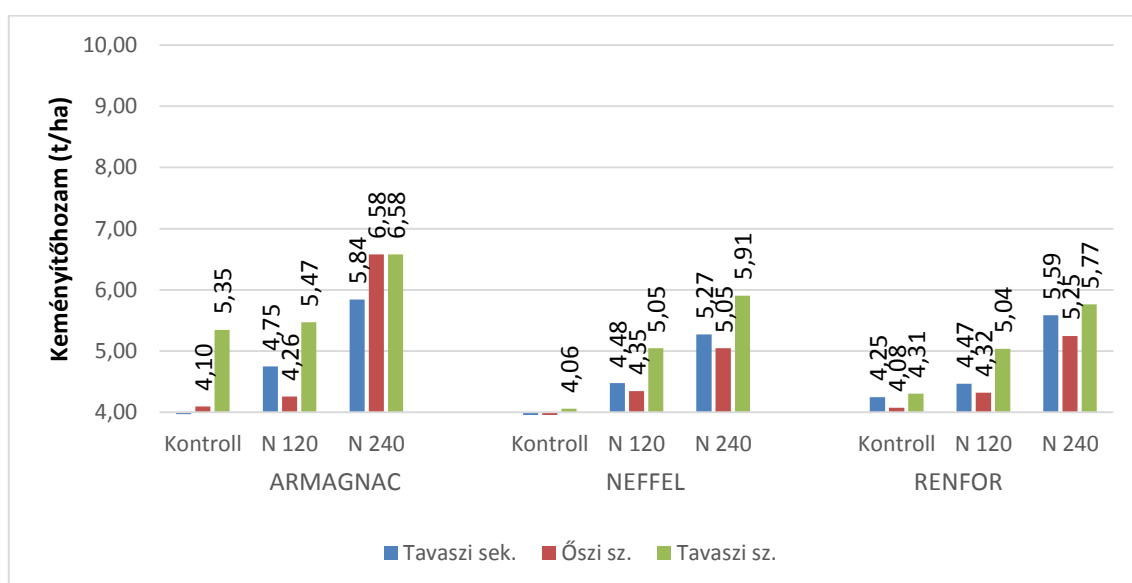
85. ábra: Talajművelés és műtrágyázás hatása a kukorica keményítőhozamára
70 ezer tő/ állományban (Debrecen, 2013)



86. ábra: Talajművelés hatása a kukorica keményítőhozamára hibridenként
70 ezer tő/ állományban (Debrecen, 2013)



87. ábra: Műtrágyázás hatása a kukorica keményítőhozamra hibridenként 70 ezer tő/ állományban (Debrecen, 2013)



88. ábra: Talajművelés és műtrágyázás hatása a kukorica keményítőhozamára hibridenként 70 ezer tő/ állományban (Debrecen, 2013)

5.5.3. A 2014. év keményítőhozamának értékelése (70 ezer tő/ha)

A 2014. év során 50 ezer tő/ha növényszám mellett (az 5.4.3. fejezetben leírtakkal összhangban) a 70 ezer tő/ha tőszám alkalmazásával a talajművelés és a hibridválasztás kapcsolata befolyásolta szignifikánsan a keményítőtartalmat (**19. táblázat**). A kapott eredmények alapján megállapítottuk, hogy 2014-ben a kukorica keményítőhozamára 70 ezer tő/ha állomány esetén szignifikánsan hatott a talajművelés (Szig.=0,011*<0,05), valamint a hibridválasztás kedvezően befolyásolta a keményítőhozamot (Szig.=0,000*>0,05). A műtrágyázás azonban nem volt szignifikáns hatással a

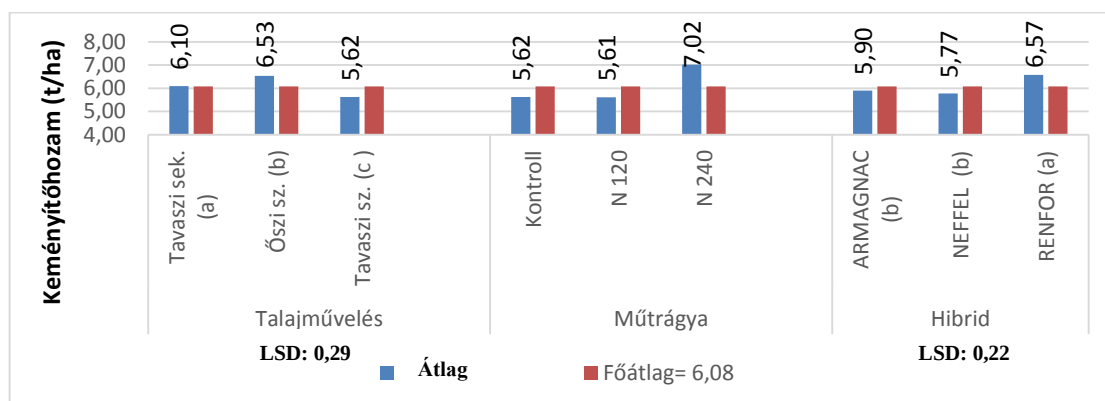
keményítőhozam alakulására (Szig.=0,520>0,05). Az egyes tényezők főátlagtól való eltéréseit a **89. ábra** szemlélteti.

A 2014-ben 70 ezer tő/ha állománysűrűséggel vetett kukorica keményítőhozamára a talajművelés, mint agrotechnikai tényező szignifikáns hatással bírt. Ebben a kísérleti évben a legnagyobb keményítőhozamot az őszi szántásos alpműveléssel érték el. Az őszi szántás alkalmazása mellett elért maximális keményítőhozam és a szakirodalomban szereplő megállapítás – miszerint a legtöbb keményítőhozam a legnagyobb termésszint mellett érhető el – összecseng *Makra* (2012) közlésével. Az őszi szántásos alpművelés esetén 70 ezer tő/ha állományban a termés 2014-ben 10,21 t/ha, a keményítőhozam pedig 6,53 t/ha értéket mutatott (**90. ábra**).

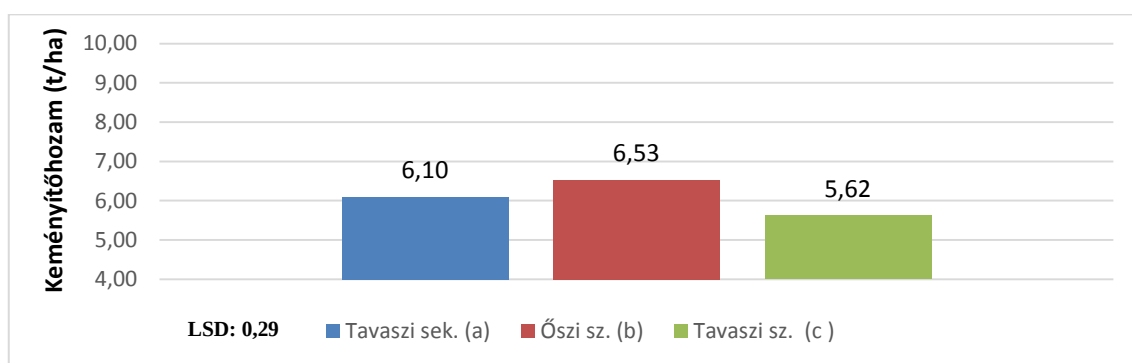
19. táblázat: Háromtényezős varianciaanalízis eredménye 70 ezer tő/ha tőszám alkalmazása mellett (Debrecen, 2014)

	Szabadságfokok	Eltérés négyzetösszeg	Variancia	F érték	Szignifikancia
Talajművelés	2	7,440	3,720	88,23	0,011*
Maradék	2	0,084	0,042		
Műtrágya	2	23,73	11,863	0,731	0,520
Talajművelés * műtrágya	4	2,18	0,545	0,034	0,997
Maradék	6	97,40	16,234		
Hibrid	2	6,735	3,367	47,028	0,000*
Talajművelés * hibrid	4	0,165	0,041	0,576	0,691
Maradék	6	0,430	0,072		
Műtrágya* hibrid		1	0,249	0,417	0,793
Talajművelés * műtrágya * hibrid	8	1,281	0,160	0,267	0,965
Maradék	12	7,187	0,5989		

Szignifikancia <0.05 *

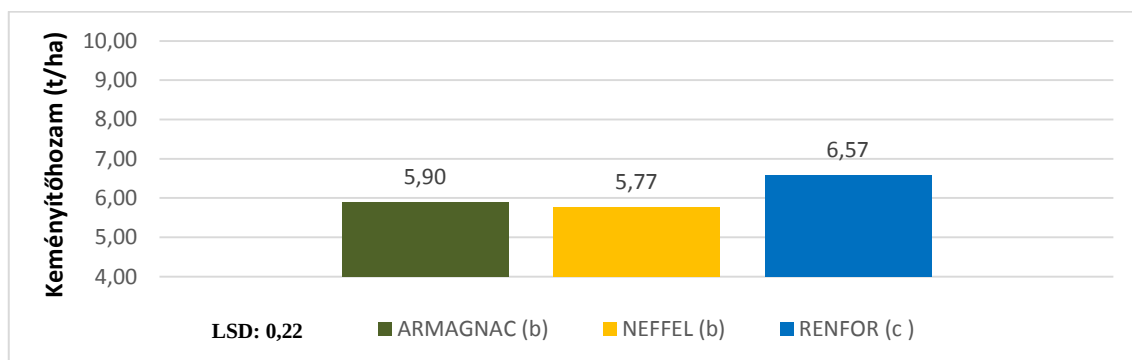


89. ábra: A talajművelés, műtrágyázás és hibridválasztás mellett elért kukorica keményítőhozamai a főátlaghoz viszonyítva, 70 ezer tő/ha állomány (Debrecen, 2014)



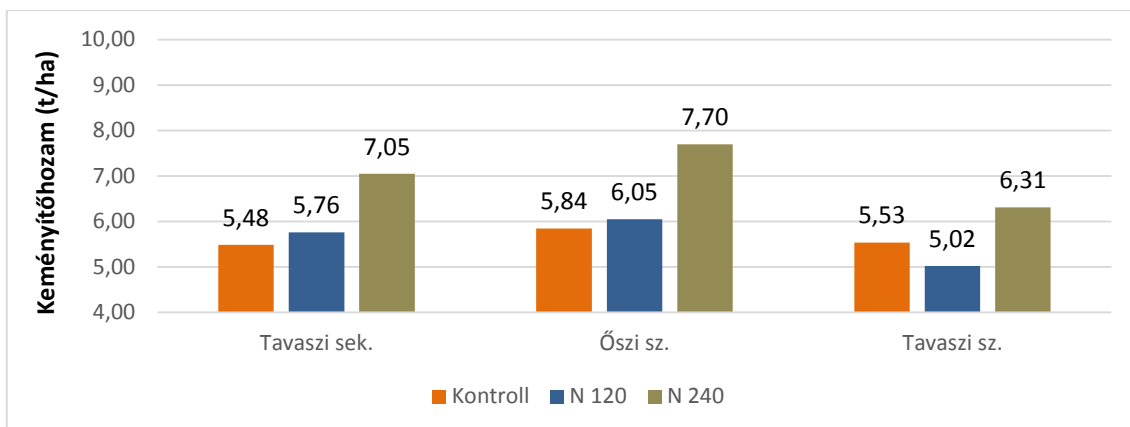
90. ábra: Talajművelés hatása a kukorica keményítőhozamára
70 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2014)

A hibridválasztás ($S_{\text{zig.}}=0,000^*<0,05$) a talajműveléshez hasonlóan szintén szignifikánsan befolyásolta a 2014. évi 70 ezer tő/ha tőszám esetén az adott területre vonatkoztatott keményítőhozamot. A RENFOR hektáronkénti keményítőhozama 6,57 t/ha volt, ami 0,67 tonnával több hektáronként, mint az ARMAGNAC keményítőhozama (5,90 t/ha). A NEFFEL (5,77 t/ha) 0,8 t/ha mennyiséggel ért el kisebb keményítőhozamot ugyanazon területegységre vetítve (91. ábra).

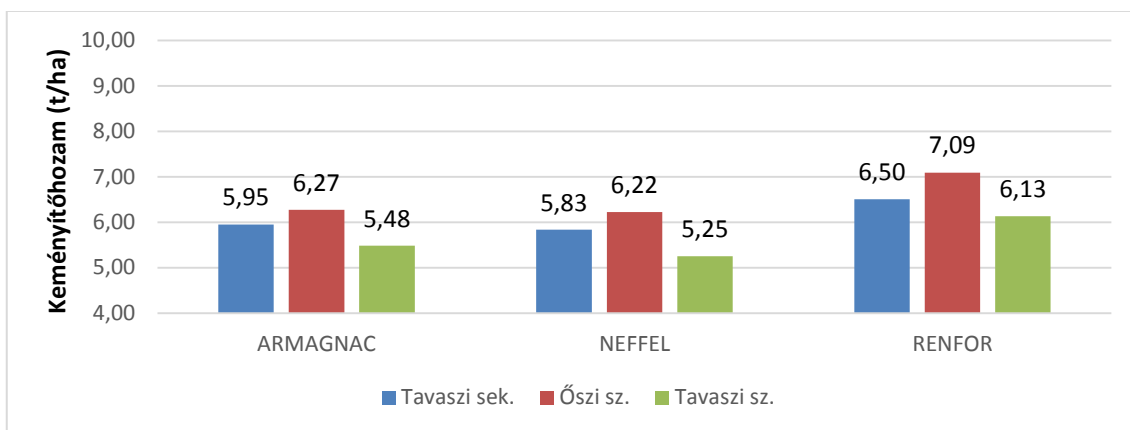


91. ábra: A kukorica keményítőhozama hibridenként 70 ezer tő/ha állományban
(Debrecen, 2014)

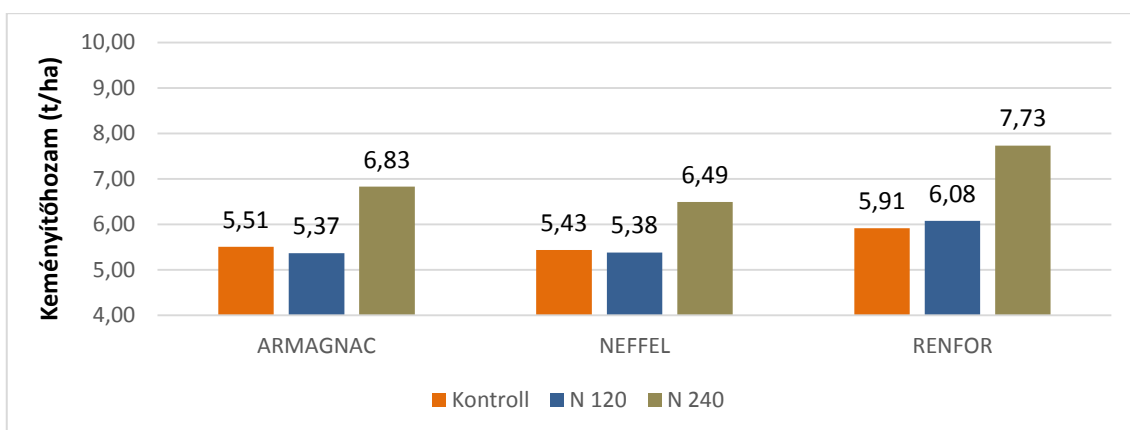
A kölcsönhatások nem mutatnak szignifikáns különbséget 2014-ben a kukorica hektáronkénti keményítőhozamára. A talajművelés–műtrágyázás ($S_{\text{zig.}}=0,997>0,05$) (92. ábra), a talajművelés–hibridválasztás ($S_{\text{zig.}}=0,691>0,05$) (93. ábra), a műtrágyázás–hibridválasztás ($S_{\text{zig.}}=0,794>0,05$) (94. ábra), végül a talajművelés–műtrágyázás–hibridválasztás kapcsolatában ($S_{\text{zig.}}=0,965>0,05$) (95. ábra).



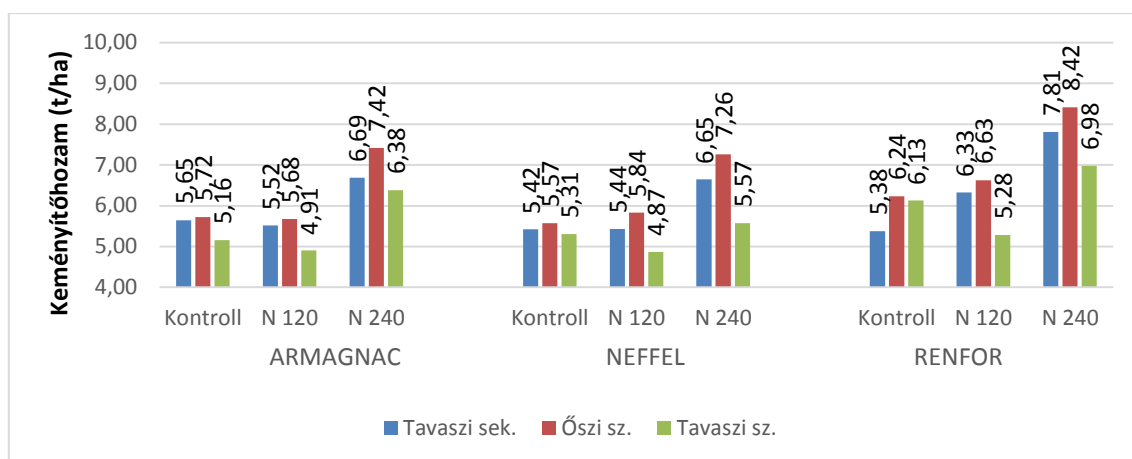
92. ábra: Talajművelés és műtrágyázás hatása a keményítőhozamra 70 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2014)



93. ábra: Talajművelés hatása a kukorica keményítőhozamára hibridenként 70 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2014)



94. ábra: Műtrágyázás hatása a kukorica keményítőhozamára hibridenként 70 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2014)



95. ábra: Talajművelés és műtrágyázás hatása a kukorica keményítőhozamra
hibridenként 70 ezer tő/ állományban (Debrecen, 2014)

5.5.4. A 2012–2014. évek keményítőhozamának összevont értékelése (70 ezer tő/ha)

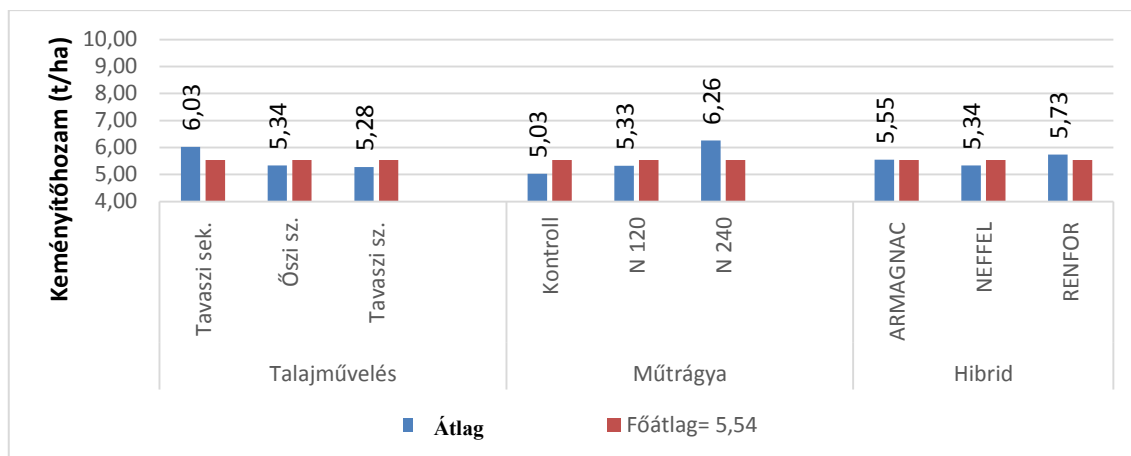
A három évet (2012, 2013, 2014) együtt vizsgálva megállapítottuk a háromtényezős varianciaanalízis eredményei alapján, hogy a 2012–2014. évek keményítőhozamára nincs szignifikáns hatása a talajművelésnek (Szig.= 0,124>0,05), a műtrágyázásnak (Szig.=0,155>0,05), valamint a hibridválasztás (Szig.=0,151>0,05) nem volt kedvező hatással (**20. táblázat**).

A 2012–2014. évek keményítőhozamai és a három év keményítőhozamainak főátlagától (5,57 t/ha) való eltéréseit a **96. ábra** mutatja.

20. táblázat: Háromtényezős varianciaanalízis eredménye 70 ezer tő/ha tőszám alkalmazása mellett (Debrecen, 2012-2014)

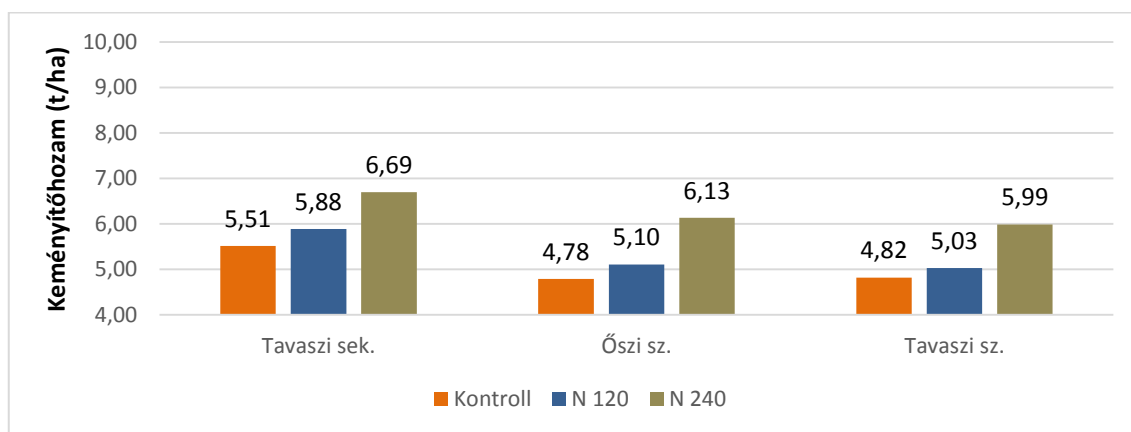
	Szabadságfokok	Eltérés négyzetösszeg	Variancia	F érték	Szignifikancia
Talajművelés	2	19,042	9,521	7,033	0,124
Maradék	2	2,708	1,354		
Műtrágya	2	46,48	23,240	2,59	0,155
Talajművelés * műtrágya	4	0,35	0,088	0,01	1
Maradék	6	53,85	8,974		
Hibrid	2	4,245	2,122	2,638	0,151
Talajművelés * hibrid	4	1,534	0,383	0,477	0,753
Maradék	6	4,827	0,804		
Műtrágya* hibrid	4	0,812	0,203	0,701	0,606
Talajművelés * műtrágya * hibrid	8	1,411	0,176	0,609	0,755
Maradék	12	3,477	0,289		

Szignifikancia <0.05 *

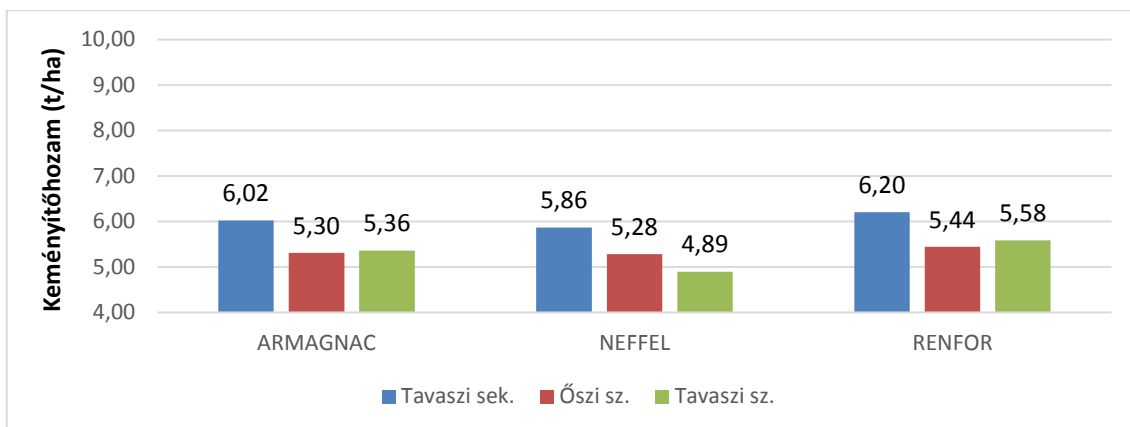


96. ábra: A kukorica keményítőhozama a főátlaghoz viszonyítva
70 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2012–2014)

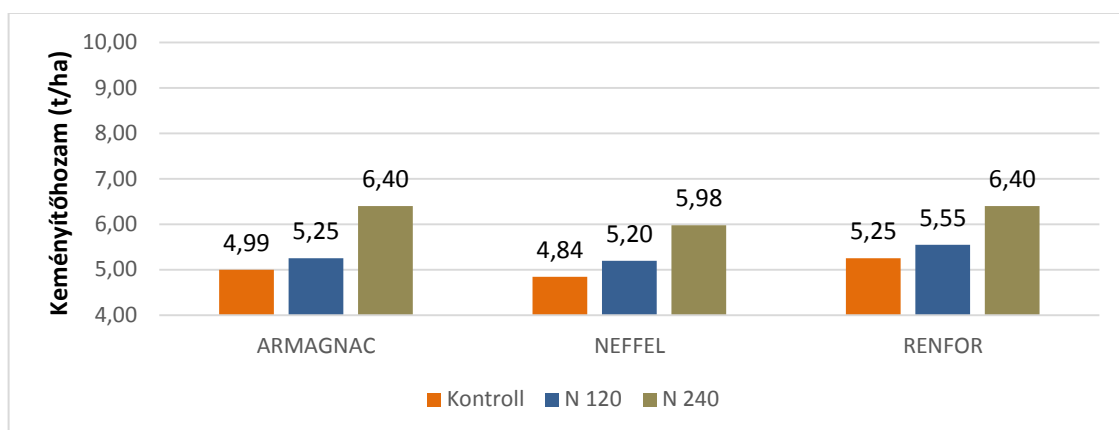
A kölcsönhatások vonatkozásában megállapítottuk, hogy statisztikailag nem volt szignifikáns különbség a három vizsgált év átlagában a talajművelés–műtrágyázás ($S_{\text{zig.}}=1>0,05$) (97. ábra), a talajművelés–hibridválasztás ($S_{\text{zig.}}=0,753>0,05$) (98. ábra), a műtrágyázás–hibridválasztás kapcsolata ($S_{\text{zig.}}=0,606>0,05$) (99. ábra) valamint a talajművelés–műtrágyázás–hibridválasztás ($S_{\text{zig.}}=0,755>0,05$) (100. ábra) együttes vizsgálata esetén.



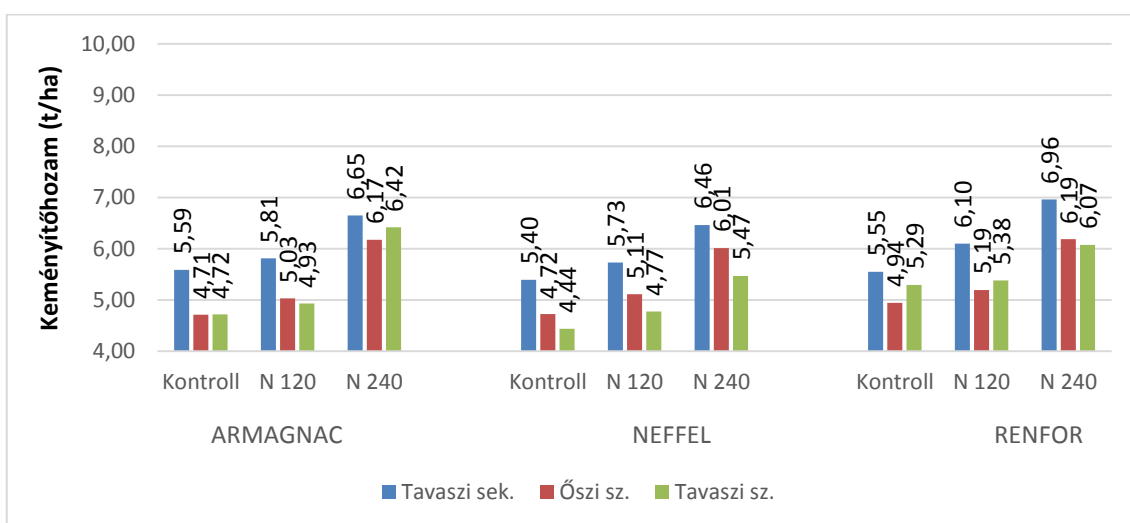
97. ábra: Talajművelés és műtrágyázás hatása a kukorica keményítőhozamára
70 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2012–2014)



98. ábra: Talajművelés hatása a kukorica keményítőhozamára, hibridenként
70 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2012–2014)



99. ábra: Műtrágyázás hatása a kukorica keményítőhozamra, hibridenként
70 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2012–2014)



100. ábra: Talajművelés és műtrágyázás hatása a kukorica keményítőhozamára
hibridenként 70 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2012–2014)

5.6. Ismételt mérés varianciaanalízis eredményei 50 ezer tő/ha és 70 ezer tő/ha tőszám esetén a kukorica termésmennyiségére és keményítőhozamára (2012–2014)

A tényezők korábbi vizsgálatával szemben a három év kísérleti eredményeit további vizsgálatoknak vetettük alá. Célunk volt, hogy az előzőekben alkalmazott módszer mellett olyan statisztikai próbát is végezzünk, ahol az évjáratot, mint hatást önálló tényezőként vonja be a módszer az elemzésbe. Ennek érdekében ismételt mérés varianciaanalízist végeztünk az 50 ezer tő/ha és 70 ezer tő/ha tőszám esetén a termés és keményítőhozam vonatkozásában.

A kölcsönhatások indukálta statisztikai eredményekből kéttényezős ismételt mérés varianciaanalízis táblázatokat készítettünk a kapott szignifikancia szintek értelmezésére. A szignifikancia ellenőrzésére a korábbi módszerrel megegyező Duncan-tesztet választottuk az elemzés és a csoportok elkülönítésére.

A Duncan-teszt eredménye szerint a különböző betűvel jelölt csoportok átlagai szignifikánsan ($S_{\text{zig.}} < 0,05$) különböznek egymástól.

A talajművelés, az évjárat hatása a kukorica termésére (50 ezer tő/ha)

Az 50 ezer tő/ha állománysűrűség esetén a talajművelés szignifikánsan hatott a kukorica termésátlagára ($S_{\text{zig.}} = 0,034 * < 0,05$), az évjárat szignifikánsan hatott a kukorica termésére ($S_{\text{zig.}} = 0,000 * < 0,05$). Az évjárat–talajművelés kölcsönhatása is szignifikáns ($S_{\text{zig.}} = 0,000 * < 0,05$) eredményt mutat (**21. táblázat**).

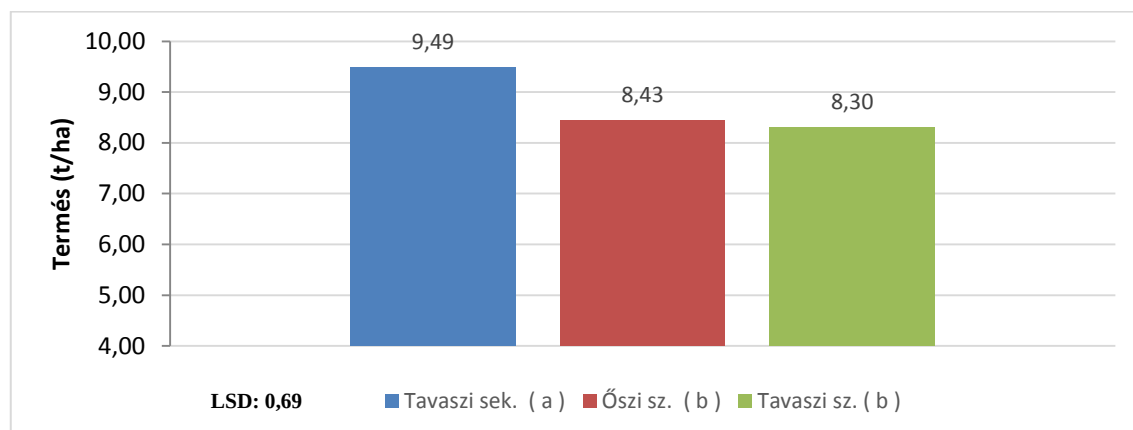
21. táblázat: Kéttényezős ismételt mérés varianciaanalízis eredménye 50 ezer tő/ha tőszám alkalmazása mellett (Debrecen, 2012-2014)

	Szabadságfokok	Eltérés négyzetösszeg	Variancia	F érték	Szignifikancia
Talajművelés	2	22,8	11,41	3,468	0,034*
Év	2	72	36,02	10,945	0,000 *
Év * talajművelés	4	74,1	18,52	5,628	0,000 *
Maradék	150	493,6	3,29		

Szignifikancia $< 0,05$ *

A talajművelés hatását vizsgáltuk a kukorica termésátlagára a három vizsgált év átlagában (**101. ábra**).

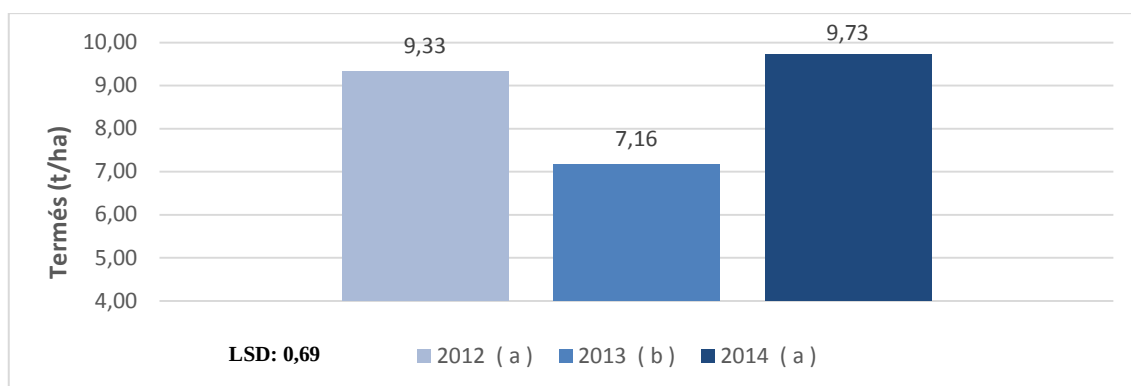
A kutatási eredmények alapján megállapítottuk, hogy három év átlagában a tavaszi sekélyművelés alkalmazása mellett volt az elérhető legnagyobb a terméshozam (9,49 t/ha) az 50 ezer tő/ha növényzámban. Az őszi szántás alkalmazása (8,43 t/ha) hektáronként 1,06 tonna, míg a tavaszi szántás (8,30 t/ha) hektáronként 1,19 tonna terméskiesést eredményezett. A tavaszi sekélyművelés alkalmazásával elért terméstöbblet a három év átlagában kedvezőtlen csapadékeloszlás esetén olyan talajművelési eljárás mellett volt elérhető, mely víztakarékos, a talaj vízháztartásának alakulását kedvezően befolyásolja, a talajvíz párolgását minimálisra csökkenti. Aszályos évjárat esetén ajánlott a tavaszi sekélyművelés alkalmazása a terméseredmény maximalizálásához öntözetlen körülmények között.



101. ábra: Talajművelés hatása a kukoricatermésre 50 ezer tő/ha állományban
(Debrecen, 2012–2014)

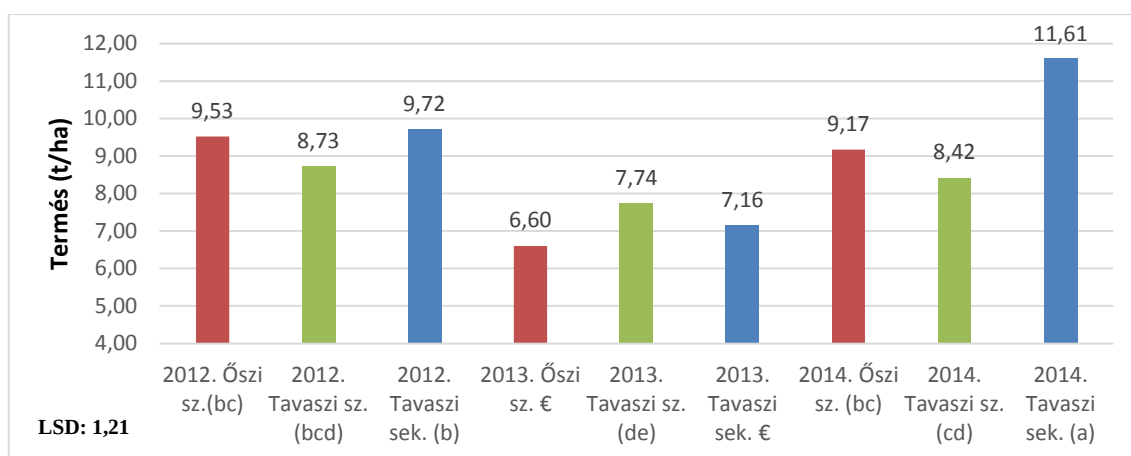
Az öntözetlen termesztéstechnológiákban az évjáráthatás első helyen szerepel a terméseredmények meghatározásában. Ezt igazolják azon vizsgálatok, melyeknél az évjárat nem tényezőként volt a vizsgálatba vonva, hanem mint 0. faktor. Az időjárás a műtrágyázást, a talajművelést, a hibridválasztást egyaránt képes volt elnyomni aszályosabb években, így a legnagyobb befolyásoló hatása volt a terméseredmény alakulására.

Az ismételt mérések varianciaanalízis eredményeivel az évjárat hatásának vizsgálatát követően megállapítottuk, hogy a 2012. (9,33 t/ha) és 2014. évben (9,73 t/ha) elért terméseredmény szignifikánsan magasabb volt a 2013. év során betakarított kukorica hektáronkénti termésmennyiségétől (7,16 t/ha) (**102. ábra**), melynek oka az adott évben hullott csapadék kedvezőtlen eloszlása.



102. ábra: A kukorica terméseredményei évek szerint csoportosítva
50 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2012–2014)

Az évjáráthatást és a talajművelést együttesen vizsgálva (50 ezer tő/ha esetén) megállapítható, hogy a 2014. évben – amely év a három vizsgált évjárat közül a legkedvezőbbben alakult az időjárás szempontjából – a tavaszi sekélyművelés hozta a legnagyobb hektáronkénti terméseredményt (11,61 t/ha). A 2012. és 2014. évek terméseredményei közötti szignifikáns eltérés (**102. ábra**) eredményeképp a **103. ábrán** megfigyelhető, hogy a két év tendenciája megegyezik, vagyis a talajművelések azonos sorban követik egymást a terméseredmények befolyásolásában. Mindkét évjárat esetén a legtöbb termést a tavaszi sekélyművelés esetén lehetett elérni, majd az őszi szántásos alpműveléssel következett, amit a tavaszi szántás követett.



103. ábra: A kukorica termésének alakulása évenként, talajművelési módok szerint
50 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2012–2014)

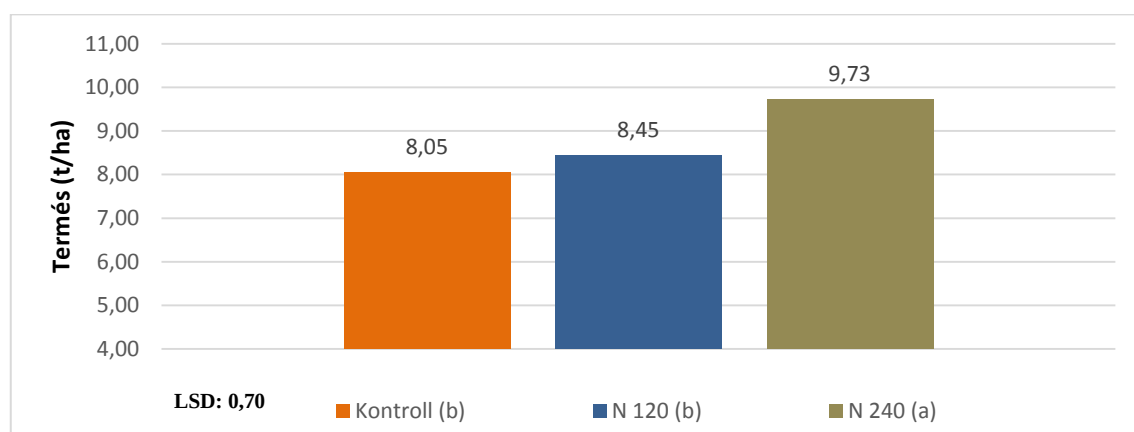
A műtrágyázás szignifikáns hatást mutatott (Szig.=0,000*<0,05), a terméseredmény alakulására 2012–2014. évek átlagában az 50 ezer tő/ha növényszám esetén (22. táblázat). Ezen évek átlagában – hasonlóan a talajművelés–évjárat kölcsönhatás vizsgálata esetén kapott eredményekhez – az évjárat szignifikánsan hatott a kukorica termésére (Szig.=0,000*<0,05). Azonban az évjárat–műtrágya kölcsönhatása nem szignifikáns (Szig.=0,940>0,05) a terméseredmény alakulására.

A műtrágyahatás elemzésére szintén a Duncan-tesztet alkalmaztuk. A 104. ábrán kerültek megjelenítésre a kapott eredmények, miszerint a különböző betűvel jelölt csoportok átlagai szignifikánsan (Szig.<0,05) különböznek egymástól. A kontroll (b) és a 120 kg/ha nitrogén [N120 (b)] szignifikánsan alacsonyabbak a 240 kg/ha nitrogén [N 240 (a)] műtrágya hatására elért terméseredménytől.

22. táblázat: Kéttényezős ismételt méréses varianciaanalízis eredménye 50 ezer tő/ha tőszám alkalmazása mellett (Debrecen, 2012-2014)

	Szabadságfokok	Eltérés négyzetösszeg	Variancia	F érték	Szignifikancia
Műtrágya	2	82,3	41,15	12,033	0,000*
Év	2	64,5	32,27	9,435	0,000 *
Év * műtrágya	4	2,7	0,67	0,195	0,940
Maradék	150	513,0	3,42		

Szignifikancia <0.05 *



104. ábra: Műtrágyázás hatása a kukorica termésére 50 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2012–2014)

A három műtrágya kezelés estén a legtöbb termést a legnagyobb mennyiségű nitrogén kijuttatásával érték el, ami egyezik azzal a megállapítással, hogy a kukorica terméshozamokban való többletek eléréséhez a legnagyobb szerepe a kijuttatott nitrogén

mennyiségének van (Győrffy és I'só, 1966; Balláné, 1968; Latkovicsné és Krámer, 1968; Bocz, 1974; Bocz, 1976; Anda, 1987; Nagy, 1986; Ahmad, 2000; Berzsenyi, 2009b), főleg a monokultúrás termesztés esetében (Dóka és Pepó, 2007).

Több kutató megállapítását vizsgálva nem találtunk összefüggést az általunk kapott eredményre, miszerint a csökkentett tőszám esetén öntözetlen kultúrában a 240 kg/ha nitrogén kijuttatása eredményezte a legtöbb termést. Nagy (2007a) közlésében az áll, hogy száraz évjáratokban alacsonyabb, azaz maximum 60 kg/ha nitrogén kijuttatása indokolt, mivel ennél magasabb mennyiségnél megnő a termelési kockázat.

A 2012–2014. évek átlagában a hibridek terméseredménye között nem volt szignifikáns különbség (50 ezer tő/ha (**23. táblázat**), (Szig.=0,972>0,05), az évjárat itt is szignifikánsan hat a termésmennyiségre (Szig.=0,000*<0,05) azonban az évjárat–műtrágya kölcsönhatása nem szignifikáns (Szig.=0,453 > 0,05).

23. táblázat: Kéttényezős ismételt méréses varianciaanalízis eredménye 50 ezer tő/ha tőszám alkalmazása mellett (Debrecen, 2012-2014)

	Szabadságfokok	Eltérés négyzetösszeg	Variancia	F érték	Szignifikancia
Hibrid	2	0,2	0,11	0,027	0,972
Év	2	64,6	32,28	8,300	0,000 *
Év * hibrid	4	14,3	3,58	0,921	0,453
Maradék	150	583,4	3,89		

Szignifikancia <0.05 *

A talajművelés, évjárat hatása a kukorica termésére (70 ezer tő/ha)

A kukoricatermesztés gyakorlatában leginkább alkalmazott 70 ezer tő/ha körüli tőszám mellett a következő eredményeket kaptuk.

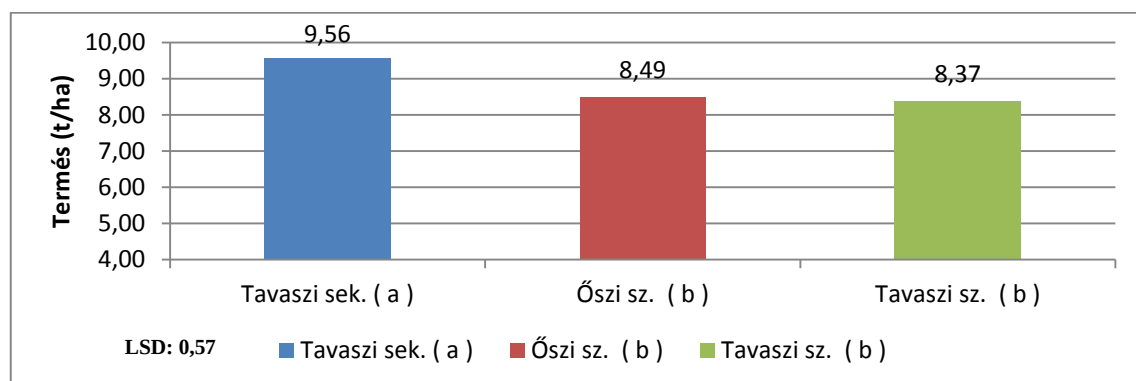
A talajművelés szignifikánsan hatott a kukorica termésére (Szig.=0,000289*<0,05), az évjárat szignifikánsan hatott a termésátlagra (Szig.=0,000170*<0,05) azonban az évjárat–talajművelés kölcsönhatása nem mutat szignifikáns hatást (Szig.=0,08*<0,05) a **24. táblázat** adatai alapján.

24. táblázat: Kéttényezős ismételt méréses varianciaanalízis eredménye 70 ezer tő/ha tőszám alkalmazása mellett (Debrecen, 2012-2014)

	Szabadságfokok	Eltérés négyzetösszeg	Variancia	F érték	Szignifikancia
Talajművelés	2	74,90	37,46	8,59	0,000289 *
Év	2	80,10	40,03	9,18	0,000170 *
Év * talajművelés	4	36,60	9,15	2,10	0,08
Maradék	156	680,30	4,36		

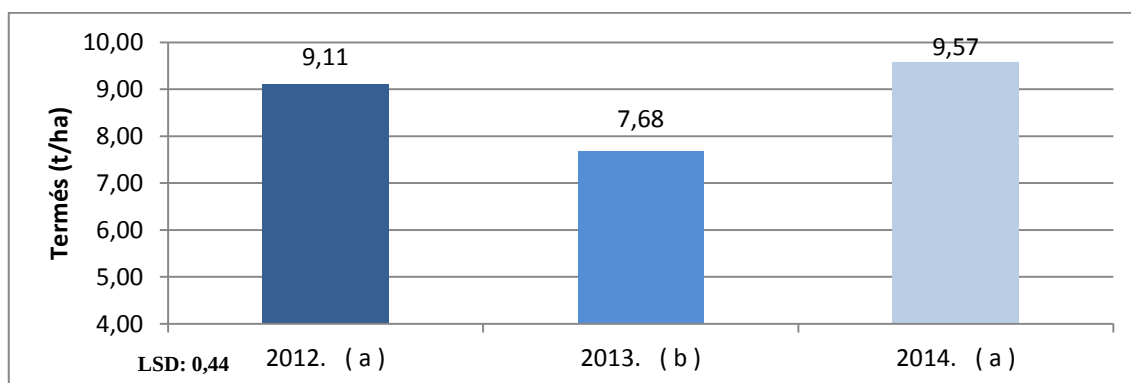
Szignifikancia <0.05 *

A talajművelés mint agrotechnikai tényező statisztikailag igazolható hatással bírt a 2012–2014. évek átlagában a kukorica termésmennyiségére 70 ezer tő/ha állományban. A három vizsgált év átlagában a legnagyobb termésmennyiséget – ami szignifikánsan magasabb a többi alpművelés eredményétől – a tavaszi sekélyművelés esetén értük el (9,56 t/ha), az őszi szántás alkalmazásával elért 8,49 t/ha és a tavaszi szántás mellett elért 8,37 t/ha terméseredmények szignifikánsan alacsonyabbak (**105. ábra**).



105. ábra: Talajművelés hatása a kukoricatermesre, 70 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2012–2014)

Az évjárat hatás szignifikáns eredményeit a terméseredményére a 2012–2014. évek átlagában a 70 ezer tő/ha állomány esetén a **106. ábra** szemlélteti.

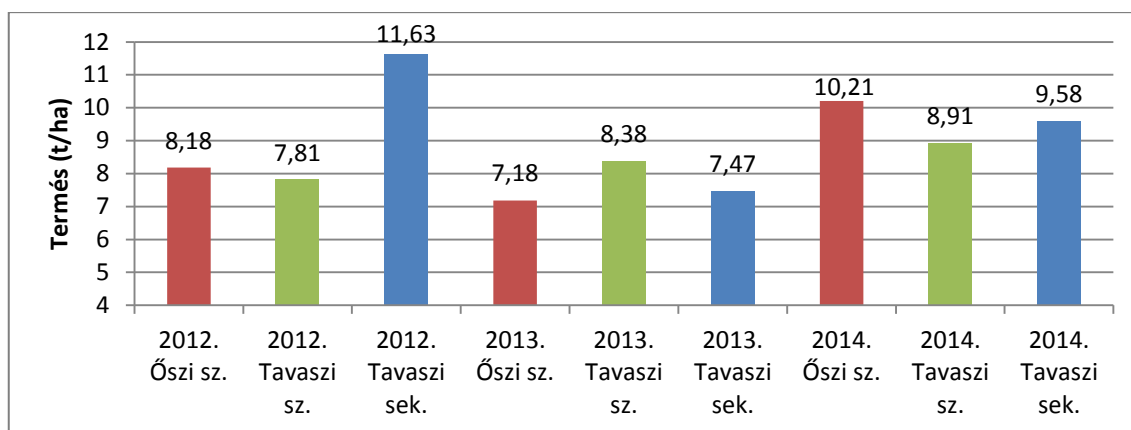


106. ábra: Az évjárat hatása a kukorica termésére, 70 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2012–2014)

A kapott eredmények alapján megállapítottuk, hogy a 2013 (b) évben elért termésátlag szignifikánsan alacsonyabb volt a 2012. (a) és a 2014. (a) év során betakarított termésátlagtól. A három év átlagában a 2014. év során a termésátlag 9,57 t/ha értéket mutat, ami szignifikánsan magasabb a 2013. év 7,68 t/ha termésétől.

Összességében megállapítottuk, hogy az évjáráthatás alapvetően befolyásolja a termésmennyiség alakulását.

A talajművelést, mint tényezőt és az időjárást (évjáratot) mint tényezőt együtt vizsgálva megállapítható a **24. táblázat** nyomán készült **107. ábra** alapján, hogy a két tényező együttes hatása nem eredményezett statisztikailag igazolható különbséget.



107. ábra: A kukorica termésének alakulása évenként, talajművelési módok szerint 70 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2012–2014)

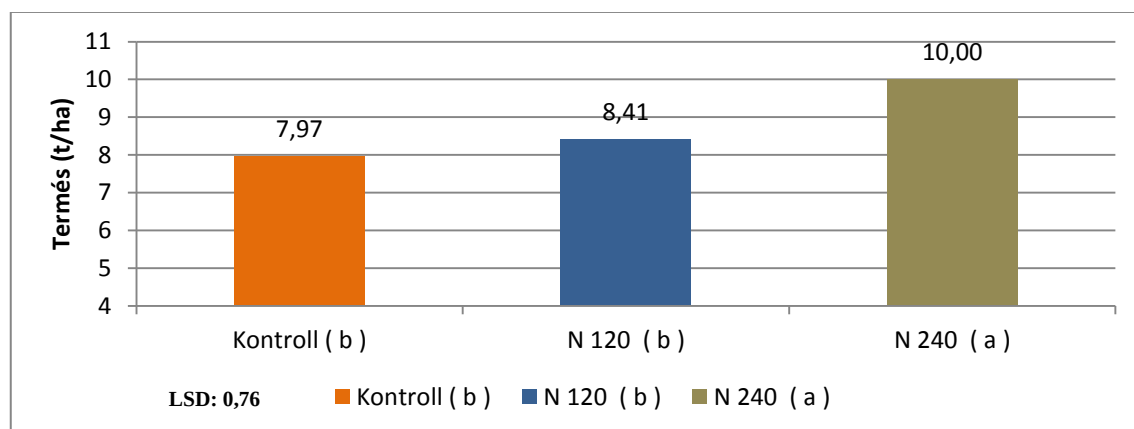
A talajművelés mellett fontos agrotechnikai tényező a műtrágyázás, mely a termésmennyiséget befolyásolhatja – öntözetlen körülmények között is – 70 ezer tő/ha tőszám mellett. A 2012–2014. évek átlagában a műtrágyázás szignifikánsan hatott a kukorica termésére (Szig.=0,000*<0,05), és hasonlóan a talajművelés-évjárat kölcsönhatása esetén ebben az esetben is az évjárat szignifikánsan hatott a kukorica termésére (Szig.=0,000*<0,05), az évjárat–műtrágya kölcsönhatása azonban nem hozott szignifikáns eredményt (Szig =0,55>0,05) (**25. táblázat**).

25. táblázat: Kétféle tényező ismételt mérések varianciaanalízis eredménye 70 ezer tő/ha tőszám alkalmazása mellett (Debrecen, 2012-2014)

	Szabadságfokok	Eltérés négyzetösszeg	Variancia	F érték	Szignifikancia
Műtrágya	2	125,50	62,75	15,22	0,00*
Év	2	90,50	45,24	10,97	0,00*
Év * műtrágya	4	12,70	3,17	0,77	0,55
Maradék	156	643,30	4,12		

Szignifikancia <0.05 *

A műtrágyázás hatásának elemzésében a különböző betűvel jelölt csoportok átlagai szignifikánsan (Szig.<0,05) különböznek egymástól. A 240 kg/ha nitrogén [N 240 (a)] mennyiség mellett elért termés szignifikánsan nagyobb volt a három év átlagában a többi műtrágya adaghoz – N 120 (b) és kontroll (b) – képest (**108. ábra**). A 240 kg/ha nitrogéndózis mellett elért 10 t/ha termésmennyiség, 1,59 t/ha-ral haladja meg a 120 kg/ha nitrogén-műtrágya alkalmazása mellett elért termésátlagot. A kontroll kezelés esetén betakarított 7,97 t/ha termés 2,03 t/ha-ral marad el a legtöbb terméstől (10 t/ha).



108. ábra: Műtrágyázás hatása a kukoricatermesre, 70 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2012-2014)

A gyakorlatban használatos tőszámokhoz leginkább közelítő érték a 70 ezer tő/ha érték, melyet a kutatásban használtunk. A kapott műtrágyahatás eredményei arra engednek következtetni, hogy az emelt nitrogéndózisok a termésmennyiséget öntözetlen körülmények között maximalizálják.

A hibridhatást – mint agrotechnikai tényezőt – figyelembe véve a **26. táblázat** adatai alapján elmondható, hogy a kéttényezős ismételt méréses varianciaanalízissel végzett vizsgálatok csak az évjáratban mutattak ki szignifikáns hatást. A kukorica terméseredményei között nem volt szignifikáns különbség (Szig.=0,972>0,05), az évjárat azonban szignifikánsan hatott a kukorica termésére (Szig.=0,000*<0,05). A két tényezőt együtt vizsgálva elmondható, hogy az évjárat–hibrid kölcsönhatása nem szignifikáns (Szig.=0,453>0,05).

26. táblázat: Kétfaktoros ismételt méréses varianciaanalízis eredménye, 70 ezer tő/ha (Debrecen, 2012–2014)

	Szabadságfokok	Eltérés négyzetösszeg	Variancia	F érték	Szignifikancia
Hibrid	2	5,90	2,94	0,60	0,55
Év	2	91,20	45,59	9,28	0,00 *
Év * hibrid	4	8,60	2,16	0,44	0,78
Maradék	156	766,30	4,91		

Szignifikancia <0.05 *

A talajművelés, évjárat hatása a kukorica keményítőhozamra (50 ezer tő/ha)

A kísérlet további részét képezte a terméseredmények és az arra gyakorolt hatások vizsgálatánál a hektáronkénti keményítőhozam vizsgálata a talajművelés, műtrágyázás, hibrid, tőszám és időjárás (évjárat) vonatkozásában.

Az 50 ezer tő/ha állomány esetén elért keményítőhozamok eredményeire gyakorolt talajművelési hatást a **27. táblázatban** foglaltuk össze. A kapott adatok alapján megállapítottuk, hogy a 2012–2014. évek átlagában az 50 ezer tő/ha állomány esetén, a talajművelés (Szig.=0,027*<0,05) és az évjárat szignifikánsan hatott a keményítőhozamra (Szig.=0,000*<0,05). A két tényezőt együttesen vizsgálva megállapítottuk, hogy az évjárat–talajművelés kölcsönhatásával elért keményítőhozamok szignifikánsan különböznek egymástól (Szig.=0,000*<0,05).

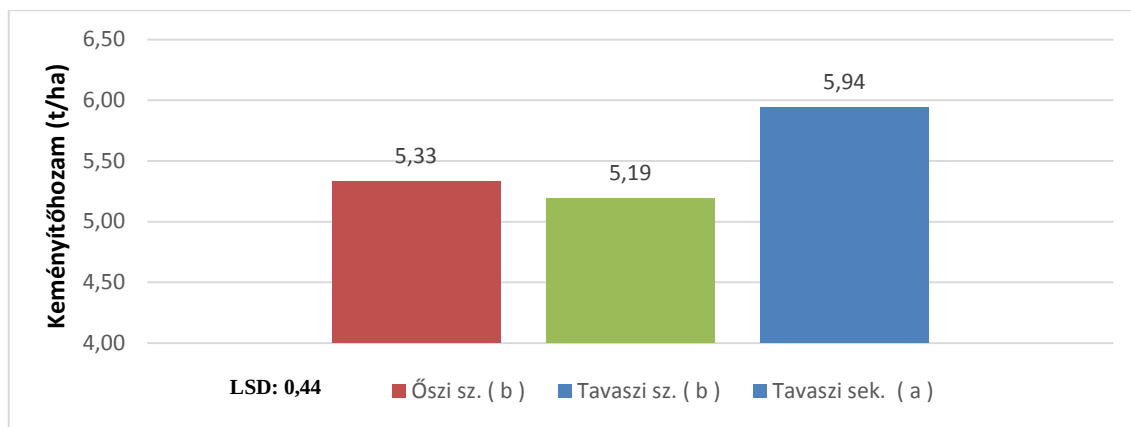
27. táblázat: Kéttényezős ismételt mérések varianciaanalízis eredménye, 50 ezer tő/ha, (Debrecen, 2012–2014)

	Szabadságfokok	Eltérés négyzetösszeg	Variancia	F érték	Szignifikancia
Talajművelés	2	9,80	4,901	3,674	0,027*
Év	2	28,39	14,194	10,639	0,000 *
Év * talajművelés	4	29,42	7,354	5,512	0,000*
Maradék	150	200,13	1,334		

Szignifikancia <0.05 *

Duncan-teszt eredményei alapján megállapítottuk, hogy a különböző betűvel jelölt csoportok átlagai szignifikánsan (Szig.<0,05) különböznek egymástól.

A 2012–2014. évek átlagában a keményítőhozam maximális értékét a tavaszi sekélyművelés (a) talajművelési mód mellett lehetett elérni (5,94 t/ha). Ez az érték szignifikánsan magasabb az őszi szántás (b) (5,33 t/ha), valamint a tavaszi szántás (b) (5,19 t/ha) hatására elért keményítőhozamtól (**109. ábra**).



109. ábra: Talajművelés hatása a kukorica keményítőhozamára 50 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2012–2014)

Öntözetlen körülmények között aszályos évjáratokban a tavaszi sekélyművelés mint víztakarékos talajművelési eljárás eredményezte – ugyanezen agrotechnikai tényezők alkalmazása mellett – a legnagyobb terméseredményt (9,49 t/ha) (**101. ábra**). A legnagyobb keményítőhozam a legnagyobb termésmennyiség mellett érhető el, ismét igazolásra került, melyet *Makra* (2012) közlése tartalmaz.

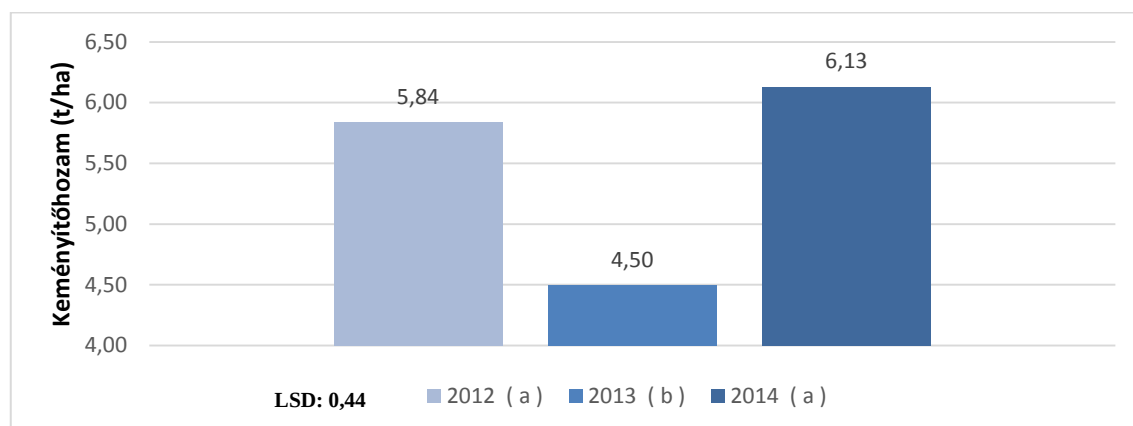
A talajművelési eljárások közül – mint azt korábban elemeztük – a tavaszi sekélyművelés eredményezte a legnagyobb keményítőhozamot, valamint termésátlagot. A szélsőséges évjáratokban fontos a talajaink vízháztartásának megőrzése, mivel öntözetlen körülmények között az állomány csak a természetes csapadékmennyiséggel tud gazdálkodni. Ennek érdekében azon talajművelési mód mellett realizálható a termésmaximum és keményítőhozam maximuma, amely a talajok vízbázisát leginkább megőrzi csökkentett tőszám (50 ezer tő/ha) alkalmazása esetén.

A **27. táblázatban** is látható volt, az évjárat szignifikánsan befolyásolta a keményítőhozam alakulását. A kukorica keményítőhozamát 50 ezer tő/ha állományban a kísérleti évek átlagában (2012–2014) a **110. ábrán** láthatjuk.

A három év átlagában elmondható, hogy az 50 ezer tő/ha állományban a maximális keményítőhozamot a 2014. évben érték el (6,13 t/ha). A 2013. évben elért 4,50 t/ha keményítőhozam szignifikánsan alacsonyabb mind a 2012. évi (5,84 t/ha), mind pedig a 2014. évi (6,13 t/ha) értékeitől.

Az évjárat terméseredményeit a korábbi **102. ábrán** bemutattuk. Megállapítható, hogy szintén a legnagyobb terméseredményhez a legnagyobb keményítőhozam értéke tartozik. A 2014. évi 9,73 t/ha termésátlaghoz, 6,13 t/ha keményítőhozam, a 2013. évi

9,33 t/ha termésátlaghoz 4,50 t/ha keményítőhozam, míg a 2012. évi termésátlaghoz 7,16 t/ha, 5,84 t/ha keményítőhozam tartozik.



110. ábra: A kukorica évenkénti keményítőhozama 50 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2012-2014)

A talajművelés mellett a termesztéstechnológiában szereplő műtrágyázás hatását is vizsgáltuk keményítőhozam szempontjából.

Az 50 ezer tő/ha állományban, a három vizsgált év esetén a műtrágyázás (Szig.=0,000*<0,05), és az évjárat szintén szignifikánsan hatott a keményítőhozamra (Szig.=0,000*<0,05). E két tényezőt együtt vizsgálva megállapítottuk, hogy az évjárat–műtrágyázás kölcsönhatása nem eredményezett szignifikáns kapcsolatot (Szig.=0,928<0,05) (**28. táblázat**).

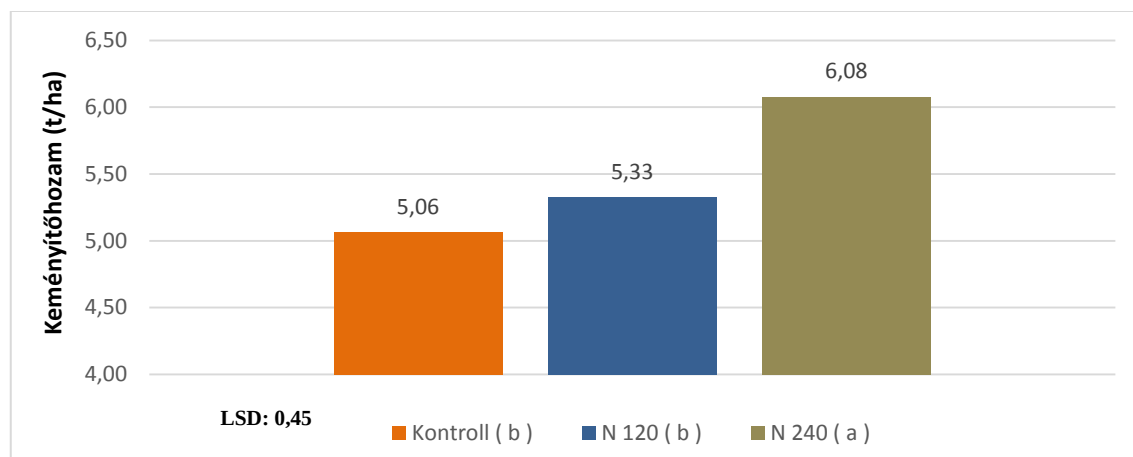
28. táblázat: Kéttényezős ismételt méréses varianciaanalízis eredménye 50 ezer tő/ha tőszám alkalmazása mellett (Debrecen, 2012-2014)

	Szabadságfokok	Eltérés négyzetösszeg	Variancia	F érték	Szignifikancia
Műtrágya	2	29,36	14,678	10,417	0,000*
Év	2	25,79	12,897	9,153	0,000 *
Év * műtrágya	4	1,23	0,306	0,218	0,928
Maradék	150	211,36	1,409		

Szignifikancia <0.05 *

A Duncan-teszt eredményei alapján megállapítottuk, hogy a 240 kg/ha nitrogén műtrágyadózis [N 240 (a)] mellett elért 6,08 t/ha keményítőhozam szignifikánsan nagyobb a kontroll (b) 5,06 t/ha, valamint a 120 kg/ha nitrogén (N 120 (b)) kezeléssel elért 5,33 t/ha keményítőhozamoktól (**111. ábra**).

Megállapítottuk, hogy a csökkentett tőszám alkalmazása esetén (50 ezer tő/ha) a terméseredmény maximumát is 240 kg/ha nitrogén dózis mellett érték el (9,73 t/ha). A legtöbb keményítőhozamot is a 240 kg/ha műtrágya kijuttatása mellett érték el.



111. ábra: Műtrágyázás hatása a kukorica keményítőhozamára 50 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2012–2014)

A hibridek keményítőtartalmát vizsgálva megállapítottuk, hogy nem volt statisztikailag igazolható hatása a genotípusnak az elért keményítőhozamra (Szig.=0,984>0,05), az évjárat ebben az esetben szignifikánsan hatott a keményítőhozamra (Szig.=0,000*<0,05), mindezek mellett az évjárat–hibridválasztás kapcsolata nem mutatott szignifikáns különbséget (Szig.=0,547>0,05) (29. táblázat).

29. táblázat: Kéttényezős ismételt méréses varianciaanalízis eredménye 50 ezer tő/ha tőszám alkalmazása mellett (Debrecen, 2012-2014)

	Szabadságfokok	Eltérés négyzetösszeg	Variancia	F érték	Szignifikancia
Hibrid	2	0,05	0,024	0,015	0,984
Év	2	25,81	12,904	8,166	0,000*
Év*hibrid	4	4,85	1,213	0,768	0,547
Maradék	150	237,03	1,580		

Szignifikancia <0.05 *

A talajművelés, évjárat hatása a kukorica keményítőhozamára (70 ezer tő/ha)

Az 70 ezer tő/ha állománysűrűség a gyakorlatban használt tőszám(ok)hoz leginkább közelítő érték. Emiatt a hektáronkénti keményítőhozam vizsgálatát az összes – általunk alkalmazott – agrotechnikai tényező mellett kívántuk elemezni.

A kapott eredmények alapján megállapítottuk, hogy a 2012–2014. évek átlagában 70 ezer tő/ha tőszám esetén a talajművelés (Szig.=0,000*<0,05) és az évjárat

szignifikánsan hatott a keményítőhozamra (Szig.=0,000*<0,05). Azonban az évjárat–talajművelés kölcsönhatása nem hozott szignifikáns eredményt (Szig.=0,100>0,05) (**30. táblázat**).

30. táblázat: Kétféle ismételt mérés varianciaanalízis eredménye 70 ezer tő/ha tőszám alkalmazása mellett (Debrecen, 2012-2014)

	Szabadságfokok	Eltérés négyzetösszeg	Variancia	F érték	Szignifikancia
Talajművelés	2	26,75	13,373	7,500	0,000*
Év	2	37,37	18,683	10,479	0,000 *
Év * talajművelés	4	14,08	3,521	1,975	0,100
Maradék	156	278,15	1,783		

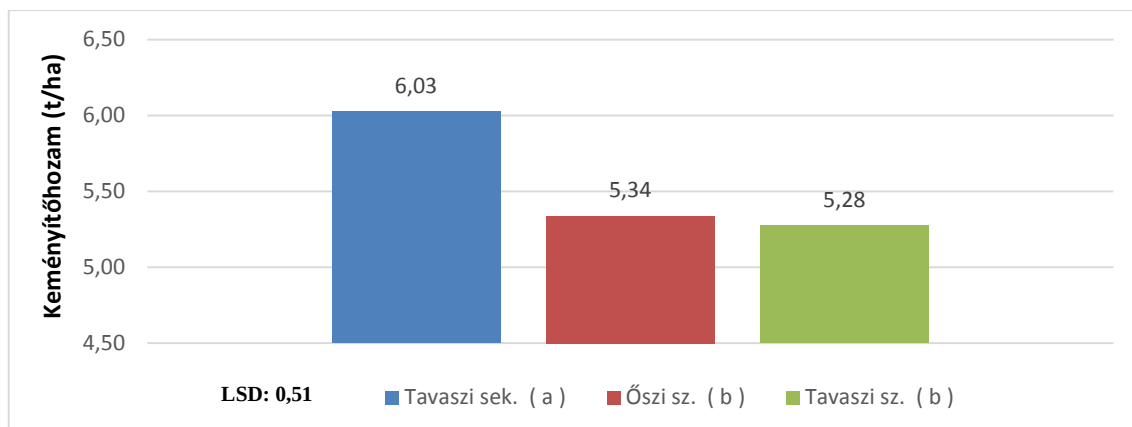
Szignifikancia <0.05 *

A talajművelés hatásának szorosabb kivizsgálását ebben az esetben is a Duncan-teszt módszerével végeztük. A különböző betűvel jelölt csoportok átlagai szignifikánsan (Szig.<0,05) különböznek egymástól.

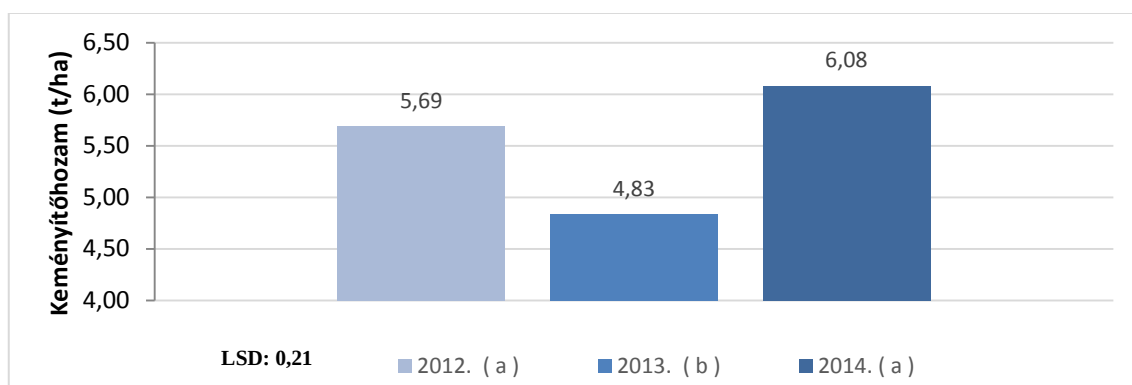
A kísérletben szereplő három talajművelési mód közül a tavaszi sekélyművelés szignifikánsan nagyobb keményítőhozamot (6,03 t/ha) produkált hektáronként az őszi szántás (5,34 t/ha) és a tavaszi szántás (5,28 t/ha) alkalmazása mellett kapott eredményeket nézve, a 70 ezer tő/ha állományban (**112. ábra**).

Az évjáráthatást vizsgálva elmondható, hogy a korábbi tapasztalatokhoz és statisztikai eredményekhez hasonlóan az évjárat mint tényező befolyásolja a termésmennyiség mellett a keményítőhozam alakulását is.

A 2012–2014. éveket együtt elemezve elmondható, hogy a 70 ezer tő/ha tőszám esetén a 2013. évi (b) hektáronkénti keményítőhozam (4,83 t/ha) szignifikánsan alacsonyabb a 2012. évi (5,69 t/ha) és a 2014. évi (6,08 t/ha) keményítőhozam átlagától. Az extrém aszályos évek átlagai (2012, 2013) tehát a kedvező év (2014) átlaga alatt maradt (**113. ábra**).



112. ábra: Talajművelés hatása a kukorica keményítőhozamára
70 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2012–2014)



113. ábra: A kukoricahibridek évenkénti keményítőhozama
70 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2012–2014)

A keményítőtartalom alakulásánál szintén vizsgáltuk a műtrágyázás hatását a 70 ezer tő/ha állomány esetén.

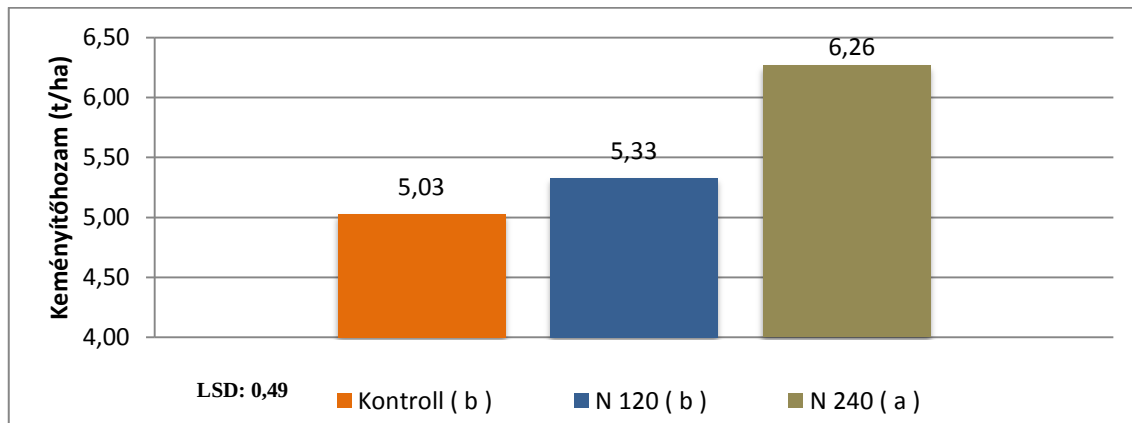
A kapott eredmények alapján (**31. táblázat**) megállapítottuk, hogy a műtrágyázás ($S_{\text{zig.}}=0,000^*<0,05$) és az évjárat szignifikánsan hatott a keményítőhozamra ($S_{\text{zig.}}=0,000^*<0,05$), azonban nem volt igazolható különbség az évjárat–műtrágya kölcsönhatása között ($S_{\text{zig.}}=0,568>0,05$).

A műtrágyahatást szorosabban elemezve megállapítottuk, hogy a korábbi eredményekhez hasonlóan a különböző betűvel jelölt csoportok átlagai szignifikánsan ($S_{\text{zig.}}<0,05$) különböznek egymástól (**114. ábra**).

31. táblázat: Kétféle ismételt mérés varianciaanalízis eredménye 70 ezer tő/ha tőszám alkalmazása mellett (Debrecen, 2012-2014)

	Szabadságfokok	Eltérés négyzetösszeg	Variancia	F érték	Szignifikancia
Műtrágya	2	45,52	22,762	13,453	0,000*
Év	2	41,89	20,946	12,378	0,000*
Év * műtrágya	4	4,99	1,248	0,737	0,568
Maradék	156	263,94	1,692		

Szignifikancia <0.05 *



114. ábra: Műtrágyázás hatása a kukorica hibridek keményítőhozamára 70 ezer tő/ha állományban (Debrecen, 2012–2014)

A **114. ábra** adatai alapján megállapítottuk, hogy a 70 ezer tő/ha állományban a legnagyobb keményítőhozam a 240 kg/ha műtrágyadózis esetén volt elérhető (6,26 t/ha). Ezen érték szignifikánsan nagyobb a kontroll (b) (5,03 t/ha) valamint a 120 kg/ha nitrogén [N 120 (b)] (5,33 t/ha) alkalmazása esetén kapott keményítőhozamtól.

A legtöbb termés ezen évek átlagában szintén a 240 kg/ha nitrogéndózis mellett volt realizálható (**108. ábra**). Ezek alapján megállapítottuk, hogy a legnagyobb keményítőhozamot a legmagasabb műtrágya dózis mellett takarítottuk be.

Az aszályos évjáratok esetén 70 ezer tő/ha tőszám alkalmazása mellett a legtöbb keményítőhozam a legnagyobb műtrágyaadag mellett volt elérhető öntözetlen kezelésben.

A tényezők között a hibridválasztás vizsgálata is kiemelt szerepet tölt be. A kapott eredmények alapján (**32. táblázat**) megállapítottuk, hogy a hibridválasztás nem befolyásolta statisztikailag igazolható módon a keményítőhozamot (Szig.=0,378>0,05), viszont az évjárat az előző évekhez hasonlóan szignifikánsan hatott a keményítőhozamra (Szig. =0,000*<0,05). A két tényezőt együtt vizsgálva elmondható, hogy az évjárat–hibridválasztás kapcsolata nem volt statisztikailag igazolható

(Szig.=0,644>0,05) a 2012–2014. évek átlagában a 70 ezer tő/ha növényállomány esetén a keményítőhozamra.

32. táblázat: Kéttényezős ismételt méréses varianciaanalízis eredménye 70 ezer tő/ha tőszám alkalmazása mellett (Debrecen, 2012-2014)

	Szabadságfokok	Eltérés négyzetösszeg	Variancia	F érték	Szignifikancia
Hibrid	2	3,84	1,920	0,980	0,378
Év	2	41,89	20,946	10,689	0,000 *
Év * hibrid	4	4,91	1,228	0,627	0,644
Maradék	156	305,70	1,960		

Szignifikancia <0.05 *

6. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A vizsgálatok és az adatok feldolgozása és értékelése után – a meghatározott célkitűzések alapján – az alábbi következtetések vonhatók le.

(1) A vizsgált évek, évjárat hatásainak elemzése, termésmennyiségre gyakorolt hatásai

Számszerűsítettük az évjárat termésmennyiségre gyakorolt hatását az ismételt méréses varianciaanalízis alkalmazásával. Az elemzéseket követően az évjárat hatásának vizsgálatára végzett kutatások eredményei alapján megállapítottuk, hogy a 2012. (9,33 t/ha) és 2014. évben (9,73 t/ha) elért terméseredmény szignifikánsan magasabb volt a 2013. év során betakarított kukorica hektáronkénti mennyiségétől (7,16 t/ha). Ezen eredménnyel több hazai szerző megállapítását is igazoltuk (Csathó et al., 1991; Kádár, 1992; Nagy és Huzsvai, 1995; Nagy, 2007a).

Az öntözetlen termesztéstechnológiákban az évjáráthatás első helyen szerepel a terméseredmények meghatározásában, a műtrágyázást, a talajművelést és a hibridválasztást is egyaránt képes felülmúlni aszályosabb években, így ennek volt legnagyobb hatása a terméseredményekre.

(2) A vizsgált évek, évjárat hatásainak elemzése, keményítőhozamra gyakorolt hatásai

A beltartalmi tulajdonságok közül az ipari etanolgyártás szempontjából fontos tényező a kukorica keményítőtartalma, amelyből meg tudjuk határozni a terméseredmények ismeretében a hektáronkénti keményítőhozamot. A három vizsgált év eredményei alapján megállapítottuk, hogy a 2012–2014. évek átlagában hektáronként 70 ezer tő/ha esetén a 2013. évi hektáronkénti keményítőhozam (4,83 t/ha) szignifikánsan alacsonyabb a 2012. évi (5,69 t/ha) és a 2014. évi (6,08 t/ha) keményítőhozam átlagától. Tehát az extrém aszályos évek átlagai (2012, 2013) a kedvezőbb év (2014) keményítőhozam átlaga alatt maradtak. A hektáronként 50 ezer tőszám mellett, a 2012-2014. éveket vizsgálva megállapítottuk, hogy a legnagyobb keményítőhozamot a 2014. évben érték el (6,13 t/ha). A 2013. évben elért 4,50 t/ha keményítőhozam szignifikánsan alacsonyabb mind a 2012. évi (5,84 t/ha), mind pedig a 2014. évi (6,13 t/ha) hozam, így az évjáráthatás döntő volt a keményítőhozam alakulásában is.

(3) A vizsgált évek során alkalmazott talajművelési eljárások termésmennyiségre gyakorolt hatásai

A kukorica terméseredményeit vizsgálva megállapítottuk, hogy jelentős különbségek voltak a vizsgált évek hozamai, azon belül is az egyes talajművelési rendszerekkel elért terméshozamok között.

Post hoc teszt:

- 2014-ben a tavaszi sekélyművelés szignifikánsan magasabb terméseredményt produkált, mint az őszi szántás és a tavaszi szántás alkalmazása mellett elért termésátlag 50 ezer tő/ha növényszám esetén.
- 70 ezer tő/ha esetén szintén a 2014. évben, az őszi szántás alkalmazásával volt elérhető a legnagyobb terméshozam, azaz az őszi szántás statisztikailag igazolható hatást gyakorolt a hektáronkénti termésátlagra.

Ismételt méréses varianciaanalízis:

- A 2012–2014. évek átlagában 50 ezer tő/ha, valamint a 70 ezer tő/ha tőszám esetén is egyaránt a tavaszi sekélyművelés eredményezte a legnagyobb termésátlagot.

(4) A vizsgált évek során alkalmazott talajművelési eljárások keményítőhozamra gyakorolt hatásai

A kedvező évjáratban – mint a 2014. év – a talajművelésnek statisztikailag igazolható hatása volt a keményítőhozamra.

Post-hoc teszt:

- 70 ezer tő/ha esetén az őszi szántás mellett volt elérhető a legnagyobb keményítőhozam.
- 50 ezer tő/ha állománysűrűség alkalmazásával a tavaszi sekélyművelés eredményezte a legnagyobb keményítőhozamot.
- A 2012–2014. évek átlagában szintén a hektáronkénti 70 ezer tő választása mellett a tavaszi sekélyművelés esetén realizálható a legnagyobb keményítőhozam.

Ismételt méréses varianciaanalízis:

- A 2012–2014. évek átlagában mind az 50 ezer tő/ha, mind a 70 ezer tő/ha állomány esetén a tavaszi sekélyművelés eredményezte a nagyobb keményítőhozamot.

Megállapítottuk, hogy a változó időjárási viszonyok mellett egy víztakarékos talajművelési eljárással érhető el a legnagyobb keményítőhozam.

Makra (2012) megállapítása – miszerint a legnagyobb keményítőhozam a legnagyobb terméseredményhez köthető – igazolást nyert kutatásaink során.

(5) A vizsgált évek során alkalmazott műtrágya dózisok termés mennyiségre gyakorolt hatásai

Post hoc teszt:

- A műtrágyázás hatását az évenkénti terméseredményre statisztikailag nem tudtuk igazolni a Post-hoc teszt alkalmazásával.

Ismételt méréses varianciaanalízis:

- A 2012–2014. évek átlagában az 50 és 70 ezer tő/ha állományban is szignifikánsan a legtöbb termést a N 240 kg/ha + P₂O₅ 180 kg/ha + K₂O 212 kg/ha dózis eredményezte.

Több szerző állítását – miszerint a kukorica terméshozamában a többletek eléréséhez a tápanyagok közül a legnagyobb szerepe a kijuttatott nitrogén mennyiségének van (Győrffy és I'só, 1966; Balláné, 1968; Latkovicsné és Krámer, 1968; Bocz, 1974; Bocz, 1976; Nagy, 1986; Anda, 1987; Ahmad, 2000; Berzsenyi, 2009a) – méréseinkkel igazoltuk.

A kijuttatott dózis tekintetében Széll és Kovácsné (1993) 200 kg/ha nitrogén, valamint Werner (1983) pedig 214 kg/ha nitrogén mennyiséget ad meg öntözetlen körülmények között monokultúrában, amely mellett a legnagyobb terméseredmény realizálható. Az általunk elért maximális terméseredményhez tartozó műtrágya dózis e két szakirodalmi adatot megközelíti.

(6) A vizsgált évek során alkalmazott műtrágya dózisok keményítőhozamra gyakorolt hatásai

Post hoc teszt:

- A keményítőhozamra gyakorolt műtrágyahatás Post-hoc teszttel nem volt igazolható.

Ismételt méréses varianciaanalízis:

- A 2012–2014. évek átlagában az 50 és 70 ezer tő/ha állományban is szignifikánsan a legtöbb keményítőhozam a N 240 kg/ha + P₂O₅ 180 kg/ha + K₂O 212 kg/ha dózis mellett volt mérhető.

Több kutató állítását igazoltuk, miszerint a tápanyagellátás – azon belül is a nitrogénellátás – mint agrotechnikai elem határozza meg legnagyobb mértékben a termés nagyságának alakulását, ezzel együtt a szem minőségét is (*Genter et al.*, 1956; *Veress*, 1973; *Jellium et al.*, 1973; *Lásztity*, 1975; *Sarkadi*, 1975; *Getmanets és Klyavzo*, 1981).

Bocz (1976) kutatásainak eredményével egyező adatokat kaptunk. Megállapította, hogy a nitrogén és foszfor, melyek elsősorban befolyásolják a szem beltartalmát.

Extrém aszályos évjárat esetén (2012 és 2013), amikor a tényezők hatását nagyban befolyásolja az időjárás, az emelt mennyiségű nitrogén eredményezi a legnagyobb mennyiségű keményítőhozamot mindkét tőszám (50 és 70 ezer tő/ha) esetén.

Az általunk elért legnagyobb mennyiségű keményítőhozam és a hozzá tartozó 240 kg/ha nitrogén mennyiség azonban nagyban eltér a *Sárvári és Boros* (2011) által javasolt, 80–90 kg/ha nitrogén hatóanyag kijuttatásától, ami szükséges a keményítőhozam maximumának eléréséhez.

(7) A vizsgált évek során alkalmazott különböző tőszámbeállítások termésmennyiségre gyakorolt hatásai

Post hoc teszt:

- Méréseink alapján igazoltuk és Post-hoc tesztrel bizonyítottuk *Pepó et al.* (2002) állítását, miszerint száraz években az 50 ezer tő/hektár, átlagos években a 65–73 ezer tő/hektár állománysűrűséget tartják indokoltnak. Az általunk vizsgált években az 50 ezer tő/ha esetén elért 11,61 t/ha mennyiség tavaszi sekélyművelés esetén volt mérhető. Ehhez hasonló tőszámot javasolt *Árendás et al.*, (2013) is, FAO 300-as hibridek használata esetén is, a 70 ezer tő/ha termésmenővelő hatása őszi szántásos alpművelés mellett volt mérhető (10,21 t/ha).

Ismételt méréses varianciaanalízis:

- Szintén igazolást nyert az a megállapítás, hogy a száraz évjáratok esetén 50 ezer tő/ha növényszám választása a kedvezőbb, ahol célszerű tavaszi sekélyművelést alkalmazni, így érhető el a legnagyobb terméshozam.

(8) A vizsgált évek során alkalmazott különböző tőszámbeállítások keményítőhozamra gyakorolt hatásai

Post hoc teszt:

- A keményítőhozam vonatkozásában az extrém aszályos évek (2012, 2013) esetén nem volt szignifikáns hatás, melyet igazolni tudtunk volna Post hoc teszt alkalmazásával.
- A kedvezőbb időjárási viszonyokkal bíró 2014. év során a legtöbb keményítőhozamot 50 ezer tő/ha növényszám mellett érték el tavaszi sekélyművelés alkalmazásával (7,29 t/ha).

Ismételt méréses varianciaanalízis:

- Megállapítottuk, hogy 70 ezer tő/ha esetén a legnagyobb keményítőhozam hektáronként (6,03 t/ha) – a 2012–2014. évek átlagában – a tavaszi sekélyművelés használata mellett volt realizálható.

(9) A tényezők komplex vizsgálata és kölcsönhatásaiknak számszerűsítése

Post hoc teszt:

- Az alkalmazott tényezőket (talajművelés, műtrágyázás, hibrid, tőszám) komplexen vizsgálva elmondható, hogy a Post hoc teszt szerint csak a 2014. év során volt kimutatható kölcsönhatás, a talajművelés–hibrid vonatkozásában a termésmennyiségre gyakorolt hatásuk miatt 50 ezer tő/ha állományban. A másik két kísérleti évben nem volt statisztikailag igazolható az egyes agrotechnikai elemek közötti kölcsönhatás.

Ismételt méréses varianciaanalízis:

- A hektáronkénti termésátlagra nézve – 50 ezer tő/ha növényállomány esetén – a 2012–2014. évek átlagában volt igazolható statisztikailag az évjárat–talajművelés kölcsönhatása.
- A hektáronkénti keményítőhozam vonatkozásában az évjárat–talajművelés kölcsönhatása szignifikáns kapcsolatot mutat a 2012–2014. évek átlagában 50 ezer tő/ha tőszám alkalmazása mellett.

7. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1: A talajművelési eljárások eredményei alapján megállapítottuk, hogy közép kötött mészeledékes csernozjom talajon öntözetlen körülmények között: 70 ezer tő/ha növény szám esetén az őszi szántás, 50 ezer tő/ha tő szám mellett a tavaszi sekély művelés alkalmazásával érhető el a legnagyobb termés mennyiség, és keményítő hozam.

2: A tő szám/hibrid-kísérletek eredményei alapján megállapítottuk, hogy közép kötött mészeledékes csernozjom talajon öntözetlen körülmények között: 70 ezer tő/ha állományban a RENFOR, míg az 50 ezer tő/ha növény szám esetén a NEFFEL hibrid érte el a legnagyobb termés mennyiséget, amely a legmagasabb keményítő hozamot is eredményezte.

3: A legnagyobb termés hozam az általunk vizsgált aszályos évben a legnagyobb termésbiztonsággal közép kötött mészeledékes csernozjom talajon a víztakarékos, tavaszi sekély művelés alkalmazása mellett volt realizálható.

4: Az időjárás, termésre és keményítő hozamra gyakorolt hatása az általunk vizsgált aszályos évben, öntözetlen körülmények között meghaladta minden egyéb agrotechnológiai tényező hatását.

8. AZ EREDMÉNYEK GYAKORLATI HASZNOSÍTHATÓSÁGA

1. A klímaváltozáshoz igazodva, öntözetlen körülmények között, a termés maximumának eléréséhez javasoljuk a termelők számára 50 ezer tő/ha növényszám esetén a tavaszi sekélyművelés, 70 ezer tő/ha állományban pedig az őszi szántás alkalmazását alpművelésként.
2. Az időjárási tényezők szélsőségesse válása miatt, fontos a termelési kockázat csökkentése, amit eredményeink alapján, eltérő FAO számú hibridek alkalmazásával a gazdaságok elérhetnek.
3. Eredményeink alapján javasoljuk a középkötött mészlepedékes csernozjom talajon gazdálkodó üzemek, gazdaságok részére a víztakarékos, tavaszi sekélyművelés alkalmazását a termésbiztonság fenntartása céljából.
4. Kutatási eredményeink hozzájárulnak a kukorica keményítőtartalmának maximalizálásához, ami segíti a termelőket a végtermék specifikus felhasználásával kapcsolatos döntések meghozatalában.

9. ÖSSZEFOGLALÁS

A világon – és ezzel együtt hazánkban is – egyre inkább növekszik a kukorica élelmiszeripari, ipari és energetikai célú felhasználása. Ennek érdekében olyan termesztéstechnológiák kidolgozása szükséges, melyek a mai kor időjárási tényezőit figyelembe véve fenntartható mezőgazdasági termelést képesek produkálni.

A kutatásaink célja, hogy az időjárás változásának és a kukoricatermesztés technológiájának kapcsolatrendszerét vizsgáljuk, értékeljük, majd a gyakorlatban hasznosítható javaslatokat fogalmazzunk meg.

Vizsgálatainkat a Debreceni Egyetem, Agrár Kutatóintézetek és Tangazdaság (AKIT), Debreceni Tangazdaság és Tájkutató Intézet Látóképi Kísérleti Telepén (É.sz. 47°33' K.h. 21°27'), középkötött, mészlepedékes csernozjom talajon végeztük, 2012., 2013., 2014. években.

A gyűjtött minták alapján értékeltük az őszi, valamint a két tavaszi alapművelést (tavaszi sekély tárcsázás és a tavaszi szántás), a műtrágya három kezelésének (műtrágya nélküli, N 120 kg/ha + P₂O₅ 90 kg/ha + K₂O 106 kg/ha; N 240 kg/ha + P₂O₅ 180 kg/ha + K₂O 212 kg/ha), három eltérő FAO számú (FAO 300; 350; 490) hibrid, valamint két eltérő tőszám (50 és 70 ezer tő/ha) termésmennyiségre és keményítőhozamra gyakorolt hatását, öntözetlen körülmények között.

A kísérleti parcellákon a vetés egy időben történt, minden évben (április 24-én), 50 ezer tő/ha és 70 ezer tő/ha állománysűrűség esetén is.

A vizsgált évek meteorológiai adatait a Debreceni Egyetem, Agrár Kutatóintézetek és Tangazdaság - Debreceni Tangazdaság és Tájkutató Intézet, Agrometeorológiai és Agroökológiai Monitoring Központ, Agrometeorológiai Obszervatóriuma (Debrecen – Látókép állomás) biztosította a dolgozat elkészítéséhez. A rögzített adatok összevethetőek a 100 éves debreceni adatsorral, amelyet az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) adatbázisából gyűjtöttünk össze.

A kukorica hibridek beltartalmi vizsgálatait a Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Földhasznosítási, Műszaki és Területfejlesztési Intézet épületében lévő, FOSS INFRATECHTM 1241 GRAIN ANALYZER típusú terményanalizáló műszerrel végeztük.

Az időjárási tényezők értékelése

A kísérlet során a vetés egy időben – minden év esetén – április 24-én történt. Az időjárási viszonyok tekintetében az átlagos áprilisi talajhőmérséklet mindhárom év vonatkozásában meghaladta a százéves átlagot (10,6 °C), 1,2–1,8 °C-kal. Ez a talajhőmérséklet a csírázáshoz, keléshez kedvező feltételt biztosított. Azonban figyelembe kell venni a csapadékmennyiség alakulását is a vetés idején, valamint a teljes tenyészidőszak során. Annak ellenére, hogy a csapadék mennyisége a tenyészidőszakban a kukorica csapadékigény 480 mm-es felső határának értékét mindhárom év során meghaladta, annak eloszlása nem volt kedvező. 2012-ben 480,7 mm, 2013-ban 565 mm, 2014-ben 546 mm csapadék hullott egész évben. Mindezekkel szemben a csapadékeloszlás nem volt kedvező a 2012. és 2013. év során sem.

Az áprilisi vetéssel egy időben jelentkező csapadékhiány mindhárom évben megfigyelhető volt. Összességében a 2012. év során kialakult csapadék deficit, mely a július-október közötti időszakot jellemezte, nagyban befolyásolta a terméseredményeket. Ebben az időszakban a 100 éves átlaghoz képest 100,4 mm-el hullott kevesebb csapadék, amely kihatott a terméseredmények alakulására.

A 2013. év sem volt kedvezőbb a kukoricatermesztés szempontjából, ami nagyban módosította az agrotechnikai tényezők termésre gyakorolt hatását. A márciusban lehullott 112 mm csapadéktöbblet, nem tudta ellensúlyozni az azt követő időszak (június-október) csapadékhiányát, ami -139 mm volt.

A 2014. évben az előző két évhez képest kedvezőbben alakult a csapadékmennyisége és annak eloszlása. Kizárólag a júniusi hónapban jelentkezett csapadékhiány, azt követően azonban a lehullott mennyiség meghaladta a 100 éves átlagot, minden hónap esetében, amely a termesztés szempontjából releváns.

A növénytermesztési tényezők értékelése

A kísérletben szereplő agrotechnikai tényezők közül a talajművelésnek volt igazolható termésmódosító hatása, amely kihatott a hektáronkénti keményítőhozamokra is.

2014. év során az 50 ezer tő/ha növényszám esetén a tavaszi sekélyművelés esetén elért 11,61 t/ha terméshozam, 2,44 t/ha mennyiséggel haladta meg az őszi szántás mellett elért termésmennyiséget. A tavaszi szántás alkalmazása esetén ez a

terméskülönbség még tovább nőtt. A tavaszi szántásos alpművelés esetén 3,19 t/ha mennyiséggel volt kevesebb a betakarítható termés mennyisége hektáronként, mint a tavaszi sekélyművelés használatával.

70 ezer tő/ha esetén a talajművelés vonatkozásában az őszi szántás használata mellett szignifikánsan magasabb termést kaptunk, mint a tavaszi sekélyművelés vagy a tavaszi szántásos alpművelés választása esetén. Az őszi szántás esetén elért 10,21 t/ha termésátlag, 0,63 t/ha mennyiséggel haladta meg a tavaszi sekélyművelés, és 1,3 t/ha-ral a tavaszi szántásos alpművelés esetén elért termésátlagot.

A műtrágyázási kezelések között statisztikailag igazolható különbség egyik évjáratban sem volt. Aszályos évjárat esetén, az 50 ezer tő/ha állomány eredményezte a nagyobb termésmennyiséget. Az összefüggés-vizsgálat eredményei alapján elmondható, hogy az időjárás a termesztéstechnológia tényezők hatását nagyban képes módosítani, vagy akár teljesen tompítani, elnyomni.

A keményítőhozam értékelése

A keményítőhozam szempontjából az aszályos évek esetén megállapítottuk, hogy víztakarékos talajművelési eljárással érhető el a legnagyobb keményítőhozam, kísérleteinkben az 50 és a 70 ezer tő/ha állomány esetén a tavaszi sekélyművelés eredményezte a nagyobb keményítőhozamot.

Az értekezésemben közölt vizsgálatok során három különböző hibrid termés- és keményítőhozam reakcióját vizsgáltuk, a talajművelés, műtrágyázás, tőszám és évjárat vonatkozásában. A kapott eredmények hozzájárulhatnak a hazai kukoricatermesztés feltételeinek optimalizálásához, a legalkalmasabb hibridek objektív kiválasztásához.

10. SUMMARY

The objective of my research is to observe and evaluate the relationship of weather changes and maize cultivation technology and to make suggestions that are utilisable in practice.

Our studies have been carried out at the Látókép Experimental Station of Plant Production of the Farm and Regional Research Institute of the Institutes for Agricultural Research and Educational Farm of the University of Debrecen (É.sz. 47°33' K.h. 21°27'), on medium hard, calcareous chernozem soil in 2012, 2013 and 2014.

On the basis of the collected data, the following have been evaluated: autumn and two spring cultivation phases (shallow harrowing and ploughing), the effect of three different artificial fertiliser treatments (non-fertilisation, , N 120 kg/ha + P₂O₅ 90 kg/ha + K₂O 106 kg/ha; N 240 kg/ha + P₂O₅ 180 kg/ha + K₂O 212 kg/ha), three hybrids with different FAO numbers (FAO 300; 350; 490) and two different plant density versions (50 and 70 thousand plants/ha) on yield and starch yield under non-irrigated circumstances.

On the trial plots, sowing took place at the same time every year (April 24th) both for 50 and 70 thousand plants/ha.

Meteorological data of the analysed years have been provided by the Agrometeorological Observatory of the Agrometeorological and Agroecological Monitoring Centre of the Farm and Regional Research Institute of the University of Debrecen (Debrecen-Látókép station). The recorded data is comparable with the 100 year old data series of Debrecen which has been collected from the database of the Hungarian Meteorological Service.

Nutritional value analyses of maize hybrids have been carried out with a FOSS INFRATECHTM 1241 GRAIN ANALYZER device situated at the Institute of Land Utilization, Technology and Regional Development of the Faculty of Agricultural and Food Sciences and Environmental Management.

Assessment of meteorological factors

In the course of the trial, sowing took place – every year – on 24th of April. In terms of meteorological conditions, average soil temperature in April has surpassed the average of 100 years (10.6 °C) in all three years, by 1.2–1.8 °C. This soil temperature provided suitable conditions for sprouting and shooting. However, the change of

precipitation during sowing and throughout the entire growth period has to be taken into consideration. The amount of precipitation surpassed the upper limit of the water demand of maize (480 mm) in every analysed year. The annual amount of precipitation was 480.7 mm in 2012, 565 mm in 2013, and 546 mm in 2014. Still, distribution of precipitation was not favourable in either 2012 or 2013.

The lack of moisture occurring at the time of sowing has been an issue in all three years. The moisture deficit which developed in 2012 and characterised the period of July–October had a great influence on yield results. During this period, there was 100.4 mm less precipitation than the average of 100 years; this had an effect on yield.

2013 has not been more favourable either in terms of maize production, which modified the effect of agro-technological factors on yield. The 112 mm of precipitation surplus that fell in March was unable to balance the moisture deficit of the subsequent period (June–October), which was -139 mm.

2014 has been more favourable compared to the previous two years in terms of the amount and distribution of rain. Moisture deficit was present only in June, the amount of precipitation after that rapidly exceeded the average of 100 years in the case of every month which is relevant in terms of production.

Evaluation of cultivation factors

From amongst the agro-technological factors involved in the trial, tillage had verifiable yield modifying effect, which also influenced starch yields per hectare as well. In 2014, the yield of 11.61 t/ha achieved with 50 thousand plants/ha and shallow harrowing exceeded the yield of autumn ploughing by 2.44 t/ha. In the case of spring ploughing this difference increased further. In the case of spring ploughing, yield per hectare was less by 3.19 t/ha than in the case of shallow harrowing.

In the case of 70 thousand plants/ha density, higher yields have been achieved with autumn ploughing than with spring harrowing or spring ploughing. The average yield of 10.10 t/ha achieved with autumn ploughing exceeded the yield of spring harrowing by 0.63 t/ha and spring ploughing by 1.3 t/ha.

There have been no statistically verifiable differences amongst the artificial fertilisation treatments in any of the production years. In the case of a droughty year, the density of 50 thousand plants/ha resulted in larger yields. According to the correlation analysis, weather is able to seriously modify, reduce or suppress the effect of cultivation technology factors.

Assessment of starch yield

In terms of starch yield in droughty years, it has been established that water saving cultivation methods lead to the highest starch yield results; in our trials spring harrowing resulted in higher starch yield in the case of both 50 thousand and 70 thousand plants/ha.

In the course of the examinations introduced in my Ph.D. thesis yield and starch yield reactions of three different hybrids have been analysed in terms of tillage, artificial fertilisation, plant density, and production year. The results might contribute to the optimisation of the conditions of domestic maize production and the objective selection of the most suitable hybrids.

11. IRODALOMJEGYZÉK

1. Agrárunió (2016): Gyenge kukoricatermés az EU-ban – Milyen exportkilátásai vannak a magyarországi kukoricának? 2016. 01. 26.
2. Ahmad, N. (2000): Fertilizer scenario in Pakistan policies and development. [In: Ahmad N. (szerk.)] Proceedings of the Conference Agriculture and Fertilizer Use. 15–21. Planning and Development Division. Government of Pakistan. Islamabad. Pakistan.
3. Aildson, P. D. – Stephen, C. M. – David, S. J. – Jorge, de C. K. (2005): Grain quality of brazilian maize genotypes as influenced by nitrogen level. Crop Science. 45: 1958–1964.
4. Allmaras, R. R. – Linden, D. mR. – Clapp, C. E. (2004): Corn-residue transformations into root and soil carbon as related to nitrogen, tillage, and stover management. Soil Sci. Soc. Am. J. 68: 1366–1375.
5. Alvarez, R. – Grigera, S. (2005): Analysis of soil fertility and management effects on yield of wheat and corn in the rolling pampa of Argentina. Journal of Agronomy and Crop Science. 191: 321–329.
6. Anda A. (1987): A kukorica néhány sugárzás, hő- és vízháztartási komponenseinek alakulása a N-ellátottság függvényében. Növénytermelés. 36. 3: 161–170.
7. Ángyán J. (szerk.) (1987): Agroökológiai hatások a kukoricatermesztésben. Az agroökológiai körzetek és a területi fejlesztés. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest, 210.
8. Antal J. (1999): A szántóföldi növények tápanyag-ellátásának kiszámítása. Szemes kukorica. [In: Fülek Gy. (szerk.) Tápanyag-gazdálkodás]. Mezőgazda Kiadó Budapest. 317–319.
9. Antal J. (2005): A növénytermesztés alapjai [In: Antal J. szerk. Növénytermesztéstan 1.] Mezőgazda Kiadó. Budapest. 9–11.
10. Árendás T. (2006): Növénytáplálás új szemlélettel. Agrofórum. 17. 12: 8–10.
11. Árendás T. – Berzsenyi Z. – Bónis P. – Micskei Gy. – Marton L. Cs. (2013): A kukoricatermesztés agrotechnikai elemei: lehetőségek a fejlődési stresszek csökkentésére és növelésére. Agrofórum Extra 24. 52: 34–39.
12. Balla A.-né (1966): Különféle szerves- és műtrágyák hatása a kukorica termésére és a szem nitrogéntartalmára különböző talajokon az 1961–1964. években. [In: I'só I.

- (szerk.) Kukoricatermesztési kísérletek 1961-1964.]. Akadémiai Kiadó. Budapest. 155–165.
13. Balla A.-né (1968): A tenyésztőterület, a növényápolás és a trágyázás hatása a kukorica termésére. *Agrokémia és Talajtan*. 17. 1–2: 101–107.
 14. Bennett, W. F. – Pesck, J. – Hanway, J. (1962): Effect of nitrogen on phosphorus absorption by corn. *Agronomy Journal*. 54: 437–442.
 15. Bergmann, W. – Neubert, P. (1976): *Pflanzendiagnose und Pflanzenanalyse*. VEB Gustav Fischer Verlag. Jena.
 16. Beringer, H. – Nothdurft, F. (1985): Effects of potassium on plant and cellular structures. [In: Munson R. D. (ed.) *Potassium in agriculture*]. ASA, CSSA, SSA, Madison, Wisc., USA, 351–368.
 17. Berzsenyi Z. – Györfly B. (1994): Az évjáráthatás és N-műtrágya-reakció. *Martonvásár*. 6. 2: 12.
 18. Berzsenyi Z. – Györfly B. (1995): Különböző növénytermesztési tényezők hatása a kukorica termésére és termésstabilitására. *Növénytermelés*. 44. 5–6: 507–517.
 19. Berzsenyi Z. – Györfly B. (1997): Az istállótrágya és a műtrágya hatása a kukorica termésére, termésstabilitására monokultúrás tartamkísérletben. *Növénytermelés*. 46. 4: 509–527.
 20. Berzsenyi Z. (2009a): A nitrogén műtrágyázás hatásának vizsgálata a kukorica (*Zea mays L.*) hibridek növekedésére Richards-függvénnel. *Növénytermelés*. 58. 2: 5–21.
 21. Berzsenyi Z. (2009b): Új kihívások és módszerek a növénytermesztési kutatásban. *Növénytermelés* 58. 1: 77–91.
 22. Berzsenyi Z. (2012): Kukorica [In: Radics L. (szerk.) *Fenntartható szemléletű szántóföldi növénytermesztéstan 2.*] Agroinform Kiadó. Budapest. 11–101.
 23. Berzsenyi Z. – Janosits L. (1993): A N-trágyázás és az évjárat hatása a kukorica (*Zea mays L.*) szemtermésére és N-műtrágya reakciójára tartamkísérletekben, az 1970–1991. években. *Növénytermelés*. 42. 1: 49–63.
 24. Bharati, V. – Nandan, R. – Kumar, V. – Kumar, S. B. (2007): Effect of irrigation on yield, water-use efficiency and water requirement of winter maize (*Zea mays L.*)-based intercropping systems. *Environment and Ecology*. 25: 888–892.
 25. Biofuels-platform (2016): *European Biofuels Technology Platform Strategic Research and Innovation Agenda 2016*. letöltés: 2017. 01. 12.

http://www.etipbioenergy.eu/images/2016_03_21_Final_Draft_public_consultation.pdf

26. Birkás M. – Gyuricza Cs. – Gecse M. – Percze A. (1999): Ismételt tavaszi sekélyművelés hatása egyes növénytermesztési tényezőkre barna erdőtalajon. *Növénytermelés*. 48. 4: 387–402.
27. Birkás M. (2017): *Földművelés és földhasználat*. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 120.
28. Bocz E. – Kováts A. – Ruzsányi L. – Szabó M. (1996): Kukorica [In: Bocz et al., *Szántóföldi Növénytermesztés*.] Mezőgazda Kiadó. Budapest. 361–413.
29. Bocz E. (1974): *A szántóföldi növények hazai trágyázásának irányelvei*. Debrecen. 65–77.
30. Bocz E. (1976): *Trágyázási útmutató*. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 257.
31. Bocz E. (1992): *Szántóföldi növénytermesztés*. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 887.
32. Bocz E. – Nagy J. (2003): *A kukorica nagy termésének feltételei*. Agroforum. 14: 2–4.
33. Brown, K. H. – Bach, E. M. – Drijber, R. A. – Hofmockel, K. S. – Jeske, E. S. – Sawyer, J. E. – Castellano, M. J. (2014): A long-term nitrogen fertilizer gradient has little effect on soil organic matter in a high-intensity maize production system. *Global Change Biol.* 20: 1339–1350.
34. Bruetsch, T. F. – Estes, G. O. (1976): Genotype variation in nutrient uptake efficiency in corn. *Agronomy Journal*. 68: 521–523.
35. Bruns, H. A. – Ebelhar, M. W. (2006): Nutrient uptake of maize affected by nitrogen and potassium fertility in a humid subtropical environment. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 37. 1–2: 275–293.
36. Buzás I. (szerk.) (1983): *A növénytáplálás zsebkönyve*. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 36–85.
37. Carter, T. R. – Porter, J. H. – Parry, M. L. (1991): Climatic warming and crop potential in Europe (Prospects and uncertainties). *Global Environmental Change*. 1: 291–312.
38. Ching, P. C. – Barber, S. A. (1979): Evaluation of temperature effects on K uptake by corn. *Agronomy Journal*. 71: 1040–1044.
39. Coulter, J. A. – Nafziger, E. D. (2008): Continuous corn response to residue management and nitrogen fertilization. *Agronomy Journal*. 100: 1774–1780.

40. Csathó P. (1997): Összefüggés a talaj K-ellátottsága és a kukorica, őszi búza és lucerna K-hatások között a hazai szabadföldi kísérletekben, 1960–1990. *Agrokémia és Talajtan*. 46: 327–345.
41. Csathó P. (2004): A hazai agrokémiai iskolák kutatói által beállított NPK trágyázási szabadföldi kísérletek adatbázisának értékelése. Kézirat. MTA TAKI.
42. Csathó P. (2005): Kukorica K hatásokat befolyásoló tényezők vizsgálata az 1960 és 2000 között publikált hazai szabadföldi kísérletek adatbázisán. *Növénytermelés*. 54. 4: 447–465.
43. Csathó P. – Lásztity B. – Sarkadi J. (1991): Az „évjárat” hatása a kukorica termésére és terméselemeire P-műtrágyázási tartamkísérletben. *Növénytermelés* 40. 4: 339–353.
44. Csathó P. – Árendás T. – Németh T. (2000): A talaj tápanyag-ellátottságának és a kukorica gazdaságos műtrágyaigényének kapcsolata. *Agrofórum*. 11. 4: 15–20.
45. de Mendiburu, F. (2016): *Agricolae: Statistical Procedures for Agricultural Research*. R package version 1.2-4. <http://CRAN.R-project.org/package=agricolae>
46. Debreczeni B. (1979): *Kis agrokémiai útmutató*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 357.
47. Debreczeni B. (1990): Kálium a növénytermesztésben. *Magyar Mezőgazdaság*. 45. 21: 10–12.
48. Debreczeni B.-né (2009): Néhány kiemelkedő kutatási eredmény a legjelentősebb szántóföldi tartamkísérletből. [In: Debreczeni B.-né – Németh T. (szerk.) *Az országos Műtrágyázási Tartamkísérletek*.] Akadémiai Kiadó, Budapest. 21–22.
49. Debreczeni B.-né – Sárdi K. (1999b.): A foszfor szerepe a növények életében. [In: Fülek Gy. (szerk.) *Tápanyag-gazdálkodás*] Mezőgazda Kiadó, Budapest. 45–51.
50. Debreczeni, K. – Berecz, K. (2000): Effect of nutrient supply and site characteristics on NPK yield of different maize hybrids. *Acta Agronomica Hungarica*. 48. 1: 51–63.
51. Dóka, L. F. – Pepó, P. (2007): Role of watersupply in monoculture maize (*Zea mays* L.) production. *Cereal Res. Commun.* 35. 2: 353–356.
52. Duncan, W. G. (1958): The relationship between corn population and grain yield. *Agronomy Journal*. 50: 82–84.
53. Elek É. – Kádár I. – Lásztity B. (1980): A kukorica száraanyag-termelése és tápanyag-felvétele. *Magyar Mezőgazdaság*. 35. 22: 8.

54. Falano, T. – Jeswani, H. K. – Azapagic, A. (2014): Assessing the environmental sustainability of ethanol from integrated biorefineries. *Biotechnol J.* 2014. 9. 6: 753–765.
55. Fenyves T. (1997): A talajművelés és a trágyázás hatása a talaj állapotára és a kukorica termésére gödöllői barna erdőtalajon. *Növénytermelés.* 46. 3: 289–298.
56. Fox, J. – Weisberg, S. (2011): *An {R} Companion to Applied Regression*, Second Edition. Thousand Oaks CA: Sage.
<http://socserv.socsci.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion>
57. Gecse M. (2001): Talajállapot-változások ismételt művelés hatására. *Növénytermelés.* 50. 1: 83–94.
58. Genter, C. G. – Eheart, J. F. – Linkous, W. N. (1956): Effect of location, hibrid, fertilizer and rate of planting on the oil and protein content of corn grain. *Agronomy Journal.* 48: 63–67.
59. Geisler, G. (1988): *Pflanzenbau*. Verlag Paul Parey. Berlin – Hamburg. 319.
60. Getmanets, A. Ya. – Klyavzo, S. P. (1981): Effect of fertilizers on quality of maize grain. *Agrokhimiya. Ukrainian.* 2: 146–153.
61. Gundel J. (1977): A takarmányozás minőségi igényei a kukoricával szemben. [In: Molnár F. (szerk.) *A kukorica jelene és jövője.*] Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
62. Győrffy B. (1965): A kukorica tápanyagfelvétele. [In: Győrffy B. et al. (szerk.) *Kukoricatermesztés*]. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 64–70.
63. Győrffy B. (1976): A kukorica termésére ható növénytermesztési tényezők értékelése. *Agrártudományi Közlemények* 35: 239–266.
64. Győrffy B. – I'só I. (1966): A kukorica. [In: Láng G. (szerk.) *A növénytermesztés kézikönyve 1.*] Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 190–279.
65. Győrffy B. – Szabó J. L. (1979): A talajművelés optimális mélysége és a no-tillage vizsgálata kukorica monokultúrában. [In: Bajai J. (szerk.) *Kukoricatermesztési kísérletek 1968–1974.*] Akadémiai Kiadó. Budapest. 186–206.
66. Győri D. (1984): A talaj termékenysége. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
67. Győri D. (1998): A termesztési tényezők hatása egyes gabonafélék és maghüvelyesek minőségére. *Akadémiai Doktori Értekezés.* Debrecen.
68. Győri Z. – Győriné M. I. (2002): A kukorica minősége és feldolgozása. Szaktudás Kiadó Ház. Budapest. 69.

69. Gyuricza Cs. – Birkás M. (2005): A talajnedvesség és a talajállapot összefüggései - Lehetőség az aszálykár csökkentésére. Tanulmány a Corvinus Egyetem. Budapest. 29.
70. Hegedűs I. (1984): Tavaszi talajművelési módok vizsgálata kukorica monokultúrában. *Növénytermelés*. 33. 2: 171–177.
71. Hidvégi Sz. (szerk.) (2007): *Növénytermesztés*. DE AMTC AVK. Debrecen.
72. Huzsvai L. – Nagy J. (2003): A tápanyag visszapótlás és az öntözés hatása a kukorica (*Zea mays L.*) termésére. [In: Nagy J. (szerk.) *Kukorica hibridek adaptációs képességének és termésbiztonságának javítása.*] Mezőgazdaságtudományi Kukoricakonzorcium. Debrecen. 79–92.
73. Huzsvai, L. – Nagy, J. (2005): Effect of weather on maize yields and the efficiency of fertilization. *Acta Agronomica Hungarica*. 53. 1: 31–39.
74. Huzsvai L. – Balogh P. (2015): *Lineáris modellek az R-ben*. Seneca Books. Debrecen. 109–124.
75. Izsáki Z. (1999): A nitrogén és foszfor ellátottság hatása néhány szántóföldi kultúra fehérjetartalmára és aminosav összetételére. [In: Ruzsányi L. – Pepó P. (szerk.) *Növénytermesztés és környezetvédelem.*] MTA Agrártudományi Osztály. Budapest. 92–97.
76. Izsáki Z. (2006): A N- és P-ellátottság hatása a kukoricaszem (*Zea mays L.*) fehérjetartalmára és aminosav összetételére. *Növénytermelés*. 55. 3–4: 213–230.
77. Izsáki Z. (2008): Hatások és kölcsönhatások vizsgálata NPK műtrágyázási tartamkísérletben kukorica (*Zea mays L.*) jelzőnövényvel. *Növénytermelés*. 57. 3: 275–289.
78. Jamwal, J. S. (2005): Productivity and economics of maize (*Zea mays L.*) – wheat (*Triticum aestivum*) cropping system under irrigated nutrient supply system in rainfed areas of Jammu. *Indian Journal of Agronomy*. 50. 2: 110–112.
79. Jellum, M. D. – Marion, J. E. (1966): Factors affecting oil content and oil composition of corn (*Zea mays L.*) grain. *Crop Science*. 6: 41–42.
80. Jellum, M. D. – Boswell, F. C. – Young, C. T. (1973): Nitrogen and boron effects on protein and oil of corn grain. *Agronomy Journal*. 65: 330–331.
81. Jeney Cs. – Ángyán J. – Menyhért Z. – Varga A. (1985): A kukoricatermesztést befolyásoló fontosabb klímajellemzők területi eloszlása Magyarországon. *Növénytermelés*. 34. 1: 21–32.
82. Jolánkai M. (2002): *Crop production*. Akaprint. Budapest.

83. Jones, R. J. A. – Zdruli, P. – Montanarella, L. (2000): The estimation of drought risk in Europe from soil and climatic data [In: Vogt J. V. – Somma F. (eds.) Drought and Drought Mitigation in Europe.] Kluwer Academic Publishers. Netherlands.
84. Jóri L. (2014): Az őszi talajművelés feladatai és megvalósítási lehetőségei. Agroforum. 2014. október.
85. Josipović, M. – Jambrivić, A. – Plavšić, H. – Liović, I. – Šoštarić, J. (2007): Responses of grain composition traits to high plant density in irrigated maize hybrids. Cereal Res. Commun. 35. 2: 549–552.
86. Kádár I. (1992): A növénytáplálás alapelvei és módszerei. MTA TAKI. Budapest. 398.
87. Kádár I. (1993): Vegyszeres gyomirtás. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
88. Kádár I. (2000): A műtrágyázás hatása a kukorica (*Zea mays* L.) elemfelvételére meszes csernozjom talajon II. Növénytermelés. 49. 2: 127–139.
89. Kádár I. – Márton L. (2007a): Búza utáni kukorica trágyareakciója a mezőföldi OMTK kísérletben 1969-2005 között. Növénytermelés. 56. 2: 147–159.
90. Kádár I. – Márton L. (2007b): Kukorica utáni kukorica trágyareakciója a mezőföldi OMTK kísérletben 1970-2006 között. Növénytermelés. 56. 3: 307–319.
91. Kádár I. (2012): Növénytáplálás, trágyázás, elemforgalom. Agrokémia és Talajtan. Suppl. 61: 147–162.
92. Kadlicskó B. – Krisztián J. – Holló S. (1988): Kálium műtrágyázási kísérletek eredményei barna erdőtalajokon. Növénytermelés. 37. 1: 43–52.
93. Kalocsai R. – Schmidt R. – Szakál P. (2004): Lehetőségek a trágyázás hatékonyságának növelésére környezetbarát módon a főbb szántóföldi kultúráknál. Agronapló. 8: 6.
94. Káposzta J. (1968): Néhány fontosabb agrotechnikai tényező szerepe a kukoricatermesztés növelésében. Talajtermékenység. 3. 11: 41–59.
95. Kátai, J. – Vágó, I. – Nagy, P. T. – Lukács, V. E. (2006): Correlation between the nitrogen content of soil and element uptake of maize in a pot experiment. Cereal Res. Commun. 34. 1: 215–218.
96. Kreuz, E. (1977): Neue Ergebnisse zur Ernährung und zum Wasserhaushalt des Mais. Übersichtsbeitrag. Archiv von Acker- und Pflanzenbau und Bodenkunde. 21. 4: 327–344.

97. Krisztián J. – Kadlicskó B. – Holló S. (1989): A káliumtrágya hasznosulása észak-magyarországi csernozjom barna erdőtalajon és agyagbemosódásos barna erdőtalajon. *Agrokémia és Talajtan*. 38. 2: 89–92.
98. KSH Gyorstájékoztató (2015): Gyorstájékoztató, Szántóföldi növények, 2015. Közzététel: 2016. január 22. <http://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/gyor/szn/szn15.html>
99. KSH Gyorstájékoztató (2016): Gyorstájékoztató, Szántóföldi növények, 2016. Közzététel: 2017. január 25. <http://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/gyor/szn/szn16.html>
100. Láng G. (1976): Kukorica. [In: Láng G. (szerk.) Szántóföldi növénytermesztés]. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 125–153.
101. Láng I. - Csete L. - Jolánkai M. (szerk.) (2007): A globális klímaváltozás: hazai hatások és válaszok Budapest: Szaktudás K., 220 p. ISBN 978-963-9736-17-7
102. Lásztity B. (1975): A kukoricaszem NPK-tartalmának változása és a műtrágyák érvényesülése meszes homokon. *Agrokémia és Talajtan*. 24. 3–4: 279–290.
103. Lásztity B. – Biczók Gy. – Elek E. – Ruda M. (1985): A műtrágyázás hatása a kukorica fejlődésére és tápanyagforgalmára II. Tápelemfelvétel. *Agrokémia és Talajtan*. 34. 3–4: 405–420.
104. Latkovics Gy.-né – Krámer M. (1968): Az őszi búza és a kukorica műtrágyázás hatásának vizsgálata tartamkísérletben (1960–1967) I. Szemterméseredmények. *Agrokémia és Talajtan*. 17. 1–2: 189–200.
105. Lieber, L. – Tavčar, R. (1939): Mais. Zea mays, [In: Roemer-Rudolf: Handbuch der Pflanzenzüchtung. II.] Parey, Berlin. 74–119.
106. Liebig, M. A. – Varvel, G. E. – Doran, J. W. – Wienhold, B. J. (2002): Crop sequence and nitrogen fertilization effects on soil properties in the western Corn Belt. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66. 2: 596–601.
107. Loch J. – Nosticzius Á. (1983): Alkalmazott kémia. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
108. Loch J. (1992): Foszfortrágyázás. [In: Loch J. – Nosticzius Á. (szerk.) *Agrokémia és növényvédelmi kémia.*] Mezőgazda Kiadó. Budapest. 182–184.
109. Loch J. (2004): *Agrokémia*. [In: Loch J. – Nosticzius Á. (szerk.): *Agrokémia és növényvédelmi kémia.*] Mezőgazda Kiadó. Budapest. 15–207.
110. Loch, J. – Jászberényi, I. (1987): Effect of fertilization and irrigation on the change of nitrate-N content of soil profile. [In: Protection of water Quality from Harmful Emissions. Proc. 5th. Int. Symposium of CIEC.] 1–4 September, 1987, Balatonfüred, Hungary.

- 111.Lorens, G. F. – Bennett, J. M. – Loggale, L. B. (1987): Differences in drought resistance between two corn hibrids. *Agronomy Journal*. 61: 17–20.
- 112.Mackay, A. D. – Barber, S. A. (1984): Soil temperature effects on root growth and phosphorous uptake by corn. *Soil Science Society of America Journal*. 48. 818-823.
- 113.Makra M. (2012): A műtrágyázás hatása a kukorica hibridek termésére, és annak minőségére, valamint a talaj legfontosabb tulajdonságaira, tartamkísérletben. Diplomamunka. Debrecen.
- 114.Mándy Gy. (1974): A bő termés biológiai alapjai. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- 115.Manninger G. A. (1957): A talaj sekélyművelése. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- 116.Máté A. – Jolánkai M. (2001): Tápanyagellátás, tápanyag-visszapótlás a Növénytermesztésben. *Agrofórum*. 12. 7: 3–5.
- 117.Megyes, A. – Nagy, J. – Rátonyi, T. – Huzsvai, L. (2005): Irrigation of maize (*Zea mays L.*) in relation to fertilization in a long term field experiment. *Acta Agronomica Hungarica*. 53. 1: 41–46.
- 118.Mengel, K. (1968): Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze. VEB Gustav Fischer Verlag. Jena.
- 119.Mengel, K. (1993): Impact of intensive agriculture on resources and environment. [In: Fragoso, M. A. C. – van Beisichem, M. L. Optimization of Plant Nutrition.] Kluwer Academic Publishers. The Netherlands. 613–617.
- 120.Mengel, K. – Kirkby, A. – Kosegarten, H. – Appel, T. (2001): Principles of plant nutrition. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht – The Netherlands.
- 121.Menyhért Z. (1979): Kukoricáról termelőknek. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 258.
- 122.Menyhért Z. (1985): A kukoricatermesztés kézikönyve. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- 123.Miao, Y. X. – Mulla, D. J. – Robert, P. C. – Hernandez, J. A. (2006): Within-field variation in corn yield and grain quality responses to nitrogen fertilization and hibrid selection. *Agronomy Journal*. 98. 1: 129–140.
- 124.Moll, R. H. – Kamprath, E. J. – Jackson, W. A. (1982): Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. *Agronomy Journal*. 74: 562–564.
- 125.Móroczné Salamon K. (2004): Nemesítés speciális beltartalmi értékekre. [In: Sági F. (szerk.) A nyolcadik évtizedben.] Gabonatermesztési Kutató Kht. Szeged. 180–181.

126. Mulvaney, R. L. – Khan, S. A. – Ellsworth, T. R. (2009): Synthetic nitrogen fertilizers deplete soil nitrogen: a global dilemma for sustainable cereal production. *J. Environ. Qual.* 38: 2295–2314.
127. Nagy J. (1986): Összefüggés a kukorica hibridek öntözése, tápanyagellátása és a terméseredménye között. *DATE Tudományos Közleményei*. Debrecen. 26: 187–201.
128. Nagy, J. (1993): Evaluation on the effect of crop production factors on the yield of maize in long term experiments. Rothamsted 150th Anniversary Conference. Rothamsted. 136–137.
129. Nagy J. (1995a): A kukorica hibridek műtrágya és öntözővíz reakciója. *Agrofórum*. 5: 56–62.
130. Nagy J. (1995b): A talajművelés, a műtrágyázás, a növényszám és az öntözés hatásának értékelése a kukorica (*Zea mays L.*) termésére. *Növénytermelés*. 44. 3: 251–260.
131. Nagy J. (1996): A műtrágyázás és a talajművelés kölcsönhatása a kukoricatermesztésben. *Növénytermelés*. 45. 3: 297–305.
132. Nagy J. (2005): 30 év a kukoricakutatás és fejlesztés szolgálatában [In: Nagy J. (szerk.) *Kukorica hibridek adaptációs képessége és termésbiztonsága.*] Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum. Debrecen. 8–53.
133. Nagy J. (2006): A debreceni kukorica tartamkísérletek eredményei [In: Nagy J. – Dobos A. *Környezetkímélő növénytermesztés – minőségi termelés.*] Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum. Debrecen. 7–47.
134. Nagy, J. (2007a): Evaluating the effect of year and fertilisation on the yield of mind ripening (FAO-400-499) maize hybrids. *Cereal Res. Commun.* 35. 3: 1497–1507.
135. Nagy J. (2007b): *Kukoricatermesztés*. Akadémiai Kiadó. Budapest. 42–276.
136. Nagy, J. (2010): Impact of Fertilization and Irrigation on the Correlation between the Soil Plant Analysis Development Value and Yield of Maize Communications in *Soil Science and Plant Analysis*. 41. 11: 1293–1305.
137. Nagy J. – Huzsvai L. (1995): Az évjárat hatás értékelése a kukorica (*Zea mays L.*) termésére. *Növénytermelés*. 44. 4: 385–393.
138. Nagy J. – Sárvári M. (2005): Gabonafélék [In: Antal J. szerk. *Növénytermesztéstan 1.*] Mezőgazda Kiadó. Budapest. 301–328.
139. Nagy J. – Megyes A. (2009): A kukoricatermesztés kritikus elemei. *Agrofórum Extra*. 37–40.

140. Nagy J. (szerk.) (2012): Versenyképes Kukoricatermesztés: A jövedelmezőség kulcstényezői a szántóföldi gyakorlatban. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 494.
141. Nel, P. C. – Barnard, R. O. – Steynberg, R. E. – de Beer, J. M. – Groneveld, H. T. (1996): Trends in maize grain yields in a long-term fertilizer trial. *Field Crops Research*. 47. 1: 53–64.
142. Németh T. – Buzás I. (1991): Nitrogéntrágyázási tartamkísérlet humuszos homok- és mészlepedékes csernozjom talajon. *Agrokémia és Talajtan*. 40: 399–408.
143. Németh T. – Várallyay Gy. (1998): A trágyázás és a tápanyag utánpótlás jelenlegi helyzete és lehetőségei. *Agrofórum*. 9. 13: 2–4.
144. Novák, V. – Vidovic, J. (2003): Transpiration and nutrient uptake dynamics in maize (*Zea mays L.*) *Ecological Modelling*. 166: 99–107.
145. Nyíri L. (1997): Az aszálykárok mérséklése. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 156.
146. Pakurár, M. – Nagy, J. – Jagendorf, S. (2004): Fertilisation and irrigation effects on maize (*Zea mays L.*) grain production. *Cereal Res. Commun.* 32. 1: 151–158.
147. Pálovics B. – Sárvári M. (2006): Tőszám hatása a kukoricahibridek termésére. *Agrártudományi Közlemények. Különszám*. 23: 50–61.
148. Pepó P. (2005): A globális klímaváltozás hatásai és válaszai a Tiszántúli szántóföldi növénytermelésében. „Agro-21” Füzetek. 41: 59–65.
149. Pepó, P. (2012): Effect of crop year and some agrotechnical factors in rainfed and irrigated maize (*Zea mays L.*) production. *Növénytermelés Suppl.* 61: 77–80.
150. Pepó P. – Szabó P. – Albrecht L. (2002): Az állománysűrűség szerepe a fajtaspecifikus kukoricatermesztésben. *Gyakorlati Agrofórum* 13. 3: 34–36.
151. Pepó, P. – Vad, A. – Berényi, S. (2006): Effect of some agrotechnical elements on the yield of maize on chernozem soil. *Cereal Res. Commun.* 34. 1: 621–624.
152. Pepó P. – Sárvári M. (2011): Gabonanövények termesztése. TÁMOP kiadvány.
153. Pepó P. – Csajbók J. (2014): Agrotechnikai tényezők szerepe a kukorica (*Zea mays L.*) termesztésében. *Növénytermelés*. 63. 2: 45–68.
154. Pepó Pál (1987): A tápanyagellátottság és a tőszám kölcsönhatása a hozamokra (Pioneer hibridek). *Magyar Mezőgazdaság*. 42. 2: 8.
155. Persson, T. – Garciaa, A. G. – Paza, J. O. – Jonesb J. W. – Hoogenbooma G. (2009): Net energy value of maize ethanol as a response to different climate and soil conditions in the southeastern USA. *Biomass and Bioenergy*. 33: 1055–1064.
156. Péter B. – Tolner L. (1998): Amit a kukoricatermesztésről a gyakorlatban tudni kell. Mezőmag Kft. Székesfehérvár. 39–52.

157. Pető K. – Ruzsányi L. – Sárvári M. (1991): Növénytermesztési Füzetek 3. – Kukorica, cirok. Debreceni Agrártudományi Egyetem Mezőgazdaságtudományi Kar Növénytermesztéstani Tanszék. Debrecen.
158. Pintér L. (1979): Kukorica (*Zea mays* L.) hibridek alkalmazkodóképességének alakulása hazai ökológiai viszonyok között. Növénytermelés. 28. 3: 213–216.
159. Prokszáné P. Zs. – Harmati J. (1988): A kukoricahibridek keményítő-, fehérje- és olajtartalma. Növénytermelés. 37. 1: 17–26.
160. Pusztai A. (1961): A talajművelés hatása a talaj nedvességtartalmára és hőmérsékletére. MTA Mezőgazdasági Kutató Intézete Jubileumi Tudományos Konferencia. Martonvásár. 293–301.
161. Pusztai A. (1966): Sekély- és mélyművelés hatása a talaj nedvességtartalmára csernozjom talajon. Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományi Közlemények. 15: 259–273.
162. R Core Team. (2016): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org/>
163. Rátonyi, T – Megyes, A. – Huzsvai, L. – Sulyok, D. (2006): The effects of soil moisture and bulk density on soil clod on crumb fraction after tillage. [In: Horn, R. (ed.) International Soil Tillage Research Organisation.]. 17th Triennial Conference. Kiel, Germany. 366–372.
164. Rátonyi T. 1999. A talaj fizikai állapotának penetrométeres vizsgálata talajművelési tartamkísérletben. Doktori PhD értekezés. Debrecen.
165. RStudio Team. (2016): RStudio: Integrated Development for R. RStudio, Inc., Boston, MA. <http://www.rstudio.com/>
166. Ruzsányi L. (1992a): A főbb növénytermesztési tényezők és a vízellátás kölcsönhatásai. Akadémiai doktori értekezés tézisei. Debrecen.
167. Ruzsányi L. (1992b): A N-műtrágyázás hatása a termésre és a talajszelvény nitrátosodására. Növénytermelés. 41. 6: 497–510.
168. Ruzsányi, L. – Pepó, P. – Sárvári, M. (1994): Evaluation of major agrotechnical factors in sustainable crop production. Agrokémia és Talajtan. 43. 3–4: 335–343.
169. Sara, M. – Mondal, S. S. (2006): Influence of integrated plant nutrient supply on growth, productivity and quality of baby corn (*Zea mays* L.) in Indo-Gangetic plains. Indian Journal of Agronomy. 51. 3: 202–205.
170. Sárdi K. (1999): A kálium szerepe a növények életében. [In: Fülek Gy. (szerk) Tápanyag-gazdálkodás-] Mezőgazda Kiadó. Budapest. 51–57.

- 171.Sarkadi J. (1975): A műtrágyaigény becslésének módszerei. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- 172.Sarkadi J. (1991): Szerves- és műtrágyák hatása a búza és kukorica termésére. Agrokémia és Talajtan. 40: 87–95.
- 173.Sárvári M. (1986): A vetésváltás és tápanyagellátás hatása a búza és kukorica termésére. Kandidátusi értékezés. Debrecen.
- 174.Sárvári M. (1995): A kukoricahibridek termőképessége és trágyareakciója réti talajon. Növénytermelés. 44. 2: 184–190.
- 175.Sárvári M. (2003a): A tőszám hatása a kukorica termésére és a minőségére. Agroforum Extra 2: 25–28.
- 176.Sárvári M. (2003b): Tőszám és termésminőség. Magyar Mezőgazdaság. 58: 10–11.
- 177.Sárvári M. (2003c): A tőszám hatása a kukoricahibridek termésére és minőségére. [In: Szász G. et al. (szerk.) 135 éves a debreceni agrár-felsőoktatás.] DE ATC. Debrecen. 306–310.
- 178.Sárvári M. – Boros B. (2011): A kálium műtrágyázás hatása a kukorica hibridek bioetanol produkciójára. Növénytermelés. 60. 1: 7–25.
- 179.Sárvári M. – Boros B. (2014): Ipari célú kukoricatermesztés, AgroNapló. 33.
- 180.Sárvári M. – Győri Z. (1982): A monokultúrában és a vetésváltásban termesztett kukorica termésátlagának és minőségének változása különböző tápanyagellátás esetén. Növénytermelés. 31. 2: 177–184.
- 181.Sárvári M. – Kovács P. (2016): Szemenszedett időjárás – A 2015. évi kukoricatermesztés fontosabb jellemzői Magyarországon. Agrárunió. 2016. 01. 26.
- 182.Sárvári M. – Szabó P. (1998): A termesztési tényezők hatása a kukorica termésére. Növénytermelés. 47. 2: 213–221.
- 183.Sárvári M. – Futó Z. – Jakab P. (2001): A kukoricahibridek alkalmazkodóképessége II. Magyar Mezőgazdaság. 56. 15: 10–11.
- 184.Sárvári M. – Szabó P. – Zsoldos M. (1994): Tőszám az optimumon. Magyar Mezőgazdaság. 52. 13: 14.
- 185.Shaw, R. H. (1977): Climatic requirement. [In: Sprague, G. F. (ed.) Corn and corn improvement.] Amer. Soc. Agron. Inc. Publisher. Madison, Wisc., 774.
- 186.Sipos G. (1978): Trágyázás. [In: Lőrincz J. (szerk.) Földműveléstan.] Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.

- 187.Sipos S. (1968): Talajművelési és trágyázási rendszerek hatása a kukorica termésére [In: I'so I. (szerk.) Kukoricatermesztési Kísérletek 1965–1968.] Akadémiai Kiadó. Budapest. 156–158.
- 188.Statisztikai Tükör (2016): Központi Statisztikai Hivatal. Budapest. 2016. szeptember 27.
- 189.Statisztikai Tükör (2017): Központi Statisztikai Hivatal. Budapest. 2017. július 11.
- 190.Surányi J. (1957): A kukorica és termesztése. Akadémia Kiadó. Budapest.
- 191.Svecnjak, Z. – Varga, B. – Pospisil, A. – Jukic, Z. - Leto J. (2004): Maize hibrid performance as affect ed by production system in Croatia. *Bodenkultur*, 55. 1: 37–44.
- 192.Szalka É. (1996): Az NP-műtrágyázás hatása a kukorica szemtermésére Duna öntéstalajon. *Növénytermelés*. 45. 4: 553–560.
- 193.Szanyi I. (2016): Kukoricatermesztésünk a világ mérlegén. *Agroinform*. 2016. február 01.
- 194.Szász G. (2000): A termesztett növények természetes vízhasznosulásának trendje Magyarországon a XX. században. [In: Nagy J. – Pepó P. (szerk.) Talaj, növény és környezet kölcsönhatásai.] IV. Nemzetközi Tudományos Szeminárium. Debrecen. 176–186.
- 195.Széll E. (2004): Kukorica. [In: Izsáki Z. – Lázár L. (szerk.). Szántóföldi növények vetőmagtermesztése és kereskedelme.] Mezőgazda Kiadó. Budapest. 242.
- 196.Széll E. – Kovácsné Komlós M. (1993): Hozzászólások a „Tápanyagok nélkül?” című riporthoz. *Agrofórum*. 4. 9: 23.
- 197.Széll, E. – Szél, S. – Kálmán, L. (2005): New maize hibrids from Szeged and their specific production technology. *Acta Agronomica Hungarica*. 53. 2: 143–152.
- 198.Szirtes V. (1971): A foszfor műtrágyázás hatása a kukorica tápanyagfelvételére. *Növénytermelés*. 4: 437–442.
- 199.Tavčar, R. – Lieber, L. (1939): Mais. *Zea mays*, [In: Roemer-Rudorf: Handbuch der Pflanzenzüchtung. II.] Parey, Berlin. 75–129.
- 200.Tokatlidis, I. S. – Koutsika-Sotiriou, M. – Tamoutsidis, E. (2005): Benefits from using maize density-independent hybrids. *Maydica*. 50. 1: 10–18.
- 201.Traynor, J. (1980): Ideas in soil and plant nutrition. Kovak Books. Bakersfield.
- 202.Tuzson J. (1926): Rendszeres növénytan (2 kötet). Budapest
- 203.Vajdai I. (1991): A forgatás nélküli talajművelés hatása a talajnedvesség alakulására. *Növénytermelés*. 40. 1: 67–74.

- 204.Ványiné Széles A. (2008): Spad-érték és a kukorica (*Zea mays* L.) termésmennyisége közötti összefüggés elemzése különböző tápanyag és víz ellátottsági szinten. Doktori PhD értekezés. Debrecen.
- 205.Ványiné Széles A. (2010a): A kukorica nitrogén ellátottságának vizsgálata SPAD-érték alapján nem öntözött és öntözött körülmények között. [In: Nagy J. (szerk.) Az öntözés vállalati szintű elemzése.] Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma. Debrecen. 147–161.
- 206.Ványiné Széles, A. (2010b): Evaluation of the level of N supply in maize hybrids at different nutritional levels. *Acta Agronomica Hungarica*. 58: 89–94.
- 207.Ványiné Széles, A. – Tóth, B. – Nagy, J. (2012): Effect of nitrogen doses on the chlorophyll concentration, yield and protein content of different genotype maize hybrids in Hungary. *Afr. J. f Agric. Res.* 7. 16: 2546–2552.
- 208.Varga-Haszonits Z. (1987): Agrometeorológiai információk és hasznosításuk. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- 209.Varga-Haszonits Z. – Varga Z. – Lantos Zs. – Enzsölné Gerencsér E. – Milics G. (2008): A talajok vízellátottságának hatása a gazdasági növények vízigényének alakulására. *Agrokémia és Talajtan*. 57. 1: 7–20.
- 210.Veress I. (1973): A kukoricaszem aminosavjainak változása nitrogén műtrágyázás hatására. *Növénytermelés*. 22. 2: 125–136.
- 211.Weber, E. J. (1985): Role of potassium in oil metabolism. [In: Munson, R. D. (ed.) Potassium in agriculture.] ASA, CSSA, SSSA, Madison, Wisc., USA. 425–442.
- 212.Werner, W. (1983): The effect of N fertilization in connection with the use of nitrification inhibitor on maize. Problems of an optimum nutrient supply to tropical crop, Leipzig, TTL. 78–87.
- 213.World Population Prospects (2017): The 2017 revision. <https://esa.un.org/unpd/wpp/>
- 214.Zuber, S. M. – Behnke, G. – Nafziger, E. D. – Villamil, M. B. (2015): Crop rotation and tillage effects on soil physical and chemical properties in Illinois. *Agron. J.* 107, 1–8. 66 M.B. Villamil et al. / *Soil & Tillage Research*. 151: 61–66.
- 215.Zsigrai Gy. (1997): A növények tápanyagellátása. [In: Nyíri L. (szerk.) Az aszálykárok mérséklése.] Mezőgazda Kiadó. Budapest. 156.

12. MELLÉKLETEK

1. melléklet

A kísérlet agrotechnikai műveletei a 2012. évben

ŐSZI SZÁNTÁS	TAVASZI SZÁNTÁS	TAVASZI SEKÉLYMŰVELÉS
Szárzúzás 2011.10.05.	Szárzúzás 2011.10.05.	Szárzúzás 2011.10.05.
Műtrágyázás 2011.10.08.	Műtrágyázás 2011.10.08.	Műtrágyázás 2011.10.08.
Tárcsázás 2011.10.10.	Tárcsázás 2011.10.10.	Tárcsázás 2011.10.10.
Őszi szántás (30 cm) 2011.11.05.		
Őszi szántás elmunkálás (Germinátor) 2012.03.17.		
Gyomirtás (Roundup 5 l/ha) 2012.04.05.	Tavaszi szántás 25 cm 2012.04.23.	Gyomirtás (Roundup 5 l/ha) 2012.04.05.
Magágykészítés 2012.04.24.	Szántás elmunkálás, magágykészítés (2 menetben Vaderstad Carrier) 2012.04.24.	Tárcsázás (4 menetben, Vaderstad Carrier) 2012.04.23.
Vetés 2012.04.24. Force 1,5G 14 kg/ha	Vetés 2012.04.24. Force 1,5G 14 kg/ha	Vetés 2012.04.24. Force 1,5G 14 kg/ha
	Hengerezés (Gütler henger) 2012.05.26.	
Gyomirtás (Basis 25 g/ha) 2012.05.15.	Gyomirtás (Basis 25 g/ha) 2012.05.15.	Gyomirtás (Basis 25 g/ha) 2012.05.15.
		Gyomirtás (Laudis 2 l/ha) 2012.05.31.
Sorköz kultivátorozás 2012.06.07.	Sorköz kultivátorozás 2012.06.07.	Sorköz kultivátorozás 2012.06.07.
Betakarítás 2012.09.17-19.	Betakarítás 2012.09.17-19.	Betakarítás 2012.09.17-19.

A kísérlet agrotechnikai műveletei a 2013. évben

ŐSZI SZÁNTÁS	TAVASZI SZÁNTÁS	TAVASZI SEKÉLYMŰVELÉS
Szárzúzás 2012.09.23.	Szárzúzás 2012.09.23.	Szárzúzás 2012.09.23.
Műtrágyázás 2012.09.28.	Műtrágyázás 2012.09.28.	Műtrágyázás 2012.09.28.
Tárcsázás 2012.09.29.	Tárcsázás 2012.09.29.	Tárcsázás 2012.09.29.
Őszi szántás (30 cm) 2012.11.01.	Tavaszi szántás 25 cm 2013.04.24.	Tárcsázás (3 menetben, Vaderstad Carrier) 2013.04.23.
Őszi szántás elmunkálás + magágykészítés (Germinátor) 2013.04.25.	Szántás elmunkálás, magágykészítés (3 menetben Vaderstad Carrier) 2013.04.25.	
Vetés 2013.04.25. Force 1,5G 14 kg/ha	Vetés 2013.04.25. Force 1,5G 14 kg/ha	Vetés 2013.04.25. Force 1,5G 14 kg/ha
Gyűrűshengerezés 2013.04.25.	Gyűrűshengerezés 2013.04.25.	Gyűrűshengerezés 2013.04.25.
Gyomirtás 2013.04.29. (Guardian max 2,5 l/ha)	Gyomirtás 2013.04.29. (Guardian max 2,5 l/ha)	Gyomirtás 2013.04.29. (Guardian max 2,5 l/ha)
Sorköz kultivátorozás 2013.06.08.	Sorköz kultivátorozás 2013.06.08.	Sorköz kultivátorozás 2013.06.08.
Betakarítás 2013.10.2-3.	Betakarítás 2013.10.2-3.	Betakarítás 2013.10.2-3.

A kísérlet agrotechnikai műveletei a 2014. évben

ŐSZI SZÁNTÁS	TAVASZI SZÁNTÁS	TAVASZI SEKÉLYMŰVELÉS
Szárzúzás 2013.10.08.	Szárzúzás 2013.10.08.	Szárzúzás 2013.10.08.
Műtrágyázás 2013.10.09.	Műtrágyázás 2013.10.09.	Műtrágyázás 2013.10.09.
Tárcsázás 2013.10.12.	Tárcsázás 2013.10.12.	Tárcsázás 2013.10.12.
Őszi szántás (30 cm) 2013.10.23.		
Őszi szántás elmunkálás (Vaderstad Carrier síktárcsa) 2014.04.17.	Tavaszi szántás 25 cm 2014.04.17.	Tárcsázás (4 menetben, Vaderstad Carrier) 2014.04.17.
Magágykészítés (Vaderstad Carrier síktárcsa) 2014.04.18.	Szántás elmunkálás, magágykészítés (3 menetben Vaderstad Carrier síktárcsa) 2014.04.17.	Magágykészítés (Vaderstad Carrier síktárcsa) 2014.04.18.
Vetés 2014.04.18. Force 1,5G 14 kg/ha	Vetés 2014.04.18. Force 1,5G 14 kg/ha	Vetés 2014.04.18. Force 1,5G 14 kg/ha
Gyűrűshengerezés 2014.04.18.	Gyűrűshengerezés 2014.04.18.	Gyűrűshengerezés 2014.04.18.
Gyomirtás 2014.04.18. (Adengo 0,4 l/ha)	Gyomirtás 2014.04.18. (Adengo 0,4 l/ha)	Gyomirtás 2014.04.18. (Adengo 0,4 l/ha)
Gyomirtás 2014.05.22. (Colombus 1 l/ha)	Gyomirtás 2014.05.22. (Colombus 1 l/ha)	Gyomirtás 2014.05.22. (Colombus 1 l/ha)
Sorköz kultivátorozás 2014.05.24.	Sorköz kultivátorozás 2014.05.24.	Sorköz kultivátorozás 2014.05.24.
Betakarítás 2014.10.10.	Betakarítás 2014.10.10.	Betakarítás 2014.10.10.

13. PUBLIKÁCIÓS JEGYZÉK



DEBRECENI EGYETEM
EGYETEMI ÉS NEMZETI KÖNYVTÁR



Nyilvántartási szám: DEENK/266/2017.PL
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Balla Zoltán
Neptun kód: SSE6RL
Doktori Iskola: Kerpely Kálmán Doktori Iskola
MTMT azonosító: 10037451

A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

Magyar nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (3)

1. **Balla, Z.:** Az Európai Unió célkitűzései a biomassza hasznosítás és felhasználás területén.
Agrártud. közl. 55, 9-12, 2014. ISSN: 1587-1282.
2. **Balla, Z.:** Lehetőség és kötelezettség a megújuló energiaforrások használata.
Agrártud. közl. 55, 13-17, 2014. ISSN: 1587-1282.
3. **Balla, Z.:** A biomassza alapú etanol előállítás fejlesztésének lehetőségei, a keményítő és cellulóz alapú bioetanol gyártás vonatkozásában.
Agrártud. közl. 51, 71-75, 2013. ISSN: 1587-1282.

Idegen nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (2)

4. Tóth, B., Hankovszky, G., **Balla, Z.**, Neumann, G.: Use of industrial by-products and bio-effectors in crop production.
Növénytermelés. 65 (Suppl.), 143-146, 2016. ISSN: 0546-8191.
DOI: <http://dx.doi.org/10.12666/Novenyterm.65.2016.Suppl>
5. **Balla, Z.:** Use the crop models to forecast the effects of climate change.
Növénytermelés. 64 (Suppl.), 7-16, 2015. ISSN: 0546-8191.

Magyar nyelvű konferencia közlemények (5)

6. **Balla, Z.,** Tamás, A., Vántus, A., Hagymássy, Z.: Különböző műtrágyák fizikai tulajdonságainak vizsgálata.
In: Műszaki Tudomány az Észak-Kelet Magyarországi Régióban 2017 konferencia előadásai.
Szerk.: Bodzás Sándor, Debreceni Akadémiai Bizottság Műszaki Szakbizottsága, Debrecen, 12-17, 2017. ISBN: 9789637064357



Cím: 4032 Debrecen, Egyetem tér 1. ☐ Postacím: 4010 Debrecen, Pf. 39. ☐ Tel.: (52) 410-443
E-mail: publikaciok@lib.unideb.hu ☐ Honlap: www.lib.unideb.hu



7. **Balla, Z.:** Biomassza potenciál és hasznosítása Magyarországon.
In: Az ismeretszerzéstől az ismeretátadásig : a Kerpely Kálmán Szakollégium gyakorlatorientált kutatási projektjeinek bemutatása az agrártudományok területéről / [szerk. Balla Zoltán, Juhász Csaba, Zsembeli József], Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma Kerpely Kálmán Szakollégium, Debrecen, 100-111, 2012. ISBN: 9786155183201
8. **Balla, Z.,** Harsányi, E.: Különböző kukorica hibridek beltartalmi értékeinek és fermentációs folyamatainak vizsgálati eredményei alapján történő összehasonlító értékelése.
In: Tavasz Szél = Spring Wind : XVI. Tavasz Szél Konferencia. Szerk.: Keresztes Gábor, Doktoranduszok Országos Szövetsége, Budapest, 348-354, 2013. ISBN: 9789638956026
9. **Balla, Z.:** A biomassza felhasználás jelene és jövője Magyarországon.
In: Határokon átvelő tudományos és kulturális kapcsolatok - Konferenciák: A Tormay Béla Szakollégium kutatási eredményei. Szerk.: Vári Enikő, Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma, Debrecen, 33-42, 2012. ISBN: 9789630842105
10. **Balla, Z.,** Csihon, Á., Kaszás, L., Puskás, A., Zsembeli, J.: Néhány termesztett kultúrnövényünk érzékenységének vizsgálata és biológiai alapjainak fejlesztése a kedvezőtlen ökológiai körülményekhez való alkalmazkodás vonatkozásában.
In: Az ismeretszerzéstől az ismeretátadásig : a Kerpely Kálmán Szakollégium gyakorlatorientált kutatási projektjeinek bemutatása az agrártudományok területéről. Szerk.: Balla Zoltán, Juhász Csaba, Zsembeli József, Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma Kerpely Kálmán Szakollégium, Debrecen, 41-53, 2012. ISBN: 9786155183201

Idegen nyelvű konferencia közlemények (1)

11. **Balla, Z.,** Tamás, A., Vántus, A., Hagymássy, Z.: Determining the main physical characteristics of fertilisers.
Columella. 4 (1), 305-308, 2017. ISSN: 2064-7816.
DOI: <http://dx.doi.org/10.18380/SZIE.COLUM.2017.4.1.suppl>

Magyar nyelvű absztrakt kiadványok (6)

12. **Balla, Z.:** A kukorica (*Zea mays* L.) mint etanol alapanyag jövője, kilátások, lehetőségek napjainkban.
In: VIII. Kárpát-medencei Biológiai Szimpózium - I. Fenniartható fejlődés a Kárpát-medencében nemzetközi konferencia = VIII. Carpathian Basin Biological Symposium - I. Sustainable development in the Carpathian Basin international conference : absztraktkötet = book of abstracts. Szerk.: Zimmermann Zita, Szabó Gábor, Szent István Egyetem, Gödöllő, 86, 2013.



13. **Balla, Z.:** Kukoricahibridek rendszerszintű összehasonlító elemzése etanol kihozatal szempontjából.
In: A "IV. Kerpely Kálmán Szakmai Napok a Gyakorlatorientált Oktatásért" konferencia írásos anyagainak összefoglalói : Debrecen, 2013. december 5, DE AGTC Kerpely Kálmán Szakkollégium, Debrecen, 15, 2013. ISBN: 9786155183980
14. **Balla, Z.:** Use of corn (*Zea mays* L.) to product bioethanol.
In: VIII. Kárpát-medencei Biológiai Szimpózium - I. Fenntartható fejlődés a Kárpát-medencében nemzetközi konferencia: absztraktkötet = VIII. Carpathian Basin Biological Symposium - I. Sustainable development in the Carpathian Basin" international conference: book of abstracts. Szerk.: Zimmermann Zita, Szabó Gábor, Szent István Egyetem, Gödöllő, 86, 2013. ISBN: 9789632693873
15. **Balla, Z.:** Új utak az innovációban - Kukoricából műanyag.
In: IV. SzaKKKör Konferencia : Szakkollégiumok Konferenciája a Környezet- és Természetvédelemért : ... előadásainak összefoglalói / fel. szerk. Takács Márton, SZIE Környezetvédelmi (Zöld) Szakkollégium, [Gödöllő], 27, 2013.
16. **Balla, Z.:** A biomassza helyzete Magyarországon, új lehetőségek a biomassza alapú energia termelésben.
In: II. SzaKKKör Konferencia [elektronikus dokumentum] : Szakkollégiumok Konferenciája a Környezet- és Természetvédelemért : ... előadásainak összefoglalói / fel. szerk. Takács Márton, SZIE Környezetvédelmi (Zöld) Szakkollégium, [Gödöllő], 14, 2012. ISBN: 9789632692883
17. **Balla, Z.:** Problémák és megoldások az etanol, mint alternatív üzemanyag felhasználása kapcsán.
In: "III. SzaKKör Konferencia". Szerk.: Kenéz Árpád, Takács Márton, SZIE Környezetvédelmi (Zöld) Szakkollégium, Gödöllő, 28, 2012.

Idegen nyelvű absztrakt kiadványok (3)

18. **Balla, Z.,** Kith, K., Tamás, A., Nagy, O.: Renewable energy from biomass: a sustainable option?: Hydrogen production from alcohols.
Geophys. Res. Abstr. 17, [1], 2015. ISSN: 1029-7006.
19. Tamás, A., Nagy, O., **Balla, Z.,** Kith, K.: Resource efficiency and its necessity.
Geophys. Res. Abstr. 17 (9096), [1], 2015. ISSN: 1607-7962.
20. **Balla, Z.,** Csatári, N., Kith, K., Nagy, O.: Use of corn (*Zea mays* L.) hybrids to product bioethanol.
In: 22nd European Biomass Conference and Exhibition / [ed. by ETA-Florence Renewable Energies], ETA-Florence Renewable Energies, Florence, 126, 2014.



További közlemények

Magyar nyelvű közlemények hazai folyóiratban (4)

21. Vántus, A., Hagymácssy, Z., **Balla, Z.**, Csatári, N., Kith, K.: A műszaki színvonal hatása a termék-előállítás eredményességére.
Taylor. 7, 192-199, 2015. ISSN: 2064-4361.
22. Nagy, O., **Balla, Z.**, Kith, K., Tamás, A.: A hulladékgazdálkodás szabályozásának elemei.
Debreceni Műszaki Közl. 2, 89-93, 2014. ISSN: 1587-9801.
23. Oláh, J., **Balla, Z.**, Fári, M., Miskei, M.: A dohány kloroplaszt transzformációs technika adaptálása Magyarországon.
Agrártud. közl. 42, 73-77, 2010. ISSN: 1587-1282.
24. Oláh, J., **Balla, Z.**, Fári, M., Miskei, M.: *Penicillium chrysogenum* antifungális fehérje (PAF) termeltetése transzgénikus dohány (*Nicotiana tabacum*) növényben.
Agrártud. közl. 42, 77-82, 2010. ISSN: 1587-1282.

Idegen nyelvű közlemények hazai folyóiratban (2)

25. Tamás, A., Törő, Á., **Balla, Z.**, Rátonyi, T., Harsányi, E.: Effects of carbon dioxide concentration on chlorophyll fluorescence of peas "*Pisum sativum* L.". *Columella*. 4 (1), 149-152, 2017. ISSN: 2064-7816.
DOI: <http://dx.doi.org/10.18380/SZIE.COLUM.2017.4.1.suppl>
26. **Balla, Z.**, Csatári, N., Hagymácssy, Z., Vántus, A., Kith, K.: The potential utilisation of a "bio-fertiliser" - produced as a by-product in a biogas plant.
Növénytermelés. 63 (Suppl.), 87-90, 2014. ISSN: 0546-8191.
DOI: <http://dx.doi.org/10.12666/Novenyterm.63.2014.Suppl>

Magyar nyelvű konferencia közlemények (3)

27. Vántus, A., Csatári, N., **Balla, Z.**: A műszaki fejlesztések hatása az eredményességre.
In: Műszaki Tudomány az Észak-Kelet Magyarországi Régióban 2017 konferencia előadásai.
Szerk.: Bodzás Sándor, Debreceni Akadémiai Bizottság Műszaki Szakbizottsága, Debrecen, 594-600, 2017. ISBN: 9789637064357
28. Csatári, N., **Balla, Z.**, Hagymácssy, Z., Nagy, O., Vántus, A., Kith, K.: Mezőgazdasági biogáz üzemek technológiai összehasonlítása.
In: Műszaki Tudomány az Észak-kelet Magyarországi Régióban : konferencia előadásai [elektronikus dokumentum]. Szerk.: Pokorádi László, Debreceni Akadémiai Bizottság Műszaki Szakbizottsága, Debrecen, 91-96, 2014, (Műszaki füzetek : 14.) ISBN: 9789635087525



29. Hagymássy, Z., Vántus, A., Csatári, N., Kith, K., **Balla, Z.**, Battáné Gindert, K. Á.: Napelemes villamos energiatermelés tapasztalatai.
In: Műszaki Tudomány Az Észak-Kelet Magyarországi Régióban 2014 [elektronikus dokumentum]. Szerk.: Pokorádi László, MTA Debreceni Akadémiai Bizottság, Debrecen, 97-101, 2014, (Műszaki füzetek ; 14) ISBN: 9789635087525

Idegen nyelvű konferencia közlemények (3)

30. Hankovszky, G., **Balla, Z.**, Tóth, B.: Compensation effect of digestate of biogas factory in case of some macro elements deficiency.
Növénytermelés. 64 (Suppl.), 241-244, 2015. ISSN: 0546-8191.
DOI: <http://dx.doi.org/10.12666/Novenyterm.64.2015.Suppl>
31. Hankovszky, G., Bodnár, K. B., **Balla, Z.**, Nagy, L. G., Tóth, B.: One possible alternative way in plant nutrition - fluid by-product of biogas factory.
Növénytermelés. 63 (Suppl.), 259-262, 2014. ISSN: 0546-8191.
32. Kovács, G., **Balla, Z.**, Kith, K., Csatári, N., Heil, B.: Nutrient status examinations in short rotation coppice.
Növénytermelés. 62 (Suppl.), 83-86, 2013. ISSN: 0546-8191.
DOI: <http://dx.doi.org/10.12666/Novenyterm.62.2013.suppl>

Magyar nyelvű absztrakt kiadványok (3)

33. **Balla, Z.**: Hibrid autók - hibrid technológia.
In: A "Debreceni Fejlődés és Környezet" Konferencia Írásos Anyagainak Összefoglalói [elektronikus dokumentum] / fel. szerk. Balla Zoltán, DE AGTC Kerpely Kálmán Szakkollégium, Debrecen, 21-22, 2013. ISBN: 9786155183843
34. **Balla, Z.**, Oláh, J., Fári, M., Miskei, M.: A dohány kloroplaszt és nukleáris transzformációs technikák adaptálása a Debreceni Egyetemen.
In: I. Ag-Biotech Debrecen Konferencia / [ed. by Debreceni Egyetem AGTC MÉK Diószegi Sámuel Agrárinnovációs Intézet], Debreceni Egyetem AGTC MÉK Diószegi Sámuel Agrárinnovációs Intézet, Debrecen, 13, 2011.
35. **Balla, Z.**: Transzgénikus antifungális fehérje (PAF) génjének bejuttatása dohány (Nicotiana tabacum) növénybe, kloroplaszt transzformációs technika alkalmazásával.
In: XXX. Jubileumi Országos Tudományos Diákköri Konferencia : Agrártudományi Szekció : Pannon Egyetem Georgikon Kar, Keszthely, 2011. április 6-8. : konferencia-kötet : program és előadás összefoglalók. Szerk.: Pál László, Farkas Róbert, Kodrik László, PE Georgikon Kar, Keszthely, 222, 2011. ISBN: 9789639639416



Idegen nyelvű absztrakt kiadványok (3)

36. Kith, K., Nagy, O., **Balla, Z.**, Tamás, A.: Biogas - the calculable energy.
Geophys. Res. Abstr. 17, [1], 2015. ISSN: 1607-7962.
37. Oláh, J., **Balla, Z.**, Fári, M., Miskei, M.: Adopt tobacco plastid and nuclear transformation technics in the University of Debrecen.
In: IHC Lisboa 2010 Science and Horticulture for people : abstracts vol. 2, [s.n.], [s.l.], 284, 2010.
38. **Balla, Z.**: Transgenic antifungal protein's (PAF) gene getting into *Nicotiana tabacum* by chloroplast transformation.
In: International Students' Scientific Conference Abstracts, [s.n.], Moskva, 3-5, 2010.

Ismeretterjesztő, népszerűsítő cikkek (1)

39. **Balla, Z.**: Megtermelhető csemege: Négyszázszáz ér egy tonna földimogyoró.
Haszon Agrár. 11 (2), 46-49, 2017. ISSN: 1788-5922.

A DEENK a Jelölt által az iDEa Tudóstérbe feltöltött adatok bibliográfiai és tudománymetriai ellenőrzését a tudományos adatbázisok és a Journal Citation Reports Impact Factor lista alapján elvégezte.

Debrecen, 2017.08.30.



KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönettel tartozom témavezetőmnek, **Dr. Nagy János** professzor úrnak, aki folyamatosan irányította és hasznos tanácsaival segítette kutatómunkámat, elősegítve a disszertáció elkészülését.

Köszönetem fejezem ki opponenseimnek, **Dr. habil. Milics Gábor** egyetemi docens úrnak és **Dr. habil. Csajbók József** egyetemi docens úrnak, a munkahelyi, valamint a nyilvános vitára elkészült disszertációm lelkiismeretes és körültekintő bírálataért.

Külön kiemelve szeretném **Dr. Rátonyi Tamás** egyetemi docens úrnak valamint **Dr. Vántus András** egyetemi adjunktus úrnak megköszönni a dolgozat elkészítésében nyújtott segítségét.

A kísérlet feltételeinek biztosításáért szeretnék köszönetet mondani a Debreceni Egyetem Agrár Kutatóintézetek és Tangazdaság Debreceni Tangazdaság és Tájkutató Intézet Látóképi Növénytermesztési Kísérleti Telep intézet igazgatójának, **Dr. Vad Attila Miklósnak** és valamennyi munkatársának.

Köszönettel tartozom **Széles Sándornénak**, **Nagy Fruzsínának** és **Dorogi Zsuzsannának**, akik nélkülözhetetlen segítséget nyújtottak a doktori cselekmény technikai megvalósításában, az adminisztrációs feladatok elvégzésében.

Végül, de nem utolsósorban hálás köszönettel tartozom **szüleimnek** az értekezés elkészítéséhez nyújtott mindennemű támogatásukért, türelmükért.

NYILATKOZAT

1. NYILATKOZAT

Ezen értekezést a Debreceni Egyetem Kerpely Kálmán Növénytermesztési és Kertészeti Tudományok Doktori Iskola keretében készítettem el a Debreceni Egyetem doktori (PhD) fokozatának elnyerése céljából.

Debrecen, 2017.

.....
a jelölt aláírása

2. NYILATKOZAT

Tanúsítom, hogy **Balla Zoltán** doktorjelölt 2012. február 01. – 2015. január 31. között a fent megnevezett Doktori Iskola keretében irányításommal végezte munkáját. Az értekezésben foglalt eredményekhez a jelölt önálló alkotó tevékenységével meghatározóan hozzájárult, az értekezés a jelölt önálló munkája. Az értekezés elfogadását javaslom.

Debrecen, 2017.

.....
a témavezető aláírása