

DEBRECENI EGYETEM

KERPELY KÁLMÁN DOKTORI ISKOLA

Doktori Iskola vezető:

Prof. Dr. Holb Imre

az MTA doktora

Témavezető:

Dr. Kakuszi- Széles Adrienn

egyetemi docens

**A KUKORICA PRECÍZIÓS TÁPANYAG ÉS VÍZELLÁTÁSÁNAK HATÁSA EGYES
ÉLETTANI FOLYAMATOKRA**

Készítette:

Horváth Éva

doktorjelölt

Debrecen

2022

A KUKORICA PRECÍZIÓS TÁPANYAG ÉS VÍZELLÁTÁSÁNAK HATÁSA EGYES ÉLETTANI FOLYAMATOKRA

Értekezés a doktori (Ph.D.) fokozat megszerzése érdekében
növénytermesztési és kertészeti tudományágban

Írta: Horváth Éva, okleveles környezetgazdálkodási agrármérnök
Készült a Debreceni Egyetem **Kerpely Kálmán Doktori Iskolája**
(Növénytermesztési és kertészeti tudományok programja) keretében

Témavezető: Dr. Kakuszi-Széles Adrienn

Az értekezés bírálói:

Név	Tud. fokozat	Aláírás
_____	_____	_____
_____	_____	_____

A bírálóbizottság:

	Név	Tud. fokozat	Aláírás
Elnök:	_____	_____	_____
Tagjai:	_____	_____	_____
	_____	_____	_____
Titkár:	_____	_____	_____

Az értekezés védésének időpontja: 2022.....

Tartalomjegyzék

1. BEVEZETÉS.....	6
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS.....	10
2.1. Precíziós gazdálkodás jelentősége.....	10
2.2. A kukorica élettani igénye.....	11
2.2.1. A kukorica éghajlatigénye.....	11
2.2.2. A kukorica talajigénye, talajnedvesség hatása	12
2.2.3. A kukorica vízigénye, öntözés hatása.....	13
2.2.4. A kukorica műtrágyaigénye.....	15
2.3. Makro- és mikroelemek hatása a kukoricára.....	16
2.3.1. N műtrágyázás.....	16
2.3.2 Foszfor műtrágyázás.....	17
2.3.3. Kálium műtrágyázás.....	18
2.3.4. Mikroelemtrágyázás.....	18
2.4. Tápanyagutánpótlás módszerei.....	20
2.5. A különböző időben és mennyiségben kijuttatott N műtrágyázás hatása a relatív klorofilltartalomra.....	22
2.6. A különböző időben és mennyiségben kijuttatott N-műtrágyázás hatása a kukorica sztómakonduktanciájára.....	23
2.7. A különböző időben és mennyiségben kijuttatott N műtrágyázás hatása a kukorica termésére.....	24
2.8. A különböző időben és mennyiségben kijuttatott N műtrágyázás hatása a kukorica beltartalmi értékeire.....	25
3. ANYAG ÉS MÓDSZER	27
3.1 Termőhely bemutatása	27
3.1.1. Termőhely elhelyezkedése, a kísérlet beállítása és elrendezése.....	27
3.1.2. A termőhely talajadottsága	27
3.1.3. A termőhely időjárása	28
3.1.4. A kísérlet kezelései	31
3.2. Mérő eszközök és vizsgálati módszerek	32
3.2.1. TDR 300-as talajnedvesség mérő	32
3.2.2. SPAD-502 klorofill mérő.....	32

3.2.3. Sc-1 levél porométer.....	33
3.2.4. FOSS- Infratec -beltartalom mérő.....	34
3.2.5. A kísérleti adatok statisztikai értékelése.....	34
4.EREDMÉNYEK.....	35
4.1. Különböző időben és mennyiségben kijuttatott N-műtrágya, a növekedési fázisok, a genotípus, öntözés és az évjárat hatása a kukorica relatív klorofilltartalmára.....	35
4.1.1 Különböző időben és mennyiségben kijuttatott N-műtrágya, öntözés, genotípus és fenofázis hatása a kukorica SPAD értékére az évek átlagában.....	35
4.1.2 Különböző időben és mennyiségben kijuttatott N-műtrágya, genotípus és fenofázis hatása a kukorica SPAD értékére az évek átlagában, nem öntözött kezelésben.....	38
4.1.2.1. Az évjárat, a különböző időben és mennyiségben kijuttatott N-műtrágya, genotípus és a fenofázis hatása a kukorica SPAD értékére, nem öntözött kezelésben.....	39
4.1.3. Különböző időben és mennyiségben kijuttatott N-műtrágya, genotípus és fenofázis hatása a kukorica SPAD értékére az évek átlagában, öntözött kezelésben	44
4.1.3.1. Az évjárat, a különböző időben és mennyiségben kijuttatott N-műtrágya, genotípus és a fenofázis hatása a kukorica SPAD értékére, öntözött kezelésben.....	45
4.1.4. Az öntözés, a különböző időben és mennyiségben kijuttatott N-műtrágya, genotípus és fenofázis hatása a kukorica SPAD értékére.....	50
4.2 Különböző időben és mennyiségben kijuttatott N-műtrágya hatása a kukoricahibridek sztómakonduktanciájára, nem öntözött kezelésben.....	52
4.3. Különböző időben és mennyiségben kijuttatott N-műtrágya, a genotípus, öntözés és az évjárat hatása a kukorica termésére.....	55
4.3.1. Különböző időben és mennyiségben kijuttatott N-műtrágya, öntözés és genotípus hatása a kukorica termésére, az évek átlagában.....	55
4.3.2 Különböző időben és mennyiségben kijuttatott N-műtrágya és a genotípus hatása a kukorica termésére az évek átlagában, nem öntözött kezelésben.....	62
4.3.2.1. Az évjárat, a különböző időben és mennyiségben kijuttatott N-műtrágya, és a genotípus hatása a kukorica termésére, nem öntözött kezelésben.....	62
4.3.3 Különböző időben és mennyiségben kijuttatott N-műtrágya és a genotípus hatása a kukorica termésére az évek átlagában, öntözött kezelésben.....	66
4.3.3.1. Az évjárat, a különböző időben és mennyiségben kijuttatott N-műtrágya, és a genotípus hatása a kukorica termésére, öntözött kezelésben.....	67

4.3.4. Az öntözés, a különböző időben és mennyiségben kijuttatott N-műtrágya és a genotípus hatása a kukorica termésére.....	70
4.4 Különböző időben és mennyiségben kijuttatott N-műtrágya, a genotípus, öntözés és az évjárat hatása a kukorica minőségére.....	71
4.4.1 Különböző időben és mennyiségben kijuttatott N-műtrágya, a genotípus és az évjárat hatása a kukorica fehérjetartalmára, nem öntözött és öntözött kezelésben.....	71
4.4.1.1. Az öntözés, a különböző időben és mennyiségben kijuttatott N-műtrágya és a genotípus hatása a kukorica fehérjetartalmára.....	81
4.4.2. Különböző időben és mennyiségben kijuttatott N-műtrágya, a genotípus és az évjárat hatása a kukorica keményítőtartalmára, nem öntözött és öntözött kezelésben.....	82
4.4.2.1. Az öntözés, a különböző időben és mennyiségben kijuttatott N-műtrágya és a genotípus hatása a kukorica keményítőtartalmára.....	90
4.4.3. Különböző időben és mennyiségben kijuttatott N-műtrágya, a genotípus és az évjárat hatása a kukorica olajtartalmára, nem öntözött és öntözött kezelésben.....	91
4.4.3.1. Az öntözés, a különböző időben és mennyiségben kijuttatott N-műtrágya és a genotípus hatása a kukorica olajtartalmára.....	98
4.5. A műtrágyázás és a relatív klorofilltartalom összefüggésének vizsgálata.....	99
4.6. A relatív klorofilltartalom és a termés összefüggésének vizsgálata.....	102
4.7. A talajnedvesség és a sztómakonduktancia összefüggés vizsgálata.....	104
4.8. A sztómakonduktancia és a termés összefüggés vizsgálata.....	104
4.9. A műtrágyázás és a termés összefüggésének vizsgálata.....	104
4.10. A műtrágyázás és a minőség összefüggésének vizsgálata	106
4.10.1. A műtrágyázás és a fehérjetartalom összefüggésének vizsgálata.....	106
4.10.2. A műtrágyázás és a keményítőtartalom összefüggésének vizsgálata.....	107
4.10.3. A műtrágyázás és az olajtartalom összefüggésének vizsgálata.....	108
4.11. A minőség és a termés összefüggésének vizsgálata.....	109
4.11.1. A kukoricaszem fehérjetartalma és a termés összefüggésének vizsgálata.....	109
4.11.2. A kukoricaszem keményítőtartalma és a termés összefüggésének vizsgálata.....	110
4.11.3. A kukoricaszem olajtartalma és a termés összefüggésének vizsgálata.....	111
5. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK.....	113
6. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK.....	116
7. AZ EREDMÉNYEK GYAKORLATI HASZNOSÍTHATÓSÁGA.....	117
8. ÖSSZEFOGLALÁS.....	118

9. SUMMARY.....	129
10. IRODALOMJEGYZÉK.....	141
11. BIBLIKÁCIÓK AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN.....	156
12. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS.....	160
13. NYILATKOZAT.....	161
14. NYILATKOZAT.....	161
15. MELLÉKLETEK.....	162

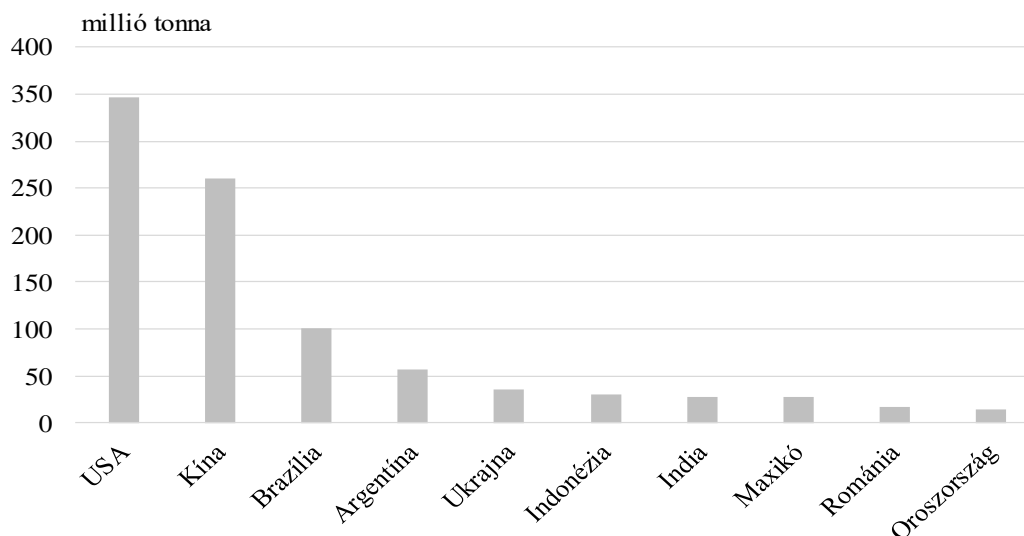
1. BEVEZETÉS

„Elnézni a kukorica növekedését, a rügyek kipattanását, megpihenni az ekevas vagy a kapa fölött; olvasni, gondolkodni, szeretni, reménykedni, imádkozni - ezek a dolgok teszik boldoggá az embereket.”

John Ruskin

Napjainkban a népesség növekedése és a klímaváltozás újabb feladatot állít a mezőgazdasági termelés elé. A világ népesség 7,8 milliárd (KSH, 2020), amely növekvő tendenciát mutat, és 2050-re várhatóan eléri a 9,2 milliárd főt. A hústermelés várhatóan 455 millió tonnára növekszik, amelyhez jóval több gabonatermelésre lesz szükség, miközben a szántóterület növelése már csak egyes régiókban lehetséges, és az ivóvízkészlet is csökkenő tendenciát mutat. A COVID-19 világjárvány miatt 2020-ban az éhezők száma jelentős mértékben megnövekedett, 8,4%-ról 10,4%-ra nőtt (FAO, 2021). Az élelemiszerigény megnövekedett kielégítése érdekében javítani kell a mezőgazdasági termelés hatékonyságát. A növénytermesztésnek ezen belül a kukoricatermesztésnek kiemelt jelentősége van.

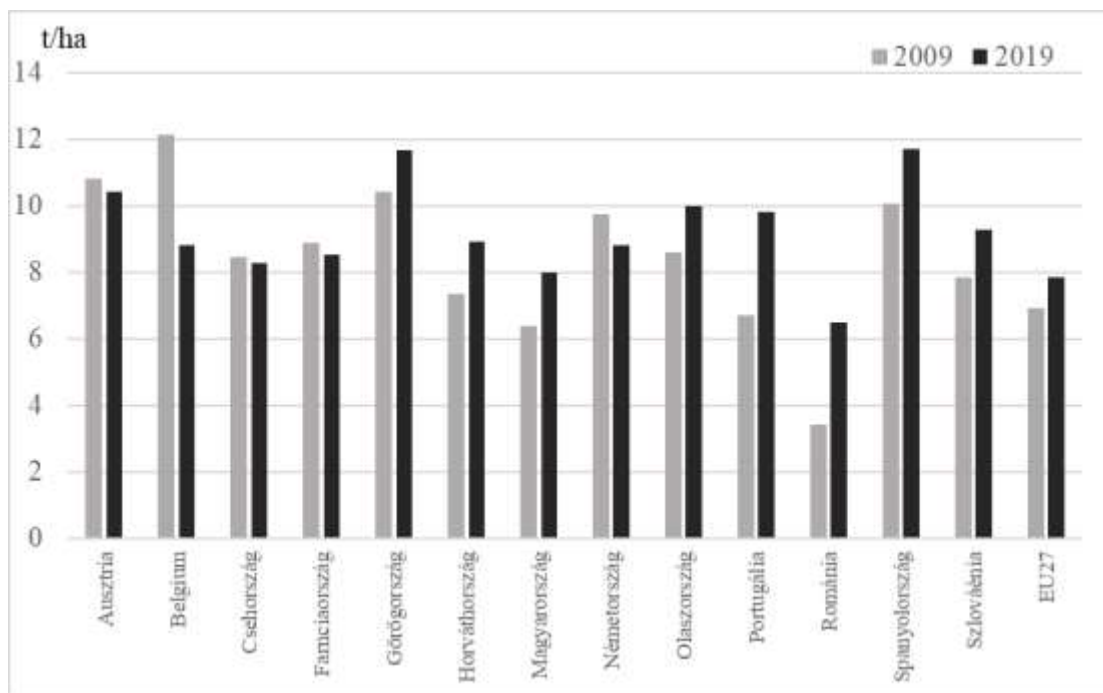
A kukorica *világ* egyik legfontosabb és legnagyobb mennyiségben termelt növénye. 2018-as adatok szerint a növénytermesztésre használt földterület 13%-án termesztettek kukoricát. Ez az 1990-es évek átlagához viszonyítva 46,2%-os növekedést jelent (Nagy, 2020). Az USA a legnagyobb kukoricatermelő ország, 2019-ben 564,93 millió tonna termeléssel és 7,89 t/ha átlagterméssel, majd Kína (260,96 millió tonna; 6,31 t/ha) és Brazília (101,14 millió tonna; 5,77 t/ha) követi (FAO, 2019). Jelentős mennyiséget termel Argentína és Ukrajna is (1. ábra).



1. ábra: A világ 10 legnagyobb kukoricatermelő országa, 2019

Forrás: FAO adatok alapján saját szerkesztés

Az Európai Unió össztermelése 70,09 millió tonna, az átlagtermés 7,86 t/ha volt. A legnagyobb kukoricatermő országok Románia (a világ TOP 10-es listáján a 9. helyet foglalja el, 17,432 millió tonna), Franciaország (12,85 millió tonna), Magyarország (8,23 millió tonna), Olaszország (6,28 millió tonna), Spanyolország (4,18 millió tonna) a sorrend (FAO, 2021) (2. ábra).

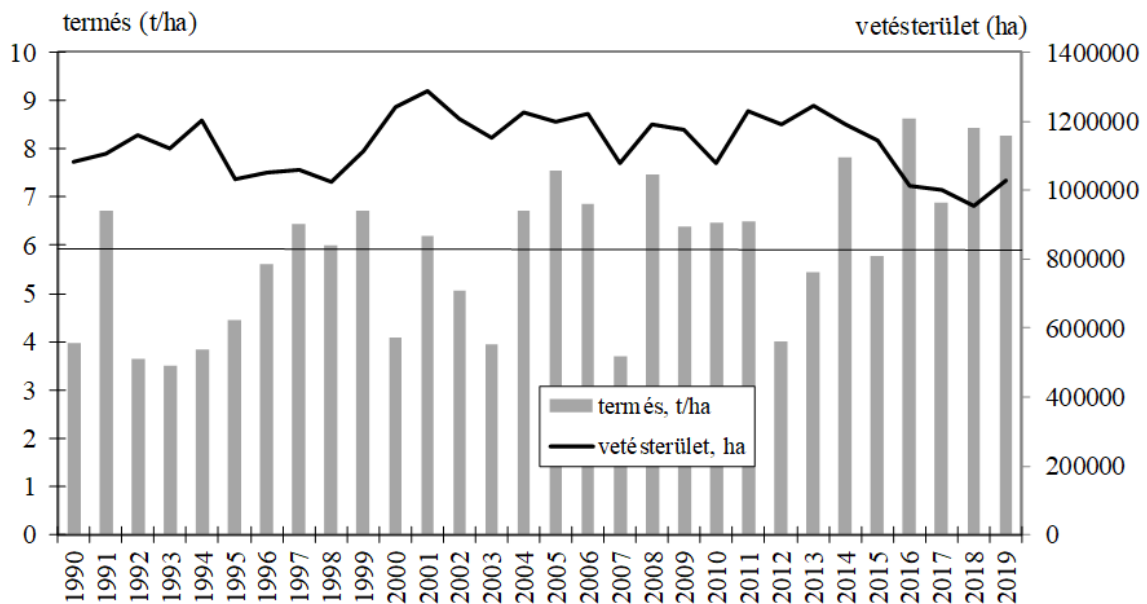


2. ábra: Az EU 27 legnagyobb kukoricatermelő országainak átlagtermése, 2009-2019
 Forrás: FAO adatok alapján saját szerkesztés

Magyarországon, a kukorica foglalja el a vetésterület legnagyobb hányadát. Termőterülete 1028 ezer hektár, termésátlaga 8,06 t/ha (KSH, 2019). Az utóbbi 30 évet vizsgálva az átlagos termőterület 1133 ezer hektár, a termésátlag 5,9 t/ha volt (3. ábra). A termőterület 955 (2018) és 1287 (2001) ezer hektár között változott. A termésátlagok nagy ingadozást mutatnak, a legalacsonyabb 1993-ban (3,5 t/ha) a legnagyobb 2016-ban (8,63 t/ha) volt.

A termésingadozást nagymértékben befolyásolja az időjárás, azonban a megfelelő termesztéstechnológiai eljárásokkal az időjárás szélsőséges, kedvezőtlen hatása mérsékelhető. Ebben meghatározó szerepe van a megfelelő hibridválasztásnak, amely jelentősen befolyásolja a hozamot és a minőséget (Izsáki, 2006; Győri, 2010; Pepó, 2017). Kulcsfontosságú technológiai elem a tápanyag-utánpótlás, ezen belül is a műtrágyázás. Kiemelt jelentőségű a nitrogén (N) műtrágyázás, amely nagymértékben meghatározza a termőképességet és a minőséget (Győrffy et al., 1965; Láng, 1973; Nagy, 2007), azonban a kijuttatott mennyiség és annak alkalmazási időpontjának meghatározása nagy jelentőséggel bír (Berzsenyi és Lap, 2003;

Nagy, 2017; Széles et al., 2021), ezzel elkerülve a túlzott N kijuttatását és a környezetszennyezést.



3. ábra: A vetésterület és a termésátlag Magyarországon, 1990-2019

Forrás: KSH-adatok alapján saját szerkesztés

A kukorica sokoldalúan felhasználható takarmány, energiaforrás és ipari nyersanyagként egyaránt hasznosítható. Kukoricából közel négyezer termék állítható elő (Nagy, 2020). Fontos tömegtakarmány és vetőmag, továbbá keményítő, cukor előállításban és az alkoholgyártásban is kiemelkedő szerepet tölt be (Győri, 2002). Egész növényként is sokoldalúan felhasználható, biogáz alapanyagként, zöldtrágyaként, valamint állati alomként hasznosítható (Ranom et al., 2014). A lakosság ételmezésében alapvető szerepet tölt be (Bocchi és Castrignanò, 2007; Confalonieri et al., 2011; Torriani et al., 2007). Globális felhasználását tekintve 2020-ban élelmiszerként 13%-a hasznosult (OECD-FAO, 2018). Hazánkat tekintve 4,3-4,5 millió tonna került felhasználásra, ebből 2 millió tonna a takarmány és az ipari felhasználás részaránya. A vetőmagigény 30-40 ezer tonnára tehető (KSH, 2020).

A kutatómunka célkitűzései

A nitrogén (N), az egyik legfontosabb termést és minőséget meghatározó tényező, így a növény igényéhez igazított mennyiség pontos meghatározása, megosztása és kijuttatásának ideje igen fontos feladat az évenkénti termésingadozás kiküszöbölése és a környezetszennyezés elkerülése érdekében. Ennek érdekében olyan precíziós eszközök helyspecifikus alkalmazása indokolt, amelyek naprakész információt adnak a növények állapotáról.

Kutatásom célja

- A műtrágyázás (alap- és fejtágyázás) és az öntözés hatásának feltárása, számszerűsítése az eltérő genotípusú kukorica hibridek klorofilltartamára, termésére és beltartalmi értékeire (keményítő-, fehérje- és olajtartalom).
- A vízhiány stressz kialakulásának előre jelzése a sztómakonduktancia vizsgálatok felhasználásával.
- Az évjárat és az agrotechnikai tényezők (műtrágyázás, öntözés, genotípus) együttes hatásának elemzésével kimutatni, hogy hogyan mérsékelhető az időjárási tényező negatív hatása.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

„Az az értékes új gondolat, melyet rögtön száz régi igazol.”
Szász Zoltán

2.1. Precíziós gazdálkodás jelentősége

Napjainkban a precíziós mezőgazdasági technológiák egyre nagyobb szerepet töltenek be a mezőgazdaság területén. Fő jellemzője a pontosság és a jó alkalmazkodás a változó agronómiai feltételekhez (Schimmelpfennig, 2016).

A precíziós gazdálkodással a megfelelő agrotechnikai műveletek helyspecifikusan alkalmazhatóak és a környezetterhelés is minimálisra csökkenthető. A precíziós gazdálkodás használatával információ nyerhető, a talaj aktuális és potenciális vízszolgáltató és tározó képességéről, öntözhetőségéről. Ezek alapjául szolgálnak a megfelelő mennyiségű vízutánpótlás kijuttatásának. Továbbá a talajvizsgálat (táblán belüli) és tápanyagmérleg készítése figyelembe vételével és a növény fejlettsége alapján, nyomon követhető a talaj fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságainak változása és ebből következő, tápanyagforgalmi sajátosságai. Így mindig a szükséges mennyiségű tápanyag adagok kerülnek kijuttatásra. A műholdas navigáció és az automatikus kormányrendszerek garantálják a pontos munkavégzést. Ennek köszönhetően elkerülhetőek az átfedések, ezáltal megszüntethető a környezet indokolatlan vegyszerezése.

Magyarországon először Györffy Béla határozta meg a precíziós mezőgazdaság fogalmát. Miszerint, *„a precíziós mezőgazdaság magába foglalja a termőhelyhez alkalmazkodó termesztést, táblán belül változó technológiát, integrált növényvédelmet, a csúcstechnológiát, távérzékelést, térinformatikát, geostatisztikát, a növénytermesztés gépesítésének változását és az információs technológia vívmányainak behatolását a növénytermesztésbe. Továbbá jelenti a talajtérképek és a terméstérképek készítését és termésmodellezést, talajtérképek összevetését a terméstérképekkel, kártevők, gyomok, betegségek táblán belüli eloszlásának, törvényszerűségeinek figyelembe vételét”* (Györffy, 2001). Németh et al. (2007) az alábbiakban foglalmazta meg a helyspecifikus mezőgazdaság jelentését: általa nyomon követhető a különböző érzékelőkkel gyűjtött adatok, sőt a szükséges agrotechnikai beavatkozások elvégzését követően, visszatérve az adatgyűjtés helyére pontosan az adott helyen végezhető el a művelet. Nagy (2016, 2021) megállapítása alapján, a precíziós gazdálkodás olyan komplex rendszer, mely a szántóföldi növénytermesztés biológiai, műszaki, ökonómiai tényezőit integrálja az informatika és az információtechnológia legújabb eredményeivel, ezáltal

hatékonyabbá teszik a növénytermesztést, a mezőgazdasági gépiüzem szervezését javítja az életminőséget és megalapozza az agrárgazdaság és a vidék fenntartható fejlődését.

A precíziós gazdálkodást jellemzi, a termőhelyhez alkalmazkodó technológia (Site specific technology (SST)), amely a termőhelyi sajátosságokat kihasználó technológiai rendszerre utal (Tamás, 2001). A térben változó technológia (VRT- spatial variable technology) szintén a technológia részét képezi. A műholdról vezérelt technológia (SF-satellite farming) a GPS, vagyis a globális helymeghatározó rendszer is a távérzékelés jelentőségét hangsúlyozza (Tamás, 2001). Németh et al. (2007) megállapította, hogy a precíziós mezőgazdaságban, gyors helyhez kötött változásokra van szükség, a pontosság változása nélkül. A műholdas navigációs rendszereknek használatával növelhető a hasznos munkaórák száma és az egyes munkaműveletek napszaktól függetlenül, rugalmasan elvégezhetőek (Neményi és Milics, 2007).

A Prega precíziós gazdálkodás konferencián 2017-ben, Raj Khosla előadásában ismertette az 5 M gyakorlatát: **m**egfelelő input, **m**egfelelő időben, **m**egfelelő mennyiségben, **m**egfelelő helyen és **m**egfelelő formában.

Összességében elmondható, hogy a precíziós mezőgazdaság lényege a termelés minden szakaszában a pontos adatgyűjtés, az adattárolás, az adatok napra készen tartása és ésszerű felhasználása. Napjainkban sem növénytermesztési, sem ökonómiai és környezetvédelmi szempontból nem szabad elhanyagolni a precíziós gazdálkodást.

A kukoricatermesztésben a precíziós gazdálkodás használata minimális, de pozitív profitokkal jár. Ez eredményezi a lassú, de biztos növekedést (Chuck Abbott, 2016). A nagyméretű gazdaságok esetében gyakoribb a precíziós technológia alkalmazása és ezáltal jelentős hozam- és jövedelemnövekedés figyelhető meg.

2.2. A kukorica élettani igénye

2.2.1. A kukorica éghajlatigénye

A kukorica, nagy hő és vízigényű trópusi eredetű növény (Berényi, 1945; Surányi 1957). E két tényező természetességének alapfeltétele (Marton, 2021). A hazai növények között a melegigényesebb szántóföldi növények közé sorolható (Bocz et al., 1996; Nagy és Sárvári, 2005). A hőmérséklet fő meghatározója fejlődési ütemének, míg az adott terület vízellátottsága nagymértékben meghatározza a termés mennyiségét (Gombos és Nagy, 2021). Különböző genotípusú hibridek hidegtűrése eltérő (Marton et al., 1997), vannak 8 °C körüli csirázók is

(Varga-Haszonics, 1974). A talaj hőmérséklete határozza meg a vetés időpontját, optimális a tartósan 10 °C feletti hőmérséklet (Marton, 2021). Termeszthetőségének minimális éjszakai hőmérséklete havi átlagban 13 °C, nappali minimum átlag hőmérséklete 19 °C (Nagy, 2007). Az optimális hőmérséklet nappal 25-33 °C, éjjel 17-23 °C között változik. 10 és 30 °C között fejlődése arányos a hőmérséklettel. A növekedési korlátja 5 °C alatt és 35 °C felett van, azonban elviseli a rövid ideig tartó 0 °C körüli és 45 °C feletti hőmérsékletet (Berzsenyi, 2012). A 30 °C-nál magasabb hőmérséklet kedvezőtlenül hat a kukoricára a magas párolgás miatt (Csajbók, 2012). Erősebb fagy, -5, -6 °C elpusztítja az egész növényt. A hazánkban termesztett hibridek halmozott hasznos hőösszeg igénye, 1100-1400 °C (Menyhért, 1985; Gombos és Nagy, 2021). A kukorica a legnagyobb hozamot akkor éri el, ha a nyári hónapokban az átlaghőmérséklet 21-27 °C (Bocz et al., 1996), illetve 20-22 °C (Berzsenyi, 2012). Varga (2000) vizsgálata során rámutatott, hogy a hőmérséklet a legfőbb tényező, ami meghatározza a kukorica növekedését. A kukorica képes alkalmazkodni a különböző klimatikus és agrotechnikai tényezőkhöz (Chikowo et al., 2004; Kristiansen et al., 2005). A rövidebb tenyészidejű hibridek megjelenésének és az éghajlatváltozás következményéből adódóan a kukoricatermesztés az északi égtáj felé egyre jobban kitolódik. Mára, már a Balti államokban és Svédországban is sikeresen termesztető (Swesson, 2004). A kukorica rövidnappalos növények közé sorolható, azonban számos genotípus fotoperiódus-semleges. Magyarországon a kukorica fotoperiódusra érzékeny időszaka május-júniusra esik. A virágzást követő generatív fázisban a fotoperiódusnak nincs jelentős hatása. A címerhányás és érés időszakában optimális hőmérséklet a 24-26 °C, ha a hőmérséklet ettől eltér, hatással lehet a fázisstartamra (Gombos és Nagy, 2021). A kukorica összes fenológiai fázisát meghatározza a hőmérséklet alakulása. Minden fenofázisban lassú fejlődés megy végbe 10 °C-on, míg 30-33 °C-on maximális a fejlődési sebesség (Varga-Haszonics et al., 2006). Az éghajlatváltozás következtében egyre gyakoribbak a szélsőségesen meleg nappalok, amelyek károsan befolyásolják a kukorica fejlődését (Nagy, 2021) és végső soron termés kiesést eredményeznek (Reidsma et al., 2009; Schlenker és Róberts, 2009). Gombos és Nagy (2019) vizsgálataikkal alátámasztották, hogy a tartósan meleg hőmérséklet még átlagos csapadékviszonyok mellett is termés csökkenést eredményezhet.

2.2.2. A kukorica talajigénye, talajnedvesség hatása

A talaj minőségére a legigényesebb a gabonafélék közül, de képes alkalmazkodni a talajok eltérő tulajdonságaihoz. Igényeit nagyban meghatározza, a talajok genetikai és fizikai tulajdonsága, kedveli a jó szerkezetű, morzsás talajokat (Kátai, 2021). Termesztéséhez a

legalkalmasabb a 6,6-7,5 pH értékű talaj, azonban elviseli az 5,5-8 pH-t is (Nagy és Sárvári, 2005; Nagy, 2007). Legmegfelelőbb talaj számára a humuszban gazdag, mély termőrétegű, középköttő vályogtalaj (Győrffy, 1958; Bocz et al., 1996; Kátai, 2021). Ezen talajokon a gyökerei mélyre tudnak hatolni, ezáltal még aszályos évjáratokban is képes az időjárás okozta kockázatokat kivédeni (Várallyay et al., 1980). Gong et al. (2015) kutatása során mélyreható kukoricafajtákat nemesít, melyek elérik a talaj mélyebb rétegeit. Kiemelkedően fontos a jó vízgazdálkodású talaj, amely lényegesen csökkenti az időjárási kockázatokat (Debreczeni, 1969; Várallyay et al., 1980; Győrffy, 1988), biztosítva a megbízható termést (Nagy, 2007). A kukorica a talajok szellőzésére érzékeny, így a túl nedves és sekélyrétegű talajok nem megfelelőek termesztésére. A klimatikus tényezők súlyosbíthatják az aszálykárokat, mert tovább csökkentik a talajnedvesség elérhetőségét (Lobell et al., 2014; Iversen és Norby, 2014). A mezőgazdasági aszály fő oka, a csapadékhány és a talaj nedvességhiánya. Számos kutató vizsgálva az aszály hatását, alátámasztotta, hogy a vetésidő, a talajelőkészítés, a növényszám és a tenyészidőn kívül kiemelkedő a talaj vízgazdálkodása, amely nagymértékben meghatározza a növény aszálykárosodását (Várallyay, 1984; Marton és Szundy, 1990; Varga, 1990). A kukorica gyökérzetének megfelelő fejlődéséhez szükség van a számára optimális víz-levegő arányú talajokra (Menyhért, 1985). Kang et al. (2000) azonban arra a következtetésre jutottak, hogy a keléskor előforduló talajnedvesség-hiány, jelentős mértékben nincs hatással a terméseredményekre, mert így a növények jobban alkalmazkodnak a fejlődés későbbi szakaszában fellépő vízhiányhoz. Láng (1976) megállapította, hogy a nem megfelelő vízgazdálkodású talajokon korai, kevesbé vízigényes kukorica fajtákat érdemes termesztetni. A kukoricatermesztés eredményességét nagymértékben meghatározza, a talaj tápanyagellátottsága és a tápelemek összetétele (Menyhért, 1985). Kedvezőek számára, az ásványi-anyagban gazdag talajok, melyek tápanyagellátottsága kiegyensúlyozott (Pepó et al., 2019; Gao et al., 2020). A nitrát, ammónium-nitrogén, kálium ionokon kívül elengedhetetlen a Mg-, Zn-, Mn-mikroelemek, ezek hiánya termés-csökkenést eredményezhet (Liu et al., 2020). A csernozjomtalajokban a fontosabb elemarányok optimális körülményt biztosítanak a kukorica számára (Kátai et al., 2019).

2.2.3. A kukorica vízigénye, öntözés hatása

A kukorica alapvető fiziológiás funkcióját tekintve, magas vízigényű (Bocz et al., 1996). Nagy és Sárvári (2007) a kukorica vízigényét 450-550 mm, a napi vízfogyasztását 4,5-5,5 mm/ha, Bocz et al. (1996) és Berzsényi (2012) a vízigényét 460–580 mm határozta meg. A termés

mennyiségét legfőbb mértékben a növény számára rendelkezésre álló vízmennyiség határozza meg (Gombos és Nagy, 2021). Nagyon csapadékos évben azonban termésdepresszió léphet fel (Márton, 2004). A kukorica termésmennyiségét a meteorológiai tényezők közül leginkább a csapadék határozza meg (Gombos és Nagy, 2021). Huzsvai és Nagy (2003) vizsgálatai alapján a vetéstől virágzásig lehullott csapadékmennyiségnek döntő szerepe van. Az éghajlatváltozás során megnövekedett vízigény is okozhat terméseszköket, amire megoldást nyújthatnak a stressztűrő kukorica hibridek választása, amelyek tolerálják a magas hőmérsékletet (Islam et al., 2012; Marton et al., 2012; Jolánkai et al., 2016).

A nyári szárazság terméskiesést eredményezhet, még a jó vízgazdálkodású talajokon nagy mennyiségű téli csapadék következtében is (Gombos és Nagy, 2019). Nagy (2007) szerint az egyik legnagyobb termés limitáló faktor a megfelelő vízellátottság hiánya, és szoros korrelációt igazolt a vegetációs időszak csapadékösszege és a terméseredmények között Nagy (2012). Berzsényi (2012) szerint annak ellenére, hogy a kukorica C4-es növény, amely alapvetően jó hő- és szárazságtűrésű, nehezen viseli el a szélsőségesebben aszályos évjáratokat. Aszályos évjáratban növekedhet a meddő tövek aránya és a csöveken lévő szemszám (Csathó, 1991). A kukorica vízstresszre legérzékenyebb fenofázisa a címerhányást követő időszak a szentelítődés közepéig (Nielsen et al., 2010; Megyes et al., 2000). Hazánkban ez az időszak július 15 és augusztus 15 közé tehető. Ilyenkor fellépő vízstressz hatására, csökken a növekedés, később az érés, kisebb lesz a szentelítődés, csökkenhet a biomassza és a hozam (Rhoads és Bennet, 1990; Pandey et al., 2000; Çakir, 2004; Farré és Faci, 2009). A virágzást követő időszakban érkező nagy mennyiségű csapadék, minimálisan kompenzálhatja a korábbi szárazság negatívumait (Gombos és Nagy, 2019).

Számos kutató vizsgálta a vízstressz időpontját és annak hatását a kukorica termésére (Denmead és Shaw, 1960; Çakir, 2004; Scheierling et al., 1997). A korai vegetatív növekedési szakaszban viszonylag jól viseli a vízstressz hatásait, mert ebben az időszakban vízigénye relatíve kicsi (Çakir, 2004). A vegetatív fázisban fellépő vízhiány, ha hiányos tápanyag-ellátottsággal párosul, növelheti a gyökeresedési mélységet, ezáltal kisebb lesz a levélfelület, ennek következtében csökken a párologtatás (Pandey et al., 2000). A keléstől virágzásig fellépő átmeneti vízhiány azonban súlyos következményekkel járhat, mert 6-8 leveles állapotban kezdődik a csökezdemenyek differenciálódása. A növény fejlődése lelassul és kitolódhat az érésidő. Az ekkor fellépő vízhiány kisebb csöveket és kevesebb szemszort eredményez (Nigicser, 2001). A legtöbb nedvességre címerhányás előtt egy hónapig van szüksége, mivel a növény a szárazanyagának 80%-át ekkor halmazza fel (Berzsényi, 2012). A címerhányás alatt fellépő vízhiány 40-50%-os terméseszköket okozhat (Claassen és Shaw, 1970). A leginkább

érzékeny időszaknak, a virágzáskori vízstresszt találták (Rhoads és Bennet,1990; Ne Smith és Ritchie, 1992; Pandey et al., 2000). A termésépotenciál csökkenését eredményezi a nővirágzáskori és szemtelítődés idején fellépő vízstressz (NeSmith és Ritchie, 1992; Çakir, 2004; Musick és Dusek, 1980). Öntözéssel, esetlegesen fellépő csapadékhiányt kiegészítve terméstöbblet érhető el (Nagy, 2006). Hazánkban azonban ritkábban előforduló vízzel telített talajok is terméskiesést eredményezhetnek (Nagy, 2021). Ilyen talajállapot mellett is végbemegy a csírázás, azonban a fejlődés kezdeti stádiumában a kukorica nagyon érzékeny a levegőigényes talajállapotra. Más kutatások alapján a legérzékenyebb időszak a címerhányás idejére tehető (Esteban és Edwin, 2016). A terméskiesés mértéke nagymértékben függ az ilyen állapot időtartam hosszától (Ren et al., 2016).

Az öntözés hatását vizsgálva megállapítható, hogy kutatások alapján 28%-ban járul hozzá a kukorica termésnövekedéséhez (Nagy, 1995). Hazánkban 2019-ben ~35 ezer hektár kukorica volt öntözve, ebből majdnem fele a hibridekukorica területét érintette (NAIK Öntözésfejlesztés, 2019). Pozitív korreláció igazolható a műtrágya-hasznosulás és a növény vízellátottsága között (Láng, 1971; Nagy, 2019). A trágyahatás az optimális mennyiségű vízellátással nő, míg a káros víztöbblet hatására csökken (Nagy, 1994; Pummer et al., 1995; Szalókiné és Szalóki, 2002). Bizonyított, hogy az öntözéssel csökkenthető a termésingadozás (Nagy, 2019). Kutatások kitérnek arra, hogy az öntözés ellenében is termés-csökkenés léphet fel, amit okozhat az évjárat és az optimális tápanyag-ellátottság hiánya. Ezért nélkülözhetetlen a tápanyag- és vízellátottság összehangolása (Nyéki, 2021). Az öntözés a hozamon kívül, hatással van a kukorica kémiai paramétereire. Kutatások igazolják az öntözés pozitív hatását (Martin, 1982; Ruggiero, 1981), javítható a kukorica termésstabilizálása és a vízstresszre való érzékenysége (Hardjoamidjov et al., 1982).

2.2.4. A kukorica műtrágya igénye

A trágyázás elsődleges célja, a növények tápelemellátása, a talajok termékenységének megőrzése, a termés hozamok szinten tartása, növelése és a beltartalmi értékek minőségének javítása (Nagy, 2020). A kukoricahibridek termésbiztonsága érdekében a vízellátottság mellett kiemelkedő fontosságú a szakszerű tápanyagellátottság (Nagy, 1992). Ezek együttes hatása aszályos évjáratokban jelentős lehet (Bocz, 1978). Az utóbbi időben javult a kukoricahibridek tápanyagfeltáró és hasznosító képessége, valamint a műtrágya-reakciójuk (Marton et al., 2005). Ezért kiemelkedően fontos a termőhelynek, növénynek és évjáratnak megfelelő műtrágyaadagok pontos meghatározása. Széles et al. (2018a) kutatásai bizonyították, hogy a

kukoricahibridek vízhasznosítását pozitív irányban befolyásolja a műtrágyázás. Nagy (2017) megállapította, hogy a kukoricahibridek műtrágya-reakcióját az évjárat jelentősen módosítja, különösen a csapadék van hatással a műtrágya-hasznosító képességére. A csapadékmennyiség és a talajnedvesség mértéke módosítja a tápanyagszükségletet és a trágyahatást (Széles, 2021). Optimális vízellátás esetében növekvő trágyahatás, káros víztöbblet estén csökkenés tapasztalható (Szász, 1972; Bocz, 1976; Debreczeni és Debreczeniné, 1983; Ruzsányi, 1992). Száraz évjáratban nagyobb műtrágyaadatok kijuttatása szükségtelen, ellenben csapadékos évek esetén magasabb hozam érhető el felhasználásukkal (Nagy, 2012). A hibridek genetikai termőképességének érvényre jutásának nélkülözhetetlen feltételei, a megfelelő műtrágyadózis alkalmazása, a vetésidő és az optimális tőszám helyes megválasztása (Széll, 2005). Számos kutató megállapította, hogy a kukorica nagy mennyiségű tápanyagot igényel, továbbá a tápanyag-hasznosító képessége is kiemelkedő (Menyhért, 1985; Ruzsányi, 1992; Berzsényi-Janosits, 1993; Pepó, 2001; Pakurár et al., 2004). A makro és mikroelemek felvételében döntő szerepe van a műtrágyának, (Berzsényi és Lap, 2003; Ványiné Széles et al., 2012; Nagy, 2017; Seyyed, 2018). Az ásványi elemek közül, legnagyobb mértékben a nitrogént igényli (Nagy és Sárvári, 2005). A kukorica szemterméshez, illetve a hozzátartozó, légszáraz szárhoz, az alábbi tápanyagokra van szüksége, tonnánként $28 \text{ kg t}^{-1} \text{ N}$, $11 \text{ kg t}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$, $30 \text{ kg t}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$, $8 \text{ kg t}^{-1} \text{ CaO}$, $3 \text{ kg t}^{-1} \text{ MgO}$ (Antal, 1999). Menyhért (1979) kísérletei alapján a kukorica 11 t ha^{-1} terméshez 264 kg N-t , $110 \text{ kg P}_2\text{O}_5\text{-t}$, és $264 \text{ kg K}_2\text{O-t}$ vesz fel a teljes tenyészidőszakban.

2.3. Makro- és mikroelemek hatása a kukoricára

2.3.1. N műtrágyázás

A nitrogén a növények számára nélkülözhetetlen tápanyag, ez határozza meg legnagyobb mértékben a termés mennyiségét (Bocz, 1976). Az optimális N adag kijuttatásával minőségjavító hatást érhetünk el (Izsáki, 2009; Hegyi et al., 2008; Széles et al., 2018a), továbbá hatással van más elemek felvételére (Bruns és Ebelhar, 2006). A növények a N-t elsősorban a gyökereken keresztül veszik fel. Minimális részét képező, szerves formákat képesek hasznosítani. A szerves formában felvett N szerves N vegyületekké alakul. A N műtrágyázás esetében figyelembe kell vennünk a veszteségforrásokat is, mint a N kimosódás és a denitrifikáció, illetve az átalakulási folyamatokat, mint az ammonifikáció és nitrifikáció (Loch, 1999; Nagy, 2012). Kutatások bizonyítják, hogy magas kukorica hozam érhető el a N megfelelő mennyiségű és időben történő alkalmazásával (Wortmann et al., 2011) és ezt a megállapítást teszik Rashid et al. (2004), azzal kiegészítve, hogy a kukorica jövedelmezőségének

maximalizálása lehetséges, de mindezt meghatározza az adott hibrid nitrogén igénye. A kukorica fejlődésének kezdetén a nitrogént ammónia, később nitrát formájában veszi fel (Pepó és Sárvári, 2011). A N felvétel csírázáskor intenzív és egészen az érésig folytatódik. A címerhányástól kezdve a szemképződés folyamatában kiemelkedő szerepe van. A kukorica nitrogén felvételét nagymértékben meghatározza a talajban megtalálható nitrogénformák, a talaj nedvességtartalma és a P,K ellátás szintje. Ha a kukorica számára megfelelő a nedvesség és a N ellátás, akkor a virágzás akár 3 nappal hamarabb is elkezdődhet. Elvio-Michele (2007) is alátámasztja kísérletével, hogy a nitrogénarányok befolyásolják a szemtermés hozamát, nő a szem és a biomassa hozam. Dan et al. (2017) azonban arra következtetésre jutott, hogy a kukorica hozama és a N regenerálódási hatékonysága kezdetben nőtt, később a N arányok növelésének hatására csökkenés volt megfigyelhető. Továbbá megállapította, hogy az időzítés mellett a pontos nitrogén arányok is nélkülözhetetlenek a termésbiztonság eléréséhez. Mivel a nitrogén hosszú ideig nem mobilizálódik, így befolyásolják az időjárási viszonyok. Erre megoldást nyújt a precíziós gazdálkodás, amelyben a döntéstámogató rendszer segítségével nyilvántartás készíthető a kijuttatott tápanyag mennyiségéről és időpontjáról (Benjamin et al., 2017). A kimosódás elkerülése érdekében szükséges a nitrogéntrágyák megosztva történő kijuttatása. Ezáltal is a felszín alatti vizek nitrátvegyületekkel való terhelése csökken (I1).

N-hiány esetén, kisebb a növényben a szárazanyag akkumuláció és lelassul a szárazanyag felhalmozódás dinamikája (Győrffy, 1965; Hanway és Russel, 1969). A N hiánya főleg az idősebb leveleken produkál látható jeleket, idő előtti elsárgulással és antociános elszíneződéssel, mivel a N átvándorol a fiatalabb levelekbe (Széles, 2021). A *túlzott N ellátás* meghosszabbítja, a hím és nővirágzás közötti időszakot és ezzel veszélyeztetheti a termésbiztonságot, mert a növény megdőlhet és a betegségekkel szemben is fogékonyabb lehet (Nagy, 2007). Túlzott mennyiségű N termésdepressziót okozhat és a nitrátfelhalmozódás következtében környezetszennyező hatása is van.

2.3.2 Foszfor műtrágyázás

A foszfor vegyületei a növények majdnem összes anyagcsere-folyamatában részt vesznek. Mind szervetlen és szerves kötésben megtalálható a növényben. Kiemelkedő szerepe van a szerves kötésű foszfornak. A foszfátok talajon belüli mozgása lassú, ezért célszerű, a szükséges foszfor 75%-át ősszel mélyműveléssel a gyökérszónába juttatni. A fennmaradó részt pedig startertrágyaként kijuttatni a kukorica kelésének, valamint kezdeti fejlődésének elősegítésére (I2). A foszfor szoros kapcsolata bizonyított a nitrogénnel (Nagy, 2007).

A növények általában tartalékot képeznek ebből az elemből, egyes növényi részekben koncentrálódva. A generatív szervekben 3-6-szor több foszfor található, mint a vegetatív részekben. A kiegyensúlyozott foszforellátás elősegíti a növények fejlődését és érését (Nagy, 1993). A legfőbb eleme a generatív fejlődés és a növény energiaellátásának. Nélkülözhetetlen a csírázás, a kelés és az intenzív hajtásnövekedés, valamint a szemtelítődés szempontjából. Nagymértékben meghatározza a szemtermés nagyságát (Debreczeniné és Sárdi, 1999). A kukorica foszforigénye nem kiemelkedő, a foszfor trágyareakciója gyenge. Optimális foszfor-műtrágyaadag kijuttatása növelheti a kukorica növénymagasságát, szárátmérőjét és a termésre is pozitív hatással van (Khan et al., 2014).

Foszforhiány esetében romlik a növény vízháztartása és az alsó, idősebb levelektől induló vöröses elszíneződés jelenik meg a növényen. A csökkenő foszforellátás következtében eltolódik a virágzás és az érés is. Foszfor hiány esetén anyagcsere zavarok léphetnek fel, amelynek következtében, lassul a fehérje- és cukorképzés, gyengül a keményítőszintézis (Zhang et al., 2015). Részt vesz a növényi anyagcsere folyamatban, így a növény a hiányára anyagcsere zavarral reagálhat, ennek következtében kitolódhat a virágzás és az érés (Loch és Nosticzius, 1983). A *foszfor túladagolása* jelentős tápelem aránytalanságokhoz vezethet. A foszfor és a cink antagonizmusából adódóan, foszfortöbblet esetén a kukoricaállományban relatív Zn és Fe hiánnyal kell számolnunk, ennek következtében termésveszteség és minőségromlás adódhat (Zhang et al., 2017).

2.3.3. Kálium műtrágyázás

A kálium a növényi sejtekben és kolloidokban szervetlen ionok formájában van jelen, főként a fiatal szövetekben. 80-90%-a a vegetatív részekben halmozódik fel. Kiemelt szerepe van a növények fotoszintézisében, fehérjészintézisében és légzésében (Loch és Nosticziu, 1983). A kiegyensúlyozott káliumellátás, védőgátat biztosít a szárazságstresszel szemben, mivel jótékony hatással van a fotoszintézisre, fokozza a növények aktív vízfelvételét, valamint csökkenti a párologtatást. Nagymértékben befolyásolja a sztómák szabályozását (Debreczeniné és Sárdi, 1999), továbbá a növény ellenállóképességét is növeli a hidggel és a betegségekkel szemben (Kádár, 1992). A kálium javítja a szárszilárdságot, továbbá elősegíti a kukoricacsövek kialakulását. A keményítőképzéshez sok káliumra van szüksége. A kukorica fő növekedési szakaszában naponta 12 kg K_2O -nak megfelelő káliumot vehet fel hektáronként. Optimális idő a káliumtrágya kijuttatására az őszi időszak.

Kálium hiány nem szembetűnő azonnal a növényeken, azonban termés csökkenést okoz (Kalocsai et al., 2004). Hiánya esetén csökken a kukorica ellenállóképessége, megemelkedik a

párologtatása, ezáltal a levelek hervadását idézheti elő. *Optimálisnál nagyobb mennyiségű K* jelenléte következtében csökken a növekedési ütem, erősödhet a növény generatív jellege. Továbbá kalcium hiányt okozhat és hozzájárul a talajsavanyodáshoz is (Krisztián et al., 1995).

2.3.4. Mikroelemtrágyázás

Mikroelemek közül kiemelt fontosságú a *cink*. A kukorica cinkigényes növény. Azonban hazánk kukoricatermesztő területei alacsony cink tartalmúak. Ezen területek esetében a magasabb mésztartalom következtében cinkhiány alakulhat ki. Hazai talajaink 50%-a gyenge cinkellátottságú. A cink elengedhetetlen a növényi sejtek funkciójában és kiemelkedő szerepet tölt be az anyagcsere-folyamatokban (Hansch és Mendel, 2009). A cink kijuttatásával javíthatjuk a pollen életképességét és a magszámot (Liu et al., 2017; Zhang et al., 2020.) Zhang et al. (2020) kutatási eredményei igazolták, hogy aszálystressz alatt kiuttatott Zn javítja a kukorica vízhasznosító képességét, növeli a kukoricalevél klorofilltartalmát és mindez elősegíti a magasabb hozam kialakulását. *Cinkhiány* esetén a kukorica fejlődése vontatott lehet, az ízközök megrövidülnek, károsodnak a generatív szervek és a virágképződés is elmaradhat, ami termés kieséssel jár (Kalocsai et al., 2004). Hiány esetén a fiatal levelek világossárgák lesznek, az idősebb leveleken klorotikus csíkok képződnek. Tartós cinkhiány során a levél szürke elszíneződése figyelhető meg (Kramer és Clemens, 2005).

A *vas* egy másik nélkülözhetetlen elem. A növények Fe^{2+} formában veszik fel, vándorlása a növényben korlátozott, főként a kloroplasztiszokban található. A vasnak elengedhetetlen szerepe van légzésben, továbbá a klorofillképződésben, fotoszintézisben és fehérjészintézisben (Jean et al., 2007). *Vashiány esetén* csökken a klorofilltartalom és a fehérjészintézis. A fiatal levelek világosak lesznek. Hajtásnövekedés csökkenés, sötét levél- és hajtáselhalás is kialakulhat. Ennek következtében termésvesztést okozhat (Kanai et al., 2019). *Magas vastartalomnál* a leveleken megfigyelhető az intenzív, kékeszöld elszíneződés és gátoltá válik a gyökérnövekedés. A vasfelesleg kialakulása nem gyakori (Széles, 2021).

A *bór* esszenciális mikroelem, a sejtfa alkotóeleme. A kukorica bórigenyes növény. Elősegíti a tápelemek felvételét, alapvető funkciója a szénhidrátok és egyéb asszimiláták szállítása és felhalmozása, valamint kiemelkedő szerepe van a gyökér és a szállítószövetek kialakításában, és a termésképzésben. Hozzájárul a reproduktív növényi szervek fejlődéséhez. Hatással van a pollen kialakulására és a megtermékenyítésre (Goldbach et al., 2015). A bór nehezen mozog a növényben emiatt a hiánya főként a fiatal szövetekben jelentkezik. *Bórhiánynál* a fiatal leveleken klorózis és nekrosis képződik. Rövidebb ízközök alakulnak ki, elhal a hajtásvég, megvastagszik a levélnyél és törékennyé válik. A levélen fehér foltok jelentkeznek. *Bór*

tuladagolása következtében nekrozis tünetei jelentkeznek, amelyek először az idősebb levelek csúcán jelennek meg majd az egész nyövényre kiterjed (Kastori, 2017).

A *mangán* a növények anyagcsere-folyamatainak enzim aktivátora. Alapvető szerepe van a fehérjeszintézisben, a citromsav-ciklusban és a fotoszintézis folyamataiban (Loch és Nosticzius, 1983). Szerepet játszik a klorofillképzésben és az oldalgökerek képződését is elősegíti, ezáltal a növény több tápanyagot képes felvenni a talajból. A fejlődés korai szakaszában elősegíti a csírázást és a növekedést (Széles, 2021). Mozgékonyága korlátozott a növényben. *Mangánhiány* fellépése a fiatal leveleken észlelhető, szürke csíkok és foltok formájában. A levelek megtörnek. *Toxicitás* során az idősebb levelek klorózisa figyelhető meg, majd barna nekrozisok kialakulása tapasztalható. A levélszélek gyakran besodródhatnak. Másodlagos hatásként vashiány is kialakulhat (Nagy és Kovács, 2005).

2.4. Tápanyagutánpótlás módszerei

Nélkülözhetetlen a szakszerű tápanyag-gazdálkodási technológia kialakítása. A kijuttatandó műtrágya mennyiség szempontjából figyelembe kell vennünk két lényeges szabályt. A Liebig „minimutörvényt” illetve a csökkenő határhozam törvényét. Hazánkba 1974-re tehető a tápanyag-ellátási módszer kidolgozásának kezdete. Vizsgálatok alapján a szakemberek megállapították, hogy eredményes termesztéshez kiemelkedő fontosságú a megfelelő termőtalaj megválasztása. Emelett figyelembe kell vennünk a növény igényeit. A vizsgálatok során több tápanyag-visszapótlási rendszert dolgoztak ki. Hazai kutatások során, tartamkísérletek eredményei alapján javasolták a műtrágyázás hatásának értékelését, amely során tápanyagellátottság alapján különböző kategóriákba sorolják a talajokat. Ezt követően a tervezett termésmennyiség által kivont tápanyagmennyiség szolgál alapul a műtrágyaadag meghatározásának (Pummer és Holló, 1995; Debreczeni és Debreczeniné, 1994). Amerikában, talaj és növényvizsgálatokon alapuló tápanyag-utánpótlási módszert dolgoztak ki (Sommers, 1972). Rudefort és Webster által kidolgozott rendszer is talajvizsgálatokon alapszik és egy genetikai talajtérkép adatait figyelembe véve jutattja ki a megfelelő mennyiségű tápanyagot a növények tápanyagigényére szabva (Rudefort és Webster, 1973). Előtérbe került a költség- és környezetkímélő trágyázási rendszer alkalmazása, amely kis adagokban történő műtrágyakijuttatást javasol, ezáltal biztonságos és magas hozam érhető el (Csathó et al., 1998). Más kutatók szerint célszerű a foyékony műtrágyák használata és hatóanyagtartalmának növelése, továbbá a kijuttatás egyenletessége is befolyásolja a hatékonyságot (Russel, 1970; Csizmazia, 1990).

Kiemelt fontosságú az optimális időzítés a műtrágyaadagok kijuttatásában. A nitrogén alaptrágyázás optimális időszaka tavaszra tehető és célszerű megosztva kijuttatni alap- és fejtrágyaként. Ennek oka, hogy elillanhat, kimosódhat és a növény korai fejlettségi állapotában nem képes hozzájutni a szükséges mennyiséghez. Ha így járunk el csökkentjük a nitrogénvesztést, növelhetjük a tápanyagutánpótlás hatékonyságát és a termést (Csathó, 2003; Széles et al., 2019).

Fejtrágyázással a műtrágyázás hatékonyságát növelhetjük, amely hatással van a termés kvalitatív és kvantitatív paramétereire. Azonban jelentős költséggel is számolnunk kell alkalmazása esetén (Tóth, 2002).

Kukorica esetében a N adagok megosztása előnyökkel járhat. A kukorica az intenzív szárnövekedési periódustól kezdve, körülbelül 85%-át felhasználja a szükséges nitrogénmennyiségnek és ez nélkülözhetetlen a magasabb terméshozam elérése érdekében (Árendás, 2016). Vizsgálatok rámutatnak, hogy a jelenlegi kukoricahibridek többsége virágzást követően több N-t vesz fel (Haegeler, 2013). A vetés előtt 40 kg/ha N és röviddel a vetést követően kijuttatott 120 kg/ha N növelte a kukorica hozamát (Gross et al., 2006). A V12 fenofázisig elvégzett fejtrágyázás, hozzájárul a nitrátvesztés csökkenéséhez és az optimális hozam eléréséhez (Janes és Colvin, 2006; Ruiz Diaz et al., 2008). Bizonyított az is hogy a N adagok megosztásával javítható a NUE érték is (Amado, 2017). Mindezen eredmények alátámasztják a fejtrágyázás alkalmazásainak előnyeit (Széles, 2021).

A levéltrágya alkalmazása esetében is meghatározó a megfelelő időzítés. Hatékony beavatkozási technológia lehet a termésvesztés és a minőségromlás megelőzésére, továbbá használható a termés növekedésének és minőségének javítása érdekében (Hoffmann et al., 2014). Ezek a levéltrágyák elsősorban a mikroelemek pótlását segítik. Alkalmazásához talaj és növényvizsgálatok szükségesek (Árendás, 2014). Kutatási eredmények igazolják a kukoricatermesztés során alkalmazott levéltrágyázás hatékonyságát. Mikroelemek pótlása során legkorábban 2-4 leveles fenofázisban végezhető el, ezt követően 6-10 leveles állapotban és címerhányás megkezdése előtt ajánlott elvégezni (Hoffmann, 2016). A bór és a cink levéltrágyaként való kijuttatása is termésnövelő hatással bír (Hoffmann et al., 2018), míg a Cu levéltrágyázás hozmacsökkenést eredményezett (Barbosa et al., 2013).

2.5. A különböző időben és mennyiségben kijuttatott N műtrágyázás hatása a relatív klorofilltartalomra

Számos kutató, köztük Yadava (1986), Piekielek és Fox (1992), Schepers et al. (1992), Feil et al. (1997) és Ványiné Széles (2008) rámutatott, hogy a környezetbarát nitrogéntrágyázási dózisok meghatározásánál megfelelően alkalmazható a MINOLTA SPAD (502) klorofill mérő eszköz.

Berzsenyi és Lap (2003) SPAD-502 készülékkel vizsgálta a kukorica N-ellátottságát és értékelte a N kezelések hatását. A növény nitrogén ellátottságát jól tükrözték a SPAD értékek, melyek alapján következtetni lehetett a klorofilltartalomra. Ezen mérések bizonyítják, hogy a SPAD értékek alkalmasak a növények relatív klorofilltartalmának meghatározására. Sowiński (2018) véleménye szerint, a klorofilltartalom összefüggésben van a növény egészségi állapotával és a termés mennyiségével, ezáltal következtetni lehet a növény nitrogénellátottságára és a termés mennyiségére. Csajbók (2005) a kukorica tápanyagellátása és asszimilációja közötti összefüggések vizsgálata során igazolta, hogy a műtrágyázás hatással van a CO₂ asszimilációjára.

Zhang et al. (2018) vizsgálták az öntözés és a nitrogén trágyázás hatását a termés mennyiségére, a nitrogén és víz hasznosulására. Megállapították, hogy mind a műtrágyázás, mind az öntözés, hatással volt a növény klorofilltartalmára és így nagyban befolyásolta a termés mennyiségét is. Igazolták, hogy a nitrogéndózisok növekedésével a SPAD érték szignifikánsan nőtt. Bullock és Anderson (1998) és Schmidt et al. (2009) lineáris kapcsolatot mutatott ki a nitrogén mennyisége és a klorofill értékek között. Csajbók és Kutasy (2002a) vizsgálatuk során igazolták, hogy az öntözés növeli a tápanyag hasznosulást, ezáltal nagyobb fotoszintetikus felület képződik így csökkenthető a N veszteség. Ványiné Széles (2012) feniológiai fázisban (6, 12 leveles állapotban és 50%-os nővirágzásban) vizsgálta a növény klorofilltartalmát. Megállapította, hogy 50%-os nővirágzás idején szignifikáns hatással volt a kijuttatott nitrogén hatóanyag mennyisége a mért SPAD értékekre. Továbbá szoros korrelációt mutatható ki a növény relatív klorofilltartalma és a hozamok között (Berzsenyi és Lap, 2003; Micskei et al., 2009; Montemurro et al., 2006; Ványiné Széles, 2012). Berenguer et al. (2008) eredményeihez hasonlóan Csajbók és Kutasy (2002), Ványiné Széles (2010) és Ványiné Széles és Nagy, (2012) megállapították, hogy az évjárat nagymértékben hatással volt a műtrágyázás és a SPAD értékek alakulására, és ez a hatás genotípusokként eltérő volt. Száraz évjáratban, a SPAD értékek csökkenése, míg átlagos évjáratban növekedése volt tapasztalható (Ványiné Széles és Nagy, 2012; Ványiné Széles, 2012). Csajbók és Kutasy (2015) szerint a kukorica kedvező

vízellátottság mellett kevésbé hatékonyan hasznosítja a nedvességet, mint száraz évjáratban. Pakurár et al. (2003) igazolta, hogy az öntözésnek nem volt jelentős hatása a különböző tápanyagszinteken a SPAD értékekre. Ezzel szemben Nagy (2005), valamint Csajbók és Kutasy (2002) adatai bizonyították, hogy az öntözés nitrogénkoncentráció csökkenést eredményezett, így befolyásolta a levél klorofilltartalmát. Berenguer et al. (2008) azt a megállapítást tette, hogy 53 SPAD érték felett a kukorica már nem reagál a nitrogén többletre, ehhez hasonlóan Piekielek et al. (1995) 52-56, míg Ragán (2017) 51,5 SPAD értéket állapított meg.

2.6. A különböző időben és mennyiségben kijuttatott N-műtrágyázás hatása a kukorica sztómakonduktanciájára

A klímaváltozás az utóbbi időben egyre nagyobb szélsőségekkel jellemezhető és ez nagymértékben befolyásolja a termésbiztonságot. Egyre gyakoribbak a kedvezőtlen időjárási szélsőségek, a szárazság és vízhiány, mindez jelentős negatív hatást gyakorol a kukorica élettani folyamataira. Kársoan hatnak a növekedésére, termésmennyiségére és minőségére egyaránt (Xu et al., 2008; Spitzkó et al., 2013; Avramova et al., 2015; Mukesh et al., 2017; Song et al., 2018). Kukoricában az aszály okozta terméseszkökenés 10-76% is lehet, attól függően hogy melyik vegetációs szakaszban következik be (Bolaños et al., 1993). Bizonyított, hogy a vízellátás, hő és fényviszonyok hatása döntő szerepet játszik a sztómaellenállás nagyságának alakulása szempontjából (Anda et al., 2010). Yunpu et al. (2013) kukoricában való kísérlete arra világított rá, hogy hő hatására megváltozik a sztóma térbeli eloszlása, és a felmelegedés jelentősen növeli a sztóma vezetőképességét. Ezáltal a sztomatikus vezetőképesség hatással van a termés alakulására (Faralli et al., 2019; El-Sabagh et al., 2017).

A növény sztómáinak nyitottságát főként két tényező befolyásolja. A megnövekedett légköri vízigény és a talaj vízellátásának csökkenése. Ez azzal magyarázható, hogy a száraz levegő és a száraz talaj szorosan összekapcsolódik. A csapadékhiány által, a hőmérséklet növekedésének következtében csökken a fajlagos páratartalom (Gentine et al., 2016; Green et al., 2017). A csapadék azonban nagyobb mértékben előidézi a növényi vízstresszt a légkörön keresztül, mint a talaj által (Kimm et al., 2020). Kutatások alátámasztják, hogy a növény számára rendelkezésre álló víz nagymértékben befolyásolja a sztóma vezetőképességét. A talaj víztartalmának csökkenése következtében, csökken növény sztómáinak aktivitása (Miyashita et al., 2005; Osvaldir et al., 2017; Horváth et al., 2020). Ha a növények vízellátottsága csökken, részleges sztómazáródást okozhat (Wang et al., 2018), így javítva a növény vízhasznosító képességét (Nemeskéri és Helyes, 2019). Ennek következtében megállapítható, hogy a talaj víztartalmának csökkenése, a sztómaaktivitásban is csökkenést okoz (Osvaldir et al., 2017). Birkás et al. (2018)

kimutatta, hogy az optimális körülmények között élő növények jobb transzspirációs és sztómaellenállási képességet mutattak, mint a vízstresszben élő növények. A vízhiány növeli a sztóma sűrűségét és csökkenti a sztómák méretét, jelezve a növények alkalmazkodását az aszály stresszhez (Martinez et al., 2007; Nemeskéri és Helyes, 2019), továbbá a CO₂ abszorpciója csökken, ami befolyásolja a fotoszintézist, a növény teljes funkcionalitását, és rontja a növények növekedését és fejlődését (Thruppoyil, 2020; Yin et al., 2020). A növények sztómái szabályozzák a transzspiráció vízveszteségét és a fotoszintézis CO₂ felvételét (Yin et al., 2020). Koichi et al. (2005) a megállapíták – bab növény vizsgálata során –, hogy a 2 napnál, hosszabb időtartamú talajvízhiány sztóma bezáródást okoz, ami szignifikánsan befolyásolja a sztóma vezetőképességét. A környezeti viszonyokra adott sztómareakciók sebessége nagyban befolyásolja a vízfelhasználást és a fotoszintézist, ezáltal a sztomatikus vezetőképesség hatással van a termés alakulására (Michele et al., 2019). Spitzkó et al. (2014) szárazságstressz vizsgálata során az alábbi következtetéseket vonta le. Hosszú távú vízhiány hatására meghosszabodik a címerhánnyás és nővirágzás közötti időtartam, illetve csökken a termésképződés.

Az extrém időjáráshoz való alkalmazkodás egyik megoldása a talaj helyes előkészítése, a fizikai és vízgazdálkodási tulajdonságainak javítása, ami magában foglalja, hogy óvjuk a talajok szerves anyag tartalmát és szerkezetét, valamint javítsuk a talajok vízbefogadó, vízmeztartó képességét (Birkás és Jolánkai, 2008). Nem elhanyagolható a megfelelő növényszám és vetésidő megválasztása (Várallyay, 1984). Másik megoldás a stressztűrő, szárazságot jobban elviselő hibridek választása. Ezen hibridek tolerálják a magas hőmérsékletet (Jolánkai et al., 2016) és biztosítják a megfelelő hozamot és minőséget (Pepó, 2017). Anda et al. (2002) kutatásában megállapította, hogy a sztómaellenállás mérésével következtethetünk a növény vízellátottságára. Sőt vizsgálatok bizonyítják hogy a sztómakondukció mérésével, a tünetek megjelenése előtt kimutatható a növényi stressz (Horváth et al., 2020).

2.7. A különböző időben és mennyiségben kijuttatott N műtrágyázás hatása a kukorica termésére

A műtrágya-felhasználás fontos szerepet tölt be a kukorica terméshozamának növelésében, illetve meghatározó a makro- és mikroelemek felvételében (Berzsenyi és Lap, 2003; Csajbók, 2005; Nagy, 2008, 2017; Ványiné Széles et al., 2012a; Árendás et al., 2017; Seyyed, 2018; Lucas et al., 2019). A tápanyag egyik legmeghatározóbb tényező a termésképzés során (Csajbók et al., 2005). Tápanyagok közül a N, amely legnagyobb mértékben hatással van a termés mennyiségének alakulására (Bocz, 1976; Anda, 1987; Liu et al., 2013; Thomsen et al., 2014; Du et al., 2020, Sárvári és Pepó 2014, Graming et al. 2017, Széles et al. 2018b). Az

eredmények azt is kimutatták, hogy a helyszíni terepen és a hibridek közötti különbségekre alkalmazott helyspecifikus nitrogén kijuttatás növelheti a kukorica hozamát (Soil Science Society of America, 2007; Noha és Znag, 2012).

Az optimális mennyiségben és időben alkalmazott tavaszi N alap- és fejtrágyázásnak terésnövelő hatása igazolt (Muthukumar et al., 2007; Sitthaphanit et al., 2010; Ványiné és Nagy, 2012; Széles et al., 2019). Kutatások igazolják, hogy a nitrogéndózisok emelésével növelhetőek a kukorica termésképző elemei, ennek következtében magasabb termés érhető el (Torbert et al., 2001; Hejazi és Soleymani, 2014). Nagy (1978) vizsgálata során kimutatta, hogy a műtrágyázás akár 32%-al is növelheti a hozamot. A tápanyagutánpótlással növelhető az eszerszemtömeg, a csővenkénti szemszám (Bocz és Nagy 198) és a csőhossz (Karancsi, 2015), amely terméstöbbletet eredményez. Optimális N-ellátással, kedvező LAI-érték tartható fent, ez előnyös az asszimiláták szemtermésbe történő áramlása során (Anderson et al., 1985; Cheema et al., 2010), azonban aszály idején terméseszkökenést eredményezhet (Ruzsányi, 1981). A műtrágyakijuttatással javítható a kukorica vízhasznosítása, mely során növelhető a termésmennyiség (Pepó et al., 2016; Széles et al., 2018b).

2.8. A különböző időben és mennyiségben kijuttatott N műtrágyázás hatása a kukorica beltartalmi értékeire

A kukorica minőségét a beltartalmi paraméterei határozzák meg. A beltartalmi paraméterek javítása érdekében, fontos a megfelelő termőhely, a hibridek és az alkalmazott technológia megválasztása (Marton et al., 2008). A trágyázás a kukoricaszemek kvalitatív értékeit nagyban befolyásolja (Uribe-larrea et al., 2004; Taub et al., 2008; Karasu, 2012; Riedell, 2014; Széles et al., 2019) főként a N (Vázquez et al., 2015). Továbbá a genotípus (Hegyi et al., 2007; Guo et al., 2013) és a trágyázással való kölcsönhatásai (Sabaghet al., 2020). A kukoricahibridek eltérő beltartalmi értékekkel reagálnak a különböző N dózisok hatására. A fehérjetartalma, mint a takarmányozási érték egyik jellemzője, átlagosan 7-9% között változik. Keményítőtartalma, 65-70%, és az olajtartalma, 3-5% között alakul (Pepó és Sárvári, 2011). A kukoricaszemben a fehérje és az olaj megoszlása egyenetlen, ezért minden olyan tényező (pl: műtrágya), ami hatással van a szem tömegarányára, a szem olaj és fehérjetartalmát is befolyásolja (Izáki, 2006). A műtrágyadózis statisztikailag igazolhatóan befolyásolja a kukorica fehérjetartalmát. A műtrágyadózisok növelésével a fehérjetartalom lineáris növekedése bizonyított (Balláné, 1960; Bocz és Pekáry, 1974; Györi, 2002; Széles et al., 2018b; Horváth et al., 2020). A növekedés intenzitása évről-évre függ (Bocz és Pekáry, 1974; Szirtes et al., 1977) 5-9% közötti lehet és szoros összefüggés igazolható a termés ingadozásával. Széles et al. (2019) vizsgálata során

igazolta, hogy csapadékban gazdag évjáratban az alacsonyabb N dózisú kezelés, míg száraz évjáratban a magasabb N adag biztosított nagyobb fehérjetartalmat. Nem öntözött körülmények között magasabb fehérjetartalom érhető el (Latkovicsné, 1961; Bocz, 1978). Hasonló eredményre jutott Izsáki (2006) kísérletében, csapadékos, hűvösebb évjárat alacsonyabb, míg meleg száraz év magasabb fehérjetartalmat eredményezett.

Győrffy (1965) rámutatott, hogy a N növeli a fehérjetartalmat, de a fehérje minőségére negatív hatással lehet. Ugyanis a magasabb N tartalom, hatással van az aminosav-egyensúlyra, ami által csökkenhet a kukorica tápértéke (Radulov et al., 2020).

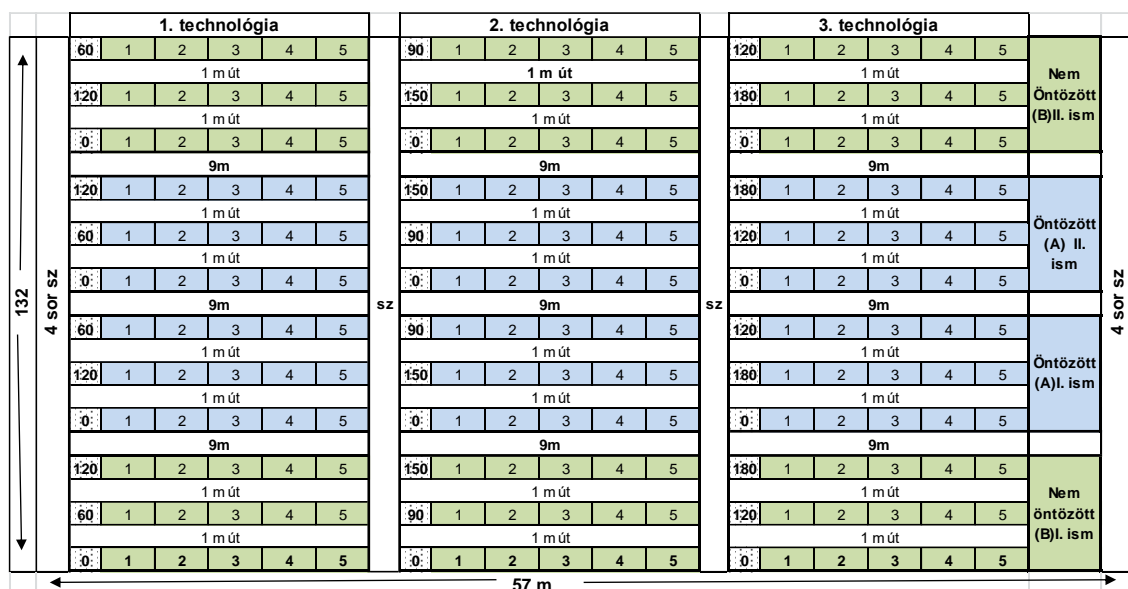
Nozary et al (2020) kutatásában vizsgálva a N hatását megállapította, hogy a keményítő és olajtartalomra nem volt szignifikáns hatással. Számos kutató azonban arra a megállapításra jutott, hogy magasabb N arányok kijuttatásával a kukoricaszem olaj és keményítőtartalma csökken (Miao et al., 2006; Holou és Kindomhhou, 2011; Izsáki, 2014; Horváth et al., 2020).

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1 Termőhely bemutatása

3.1.1. Termőhely elhelyezkedése, a kísérlet beállítása és elrendezése

Vizsgálatokat a Debreceni Egyetem Látóképi Kísérleti Telepén, (47° 33' É, 21° 26' K, 111 m) mély humuszos rétegű, közepkötött alföldi mészlepedékes csernozjom talajon végeztük, 2018 és 2020 között öntözött és nem öntözött körülmények között. A kísérlet kétszeresen osztott parcellás (split-split-plot) elrendezésű, kétismétléses (1,5 ha) szántóföldi tartamkísérlet. A főparcellákon a hibridek, osztó parcellákon az öntözési változatok (öntözött, nem öntözött), valamint az osztó-osztóparcellákon a műtrágyadózisok szerepelnek (4. ábra).



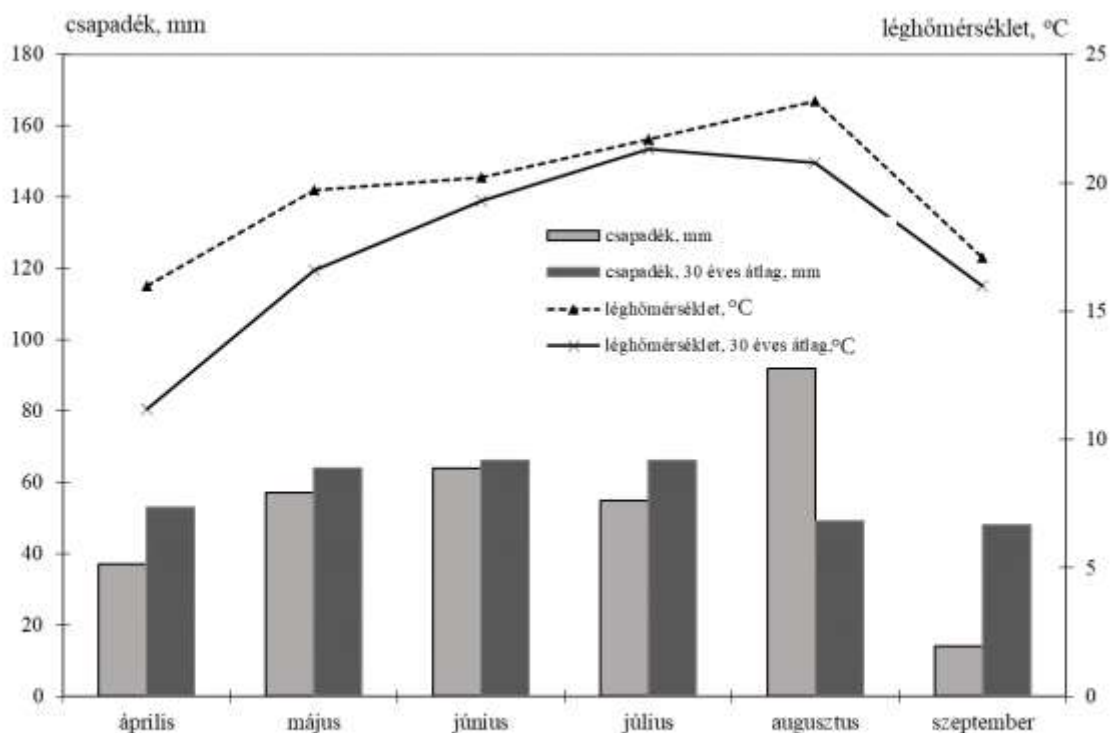
4. ábra: A kísérlet elrendezése

3.1.2. A termőhely talajadottsága

Talajvizsgálati eredmények alapján a kísérlet talajára az alábbi tulajdonságok jellemzőek: pH_{Cl} értéke 6,6, gyengén savanyú kémhatású, ez a növények tápanyagfelvétele szempontjából optimálisnak mondható. A talaj felső (20 cm) rétegében az Arany-féle kötöttségi szám 39, a vízben oldható sók összes mennyisége 0,04%, ami alacsony sótartalomnak számít. A szénsavas mésztartalom a talaj felső 80 cm-ében 0% körül mozog, míg 100 cm-től 12% mésztartalom van jelen, ami alapján megállapítható, hogy a talaj közepesen meszes. A talajfelső 20 cm-es rétegében 2,3%-os szervesanyag-tartalom állapítható meg, a 120 cm-es mélységében nem haladja meg az 1,0%-ot. A talaj kálium ellátottsága jó, P-ellátottsága közepesnek mondható.

3.1.3. A termőhely időjárása

A 2018. év áprilisának 16,0 °C-os középhőmérséklete közel 5 °C-kal haladta meg a 30 éves átlagot (1988-2018) és a csapadék 16 mm-el volt kevesebb (5. ábra). Májusban ismét rekord magas volt a középhőmérséklet (19,7 °C), a csapadék 57 mm volt, amelynek nagy része a hónap középső dekádjában hullott. A június 0,9 °C-al, a július 0,4 °C-al volt melegebb a sokévi átlaghőmérséklettől. A július szélsőségektől mentes volt, átlag közeli hőmérsékletű időjárás jellemezte. A csapadék is viszonylag kiegyenlítetten hullott, azonban a mennyisége kissé elmaradt a sokévi átlagtól (66 mm). Jelentős csapadék (92 mm) csak augusztus végén volt, amely 43 mm-el haladta meg a sokévi átlagot és a hőmérséklet szempontjából is pozitív anomáliát tapasztaltunk (2,4 °C). Szeptember első felében az átlagnál 2–3 °C-kal magasabb volt a középhőmérséklet. A hónap hőmérséklete átlagosan alkult (17,0 °C), azonban 34 mm-el kevesebb csapadék hullott az átlaghoz képest. Összességében a tenyészidőszakban 319 mm csapadék hullott, amely 27 mm-rel maradt alatta a sokévi átlagnak (346 mm), a hőmérséklet azonban 2,1 °C volt, melegebb mint az átlag (17,5 °C).

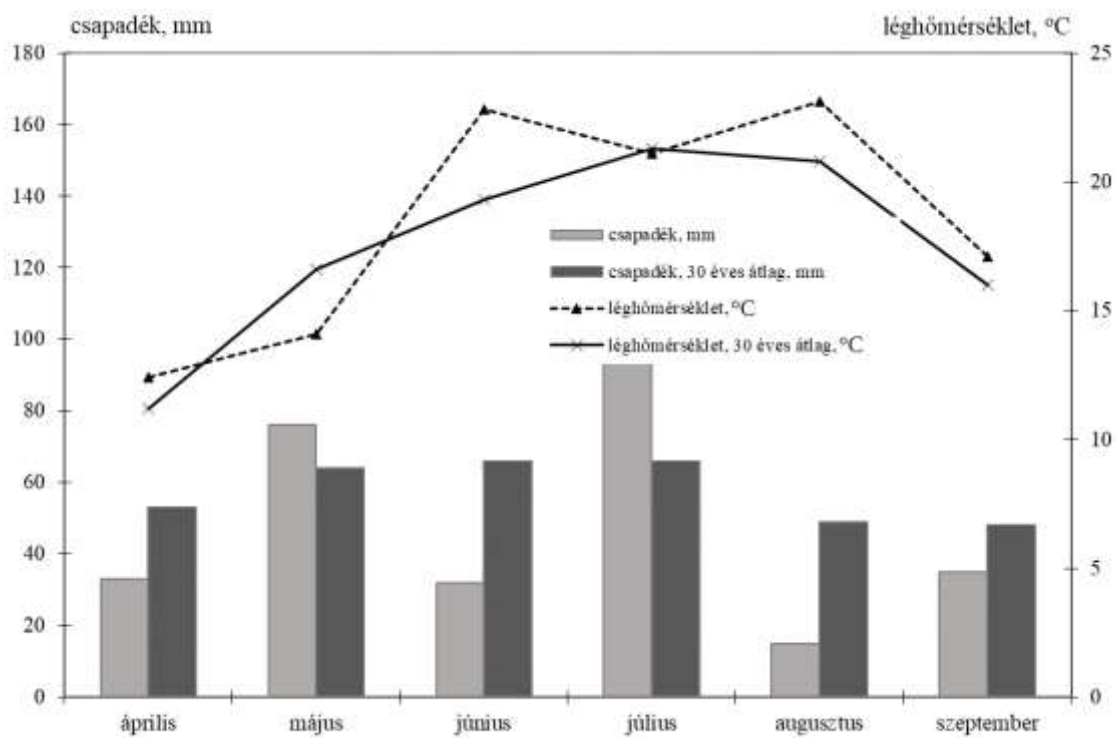


5. ábra: A középhőmérséklet és csapadék alakulása a kukorica tenyészidőszakában (Debrecen, 2018)

Forrás: Nagy et al., 2020 adatai alapján saját szerkesztés

2019. év áprilisát az átlagosnál enyhébb és szárazabb időjárás jellemezte (6. ábra). A május csapadékban gazdag (76 mm), hűvös volt, 2,5 °C-al volt alacsonyabb az átlaghőmérséklet a 30

éves átlaghoz viszonyítva. Júniust az átlagosnál szárazabb időjárás jellemezte, középhőmérséklet (22,8 °C) is kifejezetten magas volt és mindössze 32 mm csapadék hullott, ami 34 mm-el volt kevesebb a sokévi átlagtól. A júliust igen alacsony középhőmérséklet (21,1 °C) jellemezte. A havi csapadékösszeg jelentősen meghaladta a sokévi átlagot, a 99 mm-es érték 33 mm-es pozitív anomáliát mutatott. Ez volt a tenyészidőszak legcsapadékosabb hónapja. Augusztusban mindössze 15 mm hullott, ami 34 mm-el kevesebb az átlagos csapadékmennyiségtől és a hőmérséklet kezdetben még átlag körül alakult, azonban a hónap végét jelentős (2,3 °C) pozitív anomália jellemezte. Szeptemberben a hőmérséklet (17,1 °C) kissé az átlag felett alakult. A 35 mm-es csapadékmennyiség 13 mm-el maradt el az átlagtól. A tenyészidőszakban mindössze 290 mm csapadék hullott, amely a sokévi átlagtól 56 mm-rel volt kevesebb, a hőmérséklet pedig 0,9 °C-al volt melegebb.

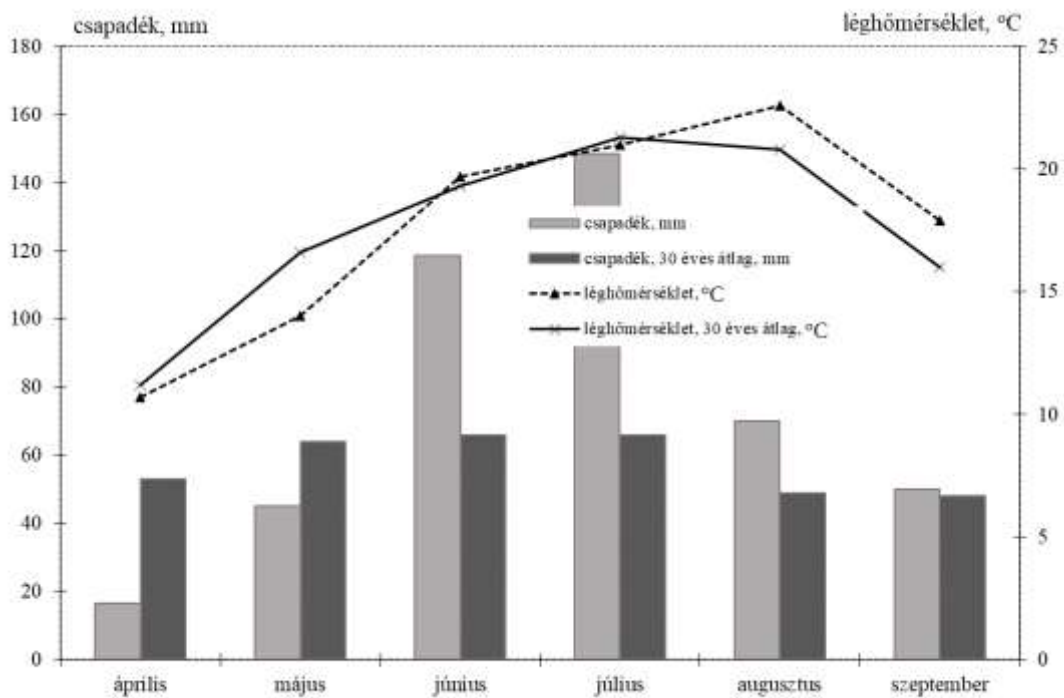


6. ábra: A középhőmérséklet és a csapadék alakulása a kukorica tenyészidőszakában (Debrecen, 2019)

Forrás: Nagy et al., 2020 adatai alapján saját szerkesztés

2020. év áprilisában 16,5 mm csapadék hullott, ami jelentősen elmaradt az 52,8 mm-es sokéves átlagtól. A csapadékhiányos időszak május végéig megmaradt. A hőmérsékleti viszonyok szintén kedvezőtlenül alakultak, az átlagosnál kissé hűvösebb volt április (-0,4 °C havi átlag hőmérsékleti anomália) és a májusi havi átlaghőmérséklet is elmaradt 2,6 °C-kal a sokéves havi átlaghőmérséklettől. Júniusban 15 csapadékos napon összesen 118,5 mm csapadék hullott, ami

közel kétszerese volt a 66,5 mm-es sokéves havi csapadékösszegnek (7. ábra). A júliusi 21,0 °C havi átlaghőmérséklet 0,3 °C-kal maradt el a sokéves átlagtól, a 148,5 mm-es havi csapadék összeg kimagaslónak számít. 82,4 mm-el több csapadék hullott a sokéves átlaghoz képest. Augusztusban a 70 mm-es csapadékösszeg 21 mm-el meghaladta a 49 mm-es sokéves átlagot. Hőmérsékleti szempontból ezen időszak volt a 2020-as tenyészidőszak legmelegebb periódusa. A 22,6 °C havi átlaghőmérséklet közel 1,8 °C-kal volt magasabb, mint a sokéves havi átlag. Szeptemberben a 17,8 °C-os átlaghőmérséklet 2 °C-kal meghaladta a sokéves átlagot. A hónap időjárása csapadék szempontjából, átlagosan alakult, 50,1 mm csapadék hullott, ami mindössze 2,6 mm-el több az átlagos csapadékmennyiségtől. Összességében a tenyészidőszakban jelentős volt a csapadék, 449 mm, amely 103 mm-rel haladta meg a sokévi átlagot, a hőmérséklet mindössze 0,2 °C-kal volt melegebb.



7. ábra: A középhőmérséklet és csapadék alakulása a kukorica tenyészidőszakában (Debrecen, 2020)

Forrás: Nagy és Nagy, 2020 adatai alapján saját szerkesztés

3.1.4. A kísérlet kezelései

A kísérletben műtrágyázás nélküli (kontroll) kezelés mellett a N-műtrágyaadagok alap- és fejtrágyaként megosztva kerültek kijuttatásra (1. táblázat). A tavaszi alaptrágyaként kijuttatott 60 és 120 kg N/ha dózist kétszeri fejtrágyázás követte V6 és V12 fenofázisban, mennyisége +30 és +30 kg N/ha volt. Az alkalmazott agrotechnikai beavatkozásokat a 2. táblázat tartalmazza.

1. táblázat: Az alkalmazott műtrágyamennyiségek és kijuttatásának ideje

Jelölés	Kezelés
A ₀	műtrágyázás nélküli kontroll
A ₆₀	60 kg N/ha vetés előtt
A ₁₂₀	120 kg N/ha vetés előtt
V ₆ ₉₀	60 kg N/ha vetés előtt+30 kg N/ha V6 fenofázisban
V ₆ ₁₅₀	120 kg N/ha vetés előtt+30 kg N/ha V6 fenofázisban
V ₁₂ ₁₂₀	60 kg N/ha vetés előtt+30 kg N/ha V6 fenofázisban+30 kg N/ha V12 fenofázisban
V ₁₂ ₁₈₀	120 kg N/ha vetés előtt+30 kg N/ha V6 fenofázisban+30 kg N/ha V12 fenofázisban

2. táblázat: Az alkalmazott agrotechnika

Agrotechnikai műveletek	2018	2019	2020
Vetés	április 23.	április 10.	április 17.
Öntözés	június 27., 35 mm	július 1., 25 mm	május 8., 15 mm
	július 8., 25 mm		május 15., 15 mm
Betakarítás	szeptember 27.	október 9.	október 24.

Az elővetemény minden évben kukorica volt. A kísérletben öt eltérő genotípusú hibrid szerepelt, öntözött és nem öntözött körülmények között. Jelen dolgozatban a Sushi (FAO 340), a Fornad (FAO 420) és Armagnac (FAO 490) hibrid került elemzésre, öntözött és nem öntözött változatban.

Az öntözővíz kijuttatása a Valley 8120 universal lineár öntözőgéppel történt. A betakarítást a Sampo 2010 típusú parcellakombájnnal végeztük. A betakarított szemtermést 14%-os nedvességtartalomra számítva adtuk meg.

3.2. Mérő eszközök és vizsgálati módszerek

3.2.1. TDR 300-as talajnedvesség mérő

A talajnedvesség meghatározására a hordozható kézi Field Scout TDR 300-as szondát használtuk (8. ábra), amely méri és regisztrálja a terepspecifikus talajnedvesség szinteket. A TDR 300 nagy pontossággal határozza meg a talajnedvességet, a talajviszonyok teljes skálája mentén, a 20 cm-es szonda rudakból a mérések mélységének megfelelően. Az LCD kijelző két működési módot nyújt: volumetrikus víztartalom és öntözési menedzsment mód. Az értékeket μS -ben adja meg, ami $\text{tf}\%$ -ba került átváltásra. Vizsgálatok során parcellánként 3 mérést végeztünk és a mérések átlagából következtettünk az adott parcella talajnedvességi viszonyaira.



8. ábra: TDR 300 talajnedvesség mérő

3.2.2. SPAD-502 klorofill mérő

A relatív klorofilltartalom meghatározását más kutatók vizsgálatai alapján (Yadava, 1986; Piekielek és Fox, 1992; Schepers et al, 1992; Berzsenyi és Lap, 2003b; Ványiné Széles, 2008) a MINOLTA SPAD-502 klorofill mérővel végeztük. Minden parcellán három növényt mértünk, a méréseket V6 (Ritchie et al., 1997) és V12 fázisban a legfelső kifejlett levélen, az R1 fenológiai fázisban a csővel átellenes levélen végeztük (Costa et al., 2001). A méréseket, minden parcella balról, második sorának 6. 7. és 8. növényén végeztük (9. ábra).

A műszer használata során meghatároztuk a levél „zöldességét” (Minolta, 1990), amely „zöldesség” és a spektrofotométerben mért acetonos kivonatú klorofilltartalom között szignifikáns különbség mutatható ki (Marquard és Tipton, 1987).

Működési elve Inada (1963) nevéhez fűződik. A műszer meghatározza a 650, valamint a 940 nm-es hullámhosszon a fény áthatolását a levélen. Méri a levél felületén áthaladó vörös és

közeli infravörös spektrum hányadát (Schröder et al., 2000). A kibocsátott és beérkező fény intenzitásából határozza meg a műszer a relatív klorofilltartalmat, azaz SPAD értéket, amely 1-100 között változhat. $SPAD = NIR/RED$, ahol a NIR a levélen áthaladt közeli infravörös (940 nm) fény intenzitása. A RED a levélen áthaladó vörös (650 nm) fény intenzitása (Minolta Camera Co. Ltd., 1990).



9. ábra: SPAD-502 klorofill mérő

3.2.3. Sc-1 levél porométer

Az Sc-1 Leaf Porometer egy akkumulátoros, menüvezérelt eszköz, amely a levelek sztomatikus vezetőképességét méri. Működési elve: kalibrálást követően a mérő fejet a levélre csiptetve határozza meg a sztóma sűrűségének, méretének és nyitási fokának függvényéből számolt sztomatikus vezetőképességet, amely mértékegysége: $1 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Mérési tartomány: $0-1000 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. A levél sztomatikus vezetőképességét befolyásolják a fényviszonyok, függ az árnyéktól és a naptól. Ezért a méréseket mindig napfényes időben, délelőtt 10 és 12 óra között végeztük. Továbbá a vezetőképességet a levél kora és a növény helyzete is befolyásolja, ezért javasolják a különböző pozícióikban történő leolvasását (Nicometo, 2012). Minden növényen három mérést végeztünk, így kilenc mérés átlaga reprezentálta az adott parcella sztóma konduktivitást. Az egész növényre jellemző érték eléréséhez a kijelölt növényeken – az eltérő fejlettséget és árnyékoltságot figyelembe véve – az alsó, középső és felső leveleken végeztük a méréseket. A két valódi ismétléssel együtt minden kezelésben, mindhárom növekedési szakaszban (V6, V12 és R1) egyenként 18 méréssel rendelkezünk, és ez biztosította a reprezentativitást (10. ábra).



10. ábra: Sc-1 Leaf porometer

3.2.4. FOSS- Infratec -beltartalom mérő

Betakarítást követően a belartalmi érték (keményítő, fehérje és olaj) a Foss- Infratec 1241 Grain analyzer-rel került meghatározásra, a betakarítás során 0,5 kg-os kukoricaszem mintákból (11. ábra). A transzmissziós működési módban, 850 és 1048 nm közötti régióban végzett spektrumfelvételt, 2 nm-es lépésközzel, 5 almintát létrehozva. A műszert vezérlő szoftver: ISW 3.10 (FOSS Tecator AB, 2003).



11. ábra: Foss- Infratec 1241 Grain analyzer

3.2.5. A kísérleti adatok statisztikai értékelése

A grafikonokat Ms Excel 2016 programmal készítettük. A statisztikai kiértékelést az SPSS. 14.0 for Windows statisztikai programcsomaggal végeztük. A kezelések és a változók (SPAD érték; termés; beltartalmi értékek) kapcsolatához varianciaanalízist végeztünk. A kezelések középértékeinek összehasonlítását Duncan-tesztel vizsgáltuk. Lineáris regresszióanalízist végeztünk a független és függő változók közötti kölcsönhatások megállapítására. Vizsgálatainkban a 0,5 alatti értékkel jellemezhető korrelációt gyengének, a 0,5-0,8 közötti r értéket közepesnek és a 0,8 feletti korrelációs együttható esetén a kapcsolatot szorosnak tekintettük.

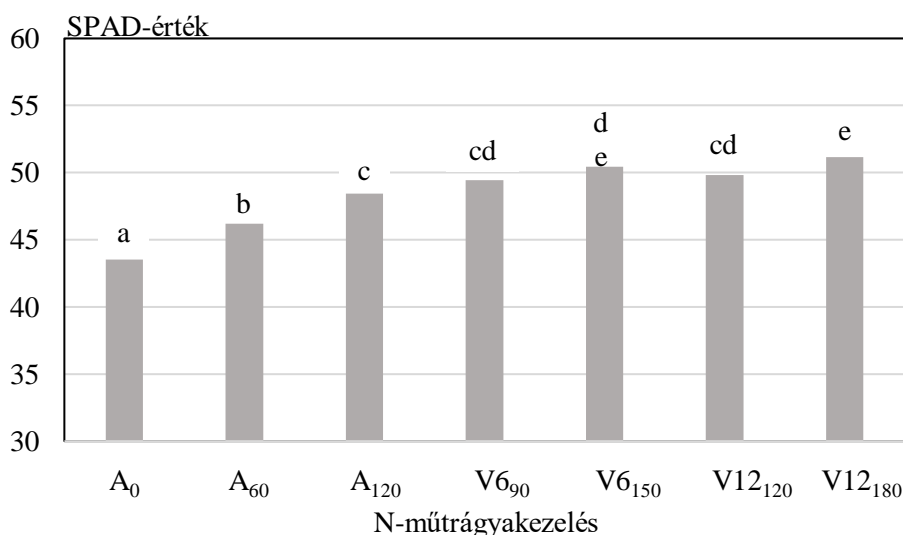
4. EREDMÉNYEK

4.1. Különböző időben és mennyiségben kijuttatott N-műtrágya, a növekedési fázisok, a genotípus, öntözés és az évjárat hatása a kukorica relatív klorofilltartalmára

4.1.1 Különböző időben és mennyiségben kijuttatott N-műtrágya, öntözés, genotípus és fenofázis hatása a kukorica SPAD értékére az évek átlagában

A kutatásunk során vizsgáltuk a műtrágya, az öntözés, a hibridtulajdonságok és az évjárat, valamint ezen tényezők kölcsönhatását a kukorica SPAD értékére. A kezelések (műtrágyázás, öntözés, fenofázis, hibridek és évek) összevont varianciaanalízise kimutatta, hogy a fő tényezők mindegyike hatást gyakorolt ($p < 0,001$) a relatív klorofilltartalomra. Legnagyobb befolyásoló hatása a fenofázisnak, majd a műtrágyának, legkisebb mértékben az öntözésnek volt. Igazolható kölcsönhatás nem volt az év x hibrid, öntözés x hibrid, öntözés x fenofázis, valamint a műtrágya x hibrid tényezők között (1. melléklet).

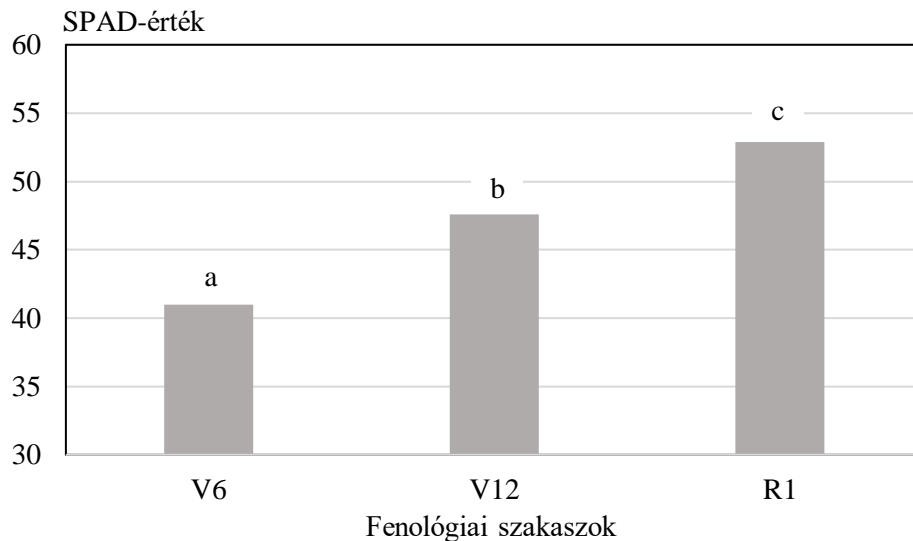
A műtrágyakezeléseket figyelembe véve, megállapítható – a kezelések átlagában –, hogy a nem műtrágyázott kezelésben (A_0) volt a legkisebb a relatív klorofilltartalom érték (43,5). Az alaptrágyaként kijuttatott 60 kg N/ha (A_{60}) műtrágya 6,2%-os SPAD érték növekedést eredményezett (46,2; $p < 0,05$). Ezt a kezelést 6 leveles állapotban, további 30 kg N/ha műtrágyaadaggal emelve, a SPAD érték 6,9%-al növekedett (49,4; $p < 0,05$). A legnagyobb SPAD érték növekedést $V_{12_{180}}$ kezelés biztosította (51,2), amely jól elkülönült minden kezeléstől ($p < 0,05$). A növekedés mértéke 5,6% volt a 120 kg N/ha tavaszi alapkezeléshez és 17,7% az A_0 kezeléshez viszonyítva (12. ábra).



12. ábra: A N-műtrágyázás hatása a kukorihibridek SPAD értékére a kezelések átlagában (Debrecen, 2018-2020)

Megjegyzés: A különböző betűvel jelzett SPAD értékek szignifikánsan különböznek egymástól a Duncan tesztalapján, $p < 0,05$ valószínűségi szinten.

A kukorica adott fejlődési szakaszában a kezelések átlagában mért SPAD értékek alapján megfigyelhető, hogy a V6 fenofázisban volt a legalacsonyabb érték (41,0). A V12 fenofázisban (47,6) 16,1%-os SPAD érték növekedés volt igazolható ($p < 0,05$) és ezt az R1 szakaszban (52,9) további 11,1%-os növekedés ($p < 0,05$) követte (13. ábra).

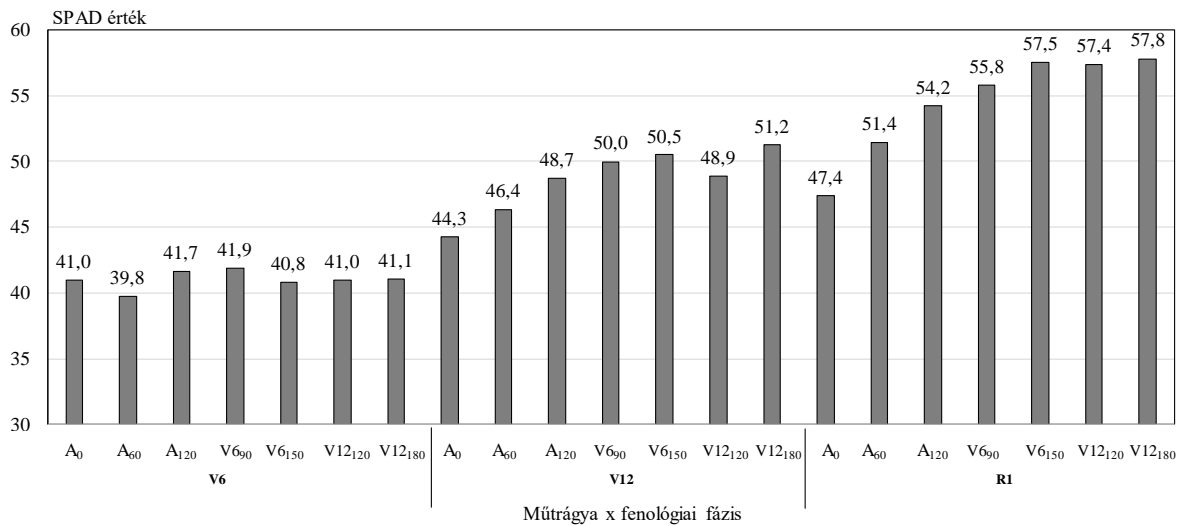


13. ábra: A fenológiai fázisok hatása a kukorica SPAD értékére a kezelések átlagában (Debrecen, 2018-2020)

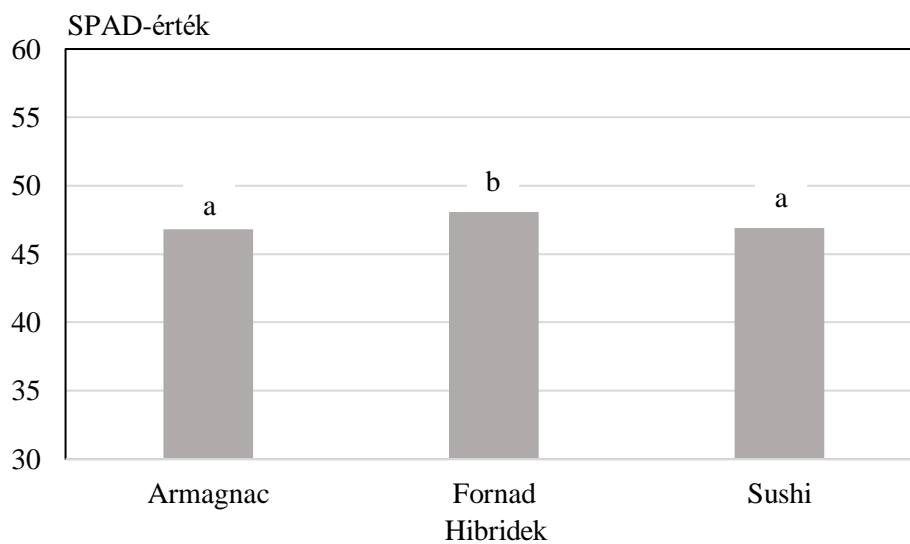
Megjegyzés: A különböző betűvel jelzett SPAD értékek szignifikánsan különböznek egymástól a Duncan tesztalapján, $p < 0,05$ valószínűségi szinten.

A műtrágyázás és a vizsgált növekedési szakaszok kölcsönhatása befolyásolta a SPAD értékek alakulását ($p < 0,001$). A műtrágyaadagok, illetve a növények növekedésével emelkedtek a SPAD értékek. A fenológiai fázisok előrehaladtával még a nem műtrágyázott kezelésekben is növekedés volt, amely az alkalmazott kukoricahibridek természetes tápanyaghasznosító képességének köszönhető. Az R1 fenofázis V12₁₈₀ kezelésében volt a legnagyobb (57,8) a SPAD érték, amely statisztikailag is megbízható különbséget mutatott a V6₁₅₀, a V12₁₂₀ kezelésektől (14. ábra).

Hibridenként vizsgálva a legmagasabb SPAD értéket – kezelések átlagában – a Fornad hibrid érte el (48,2), az Armagnac hibrid 3,0%-kal ($p < 0,05$) és a Sushi hibrid 2,1%-kal ($p < 0,05$) volt alacsonyabb. Az Armagnac és a Sushi hibridek között megbízható eltérés nem volt (15. ábra). Az elvégzett évenkénti vizsgálat alapján megállapítható, hogy a kukorica SPAD értéke 2018-ban volt a legalacsonyabb (46,0), amely 7,2%-kal növekedett 2019-ben (49,3; $p < 0,05$) és 2,4%-kal 2020-ban (47,1; $p < 0,05$) (16. ábra).

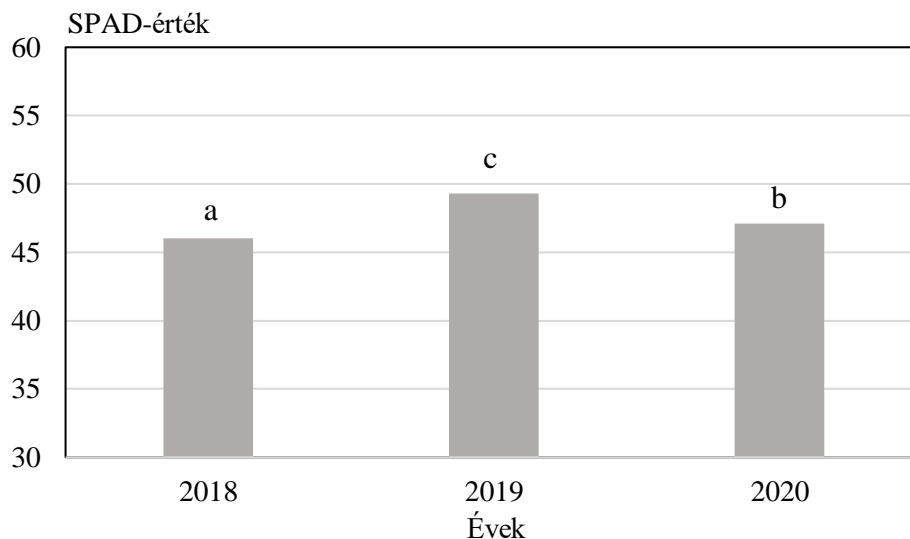


14. ábra: A műtrágyázás és a fenológiai fázisok hatása a kukorica SPAD értékére a kezelések átlagában (Debrecen, 2018-2020)



15. ábra: A kukoriahibridek hatása a SPAD értékre a kezelések átlagában (Debrecen, 2018-2020)

Megjegyzés: A különböző betűvel jelzett SPAD értékek szignifikánsan különböznek egymástól a Duncan tesztalapján, $p < 0,05$ valószínűségi szinten.



16. ábra: Az évjárat hatása a kukorica hibridek SPAD értékére a kezelések átlagában (Debrecen, 2018-2020)

Megjegyzés: A különböző betűvel jelzett SPAD értékek szignifikánsan különböznek egymástól a Duncan teszt alapján, $p < 0,05$ valószínűségi szinten.

4.1.2 Különböző időben és mennyiségben kijuttatott N-műtrágya, genotípus és fenofázis hatása a kukorica SPAD értékére az évek átlagában, nem öntözött kezelésben

A **nem öntözött változatban** a varianciaanalízis eredménye alapján megállapítható, hogy a fő tényezők (műtrágyázás, fenofázis, hibrid és az évek) szoros ($p < 0,001$) összefüggést mutatnak a SPAD érték alakulásával. Az évjárat, a műtrágyázás és a fenofázis hibridtulajdonságokkal való kölcsönhatása statisztikailag nem igazolható (2. melléklet).

A legalacsonyabb SPAD érték (43,3) az A_0 kezelésben volt kimutatható. A nem műtrágyázott kezeléséhez viszonyítva az A_{60} 8,3%-kal (46,9; $p < 0,05$), az A_{120} kezelés 12,5%-kal (48,7; $p < 0,05$) növelte a SPAD-értéket. A két tavaszi alapkezelés közötti eltérés 3,8%, amelyet a Duncan teszt egy csoportba sorolt. A V6 fázisban A_{60} és A_{120} kezelést további 30 kg N/ha műtrágyaadaggal növelve 6,6%-os (V_{690} ; $p < 0,05$) és 5,1%-os (V_{6150} ; $p < 0,05$) növekedést eredményezett. A legnagyobb SPAD értéket a V_{12180} kezelés (51,5) biztosította, amely 18,9%-kal magasabb, mint a nem műtrágyázott SPAD-érték, azonban megbízhatóan nem különbözött a V_{6150} kezeléstől (51,2) (3. melléklet). A növények növekedésével növekedett a SPAD érték. Legalacsonyabb érték a V6 szakaszban 41,3 volt, amely az R1 szakaszra (53,2) 28,8%-kal nőtt (4. melléklet).

Nem öntözött körülmények között a műtrágyázás és a vizsgált növekedési szakasz kölcsönhatás befolyásolta a kukorica hibridek SPAD értékét ($p < 0,001$). A műtrágyázás hatására a fenofázisok

előrehaladtával a SPAD értékek növekedtek (5. melléklet). Legalacsonyabb érték a V6 állapot nem műtrágyázott kezelésében (40,6), míg a legmagasabb az R1 V12₁₈₀ kezelésben (58,1) volt, amely a Duncan teszt alapján is megbízható különbséget mutatott minden alkalmazott kezeléstől. Az R1 növekedési szakaszban a nem műtrágyázott (A₀) és a 60 kg N/ha tavaszi alapkezeléstől (A₆₀) eltekintve a kukoricahibridek SPAD értékei elérték, illetve meghaladták Piekielek et al. (1995) által ajánlott maximális 52-56 SPAD értéket. A SPAD érték a Fornad hibridnél volt a legnagyobb (48,6), azonban a hibridek között szignifikáns eltérés nem volt kimutatható (6. melléklet). A 2019-ben mért SPAD érték (49,1) jelentős mértékben eltért a 2018-as 46,0 (6,7%; p<0,05) és a 2020-as 47,8 (3,9%; p<0,05) évek értékétől. Nem volt igazolt különbség 2019 és 2020 értékei között (7. melléklet).

4.1.2.1. Az évjárat, a különböző időben és mennyiségben kijuttatott N-műtrágya, genotípus és a fenofázis hatása a kukorica SPAD értékére, nem öntözött kezelésben

Nem öntözött változatban elvégzett évenkénti varianciaanalízis kimutatta, hogy a legnagyobb hatása a SPAD érték alakulására a fenofázisnak volt mindhárom évben. A hatás megbízhatósága 2018-ban 1%-os, 2019. és 2020. évben 0,1%-os szinten igazolt. A műtrágyázásnak SPAD érték befolyásoló hatása 2018-ban és 2019-ben volt (p<0,001). A hibridtulajdonságok hatását 2020-ban igazolta a varianciaanalízis (p<0,001). A kölcsönhatások közül a műtrágyázás x fenofázis kölcsönhatása igazolt 2018-ban és 2020-ban (p<0,001), illetve a műtrágyázás x hibrid (p<0,01) 2020-ban (8. melléklet). Mindhárom évben az A₀ kezelésben volt a legalacsonyabb a SPAD érték, és a műtrágyaadagok növelésével 2019. év kivételével szignifikánsan növekedett egy meghatározott szintig (9. melléklet). A legnagyobb értéket a V12₁₈₀ kezeléssel érték el 2018 (51,5) és 2020 években (52,2). Statisztikailag eredményes azonban 2018-ban az alaptrágyaként kijuttatott 60 kg N/ha+ V6 fenofázisban további +30 kg N/ha műtrágyaadag V6₉₀; (51,2), míg 2020-ban az alaptrágyaként kijuttatott 120 kg N/ha + V6 fenofázisban további 30 kg N/ha műtrágyaadag (V6₁₅₀; 50,2) volt. A 2019 évi SPAD eredmények a nem műtrágyázott (A₀) és a tavaszi alapkezelésekben (A₆₀, A₁₂₀) magasabb, a fejtrágyázás hatására azonban alacsonyabb értéket mutattak a másik két évhez képest.

A fenológiai fázisok előrehaladtával – kivétel a 2020 év V6-V12 fenológiai szakasz között – növekedett (p<0,05) a kukorica SPAD értéke (10. melléklet). A V12 fenofázisra a legnagyobb növekedés 2018-ban (23,5%) volt. V12-R1 közötti SPAD érték növekedés 2020-ban (16,4%) és a 6 leveles állapottól az 50%-os nővirágzásig 2019-ben volt a legnagyobb (33,6%). A növekedési szakaszok SPAD értékei évenként jelentős eltérést mutattak. A legnagyobb

évjáráthatást 6 leveles állapotban lehetett kimutatni 2018 és 2020 év között (11,3%). Mindhárom évben az R1 szakaszra a SPAD érték 50,0 felett volt, 2019-ben volt a legnagyobb (55,7). A hibridek között szignifikáns eltérést 2020-ban lehetett kimutatni. A Fornad hibrid érte el a legmagasabb SPAD értéket (49,3), 5,6%-kal megelőzve az Armagnac és 4,0%-kal a Sushi hibridet. Az Armagnac és Sushi hibridek közötti 1,5%-os eltérés nem megbízható (11. melléklet). Az évjárat eltérően módosította a hibridek SPAD értékét. 2018. évben az Armagnac 46,6, a Fornad 46,0 és a Sushi 45,5 SPAD értéket ért el. 2019-ben az Armagnac hibrid SPAD értéke kisebb (5,0%), míg a Fornad (7,6%) és a Sushi (7,3%) hibridek nagyobb mértékben növekedtek 2018 évhez viszonyítva. 2020-ban a Fornad (7,2%) és a Sushi (4,2%) hibrideknél magasabb SPAD értéket mértünk 2018 évhez képest. Armagnac hibrid esetében nem volt eltérés a két év között.

Az eltérő genotípusú kukoricahibridek SPAD értékének alakulását vizsgáltuk, hogy a különböző időpontban és mennyiségben kijuttatott N-műtrágyázás milyen hatással volt a kukorica növény növekedésére különböző évjáratokban nem öntözött körülmények között (12. melléklet). Az **Armagnac hibridnél** az alap- és fejtrágyázás hatása a SPAD értékre *2018-ban* mindhárom fenológiai fázisban eltérően alakult. A V6 növekedési szakaszban a legnagyobb SPAD értéket a V6₉₀ (44,7) kezeléssel érték el, amely nem különbözött az A₁₂₀, a V6₁₅₀ és V12₁₂₀ kezeléstől. Megállapítható, hogy a tavaszi 120 kg N/ha (A₁₂₀) alaptrágyázás megbízható (43,1; p<0,05) SPAD érték növekedést eredményezett. A nem műtrágyázott (38,9) kezeléshez 10,8%-os volt a növekedés. A fejtrágyázás nem növelte a hibrid SPAD értékét. A V12 növekedési szakaszban a V6₉₀ (55,8), míg az R1 fenofázisban a V6₁₅₀ (62,2) kezelés hatására alakult ki a legnagyobb SPAD érték, amely szignifikánsan igazolt (p<0,05). A növekedés mértéke a nem műtrágyázott kezeléshez képest V12 szakaszban 37,4% és az R1 szakaszban 40,4% volt. A fenológiai fázisok előrehaladtával a SPAD értékek növekedtek, kivétel a V12-ről az R1 fenofázisra az A₆₀ és A₁₂₀ kezelésben, ahol nem volt szignifikáns csökkenés volt. A V6 fenofázistól a legnagyobb növekedést V12 szakaszra, illetve az R1 szakaszra a V12₁₈₀ kezeléssel érték el.

2019-ben a V6 és V12 szakaszban az alap- és fejtrágyakezelések között nem alakult ki megbízható különbség. Duncan teszt során mindkét fenofázisban egy homogén csoportot kaptunk. A R1 növekedési szakaszban a tavaszi 120 kg N/ha (A₁₂₀) kijuttatásának volt eredményes (59,0; p<0,05) hatása. Az A₀ kezeléshez (52,6) képest a növekedés mértéke 12,2%. A fenológiai fázisok előrehaladtával minden kezelésben növekedett a SPAD érték. Legjelentősebb növekedést az alap 120 kg N/ha (A₁₂₀) kezeléssel érték el. A V6-V12 szakasz között 10,7, a V6 és az R1 szakasz között 18,7 volt a SPAD érték növekedése. *2020-ban* 6

leveles állapotban a V12₁₈₀ kezelésben mértük a legnagyobb SPAD értéket, amely megbízhatóan (46,6; p<0,05) elkülönült a többi kezeléstől. A nem műtrágyázott kezeléshez (43,1) képest a növekedés 7,4% volt. 12 leveles állapotban szintén V12₁₈₀ (48,6; p<0,05) kezelés volt hatásos, amely teljesen elkülönült a Duncan teszt alapján a többi alkalmazott műtrágyakezeléstől. Az A₀ kezeléshez (40,1) 21,2%-os, illetve a 120 kg N/ha alapkezeléshez (44,4) viszonyítva 9,5%-os SPAD érték növekedést eredményezett. Az 50%-os nővirágzás időpontjában (R1) ugyancsak a V12₁₈₀ (57,4; p<0,05) kezelés volt legnagyobb hatással a SPAD értékre és így 27,0%-os növekedést eredményezett az A₀ kezeléshez (45,2) képest, de az A₁₂₀ alapkezelést (54,2) is 5,9%-kal növelte. A fenológiai szakaszok előrehaladtával – a V12 fenológiai szakasz A₀ és A₆₀ kezelés kivételével – növekedett a SPAD érték. A legnagyobb növekedést a V12 szakaszra a V6₉₀ kezeléssel, míg a V12 szakasztól az R1 szakaszig az A₁₂₀ kezeléssel értül el. A V6 növekedési szakasztól az R1 szakaszig a legnagyobb SPAD érték növekedés (12,9) a 120 kg N/ha alaptrágyázással (A₁₂₀) volt elérhető.

A *Fornad hibridnél* V6 fenofázisban a legnagyobb SPAD értéket 2018-ban a V6₉₀ kezelés (42,7) biztosította, amely 22%-kal tért el a nem műtrágyázott kezeléstől (35,0). A Duncan teszt azonban minden tápanyagszintet egy homogén csoportba sorolt. A V12 fenofázisban a legnagyobb műtrágyakezelésben (V12₁₈₀; 59,0) érték el a megbízható SPAD értéket (p<0,05), amely az A₀ kezeléshez (42,7) képest 38,2%-os növekedés (p<0,05). Az R1 szakaszban a V6₉₀ kezelés eredményezte a legnagyobb értéket (62,8; p<0,05). Ez a növekedés az A₀ kezeléshez (41,2) viszonyítva jelentős volt, 52,4% (p<0,05). A további fejtrágyázás nem eredményezett megbízható SPAD érték növekedést. A fenofázisok előrehaladtával minden műtrágyakezelésben – kivéve a V12 és R1 közötti nem műtrágyázott kezelést – növekedés volt. A V12 szakaszra legjelentősebb növekedést a V12₁₈₀ (21,5), míg az R1 szakaszig V6₁₅₀ (24,8) kezeléssel érték el. 2019-ben mindhárom növekedési szakaszban a Duncan teszt egy homogén csoportot képezett, a műtrágyakezelések nem különültek el megbízhatóan. A fenológiai szakaszok előrehaladtával minden alkalmazott kezelés hatására növekedést mértünk. V12 szakaszra a legnagyobb növekedést V6₁₅₀ (12,6) kezelés eredményezte. A V6 és az R1 fenofázis között V6₉₀ kezelés biztosította a legnagyobb SPAD érték növekedést (17,0). 2020-ban mindhárom fenofázisban különböző műtrágyakezelés bizonyult hatásosnak a SPAD érték növelésére. A 6 leveles állapotban a legnagyobb műtrágyakezelés (V12₁₈₀; 47,7) növelte megbízhatóan (p<0,05) a SPAD értéket, amely 12,5%-kal volt nagyobb, mint a nem műtrágyázott (A₀) kezelés értéke (42,4). A 12 leveles állapotban a Duncan teszt két csoportot képezett, az A₀ kezelés, illetve a másik csoport, amelyet az összes többi kezelés alkotott. Bár a

legnagyobb érték (51,1) a V12₁₂₀ kezelésnél volt, de az előzőek leírtak alapján statisztikailag a legkisebb tavaszi 60 kg N/ha alapműtrágyázás (A₆₀) bizonyult eredményesnek (46,9; p<0,05). Ez a kezelés 12,7%-kal növelte a SPAD értéket a nem műtrágyázott (41,6) kezeléshez viszonyítva. Az 50%-os nővirágzáskor a legnagyobb értéket (61,3) a V12₁₈₀ kezelésben mértük, azonban a 120 kg N/ha alapkezelés (A₁₂₀) biztosította a szignifikáns SPAD érték növekedést (59,0; p<0,05). A nem műtrágyázott kezeléshez (48,2) képest ez az érték 22,4%-kal volt nagyobb. A növény növekedésével emelkedett a SPAD érték. 12 leveles állapotra a legnagyobb növekedést a V12₁₂₀ (6,9), míg a V12-től az R1-ig az A₁₂₀ kezelés (12,4) biztosította. A legnagyobb növekedést a 6 leveles állapottól az 50%-os nővirágzásig a 120 kg N/ha alapkezelésben mértük (A₁₂₀, 17,9).

A *Sushi hibridnél 2018-ban* a V6 növekedési szakaszban a legkisebb alapműtrágya kezelés (A₆₀) hatására alakult ki a legnagyobb SPAD érték (41,6). Ez az érték azonban nem különbözött a többi műtrágyakezelés SPAD értékétől, a Duncan teszt egy homogén csoportot képezett. A V12 fenofázisban 55,3 volt a legnagyobb SPAD érték, amely a V6₁₅₀ kezelés hatására alakult ki, azonban szignifikánsan nem tért el a V6₉₀ kezelés értékétől (54,9). Statisztikailag eredményesnek tekinthető V6₉₀ kezelés (p<0,05) SPAD értéke 40,1%-al volt nagyobb, mint a nem műtrágyázott (39,2) kezelés értéke. Az R1 fenofázisban a V12₁₈₀ kezelés eredményezte a legnagyobb SPAD értéket (60,3; p<0,05), amely az A₀ és az alap- és fejtrágyakezelésektől jelentősen eltért. A nem műtrágyázott kezelés (40,4) értékétől való eltérése 49,3% volt, és 12,7%-kal növelte a 120 kg N/ha tavaszi alapkezelés (53,5) SPAD értékét. A fenológiai fázisokat tekintve, a Sushi hibridnél a 6 leveles állapottól 12 leveles állapotig, illetve az 50%-os nővirágzásig a V6₁₅₀ kezelés hatására növekedett a legnagyobb mértékben a SPAD érték (16,7; 18,6). *2019-ben* mindhárom fenofázisban a magasabb fejtrágyakezeléseknél (V6: V12₁₂₀; V12 és az R1: V12₁₈₀) volt legnagyobb a SPAD érték, azonban egyik esetben sem különböztek a műtrágyakezelések szignifikánsan egymástól. A Duncan teszttel egy homogén csoportot kaptunk. A növények növekedését legnagyobb mértékben a V12 és az R1 fenofázisig a V12₁₈₀ kezelés befolyásolta. A növekedés mértéke 13,4 és 21,4 SPAD érték volt. *2020-ban* a V6 fenofázisban 44,1 volt a legnagyobb érték (V12₁₂₀), azonban a Duncan teszt nem tett különbséget a különböző műtrágyakezelések hatására kialakult SPAD értékek között. A V12 és R1 növekedési szakaszokban a legnagyobb SPAD érték az A₁₂₀ kezelésben volt mérhető (47,9; 57,9). Az A₀ kezeléshez viszonyítva V12 fenofázisban 14,9%-os, míg az R1 szakaszban 29,5%-os volt a növekedés. A Duncan teszt a tápanyagkezelések SPAD érték eredményeit egy homogén csoportba sorolta. A növény növekedése során a legnagyobb SPAD érték növekedést 12 leveles állapotra a V12₁₈₀ kezelés (6,7), a V12-től az R1-ig a V6₁₅₀ kezelés (10,4) biztosította,

azonban összességében az R1 fenofázisig a legnagyobb növekedést az A₁₂₀ kezelésben mértük (15,0). Vizsgáltuk, hogy a kukorica hibridek, hogyan reagálnak az évjárat hatására fenológiai fázisonként az alap- és fejtrágyakezelésekben, a 2018 év eredményeit alapul véve (12. melléklet).

A **V6 fenológiai fázisban** mindhárom hibridnél 2019-ben jelentősen magasabb SPAD értéket mértünk, mint 2018-ban. A műtrágyakezelések átlagában a Fornad hibridnél volt jelentősebb az évjárat kedvező módosító hatása. Az átlagos SPAD érték növekedés 4,4 volt. A műtrágyakezeléseket tekintve az Armagnac (11,8) és a Fornad (9,4) hibridnél jelentős növekedés az A₆₀, míg a Sushi hibridnél az A₀ (3,5) kezelésben volt. 2020-ban még nagyobb volt az évjárat módosító hatása a kezelések átlagában 2018 évhez képest mindhárom hibridnél. A Fornad 6,5, az Armagnac 4,1 és a Sushi hibrid 2,9 SPAD értékkel volt nagyobb. Az Armagnac hibridnél ebben az évben is az A₆₀ kezelésnél volt a legnagyobb évjárat módosító hatás (14,3), míg a Fornad (V12₁₈₀; 10,2) és a Sushi (V6₉₀; 6,9) hibrideknél magasabb műtrágyakezeléseknél alakult ki a legnagyobb eltérés a két év között.

V12 növekedési szakaszban 2018 és 2019 év SPAD értékei – a kezelések átlagában – az Armagnac és Fornad hibrideknél azonosan alakultak. A 2018. év SPAD értékét alapul véve a Sushi hibridnél 2019-ben érvényesült az évjárat kedvező hatása, magasabb volt a SPAD érték. Az Armagnac és a Sushi hibrideknél az alap- és fejtrágyakezelésekben az évjárat módosító hatása eltérően alakult. A nem műtrágyázott (A₀) és a tavaszi alpműtrágya kezelésekben (A₆₀, A₁₂₀) 2019 évben nagyobb, míg a fejtrágyakezelésekben alacsonyabb SPAD értéket mértünk, 2018 évhez képest, kivéve a Sushi hibrid V12₁₂₀ és V12₁₈₀ kezeléseik eredményét. A legnagyobb növekedés mindkét hibridnél a nem műtrágyázott kezelésben volt. A növekedés mértéke az Armagnac hibridnél 8,5, a Sushi hibridnél 10,7 SPAD érték volt. A legnagyobb csökkenést az Armagnac hibridnél V6₉₀, (8,4) és a Fornad hibridnél V6₁₅₀ (4,5) kezelésben mértük. A Fornad hibridnél azonban az alkalmazott műtrágyakezelésben – a V12₁₂₀ és V12₁₈₀ kezeléseik kivételével, ahol csökkenés volt – az SPAD értékek magasabbak voltak. 2020-ban kedvezőtlen évjáratot lehetett kimutatni a kezelések átlagában, ebben a fenofázisban alacsonyabb SPAD értékeket mértünk a 2018 év értékeihez képest. Az Armagnac hibridnél 5,7, a Fornad hibridnél 2,7 és a Sushi hibridnél 3,2 volt az eltérés. Az Armagnac (9,8) és a Fornad hibrideknél (8,7) a V12₁₈₀, a Sushi hibridnél a V6₁₅₀ kezelésben (8,2) volt a legnagyobb különbség a két év között.

Az **R1 fenofázisban** a kezelések átlagában mindhárom hibridnél 2019-ben magasabb volt a SPAD érték, mint 2018-ban, azonban a kezeléseket külön-külön vizsgálva eltérés volt. Az Armagnac és Fornad hibrideknél az A₀, A₆₀ és A₁₂₀ kezelésekben magasabb, a

fejtrágyakezelésekben alacsonyabb volt a SPAD érték. Az Armagnac hibridnél az A₆₀ (11,2), a Fornad hibridnél A₀ kezelésben (16,5) volt a lejelentősebb az évjárat SPAD érték növelő hatása. A legnagyobb csökkenés a V₆₉₀ (6,5) kezelésben alakult ki az Armagnac hibridnél, míg a Fornad hibridnél V₆₁₅₀ (7,7) kezelésben. A Sushi hibrid a V₆₁₅₀ kezelés kivételével növekedéssel reagált az évjárat változására. A legnagyobb növekedés az A₀ kezelésben (12,4) volt. 2020-ban a SPAD értékek a kezelések átlagában az 2018 évhez viszonyítva az Armagnac hibridnél alacsonyabb, a Fornad hibridnél magasabb volt, míg a Sushi hibrid nem reagált az évjárat módosító hatására. A műtrágyakezeléseket vizsgálva megállapítható, hogy mindhárom hibridnél a nem műtrágyázott és a tavaszi alapkezelésekben magasabb, a fejtrágyakezelésekben alacsonyabb volt a SPAD érték. Jelentős növekedés mindhárom hibridnél az A₁₂₀ kezelésben, a legnagyobb csökkenés az Armagnac (8,8) és a Fornad hibridnél (7,7) a V₆₁₅₀, a Sushi hibridnél (6,7) a V₁₂₁₈₀ kezelésben volt.

4.1.3. Különböző időben és mennyiségben kijuttatott N-műtrágyázás, genotípus és fenofázis hatása a kukorica SPAD értékére az évek átlagában, öntözött kezelésben

Az **öntözött változat** varianciaanalízis eredménye alapján megállapítható, hogy a fő tényezők (műtrágyázás, hibrid, fenofázis és az évek) szoros összefüggést mutatnak a SPAD érték alakulásával. Az SS érték alapján – hasonlóan a nem öntözött változathoz – a fenofázis hatása volt a legjelentősebb ($p < 0,001$). Az évjárat, a műtrágyázás és a fenofázis hibridtulajdonságokkal való kölcsönhatása során nem volt igazolható statisztikailag összefüggés (13.melléklet). A legalacsonyabb SPAD érték (43,7) az A₀ kezelésben volt kimutatható. A nem műtrágyázott kezeléséhez viszonyítva az A₆₀ 4,1%-kal növelte a SPAD-értéket (45,5). A₁₂₀ kezelés statisztikailag is igazolt 10,5%-os SPAD-érték növekedést eredményezett (48,3; $p < 0,05$). A két tavaszi alapkezelés közötti eltérés 6,1%, amely a Duncan teszt alapján is jól elkülönül. A V6 fázisban A₆₀ kezelést további 30 kg N/ha műtrágyaadaggal (V₆₉₀) növelve 7,2%-os (48,8; $p < 0,05$) növekedést eredményezett. Az A₁₂₀ kezelést+30 kg N/ha mennyiséggel növelve (V₆₁₅₀) 2,6%-os növekedés figyelhető meg, ami statisztikailag nem igazolt. A legnagyobb SPAD értéket (50,8) a V₁₂₁₈₀ kezelés biztosította, amely a 16,2%-kal magasabb, mint a nem műtrágyázott SPAD-érték (14. melléklet). A fenológiai fázisok előrehaladtával, növekedett a SPAD érték. Legalacsonyabb érték a V6 szakaszban volt (40,8), 17%-os növekedés figyelhető meg a V12 fenológiai szakaszban (47,6; $p < 0,05$). Az R1 szakaszra további 10,7%-os volt a növekedés mértéke (52,7) (15. melléklet).

Öntözött körülmények között – a nem öntözött kezeléshez hasonlóan – a műtrágyázás és a vizsgált növekedési szakasz kölcsönhatása befolyásolta a kukorica hibridek SPAD értékét ($p < 0,001$). A növények növekedésével a műtrágyázás hatása a SPAD értékre egyre jelentősebben érvényesült (16. melléklet). A legmagasabb érték az R1 V12₁₂₀ kezelésben (57,7) volt, amely igazolt különbséget nem mutatott a V6₁₅₀, V12₁₈₀ kezelések értékétől. Ez az érték meghaladta a Piekielek et al. (1995) által ajánlott maximális (52-56 SPAD értéket). A SPAD érték a Fornad hibridnél volt a legnagyobb (47,7). Az Armagnac hibrid SPAD értékeit (46,3) 3%-al haladta meg, a különbség statisztikailag nem igazolható. A Sushi hibrid SPAD értéke (46,9) a Duncan teszt alapján jól elkülönült a másik két hibrid értékétől ($p < 0,05$) (17. melléklet). A 2019-ben mért SPAD érték (49,4) statisztikailag is eltért a 2018-as 49,4 (7,6%; $p < 0,05$) és a 2020-as 46,4 (6,4%; $p < 0,05$) évek értékétől. A 2018 és 2020-as évek értékei között nem volt igazolt különbség (18. melléklet).

4.1.3.1. Az évjárat, a különböző időben és mennyiségben kijuttatott N-műtrágya, genotípus és a fenofázis hatása a kukorica SPAD értékére, öntözött kezelésben

Öntözött változatban elvégzett évenkénti varianciaanalízis kimutatta, hogy a fenofázis hatása – a nem öntözött változathoz hasonlóan – volt a legjelentősebb, majd a műtrágyázásnak mindhárom évben. A hibridtulajdonságok szignifikáns befolyásoló hatása a SPAD értékre 2018 és 2020-ban érvényesült. A műtrágyázás x fenofázis kölcsönhatása volt 0,1%-os szinten megbízható hatással 2018-ban (19. melléklet).

Mindhárom évben az A₀ kezelésben volt a legalacsonyabb a SPAD érték, és a műtrágyaadagok növelésével – 2019. év kivételével – szignifikánsan növekedett egy meghatározott szintig Ványiné (2008) és Zhang et al. (2018) eredményeikkel megegyezően (20. melléklet). A legnagyobb értéket a V12₁₈₀ kezeléssel érték el 2018 (50,2), 2019. évben (50,7) és 2020. években (51,2). Statisztikailag eredményesnek azonban 2018-ban az alaptrágyaként kijuttatott 60 kg N/ha+ V6 fenofázisban további 30 kg N/ha műtrágyaadag V6₉₀ (48,7) biztosította. 2019-ben a kezelések SPAD értékei között szignifikáns differencia nem igazolható. A Duncan teszt alapján 2020-ban a V12₁₈₀ kezelés bizonyult eredményesnek ($p < 0,05$). A 2019 évi SPAD eredmények a nem műtrágyázott (A₀) és a tavaszi alapkezelésekben (A₆₀, A₁₂₀) jelentősen magasabb értéket mutattak a másik két évhez viszonyítva. Eredményeink megegyeznek Berenguer et al. (2008) és Ványiné Széles (2009, 2010) eredményeivel, miszerint az évjárat és a műtrágyázás nagymértékben befolyásolta a SPAD értékek alakulását.

A növények növekedésével, emelkedett a kukorica SPAD értéke. A V12 fenofázisra a legnagyobb növekedés 2018-ban (30,6%) volt, ahol 37,9-ről 49,5-re emelkedett a SPAD érték. A V12-R1 közötti SPAD érték növekedés 2020-ban (24,2%) és a 6 leveles állapottól az 50%-os nővirágzásig 2019-ben volt a legnagyobb (33,5%). A fenológiai fázisok SPAD értékei évenként jelentős eltérést mutattak. A legnagyobb évjáráthatást V12 állapotban lehetett kimutatni, 2019 (49,9) és 2020 (43,3) év között, ahol a 2019. évi érték 15,2%-kal volt nagyobb, mint a 2020. évi érték (21. melléklet). A hibridek között szignifikáns eltérést egyik évben sem lehetett kimutatni. 2019-ben mindhárom hibrid magasabb SPAD értéket eredményezett. A Fornad hibrid érte el a legmagasabb SPAD értéket mindhárom évben. 2019-ben (50,2), 2,2%-kal megelőzve az Armagnac (49,1) és 2,6%-kal a Sushi hibridet (48,9) (22.melléklet). Az évjáráthatás a kezeléseket átlagában legkisebb mértékben a Sushi, legnagyobb mértékben a hosszabb tenyészidejű Armagnac hibridet befolyásolta. Az eltérő genotípusú kukoricahibridek SPAD értékének alakulását vizsgáltuk, hogy a különböző időpontban és mennyiségben kijuttatott N-műtrágyázás milyen hatással volt a kukorica növény növekedésére különböző évjáratokban, öntözött körülmények között (23. melléklet).

Az *Armagnac hibridnél* 2018-ban a V6 növekedési szakaszban a legnagyobb SPAD érték növelő hatása a V12₁₈₀ kezelésnek (42,9) volt, de szignifikánsan nem különbözött a V6₉₀ (39,8) kezelés értékétől. A V12 fenofázisban 53,9 volt a legnagyobb SPAD érték, amelyet a V12₁₈₀ kezeléssel értünk el. A Duncan teszt azonban egy homogén csoportot képezett. Az R1 fenológiai szakaszban megbízható SPAD érték növekedést a V12₁₂₀ kezelés (60,6; $p < 0,05$) eredményezett. A nem műtrágyázott kezeléshez (41,2) viszonyítva nagyon jelentős, 47,1%-os, illetve a legkisebb 60 kg N/ha kezelést kétszeri fejtrágyázással 26,0%-os növekedést értünk el. A növény növekedése a 6 leveles állapotról a 12 leveles állapotig az A₆₀ kezelés alkalmazásával értük el a legnagyobb növekedést, amely 20,6 SPAD érték volt. A V12 és az R1 fenofázis között a nem műtrágyázott és az A₆₀ kezelésben volt csökkenés a SPAD értékben. A V6 növekedési szakasztól az R1 fenofázisig a SPAD értékre a V6₁₅₀ kezelés hatott a legnagyobb mértékben, a növekedés 23,7 SPAD érték volt.

2019-ben a V6 növekedési szakaszban tavaszi 120 kg N/ha alapkezelés (A₁₂₀) különült el (46,2) megbízhatóan a Duncan teszt alapján, és ez 11,3%-kal volt nagyobb, mint az A₀ kezelés SPAD értéke (41,5). A V12 fenofázisban a V12₁₂₀ (51,8) és az R1 fenofázisban a V12₁₈₀ (58,9) kezelésekkel értül el a legnagyobb SPAD értéket. A Duncan teszt mindkét növekedési szakaszban egy csoportot képezett, miszerint a műtrágyakezelések SPAD értékei megbízhatóan nem különböztek egymástól. A V6 növekedési szakasztól a V12 fenofázisig a legnagyobb növekedést (14,3) az alap 60 kg N/ha alaptrágyára kijuttatott kétszeri 6 és 12 leveles állapotban +30-30 kg N/ha (V12₁₂₀) kijuttatásával érték el. Ugyanezen kezelés volt hatásos a 6 leveles állapottól az 50%-os nővirágzásig, 19,4 SPAD érték növekedést mértünk.

2020-ban a V6 fenofázisban – hasonlóan a 2019 év V6 növekedési szakaszához – a nagyobb alaptrágya kezelés (A₁₂₀) biztosította megbízhatóan a legnagyobb (44,3; p<0,05) SPAD értéket. Az A₀ kezelés SPAD értékéhez (42,1) képest a növekedés 5,2% volt. A fejtrágyakezelések szignifikánsan nem növelték a SPAD értéket. A V12 fenológiai szakaszban is az A₁₂₀ kezelésben mértük a legnagyobb értéket (45,4), azonban megbízhatóan nem különbözött egyik műtrágyakezeléstől sem. A Duncan teszt egy csoportba sorolta a kezelések SPAD értékeit. Az R1 fenofázisban a V6₁₅₀ kezelés (55,5; p<0,05) bizonyult eredményesnek, 18,3%-os növekedéssel az A₀ kezeléshez (46,9) képest. A V6 és V12 fenológiai szakasz között az A₀ és V6₁₅₀ kezelésben mértünk kismértékű csökkenést. Majd a V6₁₅₀ kezelés hatására 12 leveles állapotról az R1 szakaszig volt a legnagyobb növekedés (15,9). A 6 leveles állapottól az 50%-os nővirágzásig a SPAD érték legnagyobb mértékben a V12₁₂₀ kezeléssel volt elérhető (14,6).

A **Fornad hibridnél** 2018-ban a V6 fenofázisban 40,8 SPAD értékkel (p<0,05) az A₁₂₀ kezelés volt eredményes, 10,6%-os növekedéssel a nem műtrágyázott kezeléshez (36,9) viszonyítva. 12 leveles állapotban (V12) a V6₉₀ kezelés hatására mértük a legnagyobb SPAD értéket (59,1), amely 38,1%-os növekedést jelent az A₀ (42,8) kezelés értékéhez képest. Statisztikailag azonban már az alaptrágyaként kijuttatott 120 kg N/ha (A₁₂₀) kezelés eredményesnek bizonyult (54,4), 27%-al növelte a SPAD értéket a kontroll (A₀) kezeléshez viszonyítva. Az R1 növekedési szakaszban az alap 60 kg N/ha+ 6 leveles állapotban további 30 kg N/ha kezelés (V6₉₀) biztosította a legnagyobb SPAD értéket (56,6; p<0,05). A nem műtrágyázott kezeléshez (A₀) viszonyítva (43,8) 29,2%-os volt a növekedés, és 22,8%-al növekedett az A₆₀ kezelés (46,1) értékéhez képest. A további fejtrágya mennyiség kijuttatása nem növelte megbízhatóan a SPAD értéket. A növény növekedésére 12 leveles állapotig a V6₉₀ kezelés volt a legnagyobb hatással, 24,3 SPAD érték növekedést mértünk, míg a V6 szakasztól az R1 szakaszig a V6₁₅₀ kezeléssel érték el a legnagyobb növekedést (23,4).

2019 évben mindhárom növekedési szakaszban különböző műtrágyakezelések biztosították a legnagyobb SPAD értéket. A V6 szakaszban a legkisebb alapdózisú kezelés A₆₀, (45,3), a V12 szakaszban a V₆₉₀ (53,3) és az R1 szakaszban a magasabb alapdózisú A₁₂₀ kezelés (60,6) hatására alakult ki a szignifikánsan igazolt legnagyobb SPAD érték. A fenológiai fázisok előrehaladtával, mindhárom fenofázisban a V12₁₂₀ kezelés hatására alakult ki a legnagyobb SPAD érték növekedés. A V6 és az R1 növekedési szakasz között a növekedés mértéke 23,5 SPAD érték volt.

2020-ban a V6 növekedési szakaszban a legnagyobb N dózisú kezelés (V12₁₈₀) biztosította a Duncan teszt által igazolt legnagyobb SPAD értéket (43,9). 12 leveles állapotban (V12) a legnagyobb V12₁₈₀ fejtrágyakezelés hatása volt eredményes (48,4; p<0,05). A nem műtrágyázott kezeléshez (40,8) viszonyítva 18,6% volt a növekedés. Az 50%-os nővirágzáskor (R1) szintén az A₁₂₀ kezelésben (54,8) mértük a szignifikánsan igazolt legnagyobb SPAD értéket. A 6 leveles állapottól a 12 leveles állapotig a nem műtrágyázott kezelésben mértünk csökkenést, a többi kezelés növelte a SPAD értéket. 12 leveles állapotig a legmagasabb tápanyagkezelésre volt szükség, hogy a legnagyobb SPAD érték növekedést (4,5) elérjük. A V12 és R1 (14,4), illetve a V6 és R1 (18,2) szakaszoknál a V12₁₂₀ kezelés biztosította a legnagyobb növekedést.

A *Sushi hibrid* SPAD értékei 2018-ban a V6 fenofázisban a műtrágyakezelések hatására megbízhatóan nem különböztek egymástól a Duncan teszt alapján. Az értékek 35,3 és 39,6 között mozogtak. A V12 fenofázisban a tavaszi alap 120 kg N/ha+ 6 leveles állapotban további 30 kg N/ha kijuttatásával (V6₁₅₀) értük el a legnagyobb SPAD értéket (55,3; p<0,05), amely 21,0%-kal növelte az A₀ kezelés (45,7) és 6,1%-kal az A₁₂₀ kezelés értékét (52,1). Az R1 fenofázisban a Duncan teszt három homogén csoportot képezett, az egyik csoportba a nem műtrágyázott (A₀), a másik csoportba a tavaszi alapkezelések (A₆₀, A₁₂₀) és a harmadik csoportba a fejtrágyakezeléseket sorolta. Meghízhatónak a V6₉₀ kezelés (56,5 p<0,05) bizonyult, 35,2%-kal növelve az A₀ (41,8) és 16,3%-kal az A₆₀ (48,6) kezelés SPAD értékét. A további fejtrágyakezeléseknek nem volt statisztikailag igazolt SPAD értéket növelő hatása. A 6 leveles állapottól a 12 leveles állapotig a tápanyagkezelések jelentősen növelték a SPAD értéket, legnagyobb mértékű növekedést a V6₁₅₀ kezelés (19,9) biztosította. A 12 leveles állapottól az 50%-os nővirágzásig az A₀ és az alapkezelésekben (A₆₀, A₁₂₀) csökkenést mértünk, míg a fejtrágyakezelés hatására nőtt a SPAD érték. A V6 fenofázistól az R1 növekedési szakaszig a legnagyobb növekedést a V6₁₅₀ kezeléssel értük el (24,7).

2019-ben a 6 és 12 leveles állapotban a műtrágyakezelések hatására SPAD értékek megbízható különbséget nem mutattak. Az R1 fenofázisban a V12₁₈₀ kezelésben mértük a szignifikánsan igazolt legnagyobb SPAD értéket (62,1), amely 18,5%-os növekedést eredményezett az A₀ (52,4) kezeléshez, illetve 13,1%-os növekedést az A₁₂₀ kezeléshez képest (54,9). A növények mindhárom növekedési szakaszában a V12₁₈₀ kezelés hatására alakult ki a legnagyobb SPAD érték, amely a 6 leveles állapottól az 50%-os nővirágzásig 23,5 SPAD érték volt.

2020-ban mindhárom növekedési szakaszban különböző tápanyagszinteken alakult ki a megbízható legnagyobb SPAD érték. V6 fenofázisban V6₉₀ (44,6), a V12 fenofázisban az A₁₂₀ (47,8) és az R1 fenofázisban V6₁₅₀ (59,0) kezelésben. A nem műtrágyázott kezeléshez (46,5) képest a %-os növekedés az R1 növekedési szakaszban jelentős volt (26,9%) (5. táblázat). A V6 és V12 fenofázis között az A₀ kezelésben mértünk kismértékű csökkenést, míg a többi kezelés SPAD érték növelő hatású volt. A 120 kg N/ha kezelés hatására alakult ki a legnagyobb növekedés (7,2). A 6 leveles állapottól az 50%-os nővirágzásig a legnagyobb SPAD érték növekedést a V6₁₅₀ kezeléssel értük el (17,9).

Megállapítottuk, hogy Ragán (2017) eredményeivel megegyezően, a V6 fenofázisban volt a legkisebb, és az R1 fenofázisban a legnagyobb az alap- és fejtrágyakezelések %-os növekedése az A₀ kezeléshez képest. Alátámasztottuk Csajbók és Kutasy (2002) és Ványiné Széles és Nagy (2012) megállapításait, miszerint a különböző genotípusú kukoricahibridek eltérő SPAD értékkel reagálnak a műtrágya és az évjárat hatására.

Vizsgáltuk, hogy a kukoricahibridek, hogyan reagálnak az évjárat hatására öntözött körülmények között fenológiai fázisonként az alap- és fejtrágyakezelésekben, a 2018. év eredményeit alapul véve.

A **V6 fenológiai fázisban** mindhárom hibridnél 2019. év kedvezően befolyásolta a SPAD értéket. Jelentősen magasabb értéket mértünk, mint 2018-ban. A műtrágyakezelések átlagában az Armagnac hibridnél volt jelentősebb az átlagos SPAD érték (5,3) növekedés. A műtrágyakezeléseket tekintve jelentős növekedés az Armagnac hibridnél V6₁₅₀ (11,5), a Fornad hibridnél a V6₉₀ (9,2), míg a Sushi hibridnél az A₆₀ (6,5) kezelésben volt. 2020-as év is kedvezően befolyásolta mindhárom hibrid SPAD értékét. Az Armagnac hibridnél az évjárat kedvező hatása kisebb mértékű volt, mint a 2019. évi, a növekedés mértéke a kezelések átlagában 4,6 volt. A Fornad hibrid a 2020-as évjáratra hasonlóan reagált, mint a 2019. évre. A Sushi hibrid SPAD értéke nagyobb mértékben növekedett mint 2019-ben. A legnagyobb évjárathatást az Armagnac hibridnél az A₆₀ (10,9), a Fornad hibridnél V6₉₀ (10,7) a Sushi hibridnél V12₁₂₀ (6,2) kezelésben tudtunk kimutatni.

V12 növekedési szakaszban a 2019 és 2020 évjárat kedvezőtlenül hatott a műtrágyakezelések átlagában a SPAD értékre 2018 évhez viszonyítva. Mindhárom hibridnél a 2020. év kedvezőtlen módosító hatása jelentősebb volt, mint a 2019. év. A 2020. évi évjáráthatás a kezelések átlagában Armagnac hibridnél a 6,4, a Fornad hibridnél 8,4 és a Sushi hibridnél 6,7 átlagos SPAD érték csökkenést okozott. A műtrágyakezelések tekintetében megállapítható, hogy a kedvezőtlen hatás 2019-ben és 2020-ban különböző tápanyagszinteken alakult ki. 2019-ben az Armagnac és Fornad hibrideknél a V12₁₈₀, a Sushi hibridnél a tavaszi 120 kg N/ha alapkezelésnél (A₁₂₀) alakult ki. 2020-ban mindhárom hibridnél eltérő tápanyagszinten mutatkozott meg legnagyobb mértékben az évjárat kedvezőtlen módosító hatása. Az Armagnac hibridnél V6₁₅₀, a Fornad hibridnél V6₉₀ és a Sushi hibridnél a V12₁₈₀ kezelésben.

Az R1 növekedési szakaszban mindhárom hibridnél a 2019 év kedvezően befolyásolta a SPAD értéket. A műtrágyakezelések átlagában a kedvező évjáráthatás legnagyobb mértékben a Fornad hibridnél volt kimutatható (5,0). 4,3 SPAD értékkel növekedett az Amagnac és 3,5 SPAD értékkel a Sushi hibridé. Az Armagnac és Fornad hibridek esetében a 2019. évjárat legnagyobb kedvező hatását az A₆₀ kezelésben, míg a Sushi hibridnél az A₀ kezelésben tudtuk kimutatni. 2020. év a műtrágyakezelések átlagában 2018. évhez viszonyítva megbízhatóan nem módosította a hibridek SPAD értékét. Az egyes kezeléseket azonban eltérő módon befolyásolta. Mindhárom hibridnél az A₀, A₆₀ és A₁₂₀ kezelésekből kedvező volt az évjárat hatása, míg a fejtrágyakezelésekben kedvezőtlen hatást mutattunk ki.

4.1.4. Az öntözés, a különböző időben és mennyiségben kijuttatott N-műtrágya, genotípus és fenofázis hatása a kukorica SPAD értékére

Az **nem öntözött és öntözött** változat összehasonlítása során – a kezelések átlagában – megállapítottuk, hogy természetes csapadékellátottság mellett 1,4%-al magasabb SPAD értéket értünk el, ami megegyezik Schepers et al. (1996) és Brevedan és Egli (2003) és ellentétben van Mansouri-Far et al. (2010), Nagy (2010) és Ragán (2017) eredményével, ugyanis az öntözés szignifikáns növekedését nem tudtuk igazolni.

A nem műtrágyázott kezelésben az öntözött változatban kapott SPAD érték, a kezelések átlagában 0,6%-al haladta meg a nem öntözött kezelésben kapott értékeket. Az öntözött változatban minden műtrágyakezelésben alacsonyabb volt a SPAD érték a nem öntözött kezeléshez viszonyítva. Az alaptrágyaként kijuttatott 60 kg N/ha műtrágyaadag (A₆₀) 3%-os különbséget eredményezett. A tavasszal kijuttatott 120 kg N/ha alaptrágya (A₁₂₀) hatására csökkent az eltérés a két változat SPAD értékei között (0,8%). A legkisebb eltérés ebben a

kezelésben volt kimutatható. A fejtrágyázás hatására tovább nőtt a két változatban mért SPAD érték különbség. A legnagyobb eltérést (3,4%) a V12₁₂₀ eredményezte. A két változat közötti különbséget a T-teszt szignifikánsan nem igazolta egyik műtrágyakezelésben sem.

A fenológiai szakaszokat tekintve, a kezelések átlagában V12 állapotában a nem öntözött és az öntözött változat SPAD értéke azonos (47,6) volt. A V6 és az R1 fenofázisban nem szignifikáns eltérést mértünk.

Mindhárom hibridnél a nem öntözött változatban magasabb volt a SPAD érték a kezelések átlagában. A Sushi hibrid esetén mutatható ki a legalacsonyabb eltérés (0,4). Az Armagnac és Fornad hibrid estében 0,9-el magasabb SPAD értéket mutatott a nem öntözött változat. A két változat SPAD értékei statisztikailag megbízhatóan nem különböznek egymástól egyik hibridnél sem. Az évenként elvégzett varianciaanalízis eredménye nem mutatta ki az öntözés SPAD értéket befolyásoló hatását, illetve az öntözés és kölcsönhatásai sem voltak megbízhatóak egyik évben sem (24. melléklet). Évenként vizsgálva az öntözött és nem öntözött változatban mért SPAD értékeket megállapítható, hogy az öntözés hatására évenként eltérően alakultak. A kezelések átlagában 2018-ban közel azonos SPAD értéket kaptunk. 2019-ben SPAD érték növekedés 0,6%, míg 2020-ban 2,6% csökkenés figyelhető meg. Az öntözés 2018-ban a nem műtrágyázott és az A₁₂₀ kezelés kivételével csökkentette a SPAD értéket. A legnagyobb csökkenés a V6₉₀ kezelésben (-2,5) volt. A kezelések közötti eltérések azonban egyik esetben sem adtak megbízható különbséget. 2019. évben az A₀ kezeléstől eltekintve az öntözés hatására kismértékben növekedést mértünk, a legjelentősebb az A₆₀ kezelésben volt, mely különbség szignifikánsnak nem tekinthető. 2020-ban volt a legnagyobb mértékű az öntözés SPAD érték csökkentő hatása, amely a műtrágyakezelések közül az A₆₀ (2,4) és a V12₁₂₀ kezelésben volt a statisztikailag igazolt (3,4) ($p < 0,05$). Fenológiai fázisonként vizsgálva az öntözés hatását, megállapítható, hogy öntözés hatására 2018. év V12 és 2019. év V6 fenológiai szakaszban alakult ki szignifikáns SPAD érték növekedés. 2020 évben mindhárom fenofázisban csökkenés volt. A legnagyobb csökkenést a V12 növekedési szakaszban mértük. A 2020-as évben a V6 (1,0) és V12 (1,7) fenológiai fázisokban volt igazolható statisztikailag ($p < 0,05$) az öntözés SPAD érték csökkentő hatása.

A hibridek SPAD értékei évenként eltérően reagáltak az öntözésre. 2018-ban az Armagnac hibridnél, 2020-ban mindhárom hibridnél öntözés hatására csökkent a SPAD érték, ami statisztikailag csak a 2020-as évben a Fornad hibrid esetén igazolható ($p < 0,05$). A kapott eredményeinkkel igazoljuk több kutató (Nagy, 2005; Pekurár, 2000; Csajbók és Kutassy, 2002; Ványiné, 2008.) eredményeit, miszerint az öntözés hatására nagyobb levélterület miatt felhigul a nitrogénkoncentráció ezáltal, csökken a klorofillkoncentráció. 2019-ben az Armagnac és a

Sushi hibrideknél az értékek közel azonosak voltak a két változatban, míg a Fornad hibridnél a csökkenés mértéke 0,7 volt, amely nem jelent megbízható különbséget.

4.2. Különböző időben és mennyiségben kijuttatott N-műtrágya hatása a kukoricahibridek sztómakonduktanciájára, nem öntözött kezelésben

Vizsgáltuk, hogy az időjárás és a talajnedvesség változása hogyan befolyásolja a kukorica növény sztómakonduktanciát és annak kapcsolatát a N-műtrágyázással, 2019 és 2020-as években természetes csapadékellátottság mellett. A vizsgálatba tesztnövényként a Fornad hibridet vontuk be.

A Repeated measure modell 2019 és 2020. évi eredményei kimutatták, hogy a N-trágyázás és a fenológiai szakaszok, illetve a két tényező kölcsönhatása szignifikáns volt (3-4. táblázat).

3. táblázat: A N-műtrágyázás, a fenológiai szakaszok hatása és kölcsönhatása kukorica sztómakonduktanciájára (Debrecen, 2019)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
N-műtrágya	4	27538	6884	38.27	0.000609***
Residuals	5	899	180		
Fenológiai fázis	2	253211	126606	792.28	9.70e-12***
N-műtrágya x Fenológiai fázis	8	81382	10173	63.66	1.41e-07***
Residuals	10	1598	160		

***p<0,001

4. táblázat: A N-műtrágyázás, fenológiai szakaszok hatása és kölcsönhatása kukorica sztómakonduktanciájára (Deebrecen, 2020)

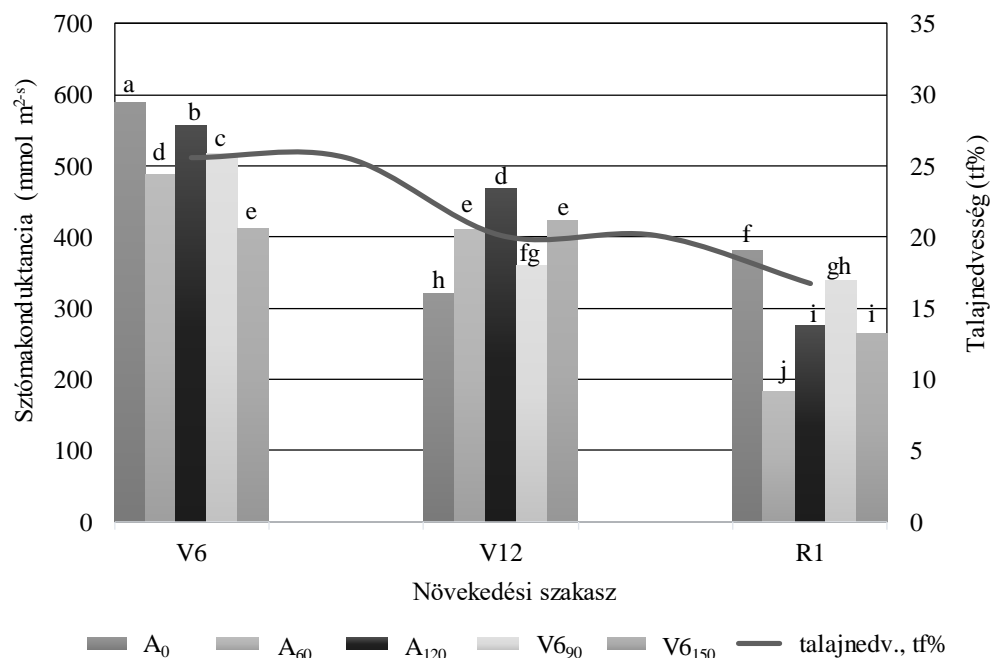
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
N-műtrágya	4	20144	5036	27.25	0.00137**
Residuals	5	924	185		
Fenológiai fázis	2	88176	44088	949.5	3.94e-12***
N-műtrágya x Fenológiai fázis	8	10938	13673	294.5	7.48e-11***
Residuals	10	464	46		

***p<0,001, **p<0,01

A növények sztómakonduktancia értékei a V6 és az R1 fenofázis között tág határok között mozgott. Az intervallum alsó értéke 208 és a felső értéke 589 mmol m⁻² s⁻¹ volt.

A vetéstől a V6 fenológiai szakaszig 2019. évben lehullott 134 mm csapadék, a 236 °C GDD-érték és a kezelések átlagában mért 513 mmol m⁻² s⁻¹ sztómakonduktancia alapján a növények számára optimálisak voltak a környezeti feltételek. 2020. évben ezen időszak alatt a 93 mm csapadék, 278 °C GDD-érték kedvezőtlenebb feltételt jelentett a növények számára. Ezt jól

reprezentálja a 2019. évtől 22,8%-kal alacsonyabb átlagos sztómakonduktancia érték. Alacsony sztómakonduktancia értéket, 2019-ben a V₆₁₅₀ kezelésben (412 mmol m⁻² s⁻¹), míg 2020-ban a nem műtrágyázott (339 mmol m⁻² s⁻¹) kezelésben mértünk. A legmagasabb sztómakondutancia értékek azonban ellentétesen alakultak, ugyanis a legmegfelelőbb környezeti feltételt a növények számára 2019. évben a nem műtrágyázott (589 mmol m⁻² s⁻¹), míg 2020. évben a V₆₁₅₀ (476 mmol m⁻² s⁻¹) kezelés biztosította (17-18. ábra.). A N-dózis növelése a sztómakonduktancia értékre 2019. évben jelentős csökkenést eredményezett (30,1%; p<0,01), 2020-ban azonban 50,6%-os (p<0,001) volt a növekedés mértéke. A két év között a nem műtrágyázott kezelésben mutatható ki a legnagyobb eltérés. 2020-ban 46,4%-al (p<0,001) volt alacsonyabb a sztómakonduktancia értéke, mint 2019-ben.

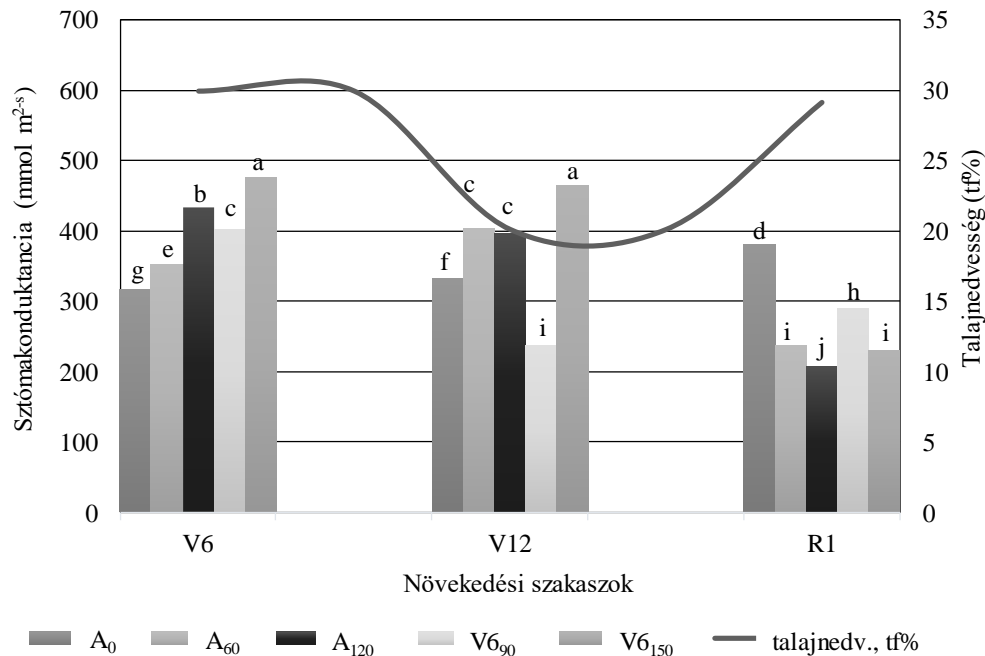


17. ábra: A sztómakonduktancia és talajnedvesség alakulása növekedési szakaszonként (Debrecen, 2019)

Megjegyzés: A különböző kisbetűk jelzik a Duncan-teszt alapján (p<0,05) a műtrágyakezelések közötti eltérést.

A V6 és V12 fenológiai szakasz között 2019-ben 39 mm csapadék hullott, és a GDD-érték 243 °C volt. 2020-ban 10 mm-rel több volt a csapadék (49 mm) és jelentősen alacsonyabb volt a GDD-érték (177 °C). A sztómakonduktancia érték közel hasonlóan alakult (397 és 367 mmol m⁻² s⁻¹) a két évben ezen időszak alatt. Eredményeink megerősítik Han et al. (2006) megállapítását, miszerint, a N-műtrágya kijuttatásának fokozása módosíthatja a levelek sztómavezetőképességét, ezáltal erősítve az alkalmazkodóképességet. A V12 fenológiai fázisban a kontroll kezeléshez viszonyítva mindkét évben nőtt a sztómakonduktancia érték.

2019-ben alaptrágyaként kijuttatott 120 kg N/ha (A_{120}) kezelésben ($468 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$; 46,3%) ($p < 0,001$) míg 2020-ban a $V6_{150}$ kezelésben ($464 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$; 39,3%) ($p < 0,01$) voltak a növények sztómái a legaktívabbak.



18. ábra: A sztómakonduktancia és talajnedvesség alakulása növekedési szakasznként, (Debrecen, 2020)

Megjegyzés: A különböző kisbetűk jelzik a Duncan-teszt alapján ($p < 0,05$) a műtrágyakezelések közötti eltérést.

A V12 és R1 fenológiai fázis között 2019-ben mindössze 8 mm csapadék hullott és $182 \text{ }^\circ\text{C}$ volt a GDD érték. 2020-ban jelentősen több csapadék hullott (128 mm) és a GDD érték is magasabb volt ($256 \text{ }^\circ\text{C}$). A két év átlagos sztómakonduktancia érték között nem volt jelentős az eltérés (6,6%). Mindkét évben megfigyelhető, hogy az R1 fejlődési szakaszban a növények kevésbé stressz alatt, a kontroll kezelésben (A_0) voltak. A műtrágyázás sztómakonduktancia érték csökkenést eredményezett. 2019. évben a legnagyobb csökkenést (52%; $p < 0,001$) az alaptrágyaként kijuttatott 60 kg N/ha (A_{60}) kezelésben, 2020-ban a 120 kg N/ha alapkezelésben (A_{120}) (45,3%; $p < 0,01$) tapasztaltuk.

Az eredményeink – a kezelések átlagában – megegyeznek Kron et al. (2008) megállapításával, miszerint, a fenológiai fázisok előrehaladtával a növények sztómái egyre inkább záródnak, csökken a sztómakonduktancia értéke. A legalacsonyabb értéket mindkét évben az R1 fenofázis idején érték el, 2019-ben az A_{60} ($183 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), 2020-ban az A_{120} kezelésben ($208 \text{ mmol/m}^2 \text{ s}$). A V12 és az R1 fenológiai szakasz közötti sztómakonduktancia csökkenés 2019-ben 37,7-55,5%, ($p < 0,05$; $p < 0,001$) 2020-ban 41,5-50,4% ($p < 0,01$; $p < 0,001$) között változott.

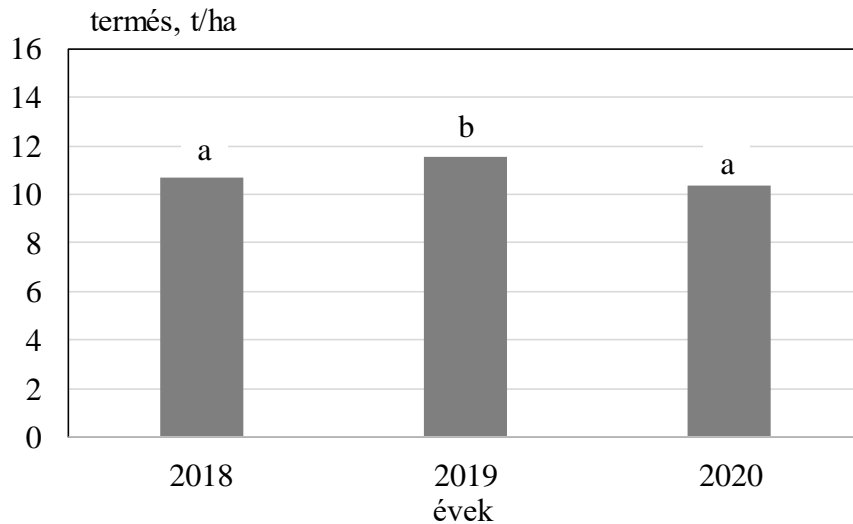
A talaj nedvességtartalma kiemelkedő fontosságú, a sztóma szabályozásában (Anav et al., 2018). Yu et al. (2015) és Santos et al. (2017) megállapításával egyezően a fenológiai fázisok előrehaladtával fokozatosan csökkent a talajnedvesség és limitáló tényezővé vált. Ennek következtében a növény vízstressz alá került és csökkent a sztómakonduktancia. A növekvő N-trágyázás növeli a kukorica gyökerek nagyságát (Su et al., 2020; Putra és Ismoyojati, 2021) és a levélfelületet (Amali és Namo, 2015; Hafez és Abdelaal) így a transzspirációt (Zhang et al., 2014) és a vízigényt (Xu et al., 2020). A nagyobb levélfelület azonban nagyobb asszimilációs felületet is jelent. Ez kedvező körülmények között nagyobb termést eredményezhet. Vízihiányos időszakban, a nagyobb LAI is kedvezőtlen lehet. 2019. évben, R1 fenofázisra jelentős mértékű volt a talaj nedvességtartalmának csökkenése, ezáltal A_0 kezeléshez viszonyítva a sztómakonduktancia is csökkent (33. ábra). A csökkenés mértéke a V6 növekedési szakasz értékétől az R1 fenofázisra 43,9% ($p < 0,01$) volt 2019. évben, míg 2020. évben 32,1% ($p < 0,05$). 2020-ban az R1 fenofázisban, a csökkenés ellenére mért magas talajnedvességi érték és a növekvő N-műtrágyázás nem okozott magasabb sztómakonduktancia értékeket (34. ábra). Ennek oka lehet, hogy a vízihiány a nap során időszakosan is kialakult, amikor a nagy LAI miatt gyorsabb a növény transzspirációja, mint a vízfelvétel. Ez az 5-6 mm/nap evapotranszspirációt meghaladó napokon fordulhat elő, főként a déli és kora délutáni órákban. Ilyen esetekben a növény gyökérszörei körül kiszárad a talaj, és megszűnik a vízfelvétel, a sztómák bezáródnak. Ekkor a talajban még van elegendő víz (2020. év, R1 fenofázis), csak az áramláshoz időre van szükség. Amikor a hőmérséklet csökken, az esti és éjszakai órákban a vízfelvétel ismét megindul, és a növény vízellátása újra zavartalan lesz.

4.3. Különböző időben és mennyiségben kijuttatott N-műtrágya, a genotípus, öntözés és az évjárat hatása a kukorica termésére

4.3.1. Különböző időben és mennyiségben kijuttatott N-műtrágya, öntözés és genotípus hatása a kukorica termésére, az évek átlagában

A kutatásunk során vizsgáltuk a műtrágya, az öntözés, a hibridtulajdonságok és az évjárat, valamint a tényezők kölcsönhatását a kukorica termésére. Hasonlóan Mansouri-Far et al. (2010) és Ragán (2017) eredményeihez, az összevont varianciaanalízis kimutatta, hogy a fő tényezők mindegyike hatást gyakorolt ($p < 0,001$) a kukorica hozamára. A varianciaanalízis SS értéke alapján a legnagyobb hatása a termésre a műtrágyának volt. A tényezők között igazolható volt – öntözés x hibrid kivételével – a kölcsönhatás (25. melléklet). A termés a kezelések átlagában

10,71 t/ha volt. Az elvégzett évenkénti vizsgálat alapján, megállapítható, hogy 2019-ben volt a legmagasabb hozam (11,56 t/ha) ($p < 0,05$), ami 7,9%-al haladta meg a 2018-as évet (10,71 t/ha; $p < 0,05$) és 11,7%-al 2020-as (10,35 t/ha; $p < 0,05$) terméseredményét. A 2018 és 2020 évek terméseredményei között nem volt igazolható szignifikáns különbség (19. ábra).

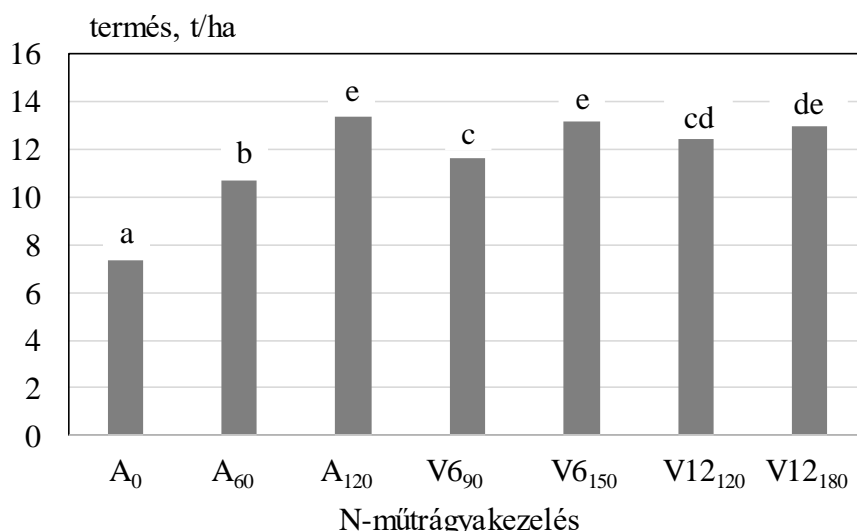


19. ábra: Az évjárat hatása a kukoricahibridek termésére a kezelések átlagában (Debrecen, 2018-2020)

Megjegyzés: A különböző betűvel jelzett termés értékek szignifikánsan különböznek egymástól a Duncan teszt alapján, $p < 0,05$ valószínűségi szinten.

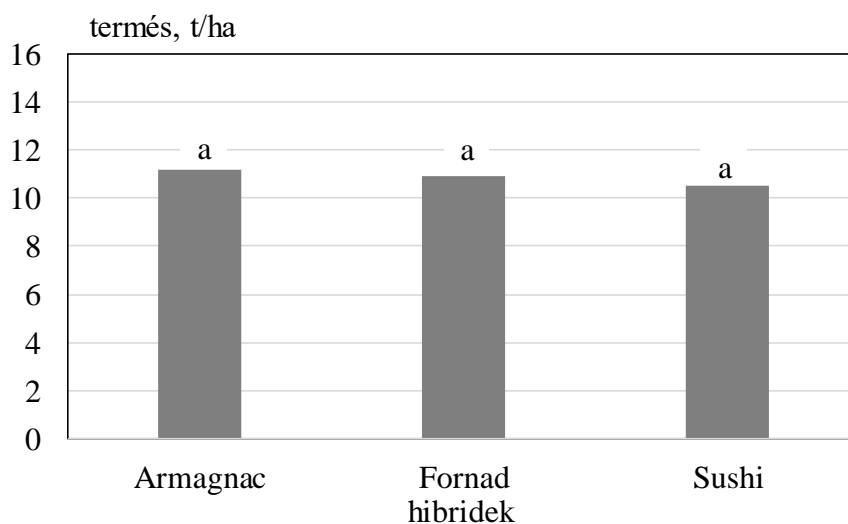
A műtrágyakezelések hatását vizsgálva, megállapítható, hogy a kontroll kezelés (A_0) eredményezte a legalacsonyabb hozamot (7,36 t/ha), ami a Duncan teszt alapján is jól elkülönült a többi kezeléstől, hasonlóan Rátonyi et al. (2014) és Ragán (2017) eredményeihez. Az alaptrágyaként kijuttatott 60 kg N/ha (A_{60}) műtrágya statisztikailag igazoltan 45,2%-os termésnövekedést eredményezett ($p < 0,05$). Ezt a kezelést 6 leveles állapotban, további 30 kg N/ha műtrágyaadaggal emelve ($V_{6_{90}}$) 9,1%-al növelte a termést ($p < 0,05$), majd a 12 leveles állapotban további 30 kg N/ha műtrágyaadagot kijuttatva ($V_{12_{120}}$) már szignifikáns növekedést nem mértünk. A legnagyobb termésnövelő hatást (81,5%) az A_{120} kezelés biztosította, a kontroll kezeléshez képest ($p < 0,05$), amely alátámasztotta Berényi et al. (2007) eredményeit. Az alap 120 kg N/ha feletti kezelés azonban már nem növelte a hozamot (20. ábra), ami megegyezik Vad és Dóka, 2009; Dóka és Pepó, 2007; Ragán, 2017 eredményeivel.

A három hibrid átlag termését figyelembe véve, megállapítható, hogy a legmagasabb hozam a hosszabb tenyészidejű Fornad hibridnél volt (11,56 t/ha). A hibridek között statisztikailag igazolt eltérést nem tudtunk kimutatni (21. ábra).



20. ábra: A N-műtrágyázás hatása a kukorica hibridek termésére a kezelések átlagában (Debrecen, 2018-2020)

Megjegyzés: A különböző betűvel jelzett termés értékek szignifikánsan különböznek egymástól a Duncan teszt alapján, $p < 0,05$ valószínűségi szinten.

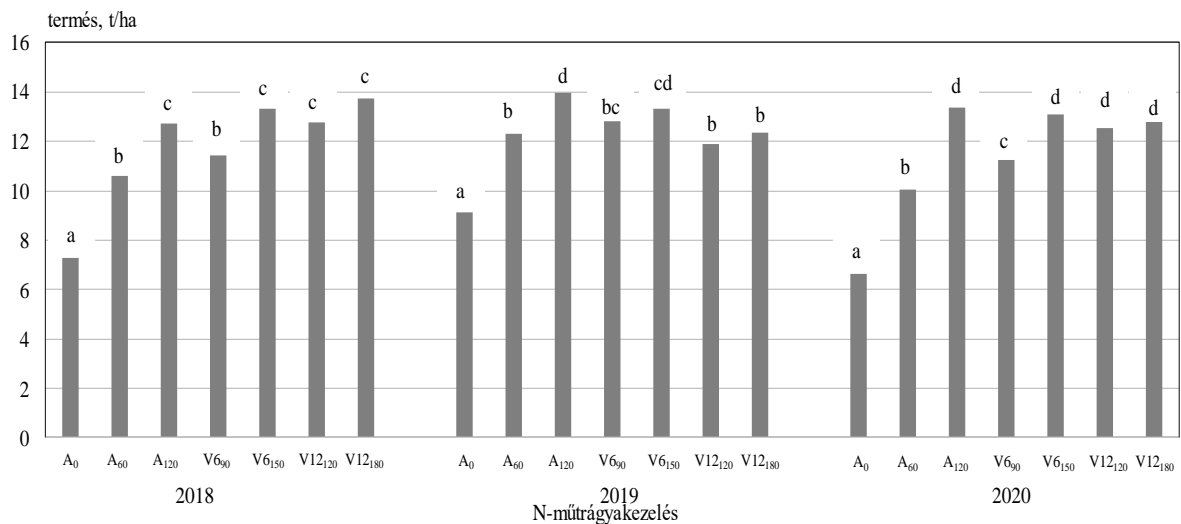


21. ábra: A kukorica hibridek hatása a termésre a kezelések átlagában (Debrecen, 2018-2020)

Megjegyzés: Az azonos betűvel jelzett termés értékek szignifikánsan nem különböznek egymástól a Duncan teszt alapján, $p < 0,05$ valószínűségi szinten.

Évenként vizsgáltuk a műtrágyázás hatását a kukorica termésére a kezelések átlagában (22. ábra). A kukorica műtrágyázás nélküli termése 2018-ban 7,29 t/ha volt. A kontrollhoz viszonyítva a legalacsonyabb 60 kg N/ha alapkezelés (10,60 t/ha) 45,4%-al, az A₁₂₀ kezelés (12,74 t/ha) 74,4%-kal ($p < 0,05$) növelte a termést. Az A₆₀ és A₁₂₀ alapkezelés közötti 20%-os növekedés is statisztikailag ($p < 0,05$) igazolható volt. Az alapkezelésként kijuttatott 60 kg N/ha-t a V6 fenofázisban további 30 kg N/ha-ral növelve (V6₉₀) megbízható termésmnövekedést nem

eredményezett. A V₆₉₀ kezeléshez viszonyítva (11,42 t/ha) a V₁₂₁₂₀ kezelés hatása 11,9% volt ($p < 0,05$). A maximális termés a V₁₂₁₈₀ kezelésben volt (13,74 t/ha), azonban ez a kezelés nem biztosított megbízható különbséget a 120 kg N/ha alapkezelés eredményétől (12,72 t/ha). Az átlagos évjáratnak tekinthető 2019 évben a legmagasabb hozamot (13,97 t/ha) az alaptrágyaként kijuttatott 120 kg N/ha (A₁₂₀) kezeléssel érték el, amely a nem műtrágyázott kezeléshez (A₀) viszonyítva (9,14 t/ha) a terméshozadék növekedése 52,8%-os volt ($p < 0,05$), ezzel A₁₂₀ kezelés a legeredményesebbnek tekinthető kezelés. A két alapkezelés közötti eltérés 13,6% ($p < 0,05$). A fejtrágyakezelések hatására nem alakult ki hozamnövekedés. A csapadékban gazdag, 2020-ban az A₀ kezeléshez viszonyítva (6,63 t/ha) az A₆₀ kezelés hatására 10,04 t/ha-ra nőtt termés, amely 51,4%-os növekedés, míg az A₁₂₀ kezelés hatására több mint duplájára (13,38 t/ha) növekedett a kukorica termése ($p < 0,05$). Az A₁₂₀ kezelés biztosította a legnagyobb termést ebben az évben. A fejtrágyakezelések ebben az évben hoztak szignifikáns terméshozadék növekedést, az A₀, A₆₀ V₆₉₀ kezelésekhöz képest, de nem tértek el megbízhatóan az A₁₂₀ kezelés hozamától.

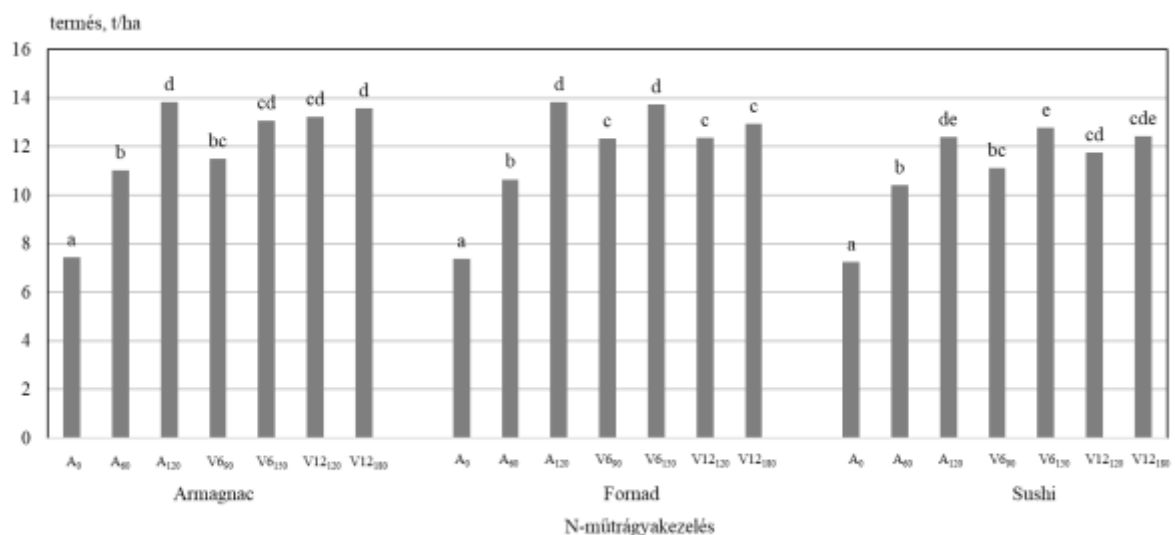


22. ábra: Az évjárat és a műtrágyázás hatása a kukorica hibridek termésére a kezelések átlagában (Debrecen, 2018-2020)

Megjegyzés: Az azonos betűvel jelzett termés értékek szignifikánsan nem különböznek egymástól a Duncan teszt alapján, $p < 0,05$ valószínűségi szinten.

Az évjárat módosító hatása műtrágyakezelésenként eltérő volt. A 2018. évet alapul tekintve 2019-ben az A₀, az A₆₀ és A₁₂₀, valamint a V₆₉₀ kezeléseknél jelentős növekedést, 2020-ban az A₀, A₆₀ és az A₁₂₀ kezelésben csökkenést mutattunk ki. A magasabb műtrágyakezelésekben az évjárat hatása kisebb mértékű volt. 2020-ban jelentős csökkenés az A₀ és A₆₀ és a V₆₉₀ kezelés termésében volt 2019 évhez viszonyítva (22. ábra).

A különböző genotípusú kukoricahibridek hozama a kezelések átlagában 7,26 és 13,84 t/ha között alakult (23. ábra). A hibrideket egymással összehasonlítva, megállapítható, hogy a kontroll kezelésben (A_0) közel azonos terméseredményeket kaptunk mindhárom hibrid esetében. A 60 kg N/ha (A_{60}) alaptrágya kezelés átlagosan 45%-al emelte a hozamot ($p < 0,05$), az Armagnac hibrid estében volt a legnagyobb a termésnövekedés (48,1%). A 60 kg N/ha alaptrágyát (A_{60}) további 30 kg N/ha dózissal növelt kezelésben (V_{690}) a Fornad hibrid hozamnövekedése volt jelentős, 10,65 t/ha-ról 12,35 t/ha-ra nőtt a termés, a növekedés 16,0%, amely statisztikailag is igazolt. Az A_0 kezeléshez viszonyítva az Armagnac és a Fornad hibridnél az A_{120} kezelés hatására alakult ki jelentős termésmennyiség növekedés, amely egyben a statisztikailag is igazolt legnagyobb termés ($p < 0,05$). Mindhárom hibridnél a 120 kg N/ha tavaszi alapkezelést (A_{120}) 6 leveles és 12 leveles állapotban további 30-30 kg N/ha-ral növelve nőtt a termés, azonban csak a Sushi hibrid esetén tudtunk szignifikáns növekedést igazolni V_{6150} kezelésben ($p < 0,05$), ahol a termésmennyiség 12,79 t/ha volt. A legalacsonyabb hozam minden kezelésben a Sushi korai érésű hibrid estében volt kimutatható.



23. ábra: A műtrágyázás hatása az eltérő genotípusú kukoricahibridek termésre a kezelések átlagában (Debrecen, 2018-2020)

Megjegyzés: Az azonos betűvel jelzett termés értékek szignifikánsan nem különböznek egymástól a Duncan teszt alapján, $p < 0,05$ valószínűségi szinten.

Évenként és műtrágyakezelésenként vizsgáltuk a hibridek hozamát (5. táblázat). Az **Armagnac hibridnél** a műtrágyázás hatása a termésre a három évben eltérően alakult. Mindhárom évben a legalacsonyabb hozamot, a kontroll kezelés (A_0) eredményezte ($p < 0,05$), ami a Duncan teszt alapján jól elkülönült a többi kezelésben kapott hozamoktól. A N dózisok növekedésével az évjárat hatása is megfigyelhető. *2018-ban* az A_0 kezelés 7,56 t/ha-os terméséhez viszonyítva a

legkisebb alap dózisú N műtrágyakezelés (A₆₀) 51,2%-kal, a nagyobb 120 kg N/ha kezelés (A₁₂₀) 78%-kal növelte a termést, amely 3,87 és 5,90 t/ha-os terméshozadékot jelentett. A V12₁₈₀ kezelés közel kétszeresére növelte a termésmennyiséget (14,73 t/ha) az A₀ kezeléshez képest, de ez az A₁₂₀ kezeléshez képest (13,46 t/ha) mindössze 9,4%-os növekedés volt. A Duncan teszt alapján az A₆₀ kezelés bizonyult eredményesnek. Megbízható terméshozadékot 2019-ben az A₁₂₀ kezelésben kaptunk (14,63 t/ha), amely 54,2%-kal haladta meg az A₀ kezelés hozamát (9,49 t/ha). 2020-ban már az A₆₀ kezelés (9,99 t/ha) jelentős 53,7%-os termésmennyiség növekedést eredményezett az A₀ 6,50 t/ha-os terméshez képest, míg az A₁₂₀ kezelés hatására több mint duplájára emelkedett a termésmennyiség (13,67 t/ha). A fejtrágyakezelések egyik évben sem hoztak megbízható terméshozadékot. Az évjárat módosító hatása tápanyagszinten eltérően alakult. A 2018-as évhez viszonyítva minden tápanyagszinten 2019-ben magasabb – a V12₁₂₀ és V12₁₈₀ kezelések kivételével –, 2020-ban alacsonyabb termésmennyiséget kaptunk. Az évjáratok közötti eltérés A₀ és a tavaszi 60 kg N/ha alapkezelésben (A₆₀) mutatkozott meg jelentős mértékben. Az A₁₂₀ kezelés (14,63 és 13,67 t/ha) hozta az évek közül a legnagyobb terméshozadékot, kivéve 2018-as évet, ahol az A₆₀ kezelés (11,43 t/ha) volt hatásos.

5. táblázat: Az évjárat és a műtrágyázás hatása az eltérő genotípusú hibridek termésére (Debrecen, 2018-2020)

Hibridek	Évek	Termés, t/ha						
		Műtrágyakezelések						
		A ₀	A ₆₀	A ₁₂₀	V ₆₉₀	V ₆₁₅₀	V12 ₁₂₀	V12 ₁₈₀
Armagnac	2018	7,56a	11,43b	13,46b	11,48b	13,03b	13,85b	14,73b
	2019	9,49a	12,99bc	14,63c	13,55bc	13,29bc	12,44b	13,08bc
	2020	6,50a	9,99b	13,67c	10,63b	13,01c	13,27c	13,29c
Fornad	2018	7,36a	10,10b	12,93c	10,95b	13,43c	12,85c	12,99c
	2019	8,88a	12,04bc	13,77cd	12,57bcd	14,12d	11,71b	12,82bcd
	2020	6,75a	10,30b	14,26d	12,85c	13,71cd	12,43c	12,95cd
Sushi	2018	6,94a	10,26b	11,76c	11,84c	13,47d	11,63c	13,49d
	2019	9,05a	11,88b	13,50c	12,29bd	12,53bc	11,47b	11,17b
	2020	6,64a	9,85b	12,21c	10,31b	12,60c	11,93c	12,49c

Megjegyzés: Az azonos betűvel jelzett termés értékek szignifikánsan nem különböznek egymástól a Duncan teszt alapján, p<0,05 valószínűségi szinten.

Fornad hibridnél 2018-ban az A₀ kezeléshez viszonyítva az alap 60 kg N/ha (A₆₀) 37,2%-kal, az alap 120 kg N/ha 75,7%-kal növelte a termést. Ez 2,74 és 5,57 t/ha-os terméshozadékot jelent. A Duncan teszt három csoportot alkotott és eredményesnek A₁₂₀ kezelés bizonyult (12,93 t/ha). 2019-ben legnagyobb terméshozadékot a tavaszi alap 120 kg N/ha+ a V6 fenofázisban

további 30 kg N/ha kijuttatása volt (V₆₁₅₀; 14,12 t/ha). Az évek közül 2020-ban volt mérhető a legalacsonyabb (A₀; 6,75 t/ha) és a legmagasabb (A₁₂₀; 14,26 t/ha) hozam is. A kontroll kezeléshez viszonyítva ebben az évben volt az A₆₀ kezelés és az A₁₂₀ kezelés hatása az évek közül a legnagyobb mértékű. Az A₆₀ kezelés 52,6%-os növekedést hozott, amely 3,55 t/ha-os növekedés, míg az A₁₂₀ kezelés több mint duplájára emelte a termés nagyságát. Az A₆₀ kezelést V₆ növekedési szakaszban további 30 kg N/ha-ral növelésével 2,55 t/ha magasabb terméshozamot értünk el (24,8%), azonban alatta maradt a legjobb kezelésnek számító A₁₂₀ kezeléstől. Az évjárat módosító hatásának mértéke műtrágyakezelésenként eltért. 2018 évhez viszonyítva 2019-ben a V₁₂₁₂₀ és V₁₂₁₈₀ kezelések kivételével nagyobb termést mértünk, a legnagyobb eltérést az A₆₀ kezelésben tudtuk kimutatni (1,94 t/ha). 2020-ban jóval magasabb termést kaptunk, különösen az A₁₂₀ és V₆₉₀ kezeléseknél, a többi kezelésben a termések közel hasonlóan alakultak, mint 2018. évben. A Fornad hibridnél szignifikánsan a legeredményesebb kezelés az A₁₂₀ volt 2018-ban és 2020-ban, illetve a V₆₁₅₀ fejtrágyakezelés 2019-ben.

A **Sushi hibridnél** 2018-ban már a 60 kg N/ha tavaszi alapkezelés is jelentős 3,32 t/ha-os (60,3%) növekedést hozott a nem műtrágyázott kezeléshez képest (6,94 t/ha). Az A₁₂₀ kezelésnek (11,76 t/ha) 83,8%-os termésmenvelő hatása volt, további 14,5%-kal tudtuk a termést növelni a +30 kg N/ha kijuttatásával 6 leveles állapotban (V₁₅₀; 13,47 t/ha). 2019-ben és 2020-ban is az A₁₂₀ kezelés bizonyult eredményesnek (13,50 és 12,21 t/ha) a Duncan teszt alapján. A fejtrágyakezelések nem hoztak megbízható termésmenvekedést 2019-ben és 2020-ban sem. *Évjáráthatást tekintve* a Sushi hibridnél is a műtrágyakezeléseknél eltérés mutatkozott. 2018 évhez viszonyítva 2019-ben a nem műtrágyázott és az alacsonyabb műtrágyakezelésekben mértünk termésmenvekedést. Legnagyobb különbség 2,10 t/ha az A₀ kezelésben volt. 2020-ban alacsonyabban alakult a termésmennyiség. Legnagyobb mértékű csökkenés a V₆₉₀ (1,52 t/ha) és V₁₂₁₈₀ (1,00 t/ha) kezelésben volt.

Összességben megállapítható, hogy az Armagnac 2018 (A₆₀) és a Fornad 2019. évi (V₆₁₅₀) eredményei kivételével az A₁₂₀ kezelésnek volt szignifikánsan termésmenvelő hatása. Az évjárat a nem műtrágyázott és az alacsonyabb műtrágyakezelések termésére volt jelentősebb hatással.

4.3.2 Különböző időben és mennyiségben kijuttatott N-műtrágya és a genotípus hatása a kukorica termésére az évek átlagában, nem öntözött kezelésben

A *nem öntözött változat* varianciaanalízis eredménye alapján megállapítható, hogy a műtrágyázás és a hibridtulajdonságok szoros összefüggést ($p < 0,001$) mutatnak a termés alakulásával, azonban évjárat hatása nem szignifikáns. A műtrágyázás x hibrid, illetve az év x hibrid kölcsönhatás statisztikailag nem volt hatással a termés alakulására (26. melléklet). A 2019-ben kapott (11,26 t/ha) termés a kezelések átlagában eltért a 2018-as 10,33 t/ha (9%) és a 2020-as 10,30 t/ha (9,3%) évek hozamától, azonban ezek az eltérések statisztikailag nem igazolhatóak (27. melléklet). A legalacsonyabb hozam (7,28 t/ha) a nem műtrágyázott kezelésben (A_0) volt kimutatható. Az alaptrágyaként kijuttatott 60 kg N/ha (A_{60}) műtrágya 43,5% (10,45 t/ha; $p < 0,05$), a 120 kg N/ha alapkezelés (A_{120}) 81%-os termésnövekedést eredményezett (13,18 t/ha; $p < 0,05$) az A_0 kezeléshez viszonyítva. A két alapkezelés között 26,1% eltérés volt ($p < 0,05$). Az A_{60} kezelést V6 fenofázisban további 30 kg N/ha műtrágyaadaggal növelve (V_{690}), a termésnövekedés mindössze 3,8 % volt. Erre a kezelésre 12 leveles növekedési fázisban további 30 kg N/ha-t kijuttatva 15,0%-os termésnövekedés volt kimutatható (12,48 t/ha; $p < 0,05$). Az A_{120} kezeléshez képest a fejtrágya kijuttatásának hatására V_{6150} és V_{12180} kezelésben nem szignifikáns terméscsökkenést eredményezett. Összességében a tavaszi 120 kg N/ha (A_{120}) alapkezeléssel volt elérhető a legnagyobb (13,18 t/ha) statisztikailag igazolható termés (28. melléklet). A hibrideket vizsgálva, a kezelések átlagában megállapítható, hogy a Fornad hibrid érte el a legmagasabb (10,81 t/ha) hozamot, melytől az Armagnac és Sushi hibridek szignifikáns eltérést nem mutattak (29. melléklet).

4.3.2.1. Az évjárat, a különböző időben és mennyiségben kijuttatott N-műtrágya, és a genotípus hatása a kukorica termésére, nem öntözött kezelésben

A kukoricahibridek terméseredményét évenkénti összevont varianciaanalízissel értékeltük, hogy mely tényezők milyen mértékben voltak hatással a termés alakulására nem öntözött változatban. A műtrágyázás mindhárom évben ($p < 0,001$), a hibridtulajdonságok 2019 és 2020 években ($p < 0,001$) befolyásolta a termés alakulását. A hibrid x műtrágyázás kölcsönhatása a három év közül 2018-ban nem volt szignifikáns (30. melléklet). Mindhárom évben a műtrágyázás nélküli kezelésben volt a legalacsonyabb a termés. *2018 évben* a legnagyobb termést (13,57 t/ha) a V_{12180} kezeléssel értük el, amely egy csoportot alkotott az A_{120} , a V_{6150} és a V_{12120} kezelésekkal, és eltért az A_0 , A_{60} és V_{690} kezeléstől ($p < 0,05$). A legnagyobb V_{12180} és a Duncan teszt alapján eredményes tavasszal kijuttatott 120 kg N/ha alapkezelés (A_{120})

(12,49 t/ha) között 8,6% volt az eltérés. Három év tekintetében 2019-ben volt az A_0 kezelés hozama a legnagyobb (9,26 t/ha) az évek közül. A legkisebb mennyiségű alaptrágya (A_{60}) kezeléssel 3,54 t/ha-os (30,5%), az A_{120} kezeléssel 4,33 t/ha-os (46,8%) terméshozamot értünk el. A két alapkezelés közötti eltérés 1,51 t/ha (12,5%) volt. Az alapkezelésekre kijuttatott fejtrágya mennyiségek tovább nem növelték a hozamot. 2020-ban a műtrágyázás nélküli (A_0) kezelés termése 6,64 t/ha. A kontroll kezeléshez viszonyítva az A_{60} kezelés 48,0%-al növelte a termést (9,83 t/ha; $p < 0,05$). Az A_{60} és az A_{120} alapkezelések közötti különbség 3,48 t/ha, a nagyobb alapdózis szignifikáns ($p < 0,05$) növekedést eredményezett. Nem szignifikáns eltérés mutatkozott az A_{60} és a V_{690} kezelés között. A V_{690} kezelést 12 leveles állapotban +30 kg N/ha-al növelve, azaz a második fejtrágyázás szignifikáns növekedést eredményezett (13,25 t/ha), azonban nem különbözött az A_{120} , V_{12120} és a V_{12180} kezelésektől. Összességében megállapítható, hogy mindhárom évben a magasabb alaptrágya (A_{120}) mennyiség mellett már nem volt szükség fejtrágya kijuttatására (31. melléklet. ábra).

Az évjárat hatását vizsgálva megállapítható, hogy 2018 évhez viszonyítva mindkét évben eltérő volt műtrágyakezelésenként a környezeti tényező hatása. 2019-ben az A_0 , az A_{60} és A_{120} , valamint a V_{690} kezelésben jelentős terméshozam-növekedés volt, majd a fejtrágyázás hatására a 12 leveles állapotban kijuttatott többletműtrágyát alkalmazott kezelésben csökkenés volt. A 2020. évet vizsgálva, megállapítottuk, hogy a termések közel azonosan alakultak műtrágyakezelésenként, mint 2018-ban. 2019 évhez viszonyítva azonban a nem műtrágyázott (2,62 t/ha) és az A_{60} (2,25 t/ha) kezeléseknél jelentős csökkenés, míg a V_{12120} (1,26 t/ha) és a V_{12180} (1,73 t/ha) kezelésben jelentős növekedés volt. A legnagyobb terméshozam-növekedést a 60 kg N/ha alaptrágyázás hatására 2018-ban (51,3%), a 120 kg N/ha kezelés hatására 2020-ban (100,5%) mértünk a nem műtrágyázott kezeléshez viszonyítva (31. melléklet).

Az *Armagnac hibrid* esetében az A_0 (7,32 t/ha) kezelés terméshozamát a tavaszi alapkezelések jelentősen növelték, a 60 kg N/ha műtrágya 10,59 t/ha-ra (44,7%), a 120 kg N/ha 13,76 t/ha-ra (88,8%) növelte a termést ($p < 0,05$). A 60 kg N/ha mennyiséget (A_{60}) +30 kg N/ha mennyiséggel növelve (V_{690}) szignifikáns eltérést nem okozott, azonban a 12 leveles állapotban kijuttatott további 30 kg N/ha (V_{12120} ; 13,69 t/ha) 31,3%-os növekedést eredményezett. A 120 kg N/ha alapkezelést (A_{120}) tovább növelve megbízható terméshozam-növekedést nem kaptunk (32. melléklet).

A *Fornad hibridnél* is a termések hasonlóan alakultak a műtrágyakezelések hatására. Az A_{60} kezelés (10,42 t/ha) 40,8% és az A_{120} kezelés (13,50 t/ha) 82,4%-os növekedéssel reagált az A_0

kezeléshez (7,40 t/ha) képest ($p < 0,05$). A két alapkezelés között 29,6% különbség volt. A fejtrágyázás hatására szignifikáns különbséget nem tudtunk kimutatni (44. ábra).

A **Sushi hibrid** a 7,11 t/ha-os nem műtrágyázott kezelését az A_{60} kezelés 3,23 t/ha-ral (45,4%) az A_{120} kezelés 5,17 t/ha-ral (72,7%) múlta felül. A 60 kg N/ha alapkezelésre (A_{60}) további N/ha mennyiség kijuttatása ($V_{12_{120}}$) 28,9%-os növekedést biztosított. Az alap 120 kg N/ha kezelést a két fenológiai szakaszban további N/ha mennyiséggel növelve nem hozott megbízható termésnövekedést (44. ábra).

Összességében megállapítható, hogy az Armagnac és a Fornad hibridnél az A_{120} kezelés, a Sushi hibridnél a $V_{6_{150}}$ kezelés volt megbízható hatással a termésnövekedésre. A rövidebb tenyészidejű Sushi hibridhez viszonyítva mindkét hibrid termésmennyisége minden kezelésben – kivéve a Fornad hibrid $V_{12_{120}}$ kezelését – nagyobb volt. Jelentős különbségnek az Armagnac és Fornad hibrid $V_{6_{90}}$ kezelésben kialakult 1,38 t/ha-os különbség bizonyult.

Vizsgáltuk az évjárat és a műtrágyázás hatását az eltérő genotípusú kukorica hibridek termésére (33. melléklet). **Armagnac hibrid 2018-ban** az 6,84 t/ha-os nem műtrágyázott kezeléséhez viszonyítva a 60 kg N/ha kijuttatása (A_{60}) 3,62 t/ha-os (52,9%), a 120 kg N/ha (A_{120}) 6,64 t/ha-os (97,1%) növekedéssel reagált. A két alapkezelés közötti eltérés 28,9% volt. A 60 kg N/ha kezelést 6 leveles állapot +30 kg N/ha mennyiséggel növelve megbízható különbséget nem eredményezett ($V_{6_{90}}$), azonban 12 leveles állapotban a további 30 kg N/ha 46,5%-kal emelte a termésmennyiséget ($V_{12_{120}}$). E kezelés hatására alakult ki megbízható termésnövekedés ($p < 0,05$), amely 14,25 t/ha volt, ezzel több mint duplájára emelve az A_0 kezelés hozamát. **2019-ben** a Duncan teszt alapján a műtrágyakezelések közül a 60 kg N/ha alpműtrágyázás (A_{60}) volt eredményes (12,97 t/ha; $p < 0,05$). Az A_0 kezeléshez (9,70 t/ha) viszonyítva a növekedés mértéke 33,7% volt. Az A_{60} és A_{120} kezelés között 1,56 t/ha-os nem szignifikáns eltérést tudtunk kimutatni. A fejtrágyázásnak nem volt termésnövelő hatása. **2020-ban** a 60 kg N/ha alapkezelés (A_{60}) 48,2%-kal növelte az A_0 kezelés (6,50 t/ha) termésmennyiségét, míg a 120 kg N/ha mennyiséggel a termés több mint duplájára emelkedett (13,55 t/ha). Az A_{60} kezelést V_6 szakaszban + 30 kg N/ha-ral növelve nem hozott megbízható növekedést, azonban V_{12} szakaszban további +30 kg N/ha 44,3%-os termésmennyiség növekedést hozott. A Duncan teszt alapján megbízhatónak az A_{120} kezelés bizonyult.

A **Fornad hibrid** esetében 2018-ban az A₀ kezelés (7,11 t/ha) terméshozamát az A₆₀ 2,91 t/ha-ral (43,5%) és az A₁₂₀ kezelés 5,59 t/ha-ral (78,6%) jelentős mértékben növelte. Ebben az évben a 120 kg N/ha kezelésre 6 leveles állapotban + 30 kg N/ha kijuttatása hatásos volt (V₆₁₅₀; 13,11 t/ha). 2019-ben a két alapkezelés (A₆₀, A₁₂₀) közel azonos mértékben növelte a kontroll (A₀) kezeléshez viszonyítva a termés nagyságát. A V6 fenológiai szakaszban az alap 120 kg N/ha-ra+30 kg N/ha növeléssel még 15,7%-os emelkedést értünk el. A statisztikailag igazolt legnagyobb termés azonban az A₁₂₀ kezeléssel (12,71 t/ha) volt elérhető. 2020-ban az A₁₂₀ kezelés több mint kétszeresére (14,19 t/ha) növelte termést az A₀ kezeléshez viszonyítva (6,77 t/ha). A két alapkezelés között is jelentős, 51,3%-os volt az eltérés, amely 4,34 t/ha. Az alap 60 kg N/ha kezelést 6 leveles állapotban + 30 kg N/ha növelve (V₆₉₀) megbízható növekedést kaptunk (12,68 t/ha), de alatta maradt az A₁₂₀ kezelés eredményének.

A **Sushi hibrid** esetében 2018-ban az A₀ kezelés (6,41 t/ha) eredményét az A₆₀ kezelés 61,3%-kal, az A₁₂₀ kezelés 76,3%-kal növelte. Ez 3,93 és 4,89 t/ha-os terméshozamnövekedés. A fejtrágyakezelések közül a V₆₁₅₀ kezelés adta a statisztikailag a legmegbízhatóbb terméshozamot (13,17 t/ha). 2019-ben a magas, 8,91 t/ha-os nem műtrágyázott kezeléshez viszonyítva a két tavaszi alapkezelés növelte a termést (A₆₀, 25,3%; A₁₂₀, 51,9%), azonban sokkal kisebb mértékben mint 2018 és 2020-ban. A fejtrágyázás hatására szignifikáns csökkenés alakult ki. 2020-ban bár a tavaszi 120 kg N/ha alapkezelés (12,17 t/ha) az A₀ kezeléshez képest (6,65 t/ha) 83%-os növekedést ért el, de ebben az évben az A₁₂₀ kezelésre V6 növekedési szakaszban + 30 kg N/ha-ral megbízhatóan tovább lehetett növelni a hozamot (13,11 t/ha).

Az *évjárat termést módosító hatása* hibridenként és műtrágyakezelésenként változott (33. melléklet). Az **Armagnac hibridnél** a 2018 évhez képest a 2019 év növelte a termést a V₁₂₁₂₀ és a V₁₂₁₈₀ kezelése kivételével, ahol csökkenést mértünk. Legnagyobb terméskülönbség a V₆₉₀ kezelésben volt (3,28 t/ha). 2020-ban közel azonosan alakultak a terméshozamok, a V₁₂₁₈₀ kezelés okozott 1,11 t/ha csökkenést. 2020 és 2019 év összehasonlítása azt mutatta, hogy 2020-ban az alacsonyabb műtrágyakezeléseknél csökkent, míg a magasabb (V₁₂₁₂₀ és V₁₂₁₈₀) kezeléseknél növekedett a termés.

A **Fornad hibrid** hasonlóan reagált a környezeti tényezőkre, mint az Armagnac hibrid. A 2019-es évjáratban – 2018 évhez hasonlítva – a V₁₂₁₂₀ és V₁₂₁₈₀ kezelése kivételével magasabb hozamot mértünk. A V₁₂₁₂₀ kezelésben jelentős, 2,58 t/ha-os csökkenés volt. 2020-as évvel való összehasonlításakor megállapítható, hogy a növekedés az A₀ és A₆₀ kezeléseknél közel azonos, az A₁₂₀, V₆₉₀ és V₆₁₅₀ kezeléseknél növekedés, míg a V₁₂₁₂₀ és V₁₂₁₈₀ kezeléseknél ismét csökkenés volt kimutatható. 2020-ban az előző 2019-es évhez képest a nem műtrágyázott

kezelés és az A₆₀ kezelésre hatott a környezeti tényező a legkedvezőtlenebbül, a termés csökkenés 2,39 és 2,27 t/ha volt. Kedvező hatást a magasabb műtrágyakezelésekben lehetett kimutatni.

A *Sushi hibrid* a környezeti tényezőre eltérően reagált a másik két hibridtől. A 2018-as évhez viszonyítva az A₀ és a tavaszi alapkezelésekben a környezeti tényező kedvező, a fejtrágyakezelésekben kedvezőtlen hatását lehetett kimutatni, csökkent a termés. A legnagyobb termés csökkenés a V12₁₈₀ kezelésben volt (2,84 t/ha). A 2020-as évet nézve az eltérés a V6₉₀ kezelésben volt a legnagyobb mértékű, a termés 2,39 t/ha-ral csökkent. A környezeti tényező kedvezőtlen hatását a három évet tekintve, legnagyobb mértékben 2020-ban lehetett kimutatni, a nem műtrágyázott és az alapkezelésekben. A magasabb fejtrágyakezelésekben (V6₁₅₀, a V12₁₂₀ és V12₁₈₀) hasonlóan alakultak, mint 2018 évben, és növekedtek 2019 év hozamához képest.

Összességében az A₆₀ kezelés az Armagnac hibrid esetében 2019-ben volt hatásos. A nagyobb 120 kg N/ha tavaszi alapkezelésnek (A₁₂₀) az Armagnac hibridnél (2020) Fornad hibridnél (2019, 2020), a Sushi hibridnél (2019) biztosította a statisztikailag igazolható legnagyobb hozamot. A fejtrágyakezeléseknek mindhárom hibridnél 2018-ban, és a Sushi hibridnél 2020-ban volt szignifikáns termésmenvelő hatása. Mindez alátámasztja (Muthukumar et al., 2007; Sitthaphanit et al., 2010; Ványiné & Nagy, 2012; Széles et al., 2019) eredményeit, miszerint a fejtrágyázásnak termésmenvelő hatása van.

4.3.3 Különböző időben és mennyiségben kijuttatott N-műtrágya és a genotípus hatása a kukorica termésére az évek átlagában, öntözött kezelésben

Az *öntözött változat* varianciaanalízis eredménye bizonyítja, hogy a tényezők és kölcsönhatásaik szoros összefüggést mutatnak a termés alakulásával. Legnagyobb hatása a termésre a műtrágyának volt, majd az évjáratnak. Legkevésbé a hibrid volt hatással a termés alakulására. Tényezők kölcsönhatását vizsgálva, az évjárat és műtrágyázás kölcsönhatása igazolt (34. melléklet).

A legnagyobb termést a kezelések átlagában 2019-ben kaptuk (11,86 t/ha), melyhez képest 2018-ban 6,4%-kal és 2020-ban 12,3%-kal volt alacsonyabb ($p < 0,05$) a termésmennyiség. A 2018 és 2020-as év eredményei között megbízható eltérés nem igazolható (35. melléklet).

A műtrágyázást tekintve a legalacsonyabb hozamot (7,44 t/ha) a kontroll kezelésben mértük. Az alaptrágyaként kijuttatott 60 kg N/ha (A₆₀) műtrágya 3,50 t/ha-os (47,0%; $p < 0,05$), a 120 kg

N/ha alapkezelés (A_{120}) 2,60 t/ha-os (82%; $p < 0,05$) termésnövekedést eredményezett az A_0 kezeléshez képest. Az A_{60} kezelést V6 fenofázisban +30 kg N/ha műtrágyaadaggal növelve (V_{690}) a termésnövekedés mértéke 13,9% volt ($p < 0,05$), ezzel elérte 12,46 t/ha-os terméseredményt. Majd 12 leveles állapotban további 30 kg N/ha kijuttatására (V_{12120}) a termésmennyiség megbízhatóan nem változott. Az A_{120} kezeléshez képest a fejtrágya kijuttatásának hatására (V_{6150}) minimális volt a termésnövekedés. További, 30 kg N/ha műtrágyaadag a V_{12180} kezelésben nem szignifikáns terméscsökkenést okozott. Megbízható termésnövelő hatásának a 120 kg N/ha alapkezelés bizonyult (13,54 t/ha) (36.melléklet).

A legmagasabb termés (11,16 t/ha) az Armagnac hibrid estében mutatható ki a kezelések átlagában. Ettől az eredménytől a Fornad (10,97 t/ha) és a Sushi (10,56 t/ha) hibridek terméskülönbsége statisztikailag nem igazolható. Jelentős különbség nem volt a Fornad és Sushi hibridek között sem (37. melléklet).

4.3.3.1. Az évjárat, a különböző időben és mennyiségben kijuttatott N-műtrágya, és a genotípus hatása a kukorica termésére, öntözött kezelésben

A kukoricahibridek terméseredményét évenkénti összevont varianciaanalízissel értékeltük, hogy mely tényezők milyen mértékben voltak hatással a termés alakulására öntözött változatban. A műtrágyázás, a hibridtulajdonságok és a kettő kölcsönhatása mindhárom évben hatással volt a termés alakulására ($p < 0,001$) (38.. melléklet).

Mindhárom évben a műtrágyázás nélküli kezelésben volt a legalacsonyabb a termés, ezen évek közül is a 2020-as év eredményezte a legalacsonyabb termést (6,62 t/ha) (39. melléklet). A kukoricahibridek nem műtrágyázott kezeléséhez viszonyítva 2018-ban – a kezelések átlagában – az A_{60} 3,14 t/ha-al (40,4%; $p < 0,05$), az A_{120} kezelés 5,16 t/ha-al (66,3%; $p < 0,05$) növelte a termést. A két tavaszi alapkezelés közötti eltérés 18,5% ($p < 0,05$). A legnagyobb termést a V_{12180} kezelés biztosította (13,90 t/ha), amely a 78,7%-kal magasabb, mint a nem műtrágyázott termés, azonban statisztikailag eredményesnek a tavaszi 120 kg N/ha alapkezelésre V6 fenofázisban +30 kg N/ha fejtrágya (V_{6150}) (13,85 t/ha) bizonyult. 2019. évben a 60 kg N/ha alapkezelés (A_{60}) 3,50 t/ha-al növelte a termést a nem műtrágyázott kezeléshez viszonyítva (38,8%; $p < 0,05$), az A_{120} kezelés 5,32 t/ha-os (59,0%; $p < 0,05$) növekedést hozott. A két alapkezelés között 14,5%-os különbség volt ($p < 0,05$). Statisztikailag a legnagyobb termés az A_{120} kezelés hatására alakult ki (14,34 t/ha). A fejtrágyázásnak igazolt hatása nem volt. 2020-ban volt a legkisebb műtrágyaadagnak (A_{60}) a három év közül a legjelentősebb termésnövelő hatása (3,64 t/ha; 55%), illetve a tavaszi 120 kg N/ha megduplázta a termést (13,46 t/ha). A két

kezelés között is ebben az évben volt a legnagyobb az eltérés 3,2 t/ha (31,2%; $p < 0,05$). A fejtrágyázás ebben az évben sem volt eredményes.

Az évjárat hatását vizsgálva, megállapítottuk, hogy 2018 évhez viszonyítva 2019-ben a V₆₉₀ kezelésig az időjárás kedvezően hatott a hibridek termésére. Legnagyobb terméshozadékot az A₆₀ kezelésben mértünk (1,60 t/ha). A magasabb trágyakezelés hatására nem szignifikáns terméscsökkenés volt. 2020 év időjárása minden kezelésben terméscsökkenést okozott, legnagyobb mértékű csökkenést a V12₁₈₀ kezelésben lehetett kimutatni (1,27 t/ha). 2019 évhez képest 2020-ban is a kedvezőtlen környezeti tényezőnek köszönhetően csökkent a termés. A legnagyobb terméscsökkenés a nem műtrágyázott kezelésben volt kimutatható (2,40 t/ha).

A különböző genotípusú kukorica hibridek hozama 7,26 és 14,18 t/ha között alakult (40. melléklet). A hibrideket összehasonlítva, megállapítható, hogy az A₀ kezeléseknél hasonló hozamokat kaptunk mindhárom hibrid esetében. A 60 kg N/ha (A₆₀) alaptrágya kezelés átlagosan 46,7%-al emelte a hozamot ($p < 0,05$). Az Armagnac hibrid esetében volt a legnagyobb a terméshozadék (3,88 t/ha; 51,3%). Az 60 kg N/ha alaptrágyát (A₆₀) további 30 kg N/ha dózissal növelt kezelésben (V₆₉₀) a Fornad hibrid hozamnövekedése volt jelentős (1,99 t/ha; 18,3%). A legalacsonyabb hozam minden kezelésben a Sushi korai érésű hibrid esetében volt kimutatható. Összességében mindhárom hibrid az alap 120 kg N/ha (A₁₂₀) tavaszi alapkezelésre reagált megbízható többlettermással ($p < 0,05$), az Armagnac 13,92 t/ha, a Fornad 14,18 t/ha és a Sushi 12,53 t/ha termést ért el. A Fornad hibrid terméseredménye növekedett a legnagyobb mértékben az A₀ kezeléshez viszonyítva (6,82 t/ha; 92,7%).

Évenként és műtrágyakezelésenként vizsgáltuk a hibridek hozamát (41. melléklet). Az **Armagnac hibridnél** mindhárom évben a legalacsonyabb hozamot, a kontroll kezelés (A₀) eredményezte ($p < 0,05$), ami a Duncan teszt alapján jól elkülönül a többi kezelésben kapott hozamoktól. *2018-ban* az A₀ kezelés 8,28 t/ha-os terméséhez viszonyítva a legkisebb alapdózisú N műtrágyakezelés (A₆₀) 4,13 t/ha-al (49,9%), a nagyobb 120 kg N/ha kezelés (A₁₂₀) 5,16 t/ha-al (62,3%) növelte a termést. A V12₁₈₀ kezelés 14,63 t/ha-ra növelte a termésmennyiséget A₀ kezeléshez képest, a növekedés mértéke 6,35 t/ha, de a Duncan teszt alapján eredményesnek A₆₀ kezelés (12,41 t/ha) tekinthető. Megbízható terméshozadékot *2019-ben* szintén az A₆₀ kezelésben kaptuk (13,01 t/ha), amely az A₀ kezeléshez (9,28 t/ha) képest 40,2%-os növekedés volt. *2020-ban* már az A₁₂₀ kezelés biztosított jelentős termésmennyiség növekedést (13,78 t/ha), több mint duplájára emelte a hozamot az A₀ 6,51

t/ha-os terméshez képest. A fejtrágyakezelések egyik évben sem hoztak megbízható terméstöbbletet.

A N dózisok növekedésével az évjárat hatása is megfigyelhető. A 2018-as évhez viszonyítva 2019-ben – a három legmagasabb műtrágyakezelés kivételével – magasabb, 2020-ban alacsonyabb termésmennyiséget kaptunk. Az évjárat módosító hatása az A₀, a tavaszi alapkezelésben (A₆₀) és a V₆₁₅₀ kezelésben mutatkozott meg jelentős mértékben.

Fornad hibridnél 2018-ban az A₀ kezeléshez (7,60 t/ha) viszonyítva az alap 60 kg N/ha (A₆₀) 10,17 t/ha-ra, az alap 120 kg N/ha 13,16 t/ha-ra növelte a termést, amely 33,8% és 73,2%-os növekedést jelent. A Duncan teszt alapján eredményes volt 60 kg N/ha+ a V₆ fenofázisban további 30 kg N/ha kijuttatása (V₆₉₀; 12,13 t/ha). A további fejtrágyakezelésnek nem volt jelentős hatása. Statisztikailag is igazolt legjelentősebb termésnövekedést a V₆₁₅₀ kezeléssel értük el, amely 13,76 t/ha volt (p<0,05), 2019-ben legnagyobb termésnövelő hatása a tavaszi alap 120 kg N/ha kezelésnek volt (14,82 t/ha). A termésnövekedés az A₀ kezeléshez (8,60 t/ha) viszonyítva 72,3%. 2020-ban volt mérhető az évek közül a legalacsonyabb hozam is (A₀; 6,73 t/ha) és a legmagasabb (A₁₂₀; 14,33 t/ha) is. Az A₀ kezeléshez viszonyítva ebben az évben volt az A₆₀ kezelés (10,74 t/ha) és az A₁₂₀ kezelés (14,33 t/ha) hatása az évek közül a legnagyobb mértékű. Az A₆₀ kezelés 59,6%-os növekedést hozott, míg az A₁₂₀ kezelés több mint duplájára emelte a termés nagyságát. Az A₆₀ kezelést V₆ növekedési szakaszban további 30 kg N/ha növelésével 21,2%-kal magasabb terméshozamot értünk el, azonban alatta maradt a legjobb kezelésnek számító A₁₂₀ kezeléstől.

Az évjárat módosító hatásának mértéke műtrágyakezelésenként eltért. 2018 évhez viszonyítva 2019-ben a minden tápanyagszinten nagyobb termést mértünk, a legnagyobb eltérést az A₆₀ kezelésben tudtuk kimutatni, különbség 1,79 t/ha volt. 2020-ban az A₀, V₆₁₅₀ és a V₁₂₁₈₀ kezelések kivételével magasabb termést mértünk, jelentős terméstöbblet az A₁₂₀ kezelésekben (1,17 t/ha) volt.

A **Sushi hibridnél** 2018-ban a 60 kg N/ha tavaszi alapkezelés (10,18 t/ha) 36,1%-os növekedést hozott a nem műtrágyázott kezeléshez képest (7,48 t/ha). Az A₁₂₀ kezelésnek 63,2%-os termésnövelő hatása volt, ezzel elérve a 12,21 t/ha-t, további 12,8%-kal tudtuk a termést növelni a +30 kg N/ha kijuttatásával 6 leveles állapotban (V₆₁₅₀; 13,77 t/ha), ezzel a legeredményesebb kezelés volt ebben az évben. 2019-ben és 2020-ban is az A₁₂₀ kezelés bizonyult eredményesnek (13,48 és 12,26 t/ha) a Duncan teszt alapján. Az A₀ kezeléshez képest a két év közül 2020-ban volt jelentősebb a növekedés, 5,63 t/ha (84,9%). A fejtrágyakezelések nem hoztak megbízható termésnövekedést.

Évjáráthatást tekintve a Sushi hibridnél is a műtrágyakezeléseknél eltérés mutatkozott. 2018 évhez viszonyítva 2019-ben a V₆₁₅₀ és a V₁₂₁₈₀ kezelés kivételével termésmnövekedést mértünk. Legnagyobb különbség 2,42 t/ha az A₆₀ kezelésben volt. 2020-ban alacsonyabban alakult a termésmennyiség. Legnagyobb mértékű csökkenés a V₆₁₅₀ (1,67 t/ha) kezelésben volt.

Összességben megállapítható, hogy az Fornad és Sushi hibrideknél két évben (2019, 2020) az A₁₂₀ kezelésnek volt szignifikánsan termésmnövelő hatása. Az Armagnac hibrid esetében mindhárom évben a tavaszi alapkezelésben alakult ki a legnagyobb statisztikailag igazolt hozam, 2018 és 2019. években az alacsonyabb (A₆₀) és 2020-ban a magasabb (A₁₂₀) alapkezelés mellett. Ezért Berenguer et al. (2008) eredményeitől eltérően, mi vizsgálatunk során a fejtrágyának nem minden esetben volt termésmnövelő hatása. A Fornad és a Sushi hibridek reagáltak termésmnövekedéssel a V₆₁₅₀ fejtrágyakezelésre 2018-ban.

4.3.4. Az öntözés, a különböző időben és mennyiségben kijuttatott N-műtrágya és a genotípus hatása a kukorica termésére

Az évenként elvégzett varianciaanalízis kimutatta, hogy az öntözés egyik évben sem volt szignifikáns hatással a kukorica termésére. A műtrágyázás x öntözés kölcsönhatás minhárom évben ($p < 0,001$), a hibrid x öntözés kölcsönhatás 2020. év kivételével 0,1%-os szinten szignifikáns volt (42.. melléklet).

Az öntözött változatban – kezelésekek átlagában – a kukorica termése 3,5%-al magasabb volt a nem öntözött változat terméséhez képest (10,53 t/ha), de a két változat között statisztikai különbség nem igazolható.

Mindhárom évben az öntözés hatására a kezelésekek átlagában magasabb termést mértünk. A legnagyobb különbség 2018-ban volt (0,69 t/ha). 2019. évben az előzőhöz hasonló, 0,60 t/ha különbséget értünk el az öntözésnek köszönhetően. 2020. évben közel azonos volt a termésmennyiség a két változatban. Az öntözés termésmnövelő hatása azonban egyik évben sem igazolódott szignifikánsan.

A műtrágyakezelésekek mindegyikeében az öntözött változat magasabb termést biztosított. Az öntözés termésmnövelő hatása a kezelésekek közül a V₆₉₀ kezelésben volt igazolható ($p < 0,05$), amely 1,61 t/ha volt.

Elvégeztük a kukoricahibridek összevont varianciaanalízisét, melyből látható, hogy a fő tényezők mindegyike befolyásolja a hibridek termésének alakulását, azonban annak mértéke eltérő. Az SS érték alapján mindhárom hibridre legnagyobb hatással a műtrágyázás volt, majd az évjárat és végül az öntözés. A hatás mindegyike 0,1%-os szinten igazolt. A tényezők x kölcsönhatás is szignifikáns ($p < 0,001$) (43. melléklet).

Az öntözés hatása a kezelések átlagában az Armagnac és a Sushi birideknél 0,1%-os, a Fornad hibridnél 5%-os szinten befolyásolta a termés alakulását. A Sushi hibridnél 0,52 t/ha, az Armagnac hibridnél 0,42 t/ha termésnövekedést mértünk. A Fornad hibrid esetében mindössze 0,16 t/ha volt az eltérés.

Évenként vizsgálva a termés alakulását megállapítható hogy az öntözés hatására eltérően alakult az egyes műtrágyakezelésekben. *2018-ban* a V12₁₂₀ és V12₁₈₀ kezelések kivételével az öntözött változat eredményezett magasabb hozamot. A két változat között a legnagyobb eltérést (2,04 t/ha) a V6₉₀ kezelésben tudtuk kimutatni, azonban az öntözés szignifikáns termésnövelő hatása nem volt kimutatható egyik műtrágyakezelésben sem. *2019-ben* a műtrágyázás nélküli kezelés kivételével az öntözött változatban magasabb termést igazoltunk. A legnagyobb eltérést (1,79 t/ha) a V12₁₈₀ kezelésben tudtuk kimutatni, azonban statisztikailag igazolt szignifikáns különbséget (1,51 t/ha) a V6₉₀ kezelésben igazoltunk ($p < 0,05$). *2020-ban* műtrágyakezelésenként a hozamok eltérően alakultak az öntözés hatására. Ebben az évben a legnagyobb eltérést (1,45 t/ha) a V6₉₀ kezelésben volt, azonban statisztikailag nem igazolható a különbség a két változat között.

Hibridenként vizsgálva az öntözés hatását, megállapítható, hogy a két változat között a legnagyobb termésnövelő hatás az Armagnac hibridnél (2,15 t/ha) és a Fornad hibridnél (1,07 t/ha) a V6₉₀ kezelésben volt, azonban ez statisztikailag nem volt igazolható különbség. Minkét hibridnél a V12₁₂₀ és V12₁₈₀ kezelésben az öntözés hatására nem szignifikáns csökkenést mértünk. A Sushi hibrid esetében a V6₁₅₀ és a V12₁₂₀ kezelés kivételével az öntözés növelte a termést, legnagyobb mértékben, 1,58 t/ha-ral a V6₉₀ kezelésben. A mért különbségek statisztikailag nem igazoltak. Megbízható különbséget a két változat között a V12₁₂₀ kezelésében tudtuk kimutatni ($p < 0,05$), ahol 1,13 t/ha volt a csökkenés mértéke.

4.4 Különböző időben és mennyiségben kijuttatott N-műtrágya, a genotípus, öntözés és az évjárat hatása a kukorica minőségére

4.4.1 Különböző időben és mennyiségben kijuttatott N-műtrágya, a genotípus és az évjárat hatása a kukorica fehérjetartalmára, nem öntözött és öntözött kezelésben

Négytényezős varianciaanalízissel (év, műtrágya, hibrid és öntözés) vizsgáltuk a kukoricahibridek fehérjetartalmának alakulását. A fő tényezők, az öntözés kivételével 0,1%-ban befolyásolták a fehérjetartalom alakulását. Az év x műtrágya 0,1%, az év x hibrid és a műtrágyázás x hibrid 1-1%, a műtrágyázás x öntözés 5% szinten voltak hatással a fehérjetartalom alakulására. Nem volt szignifikáns az év x öntözés és az öntözés x hibrid kölcsönhatás (44. melléklet).

A kukoricahibridek fehérjetartalmát a műtrágyázás a kezelések átlagában (öntözés, év és hibridek) hasonlóan Correndo et al.,2021 eredményeihez, nagymértékben befolyásolta. A műtrágyadózisok növelése a fehérjetartalom lineáris növekedését eredményezte a nem műtrágyázott (A_0) kezeléshez viszonyítva. Ez megegyezik több kutató (Pekáry, 1974; Györi, 2002; Loch és Nosticzius, 2004; Széles et al., 2018) eredményével, miszerint a N dózisok növelése a kukoricaszem fehérjetartalmának növekedését eredményezi. A nem műtrágyázott kezelés fehérjetartalma 7,15 g/100g szá. volt, melyhez viszonyítva a legkisebb 60 kg N/ha alapkezelés (A_{60}) 7,9 %-kal (7,72 g/100g szá.; $p<0,05$), míg a nagyobb 120 kg N/ha alapkezelés (A_{120}) 16,6 %-kal (8,34 g/100g szá.; $p<0,05$) növelte a fehérjetartalmat. Legnagyobb növekedés V_{6150} kezeléssel (22,7 %) volt elérhető (8,78 g/100g szá.), azonban a Duncan teszt alapján egy csoportot alkotott az alap 120 kg N/ha és a fejtrágyakezelésekkel. Ezek alapján a megbízható fehérjetartalom növekedést az A_{120} ($p<0,05$) kezelés adta (8,34 g/100g szá.).

A nem öntözött (8,05 g/100g szá.) és öntözött (7,96 g/100g szá.) változat között minimális eltérést tapasztaltunk. A nem öntözött változat összevont varianciaanalízis eredménye bizonyította, hogy mindhárom fő tényező befolyásolja a kukoricaszem fehérjetartalmát. Az SS érték alapján az évjárat hatása a legjelentősebb ($p<0,001$), majd a műtrágyázás ($p<0,001$) és végül a hibrid hatás ($p<0,01$). A kölcsönhatások közül az év x műtrágyázás volt megbízható ($P<0,001$) (45. melléklet). Öntözött a változatban fő tényezők mindegyike 0,1%-os szinten megbízhatóan befolyásolták a fehérjetartalmat. A tényezők befolyásoló hatásának sorrendje hasonlóan alakult, mint a nem öntözött változatban. Az év x hibrid kölcsönhatás nem bizonyult szignifikánsnak (46. melléklet).

Nem öntözött változatban a legnagyobb fehérjetartalom növekedést az A_0 kezeléshez (7,16 g/100g szá.) viszonyítva a V_{6150} kezelés (8,82 g/100g szá.) biztosította ($p<0,05$), azonban szignifikáns különbséget nem mutatott a V_{690} , V_{12120} és V_{12180} kezelésektől. A Duncan teszt alapján a V_{690} (8,61 g/100g szá.) kezelés bizonyult eredményesnek a fehérjetartalom növelésében. *Öntözött kezelésben* a V_{6150} kezelés hatására érték el a legnagyobb fehérjetartalmat (8,73 g/100g szá.), amely a Duncan teszt alapján egy csoportot alkotott a V_{6150} , V_{12120} és a V_{12180} kezelések fehérjetartalmával. Megállapítható, hogy a fehérjetartalomra nem öntözött változatban a V_{690} , öntözött változatban A_{120} kezelés volt jelentős szignifikáns hatással. Az A_0 kezeléshez viszonyítva nem öntözött változatban 20,3%-kal, öntözött változatban 18,8%-kal nőtt a kukorica fehérjetartalma.

A műtrágyakezelésenként elemezve megállapítható, hogy az A_{120} kezelés kivételével a nem öntözött változat minden kezelésében nagyobb értéket mutatott a fehérjetartalom, ami

megegyezik Széles et al. (2019) eredményeivel, miszerint szárazabb körülmények között magasabb fehérjetartalom érhető el. Az öntözés módosító hatását a fehérjetartalomra egyik műtrágyakezelésben sem tudtuk megbízhatóan igazolni (6. táblázat).

A hibridek fehérjetartalmának alakulását vizsgáltuk az alap- és fejtrágyázás, valamint az öntözés hatására három év átlagában (7. táblázat). *Nem öntözött változatban* Armagnac hibridnél a V₆₉₀ kezelésben (9,03 g/100g sza.), a Fornad hibridnél V₁₂₁₂₀ kezelésben (8,45 g/100g sza.) mértük a legnagyobb fehérjetartalmat, amely 21,0% és 21,2%-os növekedés volt a kontroll kezeléshez (A₀) képest. Mindkét hibrid esetében azonban a Duncan teszt egy homogén csoportot képezett. A műtrágyázás megbízható fehérjetartalom növelő hatása a Sushi hibridnél volt kimutatható, a V₆₁₅₀ kezelésben (9,10 g/100g sza.; p<0,05). Ez a kezelés 28,3%-kal növelte a fehérjetartalmat az A₀ kezeléshez (7,09 g/100g sza.) képest, illetve a legnagyobb 120 kg N/ha kezelést a V₆ szakaszban további 30 kg N/ha növelve is 11,1%-kal növelte a fehérjetartalmat. Ezen eredményünk alátámasztja azt a megállapítást, miszerint a műtrágya hatására nő a kukorica fehérjetartalma (Bocz és Pekáry, 1974; Györi, 2002; Széles et al., 2018b; Horváth et al., 2020). *Az öntözött változatban* az Armagnac és a Fornad hibrideknél magasabb, a Sushi hibridnél alacsonyabb tápanyagmennyiséggel értük el a legnagyobb fehérjetartalmat. Az Armagnac hibridnél a V₆₁₅₀ (9,04 g/100g sza.; p<0,05), a Fornad hibridnél V₁₂₁₈₀ (8,48 g/100g sza.; p<0,05) és a Sushi hibridnél már az A₁₂₀ kezeléssel (8,72 g/100g sza.; p<0,05) elérhető volt a szignifikánsan igazolt fehérjenövelő hatás. Öntözés hatására bekövetkezett fehérjetartalom változása egyik hibridnél sem volt statisztikailag igazolt.

6. táblázat: A alap- és fejtrágyázás, valamint az öntözés hatása a kukorica fehérjetartalmára kezelések átlagában (Debrecen, 2018-2020)

Öntözési változat	Kukoricahibridek fehérjetartalma, g/100g sza.						
	Műtrágyakezelések						
	A ₀	A ₆₀	A ₁₂₀	V ₆₉₀	V ₆₁₅₀	V ₁₂₁₂₀	V ₁₂₁₈₀
nem öntözött	7,16a	7,73ab	8,21bc	8,61c	8,82c	8,74c	8,78c
öntözött	7,12a	7,69ab	8,46c	8,16bc	8,73c	8,50c	8,72c

Megjegyzés: A soron belül különböző kisbetűkkel jelzett értékek szignifikánsan eltérnek három év átlagában azonos vízviszonyok mellett végzett különböző műtrágyakezelésektől (p<0,05).

7. táblázat: Az alap- és fejtrágyázás, valamint az öntözés és hatása a különböző genotípusú kukorica hibridek fehérjetartalmára (évek átlagában) Debrecen, 2018-2020

Hibridek	Öntözési változat	Kukorica hibridek fehérjetartalma, g/100g szá.)						
		Műtrágyakezelések						
		0	A ₆₀	A ₁₂₀	V ₆₉₀	V ₆₁₅₀	V ₁₂₁₂₀	V ₁₂₁₈₀
Armagnac	nem öntözött	7,46a	8,04a	8,67a	9,03a	8,98a	8,85a	8,83a
	öntözött	7,53a	8,07ab	8,60ab	8,41ab	9,04b	8,64ab	8,70ab
Fornad	nem öntözött	6,97a	7,64a	7,78a	8,29a	8,39a	8,45a	8,43a
	öntözött	6,84a	7,31ab	8,05ab	7,91ab	8,29ab	8,06ab	8,48b
Sushi	nem öntözött	7,09a	7,53ab	8,19abc	8,50bc	9,10c	8,92c	9,09c
	öntözött	6,99a	7,69ab	8,72b	8,15ab	8,84b	8,79b	8,98b

Megjegyzés: A soron belül különböző kisbetűkkel jelzett értékek szignifikánsan eltérnek három év átlagában azonos vízviszonyok mellett végzett különböző műtrágyakezelésektől ($p < 0,05$).

A hibridek közötti eltérés vizsgálata során az évek átlagában, megállapítottuk, hogy *nem öntözött változatban* a hibridek között volt különbség a fehérjetartalom tekintetében minden tápanyagszinten (11. táblázat). Az Armagnac hibridnek nagyobb volt a fehérjetartalma, mint a Fornad hibridnek minden műtrágyakezelésben. A legnagyobb eltérést az A₁₂₀ kezelésben mértük (11,4%). Az Armagnac hibrid a nem műtrágyázott és a két alapkezelésben, illetve a V₆₉₀ kezelésben múlta felül a Sushi hibridet, azonban a V₆₁₅₀, a V₁₂₁₂₀ és V₁₂₁₈₀ kezeléseknél alacsonyabb értéket mértünk. Az Armagnac hibrid legnagyobb mértékben az V₆₉₀ kezelésben haladta meg a Sushi hibrid fehérjetartalmát (6,2%). A Sushi hibrid az A₆₀ kezelés kivételével minden tápanyagszinten magasabb fehérjetartalommal rendelkezett, mint a Fornad hibrid. A legnagyobb különbséget a V₆₁₅₀ kezelésben mértük (8,5%). Ezek a különbségek a hibridek között egyik műtrágyakezelésben sem igazolódtak statisztikailag. *Öntözött változatban* is az Armagnac hibrid nagyobb fehérjetartalommal rendelkezett, mint a Fornad hibrid minden műtrágyakezelésben. Legnagyobb eltérés az A₆₀ kezelésben volt kimutatható (10,4%). A Sushi hibrid az A₁₂₀ és a V₁₂₁₂₀, V₁₂₁₈₀ kezeléseknél haladta meg az Armagnac hibrid fehérjetartalmát. A legnagyobb eltérés a nem műtrágyázott kezelésben volt, ahol 7,2%-kal alatta maradt az Armagnac hibrid értékétől. A Sushi hibrid a nem öntözött változathoz hasonlóan minden műtrágyakezelésben felülmúlta a Fornad hibrid fehérjetartalmát. Legnagyobb különbség az A₁₂₀ kezelésben volt (8,3%). A nem öntözött és öntözött kezelések közötti

különbség azonban csak az Armagnac és Fornad hibrid nem műtrágyázott kezelésében volt kimutatható ($p < 0,05$).

Nem öntözött változat évenkénti varianciánálízis eredménye mindhárom évben 0,1%-os szinten kimutatta a műtrágyázás hatását, illetve a 0,01%-os szinten a hibridhatást. A kölcsönhatások nem mutattak megbízhatóságot egyik évben sem (47. melléklet). Öntözött változatban mindhárom évben a műtrágyázás jelentős mértékben befolyásolta a fehérjetartalmat. A hibrid kimutatható hatása 2018 és 2020-ban volt szignifikáns ($p < 0,001$). A műtrágyázás x hibrid kölcsönhatás 2018-ban volt kimutatható ($p < 0,05$) (48. melléklet).

Évenként külön vizsgálva – a műtrágyakezelések átlagában – a hibridek fehérjetartalma közötti eltérést, megállapítható, hogy *nem öntözött változatban* mindhárom hibrid 2019-ben érte el a legnagyobb fehérjetartalmat (49. melléklet). Az Armagnac hibrid fehérjetartalma 9,44 g/100g sza. volt 2019-ben, amely szignifikáns eltérést nem mutatott a másik két hibriddel szemben. Az Armagnac hibrid fehérjetartalma 2018-ban 9,2%-al ($p < 0,001$), 2020-ban 7,2%-al magasabb volt, mint a Fornad hibridé ($p < 0,05$). A Sushi hibrid mindhárom évben magasabb fehérjetartalmat ért el, mint Fornad hibrid, azonban statisztikailag 2020-ban igazolt a különbség ($p < 0,001$). Az Armagnac hibridétől való eltérése szignifikánsan nem igazolt. *Öntözött változatban* hasonlóan a nem öntözött változathoz, 2019-ben volt a hibridek fehérjetartalma a legnagyobb. Az Armagnac hibrid fehérjetartalma 9,23 g/100g sza. volt. 2019-ben megbízható eltérést nem mutatva a másik két hibridhez viszonyítva. 2018-ban 10,5%-kal ($p < 0,001$) és 2020-ban 9,3%-kal ($p < 0,001$) nagyobb fehérjetartalommal rendelkezett, mint a Fornad hibrid. A Sushi hibridnél is magasabb volt a fehérjetartalma mindhárom évben, azonban a különbség szignifikánsan nem igazolt. A Sushi hibrid mindhárom évben nagyobb fehérjetartalommal rendelkezett, mint a Fornad hibrid. 2020-ban ezt a különbséget (7,6%) a T-teszt alapján is igazolni tudtuk ($p < 0,001$) (50. melléklet).

Vizsgáltuk *az évjárat hatását* az eltérő genotípusú kukorica hibridek fehérjetartalmának alakulására műtrágyakezelések átlagában. *Nem öntözött kezelésben* a Duncan teszt alapján jól elkülönül mindhárom évben kapott fehérjetartalom érték. 2018 évet alapul véve, a 2019. év 14%-kal növelte ($p < 0,05$) a Fornad, 13%-kal ($p < 0,05$) a Sushi és 9,3%-kal ($p < 0,05$) az Armagnac hibrid fehérjetartalmát, míg a 2020. év Fornad hibridnél 29,4% ($p < 0,05$), az Armagnac hibridnél 27,6% ($p < 0,05$) és a Sushi hibridnél 25,6% ($p < 0,05$) csökkenést hozott. *Öntözött változatban* 2018 év fehérjetartalmához viszonyítva 2019-ben a Fornad hibrid fehérjetartalma 12,8%-kal ($p < 0,05$), a Sushi hibridé 8,8%-kal ($p < 0,05$) és az Armagnac hibridé 6,7%-kal ($p < 0,05$) magasabb volt. Mindezt jól tükrözi a Duncan teszt eredménye. 2020-ban jelentősen csökkent a hibridek fehérjetartalma. A Fornad hibridé 157 g/100g sza.-al (29,2%;

$p < 0,05$), a Sushi hibridé 1,51g/100g sza.-al (24,9%; $p < 0,05$) és az Armagnac hibridé 1,82 g/100g sza.-al (26,0%; $p < 0,05$).

Nem öntözött változatban évenként és műtrágyakezelésenként vizsgáltuk a hibridek fehérjetartalmát (51. melléklet). Az *Armagnac hibridnél 2018-ban* a nem műtrágyázott (A_0) kezelés 7,89 (g/100g sza.) fehérjetartalma és a 60 kg N/ha alapkezelésben (A_{60}) kapott érték minimálisan különbözött. A két alapkezelés közötti eltérés 1,09 g/100g sza. volt. A 60 kg N/ha kezelést 6 leveles állapotban + 30 kg N/ha mennyiséggel növelve (V_{690}), megbízható különbséget eredményezett, 24,7%-al növelte a fehérjetartalmat ($p < 0,05$). 12 leveles állapotban a további 30 kg N/ha 6,7%-os csökkenést eredményezett, ami statisztikailag különbséget már nem mutatott. Ebben az évben a Duncan teszt alapján eredményes kezelésnek a 60 kg N/ha alapkezelésre 6 leveles állapotban kijuttatott +30 kg N/ha (V_{690}) bizonyult (9,73 g/100g sza.). *2019-ben* a Duncan teszt alapján a műtrágyakezelések közül szintén a V_{690} kezelés (10,24 g/100g sza.) volt eredményes a fehérjetartalomra. Az A_0 kezeléshez viszonyítva (8,36 g/100g sza.) 22,5%-os ($p < 0,05$), illetve 60 kg N/ha tavaszi (A_{60}) alapkezelést +30 kg N/ha-ral növelve 11,1% ($p < 0,05$) növekedést eredményezett. *2020-ban* a 60 kg N/ha alapkezelés (A_{60}) 17,1%-kal növelte az A_0 kezelés (6,09 g/100g sza.) fehérjetartalmát, míg a 120 kg N/ha mennyiséggel 16,4%-os volt a növekedés. Legnagyobb fehérjetartalom (7,32 g/100g sza.) a V_{12180} kezelésben mutatható ki, azonban ebben az évben nem tudunk kimutatni statisztikai különbséget a kezelések között.

A *Fornad hibrid* esetében, *2018-ban* az A_0 kezelés fehérjetartalmát (7,03 g/100g sza.) a tavaszi alapkezelések (A_{60} , A_{120}) megbízhatóan nem növelték. A 60 kg N/ha alaptrágya kezelésre 6 leveles állapotban + 30 kg N/ha kijuttatása (V_{690}) hatásos volt (9,17 g/100g sza.; $p < 0,05$). Az A_0 kezeléshez viszonyítva 30,4%-os, az A_{60} kezeléshez képest 24,8%-os növekedést hozott. Ezzel a legeredményesebb kezelésnek tekinthető. *2019-ben* a két alapkezelés (A_{60} , A_{120}) 18,5 és 11,0%-kal növelte a kontroll (A_0) fehérjetartalmát (7,94 g/100g sza.), amely nem bizonyult szignifikáns hatásnak. Megbízható fehérjetartalom növekedést a 120 kg N/ha alaptágyára 6 leveles állapotban +30 kg N/ha kijuttatása (V_{6150}) hozott (9,93 g/100g sza.). A fejtrágyaadagok további statisztikailag megbízható különbséget nem mutattak. *2020-ban* az A_{60} alapkezelés (6,09 g/100g sza.) nem mutatott statisztikai eltérést az A_0 kezeléshez képest (5,93 g/100g sza.). Az A_{120} kezeléssel (6,71 g/100g sza.) tudtuk igazolni, hogy ez a műtrágyamennyiség és kijuttatásának időzítése a legmegfelelőbb a Fornad hibrid magas fehérjetartalmának kialakításához. A kontroll kezelésben (A_0) kapott eredményt 13,2%-al növelte ($p < 0,05$).

A **Sushi hibrid** estében 2018-ban az alapkezelések közül az A₁₂₀ alapkezelés biztosított megbízható különbséget a kontroll kezeléshez képest (6,92 g/100g sza.), 22,0%-al eredményezett magasabb fehérjetartalmat (8,49 g/100g sza.; p<0,05). Az alap 60 kg N/ha kezelést 6 leveles állapotban + 30 kg N/ha növelve (V₆₉₀) megbízható növekedést kaptunk (8,54 g/100g sza.; p<0,05), de szignifikánsan nem különbözött az A₁₂₀ kezelés fehérjetartalmától. A fehérjetartalom alakulására legnagyobb hatással a 60 kg N/ha alapkezelés kétszeri V6 és V12 fenológiai fázisban 30-30 kg N/ha fejtrágyázás (V₁₂₁₂₀) volt (9,57 g/100g sza.; A növekedés mértéke az A₀ kezeléshez képest 31,6%-os volt (p<0,05). A Duncan teszt alapján eredményes kezelésnek az A₁₂₀ kezelés tekinthető. 2019-ben az alapkezelések (A₆₀; A₁₂₀) 7,1 és 14,7%-os fehérjetartalom növekedést eredményeztek az A₀ kezeléshez képest (8,15 g/100g sza.). Az alapkezeléseket (A₆₀; A₁₂₀) V6 szakaszban + 30 kg N/ha-ral növelve (V₆₉₀; V₆₁₅₀), már megbízható növekedést kaptunk (9,87 g/100g sza.; 10,22 g/100g sza.) (p<0,05). A Duncan teszt alapján a V₆₁₅₀ kezelés hatása a legeredményesebb (p<0,05). 2020-ban az A₀ kezeléshez képest (6,20 g/100g sza.) a 60 és 120 kg N/ha alapműtrágya hatására 5,0 és 8,9%-os fehérjetartalom növekedést értünk el. A két alapkezelés között mindössze 7,1% eltérés volt. A 60 és 120 kg N/ha alapkezelésekre (A₆₀; A₁₂₀) 6 leveles állapotban további 30-30 kg N/ha kijuttatásával megbízható fehérjetartalom növekedést kaptunk. A V12 fenofázisban további 30 kg N/ha fejtrágyázás nem növelte megbízhatóan a Sushi hibrid fehérjetartalmát. A V₆₁₅₀ kezelés hatása volt a legeredményesebb (7,61 g/100g sza) (p<0,05).

Az *évjárat*, fehérjetartalmat módosító hatása nem öntözött változatban hibridenként és műtrágyakezelésenként eltérő volt (12. táblázat). Az **Armagnac hibridnél** 2018-a évhez képest a 2019 év minden tápanyagszinten növelte a fehérjetartalmat. A legnagyobb növekedést az A₆₀ tudtuk kimutatni, az évjárat 18,1%-kal növelte a fehérjetartalmat (p<0,01). Jelentős különbség volt az A₁₂₀ (13,0%) és a V₁₂₁₂₀ (12,8%) kezelésekből is, azonban a különbség statisztikailag nem igazolt. 2020-ban jóval alacsonyabb fehérjetartalmat mértünk. A legnagyobb csökkenést, 26,8%-ot a V₆₉₀ kezelésben igazoltuk (p<0,01). Jelentős csökkenés volt az A₀ (22,8% p<0,001), az A₁₂₀ (20,2%; p<0,01), a V₆₁₅₀ (22,6%; p<0,05), illetve a V₁₂₁₈₀ (20,3%; p<0,01) kezelésekből. 2020 és 2019 évet összehasonlítva, jóval nagyobb eltérést tapasztaltunk minden tápanyagszinten. A legnagyobb eltérés (3,12 g/100g sza.) a V₆₉₀ kezelésben mutatható ki, amely 30,5%-os (p<0,01) csökkenést jelent. Szignifikáns csökkenést igazoltunk az A₀ (27,2%; p<0,001), a V₆₁₅₀ (28,4%; p<0,01) és a V₁₂₁₂₀ (29,2%; p<0,01) kezelésekből, amely 2,27 g/100g sza., 2,90 g/100g sza. és 2,99 g/100g sza. fehérjetartalom csökkenést jelent.

A **Fornad hibridnél** 2019-ben szintén magasabb fehérjetartalmat kaptunk, mint 2018-ban. A legnagyobb eltérés a két év között az A₆₀ kezelésben volt (2,06 g/100g sza.) volt, az évjárat

28,0%-kal növelte a fehérjetartalmat, amely statisztikailag nem bizonyult igazoltnak. Megbízható növekedést az A₀ (12,9%; p<0,01) és V12₁₂₀ (13,4%; p<0,01) kezelésben tudtunk kimutatni. 2020-ban alacsonyabb fehérjetartalmat kaptunk, mint 2018 és 2019-es években. Ez a kedvezőtlen csökkentő hatás legnagyobb mértékben 2018 évhez képest a V6₉₀ kezelésben, 2,76 g/100g sza. (30,1%; p<0,01), 2019 évhez viszonyítva az A₆₀ kezelésben 3,32 g/100g sza. (35,3%) volt kimutatható.

A **Sushi hibridnél** 2019-ben – 2018-as évhez képest – a legjelentősebb évjáráthatást az A₆₀ kezelésben tudtuk kimutatni, 18,6%-kal (1,37 g/100g sza.) növekedett a fehérjetartalom, amely nem bizonyult szignifikáns növekedésnek. A T-teszt a nem műtrágyázott kezelés között mutatott ki megbízható különbséget, 1,23 g/100g sza.-ot (17,8%; p<0,001). 2020-ban minden tápanyagszinten csökkenés volt a fehérjetartalom tekintetében. A legnagyobb mértékű csökkenés (1,74 g/100g sza.; 20,5%) a 120 kg N/ha alaptrágyakezelésben volt, amely statisztikailag nem igazolt. Megbízható különbség az A₀ (10,4%; p<0,001), a V6₉₀ (16,6%; p<0,01) és a V12₁₈₀ (20,0%; p<0,05) kezelésekből volt. A 2019 és 2020-as évet összehasonlítva a T-teszt az A₁₂₀ kezelés kivételével minden tápanyagszinten igazolta a különbséget, a legnagyobb eltérést (2,75 g/100g sza.), amely 27,9%-os csökkenést jelent (p<0,01) a V6₉₀ kezelésben figyeltük meg.

Öntözött változatban évenként és műtrágyakezelésenként vizsgáltuk a hibridek fehérjetartalmát (52. meléklet). Az **Armagnac hibridnél** 2018-ban a nem műtrágyázott (A₀) kezeléshez képest (7,77 g/100g sza.) statisztikailag igazolt növekedés 120 kg N/ha alapkezelés (A₁₂₀) alkalmazásával volt megfigyelhető (8,94 g/100g sza.; p<0,05). Az A₁₂₀ alapkezelést 6 leveles állapotban 30 kg N/ha-ral (V6₁₅₀) növelve adta a Duncan teszt alapján a legnagyobb fehérjetartalmat (9,75 g/100g sza.; p<0,05), amely 25,5%-os növekedés volt az A₀ kezeléshez képest. 2019-ben a kontroll (A₀) kezeléshez képest (8,47 g/100g sza.) az alap- és fejtrágyázás hatása nőtt a fehérjetartalom, azonban ez a növekedés statisztikailag nem igazolt. 2020-ban egyértelmű fehérjetartalom növekedést a 120 kg N/ha alapkezelést V6 fenofázisban további 30 kg N/ha-ra értük el (V6₁₅₀; 7,55 g/100g sza.), a növekedés 18,7%-os volt (p<0,05) az A₀ kezeléshez képest (6,36 g/100g sza.). A 12 leveles állapotban kijuttatott fejtrágyamennyiség nem volt fehérjetartalom növelő hatású.

A **Fornad hibrid** esetében is megállapítható, hogy a 2019-es év magasabb, míg a 2020-as év jóval alacsonyabb fehérjetartalmat eredményezett minden tápanyagszinten. 2018-ban a 60 kg N/ha alapkezelés hatására 7,3%-os, a 120 kg N/ha alapkezelés során 21,6%-os (p<0,05) növekedést tapasztaltunk az A₀ kezeléshez viszonyítva (6,89 g/100g sza.), ez az eredményünk is alátámasztja azt a megállapítást, hogy a magasabb N dózis magasabb fehérjetartalmat

eredményez (Abdullah és Emeklier, 2010; Holou és Kindomhihou,2017) A két alapkezelés között 13,4%-os volt az eltérés ($p<0,05$). A 60 kg N/ha kezelést 6 leveles állapotban+ 30 kg N/ha mennyiséggel növelve (V_{690}) 12,3%-os növekedés statisztikailag igazolható volt ($p<0,05$), azonban a Duncan teszt alapján egy csoportot képezett a 120 kg N/ha alapkezelés, illetve a fejtrágyakezelések fehérjetartalmával. Ebben az évben az A_{120} kezelés (8,38 g/100g sza.) bizonyult a legeredményesebbnek a fehérjetartalom növelésére. *2019-ben* 7,85 g/100g sza. volt a kontroll kezelés fehérjetartalma. Az A_{120} alapkezelés hatására 16,8%-kal növekedett a Fornad hibrid fehérjetartalma ($p<0,05$). A 6 leveles állapotban a 120 kg N/ha-t műtrágyamennyiséget további 30 kg N/ha-ral növelve (V_{6150}) statisztikailag igazolt növekedést tudunk kimutatni (9,56 g/100g sza.; $p<0,05$). Az A_0 kezeléshez képest a növekedés 21,8%. *2020-ban* a legnagyobb fehérjetartalmat a V_{12180} kezeléssel értük (6,82 g/100g sza., $p<0,05$), amely az A_0 kezeléshez képest 17,8%-os növekedés.

A *Sushi hibridnél* *2018-ban* az A_{60} alapkezelés 14,8%-os, az A_{120} alapkezelés 34,0%-os fehérjetartalom növekedést eredményezett ($p<0,05$) a nem műtrágyázott kezeléshez viszonyítva (6,89 g/100g sza.) A két alaptrágyázás közötti eltérés 1,32 g/100g sza. volt ($p<0,05$). Az A_{120} kezelés (9,23 g/100g sza.) volt megbízható hatással a fehérjetartalomra ($p<0,05$). Az alapkezelésekre kijuttatott fejtrágyakezelések nem növelték megbízhatóan a fehérjetartalmat. *2019-ben* az A_{120} alapkezelés volt statisztikailag eredményes (9,55 g/100g sza.) 18,9%-al növelte a fehérjetartalmat a kontroll (A_0) kezeléshez képest (8,03 g/100g sza.). A két alapkezelés között 0,84 g/100g sza. volt az eltérés ($p<0,05$). Az A_{60} alapkezelést 6 leveles állapotban+ 30 kg N/ha mennyiséggel növelve (V_{690}) tudtuk igazolni a növekedést (8,4%), azonban ennek a kezelésnek az eredménye egy csoportot alkotott a Duncan teszt alapján az A_{120} , illetve a fejtrágyakezelések eredményeivel. *2020-ban* az alapkezelések közül az A_{120} kezelés (7,39 g/100g sza.) jelentősen, 21,9%-kal növelte a fehérjetartalmat az A_0 kezeléshez (6,06 g/100g sza., $p<0,05$) viszonyítva. A legnagyobb fehérjetartalmat a V_{6150} kezelés biztosította (7,49 g/100g sza.), de szignifikánsan nem különbözött az A_{120} kezelés eredményétől.

Az *évjárat* fehérjetartalmat módosító hatása hibridenként és műtrágyakezelésenként változott az öntözött kezelésben (13. táblázat). Az *Armagnac hibridnél* *2018-as* évhez képest a *2019 év* növelte a fehérjetartalmat. A legnagyobb eltérés (10,8%) az A_{60} kezelésben mutatható ki, de jelentős volt az A_{120} kezelés különbsége is (10,3%), azonban a különbségek statisztikailag nem igazoltak. A nem műtrágyázott kezelésben volt szignifikáns fehérjetartalom növelő hatása az *évjáratnak* ($p<0,05$). *2020-ban* jóval alacsonyabb fehérjetartalmat mértünk minden tápanyagszinten. A legnagyobb százalékos csökkenés (23,4%) az A_{60} kezelésben volt, amely

szignifikáns különbségnek nem tekinthető. Az évjárat kedvezőtlen hatását a fehérjetartalom alakulására megbízhatóan az A₀ (18,1%; p<0,001) és a V12₁₂₀ (22,5; p<0,01), valamint a V12₁₈₀ (22,7%; p<0,001) kezelésben lehetett kimutatni, amely 1,41 g/100g sza., 2,07 g/100g sza. és 2,09 g/100g sza. csökkenést jelent. 2020 és 2019 évet összehasonlítva, jóval nagyobb eltérést tapasztaltunk, mint 2018 és 2020 év között. Megbízható különbség, az A₀ (2,11 g/100g sza.; p<0,001) A₁₂₀ (2,84 g/100g sza.; p<0,001), V12₁₂₀ (2,55 g/100g sza.; p<0,01) és V12₁₈₀ (2,69 g/100g sza.; p<0,01) kezeléseknél volt.

A **Fornad hibridnél** is 2019-ben magasabb fehérjetartalmat kaptunk minden tápanyagszinten mint 2018-ban. A legnagyobb eltérés a két év között az A₀ kezelésben 1,86 g/100g sza. (27,0%; p<0,001) volt, a többi kezelés nem mutatott szignifikáns eltérést. 2020-ban jóval alacsonyabb fehérjetartalmat kaptunk, mint 2018 és 2019-es években. 2018 évhez viszonyítva a V6₉₀ (24,5%) és V6₁₅₀ (24,3%) kezeléseknél volt a csökkenés mértéke a legjelentősebb, statisztikailag igazolt különbség azonban csak a nem műtrágyázott kezelésben volt kimutatható (1,10 g/100g sza.; p<0,001). 2019 és 2020-as évet összehasonlítva nagymértékű volt a fehérjetartalom csökkenés minden tápanyagszinten. Két kezelés (A₁₂₀ és V12₁₂₀) kivételével 30% feletti volt a csökkenés mértéke. Szignifikáns csökkenést mutatott az A₀ (2,96 g/100g sza.; p<0,001), a V6₁₅₀ (2,96 g/100g sza.; p<0,01) és a V12₁₈₀ (3,10 g/100g sza.; p<0,05) kezelés fehérjetartalma.

A **Sushi hibridnél** 2019-ben – 2018-as évhez viszonyítva – az A₀ kezelésben volt kimutatható szignifikáns mértékben az évjárat kedvező hatása, 1,14 g/100g sza.-al nőtt a fehérjetartalom (16,5%; p<0,001). 2020-as évvel összehasonlítva a legnagyobb eltérést (2,23 g/100g sza.) a V12₁₈₀, műtrágyakezelésben figyeltük meg, az évjárat kedvezőtlen hatása 23,1%-os csökkenésben mutatkozott meg, amely megbízhatónak nem tekinthető. Szignifikáns csökkenés az A₀ (0,83 g/100g sza.; p<0,001), az A₆₀ (1,47 g/100g sza.; p<0,01) és V12₁₂₀ (2,07 g/100g sza.; p<0,01) kezeléseknél volt. A legnagyobb csökkenést a V12₁₂₀ kezelésben mértük (22,0%). A 2019 és 2020-as évet összehasonlítva a 2020-ban a V12₁₈₀ kezelés kivételével a csökkenés minden tápanyagszinten statisztikailag igazolódott. A V6₉₀ kezelésben figyeltük meg a legnagyobb csökkenést (2,84 g/100g sza.), a csökkenés mértéke 30,1% volt (p<0,05).

4.4.1.1. Az öntözés, a különböző időben és mennyiségben kijuttatott N-műtrágya és a genotípus hatása a kukorica fehérjetartalmára

Az évenként elvégzett összevont varianciavizsgálat kimutatta, hogy az öntözés egyik évben sem befolyásolta szignifikánsan a fehérjetartalmat. Az öntözés x műtrágyázás kölcsönhatás 2018-ban volt 1%-os szinten megbízható (53.melléklet).

Hibridenként és évenként vizsgáltuk az öntözés hatását az alkalmazott műtrágyakezelésekben. Az *Armagnac* hibridnél 2018. évben a nem műtrágyázott (A_0) és a V_{690} kezelés kivételével az öntözés növelte a fehérjetartalmat. A legnagyobb növekedés az A_{60} kezelés hatására alakult ki, a növekedés 8,2% volt. 2019-ben a 120 kg N/ha tavaszi alapkezelésben, illetve a fejtrágyakezelések mindegyikében az öntözés hatására csökkent a fehérjetartalom. A legnagyobb, 11,4%-os csökkenést a V_{690} kezelésben mutattuk ki. 2020-ban a két alapkezelésben és a V_{12120} , valamint a V_{12180} kezelésben volt az öntözésnek fehérjetartalom csökkentő hatása. Eredményeink megegyeznek Latkoviczné, (1961) és Bocz, (1976) eredményeivel, miszerint az öntözésnek fehérjetartalom csökkentő hatása van. Legnagyobb csökkenést (9,4%) az A_{60} kezelésben mértük. A nem öntözött és öntözött változatban, tápanyagszintenként mért különbségek nem bizonyultak szignifikáns eltéréseknek.

A *Fornad* hibridnél 2018. évben az öntözés hatására az A_0 , V_{690} és a V_{12120} kezeléseknél csökkent a fehérjetartalom. A legnagyobb csökkenést, 9,5%-ot a V_{690} kezelésben mértünk. 2019. évben a 120 kg N/ha tavaszi alapkezelés kivételével a fehérjetartalom csökkent az öntözés hatására. A legnagyobb mértékű csökkenés (8,6%) az A_{60} kezelésben volt. 2020-ban minden tápanyagszinten alacsonyabb volt a fehérjetartalom. Az öntözés hatására kialakult eltéréseket statisztikailag nem tudtuk igazolni egyik tápanyagszinten sem.

A *Sushi* hibrid esetében 2018-ban a nem műtrágyázott és a V_{690} , illetve a V_{6150} kezelésben volt az öntözésnek fehérjetartalom csökkentő hatása. 2019-ben és 2020-ban a 120 kg N/ha alapkezelés kivételével minden tápanyagszinten az öntözött változatban alacsonyabb fehérjetartalmat mértünk. A legnagyobb csökkenés mindkét évben a V_{690} kezelésben volt. A nem öntözött és öntözött változat között tápanyagszintenként mért különbségek statisztikailag nem igazoltak.

4.4.2 Különböző időben és mennyiségben kijuttatott N-műtrágya, a genotípus és az évjárat hatása a kukorica keményítőtartalmára nem öntözött és öntözött kezelésben

Többtényezős varianciaanalízissel (év, műtrágya, hibrid és öntözés) vizsgáltuk a kukoricahibridek keményítőtartalmának alakulását. A fő tényezők (év, műtrágya, hibrid) 0,1%-ban, az öntözés 1%-ban befolyásolták a keményítőtartalom alakulását. Az év x műtrágyázás, év x hibrid 0,1%-ban befolyásolták a keményítőtartalmat. Nem volt szignifikáns kölcsönhatás, az év x öntözés, öntözés x műtrágyázás, öntözés x hibrid, műtrágyázás x hibrid között (54. melléklet).

A kukoricahibridek keményítőtartalma a kezelések átlagában a nem műtrágyázott kezelésben volt a legnagyobb (75,70 g/100g sza.), Nozary et al (2020) megállapításával összhangban a N dózisok növekedése nem okozott szignifikáns változást a keményítőtartalomban. A 2018-as száraz évjáratban 75,07 g/100g sza. volt a keményítőtartalom, 2019-ban 2,69 g/100g sza. értékkel volt alacsonyabb az előző évhez ($p < 0,05$). 2020, csapadékos évben kaptuk átlagosan a legmagasabb keményítőtartalmat (78,48 g/100g sza.) ($p < 0,05$). A hibrideket vizsgálva – a kezelések átlagában –, a Sushi hibridnek volt a legalacsonyabb keményítőtartalma (74,21 g/100g sza.). Az Armagnac és a Fornad hibrid 1,53 és 1,75 g/100g sza.-al haladták meg értékét ($p < 0,05$). Az Armagnac és a Fornad hibrid keményítőtartama között szignifikáns különbség nem volt. A nem öntözött változat összevont varianciánálízis kimutatta, hogy mindhárom fő tényező mindegyik befolyásolta a kukoricaszem keményítőtartalmát. Az évjárat hatása volt a legjelentősebb ($p < 0,001$), majd hibrid ($p < 0,01$) és a műtrágyázás ($p < 0,001$). Az év x hibrid ($p < 0,01$) és az év x műtrágyázás ($p < 0,001$) kölcsönhatás volt szignifikáns (55. melléklet). Az öntözött változatban, a fő tényezők közül a műtrágyázás nem mutatott szignifikáns befolyásoló hatást a keményítőtartalomra. A nem öntözött változathoz hasonlóan az év x hibrid ($p < 0,01$) és az év x műtrágyázás ($p < 0,001$) kölcsönhatás volt szignifikáns (56. melléklet).

Külön-külön értékeltük a nem öntözött és öntözött változatban kialakult keményítőtartalmat. Összességében a nem öntözött (75,18 g/100g sza.) és öntözött (75,42 g/100g sza.) változatban minimális eltérést tapasztaltunk a két változat között. Az évenként elért keményítőtartalom a műtrágyázás és a hibridek átlagában azt mutatta, hogy mind a nem öntözött (78,29 g/100g sza.), mind az öntözött változatban (78,66 g/100g sza.) 2020-ban volt a legnagyobb a keményítőtartalom, amely jól elkülönült a 2018 és 2019 évek eredményétől ($p < 0,05$). Továbbá a 2019. évben volt mindkét változatban a legkisebb a keményítőtartalom, amely különbözött ($p < 0,05$) a 2018. évben elért keményítőtartalomtól.

Mindkét változatban, a kezelések átlagában a nem műtrágyázott (A_0) kezelésben volt kimutatható a legmagasabb keményítőtartalom, a nem öntözött változatban 75,54 g/100g sza., az öntözött változatban 75,86 g/100g sza. volt. Számos kutató vizsgálatával összhangban (Miao et al., 2006; Holou és Kindomhiou, 2011; Izsáki, 2014; Horváth et al., 2020), a N dózisok növelésének hatására csökkent a keményítőtartalom. A legnagyobb csökkenést mind a nem öntözött (0,93 g/100g sza.) mind az öntözött változatban (0,97 g/100g sza.) a V_{6150} kezelésben mutattuk ki az A_0 kezeléshez viszonyítva. A Duncan teszt azonban mindkét változatban egy homogén csoportot képezett. Az öntözést műtrágyakezelésenként elemezve megállapítható, hogy az A_0 , A_{60} , V_{6150} kezelés kivételével a nem öntözött változat kezeléseiben nagyobb értéket mutatott a keményítőtartalom. A legnagyobb különbség (0,44 g/100g sza.) a V_{12120} kezelésben volt. A két változat közötti különbség egyik műtrágyakezelésben sem igazolódott megbízhatónak (8.táblázat).

8. táblázat: A alap- és fejtrágyázás, valamint az öntözés hatása a kukorica keményítőtartalmára kezeléseik átlagában (Debrecen, 2018-2020)

Öntözési változat	Keményítőtartalom, g/100g sza.						
	Műtrágyakezelések						
	A_0	A_{60}	A_{120}	V_{690}	V_{6150}	V_{12120}	V_{12180}
nem öntözött	75,54	75,35	75,49	74,90	74,64	74,83	74,86
öntözött	75,86	75,56	75,10	75,28	74,89	75,27	75,17

Megjegyzés: A soron belül különböző kisbetűkkel jelzett értékek szignifikánsan eltérnek három év átlagában azonos vízviszonyok mellett végzett különböző műtrágyakezelésektől ($p < 0,05$). A különböző nagybetűkkel jelzett értékek egy oszlopon belül szignifikánsan eltérnek három év átlagában azonos műtrágyakezelés melletti eltérő vízellátástól ($p < 0,05$).

Mind a nem öntözött (73,96 g/100g sza.), mind az öntözött változatban (74,47 g/100g sza.) a Sushi hibrid érte el a legalacsonyabb keményítőtartalmat, mely az Armagnac és a Fornad hibridtől megbízható ($p < 0,05$) különbséget mutatott az évek és a tápanyagkezelések átlagában. Az Armagnac hibrid keményítőtartalma nem öntözött változatban 75,65 g/100g sza., öntözött változatban 75,86 g/100g sza., volt. A Fornad hibrid mindkét változatban 75,96 g/100g sza. keményítőtartalmat ért el. Az Armagnac és Fornad hibridek közötti különbség statisztikailag nem igazolt egyik változatban sem.

A hibridek keményítőtartalmának alakulását vizsgáltuk az alap- és fejtrágyázás, valamint az öntözés hatására (9. táblázat). *Nem öntözött változatban* az Armagnac (76,07 g/100g sza.) és Fornad hibrid (76,36 g/100g sza.) esetében az A_0 kezelésben mértük a legnagyobb

keményítőtartalmat. A műtrágya kezelések hatására csökkent a hibridek keményítőtartalma. A nem műtrágyázott kezeléshez viszonyítva hibridenként eltérő tápanyagszinten alakult ki a legnagyobb csökkenés. Az Armagnac hibridnél az 1,4%-os csökkenés V₆₁₅₀ (75,04 g/100g sza.), a Fornad hibridnél 1,2%-os csökkenés V₁₂₁₂₀ (75,42 g/100g sza.) kezelésben. A Sushi hibridnél az A₁₂₀ kezelés kivételével a műtrágyázás hatására szintén csökkent a keményítőtartalom. A legalacsonyabb keményítőtartalmat a V₆₁₅₀ kezelésben (73,33 g/100g sza.) mértük. *Öntözött változatban* az Armagnac és Sushi hibrid esetében a nem műtrágyázott, míg a Fornad hibrid esetében az A₆₀ kezelésben volt a legnagyobb keményítőtartalom. Az alap- és fejtrágyázás hatására csökkent a keményítőtartalom mindhárom hibridnél. Lenagyobb mértékű csökkenés az Armagnac hibridnél és a Sushi hibridnél a V₆₁₅₀ kezelésben (1,6 és 2,1 g/100g sza.), míg a Fornad hibridnél az A₁₂₀ kezelésben (1,4 g/100g sza.) volt. Mindhárom hibridnél, mindkét változatban a Duncan teszt a tápanyagkezeléseket egy homogén csoportba sorolta, így a mért keményítőtartalom különbségek statisztikailag nem igazoltak. Az öntözés hatására kialakult különbség egyik tápanyagszinten sem bizonyult megbízható eltérésnek.

9. táblázat: Az alap- és fejtrágyázás, valamint az öntözés és hatása a különböző genotípusú kukorica hibridek keményítőtartalmára (évek átlagában) Debrecen, 2018-2020

Hibridek	Öntözési változat	Keményítőtartalom, g/100g sza.						
		Műtrágyakezelések						
		A ₀	A ₆₀	A ₁₂₀	V ₆₉₀	V ₆₁₅₀	V ₁₂₁₂₀	V ₁₂₁₈₀
Armagnac	nem öntözött	76,07	75,58	75,94	75,25	75,04	75,30	75,53
	öntözött	76,26	75,88	75,67	75,51	75,07	75,99	75,85
Fornad	nem öntözött	76,36	76,29	76,05	75,54	75,55	75,42	75,71
	öntözött	76,15	76,23	75,20	76,05	76,03	76,00	75,68
Sushi	nem öntözött	74,19	74,19	74,48	73,92	73,33	73,76	73,35
	öntözött	75,17	74,59	74,43	74,28	73,57	73,81	73,99

A hibridek közötti eltérés vizsgálata során, megállapítható, hogy a *nem öntözött változatban* a Fornad hibrid minden tápanyagszinten magasabb keményítőtartalommal rendelkezett, mint az Armagnac és a Sushi hibrid, illetve a Sushi hibrid alatta maradt az Armagnac hibrid keményítőtartalmától. Megbízható különbség az Armagnac és Sushi (2,53%; $p < 0,001$), illetve a Fornad és Sushi (2,92%; $p < 0,001$) hibridek keményítőtartalma között volt a nem műtrágyázott (A₀) kezelésben. *Az öntözött változatban* a Fornad hibridnek az A₀ és az A₁₂₀ kezelés kivételével nagyobb volt a keményítőtartalma, mint az Armagnac hibridnek. A legnagyobb különbség a V₆₁₅₀ kezelésben volt (1,26%). *Az öntözött változatban* a Fornad hibridnek az A₀ tápanyagszinten

magasabb keményítőtartalommal rendelkezett, 3,34%-os eltérés volt a legnagyobb a V6₁₅₀ kezelésben. Az Armagnac és Sushi hibridet összehasonlítva látható, hogy az Armagnac hibridnek magasabb a keményítőtartalma, mint a Sushi hibridnek. A V12₁₂₀ kezelésben kialakult 2,95%-os különbség volt a legnagyobb. A hibridek között tápanyagszintenként mért különbségek azonban statisztikailag nem igazoltak. A nem öntözött változatban elvégzett évenkénti varianciaanalízis kimutatta, hogy a hibridtulajdonságok jelentősen befolyásolták a keményítőtartalmat mindhárom évben ($p < 0,001$). A műtrágyázásnak 2020-ban nem volt szignifikáns befolyásoló hatása. A kölcsönhatások egyike sem mutatott megbízhatóságot egyik évben sem (57. melléklet). Öntözött változatban a hibridtulajdonság és a műtrágyázás hatása bizonyított 2018. és 2019. években. 2020-ban a fő tényezők és azok kölcsönhatása nem volt szignifikáns hatással a keményítőtartalomra (58. melléklet). Vizsgáltuk az évjárat hatását az eltérő genotípusú kukoricahibridek keményítőtartalmának alakulására műtrágyakezelések átlagában (10. táblázat). *Nem öntözött változatban* a 2018 évet alapul véve a 2019. évben mért értékek csökkenő tendenciát mutattak mindhárom hibrid esetében ($p < 0,05$). Armagnac hibridnél 4,5%, a Fornad hibridnél 4,0% és a Sushi hibrid esetében 2,3%-kal csökkent a keményítőtartalom. 2020-ban növekedést tapasztaltunk az előző két évhez képest. 2018-as év adataihoz viszonyítva az Armagnac hibridnél 3,8% a Fornad hibridnél 4,6% és a Sushi hibridnél 4,9%-os növekedést tapasztaltunk ($p < 0,05$). *Öntözött változatban* hasonlóan a nem öntözött változathoz a 2018-as év keményítőtartalmához viszonyítva 2019-ben az Armagnac hibrid keményítőtartalma 4,4%-kal, a Fornad hibridé 4,2%-kal, a Sushi hibridé 2,6%-kal csökkent, amely a Duncan teszt alapján is jól elkülönült csoportot alkotott ($p < 0,05$). 2020-as év a 2018. év eredményeihez képest jelentősen magasabb keményítőtartalmat eredményezett. Az Armagnac hibrid esetében 4,6 %-os a Fornad hibridnél 4,1%, a Sushi hibrid esetében 5,2 %-os volt a növekedés ($p < 0,05$).

10. táblázat: Az évjárat hatása a kukorica hibridek keményítőtartalmára, műtrágyakezelések átlagában (Debrecen, 2018-2020)

Hibridek	Keményítőtartalom, g/100g sza.		
	Évek		
	Nem öntözött		
	2018	2019	2020
Armagnac	75,75	72,52	78,67
Fornad	75,78	72,83	79,26
Sushi	73,32	71,61	76,94
	Öntözött		
Armagnac	75,77	72,56	79,26
Fornad	75,97	72,84	79,06
Sushi	73,80	71,93	77,66

Évenként külön vizsgálva a hibridek keményítőtartalma közötti eltérést, megállapítható, hogy mindkét változatban a Sushi hibrid keményítőtartalma volt a legalacsonyabb. *Nem öntözött változatban* a Sushi hibrid keményítőtartalma 2018-ban 3,3%-al alacsonyabb volt a másik két hibrid értékétől. 2019-ben a Fornad hibrid keményítőtartalma volt a legmagasabb (72,83 g/100g sza.), 0,3 és 1,7%-al meghaladva az Armagnac és Sushi hibrideket. Az Armagnac és Fornad hibridek között mindössze 0,7%-os eltérés mutatható ki. A legnagyobb eltérést a 2020-ban tudtuk kimutatni a hibridek között. A Sushi hibrid keményítőtartalma (76,94 g/100g sza.) a Fornad hibridnél 2,9%-kal, az Armagnac hibridnél 2,2%-kal volt alacsonyabb volt. *Az öntözött változatban* is a Fornad hibrid keményítőtartalma volt a legmagasabb, 2018 és 2019-es évben, minimálisan meghaladva az Armagnac hibrid keményítőtartalmát. 2020-ban az Armagnac hibrid esetében mértünk magasabb keményítőtartalmat, a Fornad és Sushi hibridektől. Évenként, a műtrágyakezelések átlagában elvégzett elemzés kimutatta, hogy a hibridek keményítőtartalma között sem a nem öntözött, sem az öntözött változatban megbízható különbség nem volt (16. táblázat).

Évenként és műtrágyakezelésenként vizsgáltuk a hibridek keményítőtartalmát *nem öntözött változatban* (59. melléklet). Az **Armagnac hibridnél** évjáratonként más-más kezelésben tudtuk kimutatni a legmagasabb keményítőtartalmat. 2018-ban a 60 kg N/ha alapkezeléssel (A₆₀) értük el a megbízható keményítőtartalmat (77,37 g/100g sza.), amely 1,8%-os növekedést eredményezett a műtrágya nélküli kontroll (A₀) kezeléshez képest (75,97 g/100g sza.; p<0,05). Míg a 120 kg N/ha alaptrágyát kijuttatva (A₁₂₀) kismértékű csökkenést okozott. A két alapkezelés közötti eltérés 2,1% volt (p<0,05). A fejtrágyakezelések hatására

keményítőtartalom csökkenést mértünk, ezen kezelések értéke szignifikánsan nem különbözött egymástól. 2019-ben a műtrágyázás nélküli (A_0) kezelésben igazoltuk a legmagasabb keményítőtartalmat (73,83 g/100g sza.), amely a Duncan teszt alapján is jól elkülönült a többi kezeléstől ($p < 0,05$). 2020-ban az A_0 kezeléshez viszonyítva (78,40 g/100g sza.) a 60 kg N/ha alapkezelés (A_{60}) 2,2 %-os csökkenést, míg a 120 kg N/ha alapkezelés (A_{120}) 2,3%-os növekedést eredményezett. Egyben az A_{120} kezelés hatására alakult ki a legnagyobb keményítőtartalom (80,24 g/100g sza.), azonban a kezelések között kimutatott különbségek statisztikailag nem igazoltak.

A **Fornad hibrid** esetében 2018-ban a nem műtrágyázott kezelés (A_0) eredményezte a legmagasabb keményítőtartalmat (76,61 g/100g sza.), azonban statisztikailag ezt nem tudtuk igazolni. Az alapkezelések (A_{60} ; A_{120}) 1,2 és 1,0%-os csökkenést eredményeztek. A fejtrágyaadagok kijuttatásával tovább csökkent a keményítőtartalom, de statisztikailag szignifikáns eltérésnek nem minősül. 2019-ben a legkisebb, 60 kg N/ha alaptrágyázás hatására alakult ki a legnagyobb keményítőtartalom (74,15 g/100g sza.), azonban statisztikailag igazoltnak az A_0 bizonyult (73,79 g/100g sza.; $p < 0,05$). A további kezelések már nem eredményeztek megbízható különbséget. 2020-ban jóval magasabb keményítőtartalmat kaptunk az előző két évhez képest. A legalacsonyabb keményítőtartalmat a kontroll (A_0) kezelésben mértük (78,68 g/100g sza.), amelyhez képest az alap- (A_{60} , A_{120}) és fejtrágyakezelések növekedést eredményeztek. A legnagyobb növekedést a 60 kg N/ha alaptrágya kezelésre 6 leveles állapotban + 30 kg N/ha kijuttatásával (V_{690}) értük el (80,14 g/100g sza.). Statisztikai különbséget ebben az évben nem tudtunk igazolni a kezelések között.

A **Sushi hibrid** estében 2018-ban a nem műtrágyázott (A_0) kezelésben tudtuk igazolni a megbízható legmagasabb keményítőtartalmat, 74,24 g/100g sza. ($p < 0,05$). A műtrágyázás hatására csökkent a keményítőtartalom. A legnagyobb csökkenés a V_{6150} kezelés (72,17 g/100g sza.) hatására alakult ki. A csökkenés mértéke 2,8% ($p < 0,05$). A 2019-es évben jelentősen alacsonyabb volt a keményítőtartalom. A Sushi hibrid 72,27 g/100g sza. A_0 kezelésben mért keményítőtartalma volt a legnagyobb, majd a műtrágyázás hatására csökkenést tapasztaltunk. 2,2% volt a legnagyobb csökkenés, amelyet a V_{6150} kezelésben mértünk. Ebben az évben a Duncan teszt egy homogén csoportot képezett, így a kezelések közötti eltérések nem igazoltak. 2020-ban az előző évekkkel ellentétben, a kontroll (A_0) kezelésben kaptuk a legalacsonyabb keményítőtartalmat (76,07 g/100g sza.). A műtrágyaadagok növelésének hatására nőtt a keményítőtartalom. Az A_{60} alapkezelés 1,3%-os növekedést eredményezett. A megbízható legnagyobb keményítőtartalom eléréséhez (77,88 g/100g sza.) a 120 kg N/ha alaptrágya

kijuttatására volt szükség ($p < 0,05$), ami 2,3%-al növelte a keményítőtartalmat, az A_0 kezeléshez képest (28 táblázat). Összességében mindhárom évben, mindhárom hibridnél – kivéve az Armagnac hibrid, 2018 évi és a Sushi hibrid 2020 évi eredményét – a nem műtrágyázott kezelésben volt a keményítőtartalom a legnagyobb.

Az évjárat, keményítőtartalmat módosító hatása hibridenként és műtrágyakezelésenként változott (17. táblázat). Az *Armagnac hibridnél* 2018-a évhez képest a 2019 év minden tápanyagszinten szignifikánsan csökkentette a keményítőtartalmat. A legnagyobb csökkenés (4,7 g/100g sza.) az A_{60} kezelésben mutatható ki ($p < 0,001$). 2020-as évjárat az A_{60} kezelés kivételével, kedvező hatással volt a keményítőtartalomra. A növekedés mértéke minden esetben szignifikáns volt. A legnagyobb növekedést (4,5 g/100g sza.) az A_{120} kezelésben igazoltuk ($p < 0,001$). 2020 és 2019 évet összehasonlítva, jóval nagyobb eltérést tapasztaltunk, mint 2020 és 2018 év között. 2020-ban minden tápanyagszinten szignifikáns növekedést mértünk – kivéve az A_{60} kezelést –, a legnagyobb (8,38 g/100g sza.) különbség szintén az A_{120} kezelésben volt kimutatható ki ($p < 0,001$).

A *Fornad hibridnél* a három évben hasonló tendenciát figyeltünk meg, mint az Armagnac hibrid esetében. 2019-ben szintén alacsonyabb keményítőtartalmat kaptunk, mint 2018-ban. Az évjárat megbízható keményítőtartalom csökkentő hatása az A_0 (2,82 g/100g sza.; $p < 0,001$) és a V_{690} (3,13 g/100g sza.; $p < 0,01$) kezelésben volt kimutatható. 2020-ban magasabb keményítőtartalmat kaptunk, mint 2018 és 2019-es években. A 2018 évhez viszonyítva a szignifikáns kedvező évjárathatás az A_0 ($p < 0,001$), a V_{690} ($p < 0,001$) és a V_{12180} ($p < 0,01$) kezeléseknél volt, közülük a legnagyobb eltérés a V_{690} kezelésben volt (5,34 g/100g sza.). 2019 és 2020-as évek között az A_{60} kezelés kivételével megmutatkozott a 2020-as év kedvező, megbízható befolyásoló hatása. A V_{690} kezelésben mutattuk ki a legnagyobb eltérést (8,47 g/100g sza.; $p < 0,001$).

A *Sushi hibridnél* 2018-as évhez képest 2019-ben alacsonyabb keményítőtartalmat kaptunk minden kezelésben. Statisztikailag a 2019 év kedvezőtlen hatását csak az A_0 kezelésben tudtuk megbízhatóan kimutatni, a csökkenés 1,97 g/100g sza. volt ($p < 0,001$). 2020-as évvel összehasonlítva minden kezelésben nőtt a keményítőtartalom. Szignifikáns növekedés az A_0 ($p < 0,001$), A_{60} ($p < 0,001$), V_{12120} ($p < 0,01$) és V_{12180} ($p < 0,01$) kezelésben volt. A legnagyobb növekedést (5,13 g/100g sza.) a V_{12120} kezelésben figyeltük meg. A 2019 és 2020-as évet összehasonlítva is megfigyelhető volt a 2020-as év kedvező, keményítőtartalmat befolyásoló hatása, amelyet minden kezelésben szignifikánsan igazoltunk. A legnagyobb növekedést (6,81 g/100g sza.) a V_{12120} kezelésben figyeltük meg ($p < 0,01$).

Öntözött változatban is vizsgáltuk, évenként és műtrágyakezelésenként a hibridek keményítőtartalmát (60. melléklet.). Az *Armagnac hibridnél* 2018 és 2019-es években az A_0 kezelésben kaptuk a legmagasabb keményítőtartalmat (76,49 g/100g sza.; 73,52 g/100g sza.) ($p < 0,05$). A N trágyázás hatására csökkent a keményítőtartalom, a legnagyobb csökkenés mindkét évben a V_{6150} kezelés hatására alakult ki. 2020-as év magasabb keményítőtartalmat eredményezett az előző évekhez képest. Az előző évekhez eltérően az A_0 kezelés eredményezte a legalacsonyabb keményítőtartalmat (78,77 g/100g sza.). Az alap- és fejtrágyázás kismértékű növekedést okozott, azonban a megbízható keményítőtartalom kimutatásához (80,24 g/100g sza.) szükség volt az $A_{120+30+30}$ kg N/ha (V_{12180}) kijuttatásához ($p < 0,05$).

A *Fornad hibrid* estében 2018-ban nem volt szükség N műtrágya kijuttatásához a megbízható legmagasabb keményítőtartalom eléréséhez, amelyet a 76,48 g/100g sza. keményítőtartalommal a kontroll (A_0) kezelésben igazolni tudtuk ($p < 0,05$). 2019-ben, a 2018-as évhez hasonlóan, a megbízható keményítőtartalom (73,68 g/100g sza.), a nem műtrágyázott (A_0) kezelésben volt ($p < 0,05$). Számos kutató eredményével összhangban (Miao et al., 2006; Holou és Kindomhiou, 2011; Izsáki, 2014; Horváth et al., 2020) a műtrágyázás hatására csökkent a keményítőtartalom. A legnagyobb csökkenés (1,53 g/100g sza.) a V_{6150} kezelésben volt kimutatható ($p < 0,05$). 2020-ban a legnagyobb keményítőtartalom (80,78 g/100g sza.), eléréséhez szükség volt a legmagasabb műtrágyadózisú, V_{12150} kezelésre. A kezelések között azonban statisztikailag nem tudunk a különbségeket igazolni.

A *Sushi hibridnél* 2018-ban szintén az A_0 kezelés eredményezte a statisztikailag is igazolható legmagasabb keményítőtartalmat (74,93 g/100g sza., $p < 0,05$). Az alap- és fejtrágyakezelések hatására csökkent a keményítőtartalom. A legnagyobb mértékű csökkenés 2,54 g/100g sza. a V_{6150} kezelésben volt ($p < 0,05$). 2019-ben 72,74 g/100g sza. volt a legnagyobb keményítőtartalom, amelyet az A_0 kezelésben mértünk, azonban a Duncan teszt egy homogén csoportot képezett, így a tápanyagszintenként mért különbségek nem bizonyultak megbízhatónak. 2020-ban a V_{12180} kezelés hatására alakult ki a legmagasabb keményítőtartalom (78,04 g/100g sza.), de statisztikailag itt sem tudunk különbséget igazolni a kezelések között.

Az évjárat, keményítőtartalmat módosító hatása hibridenként és műtrágyakezelésenként változó volt (18. táblázat). Az *Armagnac hibridnél* 2018-as évet alapul véve a 2019 év kedvezőtlenül befolyásolta a keményítőtartalmat minden kezelésben. Megbízható csökkenést az A_0 (2,97 g/100 g sza.; $p < 0,001$) és a V_{12180} (3,83 g/100g sza.; $p < 0,01$) kezelésben igazoltunk. 2020-as év kedvező hatást gyakorolt a keményítőtartalom alakulására, jelentős volt a keményítőtartalom növekedés. A növekedést az A_0 (2,28 g/100 g sza.; $p < 0,001$), A_{60} (3,60

g/100 g szá.; $p < 0,01$), a V12₁₂₀ (4,10 g/100 g szá.; $p < 0,05$) és a V12₁₈₀ (4,46 g/100 g szá.; $p < 0,01$) kezelésekben igazoltuk. 2020 és 2019 évet összehasonlítva, látható, hogy a 2020. év kedvező hatását még nagyobb mértékben kifejtette. Az A₆₀ és a V12₁₂₀ kezelés kivételével szignifikánsan megmutatkozott a kedvező hatás. A legnagyobb eltérést (8,49 g/100g szá.; $p < 0,001$) a legmagasabb kezelés eredményezte. A *Fornad hibridnél* 2019-ben szintén alacsonyabb keményítőtartalmat kaptunk, mint 2018-ban. A csökkenés az A₁₂₀ és V6₁₅₀ kezelés kivételével szignifikánsan igazolt. A legnagyobb csökkenést (4,25 g/100g szá.) a V12₁₂₀ kezelésben mutattuk ki ($p < 0,01$). 2020 kedvező időjárása megmutatkozott a keményítőtartalom értékekben, ugyanis magasabb keményítőtartalmat kaptunk, mint 2018 és 2019-es években. A 2018 évhez viszonyítva minden kezelésben – kivéve az A₁₂₀ kezelést – a növekedés statisztikailag igazolt. A legnagyobb növekedést a V6₁₅₀ kezelésben értük el (5,6 g/100g szá.; $p < 0,05$). A 2019 évhez képest két kezelésben (A₁₂₀ és V6₁₅₀) nem volt szignifikáns a növekedés. A legjelentősebben nőtt a keményítőtartalom a V12₁₂₀ kezelés hatására (8,26 g/100g szá.; $p < 0,01$). A *Sushi hibridnél* 2018-as évhez képest 2019-ben alacsonyabb keményítőtartalmat kaptunk minden kezelésben. Az évjárat kedvezőtlen keményítőtartalom csökkentő hatását az A₀ (2,19 g/100g szá.; $p < 0,001$) és A₆₀ (1,68 g/100g szá.; $p < 0,01$) kezelésben tudtuk statisztikailag igazolni. A 2020-as év kedvezően hatott a keményítőtartalomra, amelyet az A₁₂₀ és V12₁₂₀ kezelés kivételével szignifikánsan igazoltunk. A legnagyobb mértékű növekedés a V12₁₈₀ kezelésben volt (5,21 g/100g szá.; $p < 0,05$). A 2020-as év 2019 évhez viszonyítva is kedvezően befolyásolta a keményítőtartalmat. Az A₀ ($p < 0,001$), a két alapkezelés, A₆₀ ($p < 0,001$) és A₁₂₀ ($p < 0,01$), valamint a V12₁₈₀ kezelésekből mért növekedés bizonyult statisztikailag igazoltnak. A legnagyobb növekedést a V12₁₈₀ kezeléssel értük el (6,93 g/100g szá.; $p < 0,05$).

4.4.2.1. Az öntözés, a különböző időben és mennyiségben kijuttatott N-műtrágya és a genotípus hatása a kukorica keményítőtartalmára

Az évenként elvégzett összevont varianciaanalízis egyik évben sem mutatta ki az öntözés hatását megbízhatóan, illetve a tényezők és az öntözés kölcsönhatását sem (61. melléklet). Átlagosan vizsgálva, az öntözött változatban 0,3%-al kaptunk magasabb keményítőtartalmat. Műtrágyakezelésenként vizsgálva a két változat eredményeit az évek és hibridek átlagában, a legnagyobb eltérést (0,44 g/100g szá.) a V12₁₂₀ kezelésben kaptuk, amely statisztikailag nem szignifikáns. Hibridenként vizsgálva az évek és kezelések átlagában, az öntözött változat eredményezett magasabb keményítőtartalmat, azonban statisztikailag ezt nem tudtuk igazolni.

Hibridenként és évenként vizsgáltuk az öntözés hatását az alkalmazott műtrágyakezelésekben. Az *Armagnac hibridnél* 2018. évben az öntözés hatására mért legnagyobb csökkenés, 2,01%- volt, az A₆₀ kezelésben. 2019. évben Az A₀, A₆₀ és V12₁₈₀ kezelések kivételével az öntözés növelte a hibrid keményítőtartalmát. A V12₁₂₀ kezelés 1,1%-os növekedése volt a legnagyobb. 2020-ban, az A₁₂₀ és a V6₉₀ kezelés kivételével minden tápanyagszinten magasabb volt a keményítőtartalom az öntözés hatására. Az öntözés hatására bekövetkezett különbségek egyik évben sem mutattak megbízható eltérést.

A *Fornad hibridnél* 2018-ban az öntözés keményítőtartalom növelő hatása az A₆₀, V6₉₀ és V12₁₂₀ kezelésben volt, jelentősebb az 1,94%-os növekedés volt a V12₁₂₀ kezelésben. 2019-ben három fejtrágyakezelésben (V6₉₀; V6₁₅₀; V12₁₂₀) volt az öntözés hatására magasabb a fehérjetartalom. Jelentősebbnek a V6₉₀ kezelésben mért 1,4%-os növekedés volt. Az A₆₀ kezelés hatására mértük az öntözés hatására a legnagyobb csökkenést (1,21%). 2020-ban, két kezelésre hatott nagyobb mértékben az öntözés, az A₁₂₀ kezelésben 1,94%-os csökkenést, a V6₉₀ kezelésben 1,73%-os növekedést eredményezett. Az öntözésnek keményítőtartalom növelő, illetve csökkentő hatása statisztikailag nem igazolt egyik évben sem.

A *Sushi hibrid* esetében 2018-ban a V12₁₂₀ kezelés, 2019-ben az A₁₂₀ kivételével az öntözött változatban kaptunk magasabb keményítőtartalmat. 2020-ban a legnagyobb eltérést (2,35%) a két változat között a kontroll (A₀) kezelésben kaptuk, ahol az öntözött változat eredményezett magasabb keményítőtartalmat. A hibridek nem öntözött és öntözött kezelésben, tápanyagszintenként mért keményítőtartalom közötti különbségek nem bizonyultak szignifikánsnak egyik évben sem.

4.4.3 Különböző időben és mennyiségben kijuttatott N-műtrágya, a genotípus és az évjárat hatása az olajtartalomra nem öntözött és öntözött kezelésben

Négytényezős varianciaanalízissel (év, műtrágya, hibrid és öntözés) vizsgáltuk a kukoricahibridek olajtartalmának alakulását. A fő tényezők közül, az évjárat 0,1%-ban és a hibridtulajdonságok 5%-ban befolyásolta az olajtartalom alakulását. A műtrágyázás és az évjárat, illetve és kölcsönhatások szignifikánsan nem befolyásolták az olajtartalmat (62. melléklet).

Vizsgálatunk során a kukorica olajtartalma átlagosan 3,8 és 4,9 g/100g sza. között alakult. Kezelések átlagában vizsgálva az olajtartalmat, megállapítható, hogy statisztikailag elkülönült a három év, 2020-as csapadékos év alacsony (3,8 g/100g sza.) olajtartalmat eredményezett. A 2019-es átlagos évjáratban volt a legmagasabb (4,9 g/100g sza.) az olajtartalom (p<0,05). A

2018-as száraz évjárat minimálisan, 0,11 g/100g sza.-al maradt el a 2019-es év olajtartalmától. A Duncan teszt alapján jól elkülönült a három év olajtartalma egymástól ($p < 0,05$).

Az olajtartalmat hibridenként vizsgálva, az évek, az öntözés és a műtrágyázás átlagában, megállapítható, hogy 4,05 és 4,5 g/100g sza. között alakult. A korai érésű Sushi (FAO 340) hibridnél kaptuk a legmagasabb olajtartalmat (4,74 g/100g sza.), amelytől a közepérésű Fornad (FAO 420) hibrid 0,19 g/100g sza. értékkel alacsonyabb olajtartalmat ért el. Az Armganac (FAO 490) hibrid eredményezte a legalacsonyabb olajtartalmat (4,28 g/100g sza.). A Duncan teszt alapján megállapítható, hogy a hibridtulajdonságok hatással voltak a kukorica olajtartalmának alakulására ($p < 0,05$).

Az olajtartalmat a műtrágyázás (öntözés, év és hibridek átlagában) tekintetében vizsgálva, megállapítottuk, hogy a műtrágyadózisok növelése egyértelmű változást nem okozott az olajtartalomban. A műtrágyázás nélküli kezelés olajtartalma 4,55 g/100g sza. volt. A 60 kg N/ha tavaszi alaptrágya kijuttatása eredményezte a legmagasabb olajtartalmat (4,59 g/100g sza.), ami 0,8%-os növekedést jelent. A 120 kg N/ha alaptrágyázás enyhe csökkenést eredményezett a kontroll (A_0) kezeléshez képest. A fejtrágyázás hatására csökkent az olajtartalom Holou és Kindomhiou, 2017 eredményeivel megegyezően. A műtrágyázás okozta különbségek statisztikailag nem bizonyultak igazoltnak. Nem öntözött változatban az összevont varianciaanalízis az évjárat és a hibridtulajdonságok befolyásoló hatását mutatta ki az olajtartalomra ($p < 0,001$). Legjelentősebb hatása az évjáratnak volt. Az év x hibrid, valamint az év x műtrágyázás kölcsönhatás volt 1%-os szinten volt szignifikáns (63. melléklet). Öntözött változatban is az évjáratnak ($p < 0,001$) volt a legnagyobb hatása az olajtartalomra. A hibridtulajdonságoknak is 0,1%-os szinten kimutatható volt a hatása. A kölcsönhatások nem voltak szignifikánsak (64. melléklet).

Értékeljük külön-külön nem öntözött és öntözött változatban elért olajtartalmakat. A nem öntözött (4,53 g/100g sza.) és öntözött (4,50 g/100g sza.) változatban a kezelések átlagában, közel azonos értékeket kaptunk. Mindkét változatban a nem műtrágyázott kezelésben volt kimutatható a legalacsonyabb olajtartalom. *Nem öntözött változatban* olajtartalom növekedést az A_0 kezeléshez viszonyítva az alaptrágyaként kijuttatott 60 kg N/ha kezelés biztosította (4,66 g/100g sza.), 1,8%-al növelve az olajtartalmat. A további N adagok kijuttatása enyhe csökkenést okoztak. Szignifikáns különbséget nem tudunk igazolni a kezelések között. *Öntözött kezelésben* a kontroll (A_0) és a 60 kg N/ha alaptrágya hatására értük el a legnagyobb olajtartalmat 4,53 g/100g sza., amely a Duncan teszt alapján egy csoportot alkotott a többi

műtrágyakezeléssel. A két változat közötti különbség egyik műtrágyakezelésben sem igazolódott megbízhatónak (11. táblázat).

Mindhárom évben a nem öntözött kezelések olajtartalma volt magasabb, a legnagyobb eltérés 2019-ben (1,8%) volt, ahol igazolható ($p < 0,01$) az öntözés hatása az olajtartalom alakulására.

11. táblázat: A alap- és fejtrágyázás, valamint az öntözés hatása a kukorica olajtartalmára kezelések átlagában (Debrecen, 2018-2020)

Öntözési változat	Műtrágyakezelések						
	A ₀	A ₆₀	A ₁₂₀	V ₆₉₀	V ₆₁₅₀	V ₁₂₁₂₀	V ₁₂₁₈₀
nem öntözött	4,57	4,66	4,57	4,49	4,51	4,52	4,52
öntözött	4,53	4,53	4,50	4,47	4,49	4,50	4,48

A hibridek olajtartalmának alakulását vizsgáltuk az alap- és fejtrágyázás, valamint az öntözés hatására. *Nem öntözött változatban* Armagnac hibridnél az A₁₂₀ kezelésben (4,39 g/100g sza.), a Fornad (4,83 g/100g sza.) és a Sushi hibridnél (4,80 g/100g sza.) alacsonyabb tápanyagszinten, az A₆₀ kezelésben mértük a legnagyobb olajtartalmat. A nem műtrágyázott (A₀) kezeléshez képest a legnagyobb olajtartalom növekedést (5,9%) a Fornad hibridnél tapasztaltuk. Mindhárom hibrid esetében azonban a Duncan teszt egy homogén csoportot képezett, így a műtrágyázás megbízható olajtartalom növelő hatása nem volt kimutatható. Az *öntözött változatban* hibridek legnagyobb olajtartalma nem ugyanazon tápanyagszinten alakult ki, mint a nem öntözött változatban. Armagnac hibridnél az A₁₂₀ (4,39 g/100g sza.), a Fornad hibridnél az A₀ (4,62 g/100g sza.) és a Sushi hibridnél az A₆₀ (4,80g/100g sza.) kezelésben. Egyik hibrid esetében sem tudtuk statisztikailag igazolni a műtrágyahatást (12. táblázat).

Évenként, külön vizsgálva a hibridek olajtartalma közötti eltérést – a műtrágyakezelések átlagában –, megállapítható, hogy *nem öntözött változatban* 2018-ban az Armagnac hibrid olajtartalma volt a legalacsonyabb (4,55 g/100g sza.), amelytől a Fornad hibrid 5,71%-kal ($p < 0,001$), a Sushi hibrid 11,21%-kal ($p < 0,001$) nagyobb olajtartalmat ért el. A Sushi hibrid 5,19%-kal múlta felül a Fornad hibrid olajtartalmát. A vizsgált évek közül 2019-ben volt mindhárom hibrid olajtartalma a legnagyobb. Az Armagnac hibrid olajtartalma 4,81 g/100g sza., amely 3,99%-kal volt alacsonyabb ($p < 0,01$), mint a Fornad hibrid (5,01 g/100g sza.), illetve 6,6%-kal, ($p < 0,001$), mint a Sushi hibrid (5,15 g/100g sza.) olajtartalma. A Fornad és a Sushi hibridek közötti eltérés szignifikánsan nem igazolt. 2020-ban a Sushi hibrid (4,10 g/100g sza.) jelentősen, 16,15%-kal ($p < 0,001$) haladta meg az Armagnac hibrid (3,53 g/100g sza.) olajtartalmát, illetve a Fornad hibrid is 12,18%-kal ($p < 0,001$) nagyobb olajtartalommal

rendelkezett, mint az Armagnac hibrid. Ebben az évben sem volt megbízható különbség a Fornad és a Sushi hibridek között. Összességében, az Armagnac hibrid olajtartalma szignifikánsan a legalacsonyabb volt mindhárom évben. Eredményesnek a Sushi hibrid tekinthető. Mindössze a Fornad hibridtől való nagyobb olajtartalmát nem tudtuk megbízhatóan kimutatni 2019 és 2020-ban.

12. táblázat: Az alap- és fejtrágyázás, valamint az öntözés és hatása a különböző genotípusú kukorica hibridek olajtartalmára (évek átlagában) Debrecen, 2018-2020

Hibridek	Öntözési változat	Műtrágyakezelések						
		0	A ₆₀	A ₁₂₀	V ₆₉₀	V ₆₁₅₀	V ₁₂₁₂₀	V ₁₂₁₈₀
Armagnac	nem öntözött	4,33	4,24	4,39	4,26	4,19	4,25	4,35
	öntözött	4,23	4,31	4,36	4,33	4,34	4,26	4,22
Fornad	nem öntözött	4,56	4,83	4,61	4,50	4,68	4,59	4,44
	öntözött	4,62	4,50	4,639	4,47	4,38	4,51	4,56
Sushi	nem öntözött	4,75	4,80	4,74	4,62	4,74	4,71	4,67
	öntözött	4,82	4,89	4,71	4,72	4,66	4,72	4,79

Öntözött változat 2018-as évben az Armagnac hibrid (4,58 g/100g sza.) 3,37%-kal a Fornad hibridtől ($p < 0,001$) és 8,35%-kal a Sushi hibridtől ($p < 0,001$) alacsonyabb olajtartalmat ért el. A Sushi hibridnek (5,03 g/100g sza.) 6,12%-kal volt nagyobb az olajtartalma, mint a Fornad hibridnek (4,74 g/100g sza.). Hasonlóan a nem öntözött változathoz, 2019-ben volt a hibridek olajtartalma legmagasabb. A Sushi hibrid olajtartalma volt a legnagyobb (5,06 g/100g sza.) megbízható eltérést ($p < 0,001$) mutatva a másik két hibridhez viszonyítva. Az Armagnac hibridtől 6,79%-kal, a Fornad hibridtől 2,44%-kal nagyobb olajtartalommal rendelkezett. A Fornad hibridnek magasabb (4,25%; $p < 0,001$) volt az olajtartalma, mint az Armagnac hibridnek (4,71 g/100g sza.). 2020-ban a Sushi hibrid (4,08 g/100g sza.), Fornad hibrid (3,90 g/100g sza.) olajtartalmával való különbsége statisztikailag nem igazolt, azonban jelentős növekedést (15,25%; $p < 0,001$) mértünk az Armagnac hibridhez (3,54 g/100g sza.) viszonyítva. A Fornad hibrid 10,17%-kal ($p < 0,001$) ért el nagyobb olajtartalmat, mint az Armagnac hibrid. Összességében a Sushi hibrid olajtartalma volt a legnagyobb mindhárom évben. Eltérése, a 2020. év Fornad hibridtől való különbségétől eltekintve megbízható volt. Az Armagnac hibrid rendelkezett a legalacsonyabb olajtartalommal mindhárom évben, és a hibridektől való eltérése minden esetben szignifikáns volt.

Nem öntözött változat évenkénti varianciaanalízis eredménye kimutatta a hibridtulajdonságok befolyásoló hatását 2018-ban ($p < 0,05$) és 2020-ban ($p < 0,001$). A műtrágyázásnak, illetve a kölcsönhatásoknak nem volt szignifikáns hatása az olajtartalomra (65. melléklet). Öntözött változatban szintén a hibridtulajdonságok befolyásolták az olajtartalmat 2018. és 2019. években ($p < 0,001$). A műtrágyázás, és a kölcsönhatások a nem öntözött változathoz hasonlóan nem voltak szignifikánsak (66. melléklet).

Évenként és műtrágyakezelésenként vizsgáltuk a hibridek olajtartalmát *nem öntözött változatban* (67. melléklet). Az *Armagnac hibridnél* évjáratonként más-más kezelésben tudtuk kimutatni a legmagasabb olajtartalmat. 2018-ban és 2020-ban szükség volt a V12₁₈₀ kezelés kijuttatásához a legmagasabb olajtartalom elérése érdekében (4,71; 3,67 g/100g sza.), míg 2019-ben elegendő volt az alaptrágyaként kijuttatott 120 kg N/ha kezelés (A₁₂₀). Egyik évben sem tudtuk azonban statisztikailag igazolni a tápanyagkezelések olajtartalomra gyakorolt hatását. A *Fornad hibrid* esetében 2018-ban a legmagasabb olajtartalmat (5,01 g/100g sza.) a V12₁₂₀ kg N/ha fejtrágyakezeléssel érték el. A Duncan teszt egy homogén csoportot képezett, így ebben az évben statisztikai eltérést nem tudunk igazolni a kezelések között. 2019-ben az A₆₀ alapkezelés elegendő volt a megbízható olajtartalom eléréséhez (5,58 g/100g sza.; $p < 0,05$). Az A₀ kezeléshez (4,91 g/100g sza.) képest 13,6%-os növekedést eredményezett. A 120 kg alaptrágya kijuttatása mindössze 1,8% os növekedést okozott a nem műtrágyázott kezeléshez képest. 6 és 12 leveles állapotban további fejtrágyázás nem hozott megbízható olajtartalom növekedést. 2020-ban a nem műtrágyázott kezeléshez (4,06 g/100g sza.) viszonyítva a 120 kg N/ha tavaszi alapkezelést 6 leveles állapotban további 30 kg N/ha fejtrágyaadag (V6₁₅₀) növelésével értül el a legnagyobb olajtartalmat (4,11 g/100g sza.; $p < 0,05$). A *Sushi hibrid* estében 2018-ban a legmagasabb olajtartalom (5,13 g/100g sza.) eléréséhez szükség volt a V12₁₂₀ kezelés alkalmazására, azonban az alkalmazott tápanyagkezelések között nem igazolható statisztikai eltérés. 2019-ben a nem műtrágyázott (A₀) kezelésben kaptuk a legmagasabb olajtartalmat, 5,20 g/100g sza. A műtrágyázás hatására kismértékben csökkent az olajtartalom. A legnagyobb csökkenés a V12₁₂₀ kezelés hatására alakult ki, a csökkenés mértéke 2,9%. Ebben az évben a Duncan teszt egy homogén csoportot képezett, így a kezelések közötti eltérések nem igazoltak. 2020-ban kaptuk a legalacsonyabb olajtartalmat. Ebben az évben a megbízható olajtartalom eléréséhez (4,52 g/100g sza.), elegendő volt az A₆₀ alapkezelés kijuttatása. Ez a kezelés 7,4%-al növelte a kontroll kezelés olajtartalmát ($p < 0,05$).

Az évjárat a kukorica olajtartalmat módosító hatása hibridenként és műtrágyakezelésenként változott (67. melléklet). Az *Armagnac hibridnél* 2018-as évhez képest a 2019 év minden

tápanyagszinten szignifikánsan növelte az olajtartalmat, azonban csak a kontroll kezelésben igazolható statisztikailag a növekedés (0,32 g/100g sza.; $p < 0,01$). 2020-as évjárat a V₆₉₀ és a V₁₂₁₈₀ kezelés kivételével, minden kezelésben szignifikánsan csökkentette az olajtartalmat. A legnagyobb csökkenést (1,15 g/100g sza.) a V₆₁₅₀ kezelésben igazoltuk ($p < 0,01$). 2020 és 2019 évet összehasonlítva, a 2020. év szintén minden tápanyagszinten szignifikáns csökkenést hozott – kivéve a V₁₂₁₈₀ kezelést –, a legnagyobb (1,49 g/100g sza.) különbség szintén az V₆₁₅₀ kezelésben volt kimutatható ($p < 0,001$). A *Fornad hibridnél* a három évben hasonló tendenciát figyeltünk meg, mint az Armagnac hibrid esetében. 2019-ben szintén magasabb olajtartalmat kaptunk, mint 2018-ban, azonban statisztikailag nem tudtuk igazolni a két év közötti különbségeket egyik tápanyagszinten sem. 2020-ban alacsonyabb volt az olajtartalom, mint 2018 és 2019-es években. A 2018 évhez viszonyítva a szignifikáns kedvezőtlen évjáráthatás a 6 leveles fenofázisban kijuttatott fejtrágyakezelések (V₆₉₀; V₆₁₅₀) kivételével statisztikailag is igazolható. A legnagyobb eltérés a V₁₂₁₂₀ kezelésben (1,16 g/100g sza.; $p < 0,01$) volt. 2020-as év kedvezőtlen hatása a 2019. évhez viszonyítva minden tápanyagkezelésben megmutatkozott, statisztikailag megbízhatóan az A₀, a V₆₉₀, a V₁₂₁₂₀ és V₁₂₁₈₀ kezeléseknél mutattuk ki. A V₆₉₀ kezelésben volt a legnagyobb csökkenés (1,42 g/100g sza.; $p < 0,001$). A *Sushi hibridnél* 2018-as évhez képest 2019-ben magasabb olajtartalmat kaptunk, az A₁₂₀ és a V₁₂₁₂₀ kezeléseknél kivételével. A két év közötti eltérést statisztikailag nem tudtuk igazolni. 2020-as évvel összehasonlítva minden kezelésben csökkent az olajtartalom. Szignifikáns csökkenés az A₀ ($p < 0,001$), A₁₂₀ ($p < 0,01$), V₆₉₀ ($p < 0,01$) és a V₆₁₅₀ ($p < 0,05$) kezelésben volt. A legnagyobb csökkenést (1,22g/100g sza.) a V₆₁₅₀ kezelésben figyeltük meg. A 2019 és 2020-as évet összehasonlítva is megfigyelhető volt a 2020-as év kedvezőtlen, olajtartalmat csökkentő hatása, amelyet az A₀; A₁₂₀ és a V₁₂₁₈₀ kezelésben szignifikánsan igazoltunk ($p < 0,001$). A legnagyobb csökkenést a V₁₂₁₈₀ kezelésben mértük (1,14 g/100g sza.).

Öntözött változatban is vizsgáltuk, évenként és műtrágyakezelésenként a hibridek olajtartalmát (68. melléklet. táblázat). Az *Armagnac hibridnél* 2018-ban az A₆₀ és A₁₂₀ alapkezelések 2,4 és 2,0%-al növelték az A₀ kezelés (4,52 g/100g sza.) olajtartalmát. A legmagasabb olajtartalmat (4,74 g/100g sza.) a V₆₉₀ kezelésben kaptuk, amely 4,9%-os növekedés az A₀, és 2,4%-os növekedés az A₆₀ kezeléshez viszonyítva. Ebben az évben a Duncan teszt egy homogén csoportot képezett, így a kezelések közötti eltérések nem igazoltak. 2019-ben az A₆₀ alapkezeléssel megbízható olajtartalmat értünk el (4,73 g/100g sza.; $p < 0,05$), amely 3,3%-os növekedést eredményezett a kontroll (A₀) kezeléshez képest. A 120 kg N/ha tavaszi alaptrágyázással az A₀ kezeléshez (4,58 g/100g sza.) képest 5,7%-os növekedést értünk el, de

megbízható különbség nem volt a két alapkezelés között. 2020-ban szükség volt a V12₁₂₀ kezelés kijuttatására a megbízható olajtartalom elérése érdekében (3,61 g/100g sza.; $p < 0,05$). A *Fornad hibrid* estében 2018-ban a legmagasabb olajtartalmat (4,86 g/100g sza.) a V6₁₅₀ kezelésben érték el. A Duncan teszt egy homogén csoportot képezett, így a kezelések közötti eltérések nem igazoltak. 2019-ben a megbízható olajtartalom eléréséhez (5,11 g/100g sza.) szükség volt a legnagyobb műtrágyaadag (V12₁₈₀) kijuttatására. Ez a kezelés 4,3%-al növelte az A₀ kezelés olajtartalmát ($p < 0,05$). 2020-ban 4,17 g/100 g sza. volt a legnagyobb olajtartalom, amelyet a nem műtrágyázott kezelésben kaptunk. Az alap- és fejtrágyakezelések hatására csökkent az olajtartalom. A legnagyobb csökkenés (21,8%) a V6₁₅₀ kezelésben volt. A *Sushi hibridnél*, 2018-ban az A₁₂₀ kezeléssel érték el a legnagyobb olajtartalmat (5,20 g/100g sza.; $p < 0,05$). Az olajtartalom növekedés 4,2%-os volt a kontroll kezeléshez képest. A két alapkezelés között 3,6%-os a különbség. A 2019 és 2020-as években azonos műtrágya kezelésnél (A₆₀) kaptuk a legmagasabb olajtartalmat (5,15 és 4,23 g/100g sza.). Ezekben az években, a kezelések között statisztikailag nem tudtuk a különbségeket igazolni.

Az évjárat olajtartalmat módosító hatását vizsgáltuk az öntözött változatban is (22. táblázat). *Az Armagnac hibridnél* 2018-as évet alapul véve a 2019-es év kedvezően befolyásolta az olajtartalmat minden kezelésben. Megbízható növekedést azonban nem tudtuk igazolni. 2020-as év kedvezőtlen hatást gyakorolt az olajtartalom alakulására. A statisztika megbízható csökkenést mutatott ki az A₆₀, és az A₁₂₀ kezelés kivételével minden tápanyagszinten. Jelentős volt az olajtartalom csökkenés a V6₉₀ kezelésben (1,20 g/100 g sza.; $p < 0,001$). 2020 és 2019 évet összehasonlítva, látható, hogy a 2020. év kedvezőtlen hatását még nagyobb mértékben kifejtette. Az A₆₀ kezelés kivételével szignifikánsan megmutatkozott a kedvezőtlen hatás. A legnagyobb eltérést (1,50 g/100g sza.; $p < 0,01$) a legmagasabb kezelés (V12₁₈₀) eredményezte. *A Fornad hibridnél* 2019-ben szintén magasabb olajtartalmat kaptunk, mint 2018-ban. A legnagyobb növekedést (0,30 g/100g sza.) a legmagasabb műtrágyakezelés (V12₁₈₀) eredményezte, amit statisztikailag nem tudtuk igazolni. 2020-as év időjárása csökkenő olajtartalmat eredményezett. A 2018 évhez viszonyítva minden kezelésben csökkent az olajtartalom. A csökkenés statisztikailag az A₀ ($p < 0,001$), a V6₉₀ ($p < 0,01$) és a V12₁₂₀ ($p < 0,05$) kezelésekben igazolt. Az évjárat kedvezőtlen hatása a legnagyobb mértékben a V6₉₀ kezelésben mutatkozott meg. A 2019 évhez képest mindössze két kezelésben (A₀; A₆₀) igazolható a szignifikáns csökkenés ($p < 0,001$; $p < 0,01$). *A Sushi hibridnél* 2018-as évhez képest 2019-ben az A₀; A₆₀; V6₉₀ kezelések kivételével alacsonyabb olajtartalmat kaptunk minden kezelésben. Az évjárat olajtartalomra gyakorolt hatását statisztikailag nem tudtuk igazolni. A 2020-as év

kedvezőtlenül hatott az olajtartalomra, amelyet az A₀ (p<0,001) és A₁₂₀ (p<0,01) kezelésekben szignifikánsan igazoltunk. Az A₁₂₀ kezelésben volt a jelentősebb csökkenés, 1,16 g/100g sza. A 2020-as év 2019 évhez viszonyítva is kedvezőtlenül befolyásolta az olajtartalmat. A V₆₉₀ és a V₁₂₁₂₀ kezelés kivételével minden kezelésben mért csökkenés statisztikailag igazoltnak bizonyult. A legnagyobb eltérés V₆₁₅₀ kezelésben igazoltuk (p<0,01).

4.4.3.1. Az öntözés, a különböző időben és mennyiségben kijuttatott N-műtrágya és a genotípus hatása a kukorica olajtartalmára

A varianciaanalízis évenkénti összevont eredménye egyik évben sem mutatta ki az öntözés hatását az olajtartalomra (69. melléklet).

Átlagosan vizsgálva, a nem öntözött (4,55 g/100g sza.) és öntözött (4,50 g/100g sza.) változatban közel azonos olajtartalmat kaptunk. Műtrágyakezelésként vizsgálva a két változat eredményeit az évek és hibridek átlagában, minimális eltérés tapasztalható. A legnagyobb eltérést (0,13 g/100g sza.) az A₆₀ kezelésben kaptuk, amely statisztikailag nem szignifikáns. Minhárom évben a nem öntözött változatban magasabb volt az olajtartalom, szignifikáns különbséget 2019-ben igazoltunk (p<0,01), ahol a nem öntözött változatban 4,99 g/100g sza., az öntözött változatban 4,90 g/100g sza. volt az olajtartalom. Hibridenként vizsgálva az évek és kezelések átlagában, a nem öntözött változat mindhárom hibrid nagyobb olajtartalommal rendelkezett, azonban statisztikailag ezt nem tudtuk igazolni.

Megvizsgáltuk az öntözés hatását a hibridek olajtartalmára évenként és műtrágyakezelésként. Az *Armagnac hibridnél* 2018. évben az A₆₀, V₆₉₀, V₆₁₅₀ kezelésekben tapasztaltunk magasabb olajtartalmat az öntözés hatására. 2019. évben a természetes csapadékellátottság mellett mért olajtartalom magasabbnak bizonyult az A₀, a V₆₁₅₀ és a V₁₂₁₈₀ kezelések kivételével. A legnagyobb eltérést (5,6%) az A₀ kezelésben statisztikailag is igazolni tudtuk (p<0,001). 2020-ban a A₀ és a V₁₂₁₈₀ kezelés kivételével az öntözött változat eredményezett magasabb olajtartalmat. Az öntözés hatására bekövetkezett különbségek azonban nem mutattak megbízható eltérést. A *Fornad hibridnél* 2018-ban az öntözés olajtartalom növelő hatása a kontroll (A₀) és a V₆₉₀ kezelésben volt tapasztalható. Jelentősebb eltérés (5,8%) a két változat között a V₁₂₁₂₀ kezelésben volt, ahol a nem öntözött változat eredményezett magasabb olajtartalmat. 2019-ben a V₁₂₁₈₀ kezelés kivételével a nem öntözött változatban volt magasabb az olajtartalom. Legnagyobb eltérést (12,3%) az A₆₀ kezelésben tapasztaltuk. Az öntözés hatása egyik tápanyagszinten sem volt megbízhatóan kimutatható. 2020-ban az öntözés hatására az A₆₀, az A₁₂₀ és V₆₁₅₀ kezelésben csökkent az olajtartalom, a legnagyobb eltérést a V₆₁₅₀ kezelésben (20,6%) volt. Az öntözés olajtartalmat csökkentő, illetve növelő hatása egyik

tápanyagkezelésben sem volt megbízható. A *Sushi hibrid* esetében 2018-ban az A₆₀, A₁₂₀ és a V₆₁₅₀ kezelések kivételével a nem öntözött változatban kaptunk magasabb olajtartalmat. Legnagyobb eltérést (3,34%) a V₆₉₀ kezelésben mértünk. 2019-ben minden kezelésben a nem öntözött változat eredményezett magasabb olajtartalmat. A legmagasabb műtrágyadózisnál mértük a legnagyobb eltérést (3,7%) a két változat között. 2020-ban az öntözés hatására nőtt az olajtartalom az A₁₂₀, V₆₁₅₀ és a V₁₂₁₂₀ kezelésekből. A legnagyobb eltérést (6,4%) a 60 kg N/ha alaptrágya kezelésben (A₆₀) kaptuk, ahol a nem öntözött változat eredményezett magasabb olajtartalmat. Mindhárom évre elmondható, hogy az öntözés szignifikánsan nem befolyásolta a *Sushi hibrid* olajtartamát egyik kezelésben sem.

4.5. A műtrágyázás és a relatív klorofilltartalom összefüggésének vizsgálata

Vizsgáltuk a műtrágya és a relatív klorofilltartalom (SPAD érték) kapcsolatát három év átlagában eltérő fenofázisban. *Nem öntözött* változatban, kezeléseik átlagában a V6 fenofázisban gyenge ($r=0,157^*$) összefüggést mutattunk ki. 12 leveles állapotban (V12) és nővirágzás (R1) időszakában kapott értékek alapján közepes szorosságú korreláció volt igazolható ($r=0,544^{***}$; $r=0,421^{***}$) (70. melléklet). *Öntözött változatban*, a V6 fenofázisban nem volt összefüggés a SPAD érték és a műtrágya között. 12 leveles állapotban gyenge ($r=0,296^{***}$), R1 fenofázisban közepes szorosságú ($r=0,421^{***}$) korrelációt igazoltunk. A fenológiai szakaszok előrehaladásával a két tényező összefüggése is szorosabb volt mindkét változatban (71. melléklet). *Nem öntözött* és *öntözött* változatban elvégeztük évenként és fenológiai szakaszonként a műtrágya és a SPAD közötti összefüggés vizsgálatot (13. táblázat). *Nem öntözött változatban*, 2018-ban 6 leveles állapotban nem volt szignifikáns összefüggés a két változó között. 12 leveles állapotban közepes korreláció volt igazolható ($r=0,742^{***}$). Az R1 szakaszra növekedett a két változó közötti összefüggés szorossága ($r=0,854^{***}$), ezen fázisban 73%-ban volt hatással a műtrágya a SPAD értékekre. 2019-ben szignifikáns összefüggést csak R1 fenofázisban tudtunk kimutatni, amely gyengének tekinthető ($r=0,279^{***}$), és mindössze 7,8% volt a műtrágya befolyásoló hatása a SPAD értékekre. 2020-as évben 12 leveles állapotban igazoltunk szoros korrelációt ($r=0,804^{***}$). A V6 fenofázisban gyenge ($r=0,389^{***}$) és 2020-ban közepes ($r=0,777^{***}$) volt a két változó közötti összefüggés. *Öntözött változatban*, V6 fenofázisban egyik évben sem volt szignifikáns összefüggés a két változó között. 12 leveles állapotban 2018-ban közepes ($r=0,705^{***}$), 2019-ban és 2020-ban gyenge ($r=0,073^*$; $r=0,201^{***}$) korrelációt tudtunk igazolni. Az R1 növekedési fázisban 2018-as évben szoros

($r=0,871^{***}$), 2019-ben gyenge ($r=0,2^{***}$) és 2020-ban közepes ($r=0,592^{***}$) volt a kapcsolat.

13. táblázat: A műtrágya és a SPAD érték összefüggése, eltérő évjáratban nem öntözött és öntözött változat (Debrecen 2018-2020)

Évek	A műtrágya és SPAD érték összefüggése					
	Fenológiai szakaszok					
	V6		V12		R1	
	r	R ²	r	R ²	r	R ²
	nem öntözött változat					
2018	0,251	0,063 ^{nsz}	0,742	0,550 ^{***}	0,854	0,730 ^{***}
2019	0,094	0,009 ^{nsz}	0,176	0,031 ^{nsz}	0,279	0,078*
2020	0,389	0,152 ^{***}	0,804	0,646 ^{***}	0,777	0,604 ^{***}
	öntözött változat					
2018	0,125	0,016 ^{nsz}	0,705	0,498 ^{***}	0,871	0,758 ^{***}
2019	0,167	0,028 ^{nsz}	0,270	0,073*	0,634	0,402 ^{***}
2020	0,019	0,00 ^{nsz}	0,448	0,201 ^{***}	0,769	0,592 ^{***}

***P=0,1%, *P=5%, nsz= nem szignifikáns

Hibridenként és növekedési fázisonként elvégeztük a műtrágya és a SPAD érték összefüggés vizsgálatát nem öntözött és öntözött változatban (72. melléklet). *Nem öntözött változatban* az *Armagnac hibrid* esetében 6 leveles állapotban egyik évben sem tudtunk igazolni szignifikáns összefüggést a változók között. V12 fenofázisban szignifikáns korrelációt 2018-ban (közepes, ($r=0,759^{***}$) és 2020-ban (szoros, $r=0,874^{***}$) igazoltunk. Az R1 fázisban szintén 2018-ban és 2020-ban volt igazolt összefüggés, mindkét évben közepes ($r=0,781^{***}$; $r=0,787^{***}$). A *Fornad hibridnél* a V6 fenofázisban 2019-ben nem, míg 2018. évben gyenge ($r=0,479^*$) és 2020. évben közepes korrelációt tudtunk kimutatni ($r=0,558^{**}$). A V12 fenofázisban 2018-ban közepes ($r=0,788^{***}$), 2020-ban szoros ($r=0,883^{***}$) összefüggést igazoltunk. Az R1 növekedési szakaszra 2018-ban szorosabb ($r=0,890$), míg 2020-ban gyengébb ($r=0,793^{***}$) lett a kapcsolat. A *Sushi hibridnél* a V6 fenofázisban egyik évben sem volt a műtrágyának SPAD érték módosító hatása. V12 fenofázisban mindhárom évben, közepes szorosságú összefüggést igazoltunk ($r=0,693^{***}$; $r=0,634^{***}$; $r=0,751^{***}$). Az R1 növekedési szakaszban 2018-ban volt szoros összefüggés a műtrágya és a SPAD érték között ($r=0,913^{***}$), ahol 83%-ban befolyásolta a műtrágya a SPAD értékek alakulását. 2020-ban az összefüggés közepes ($r=0,791^{***}$) volt.

Öntözött változatban egyik hibrid esetében sem tudtunk szignifikáns összefüggést igazolni a két változó között a V6 fenofázisban. *Armagnac hibrid* esetében V12 fenofázisban csak 2018-

as évben volt igazolt a műtrágya SPAD érték módosító hatása ($r=0,572^{***}$). Az R1 szakaszban 2018-ban szoros ($r=0,857^{***}$), 2019-ben ($r=0,591^{***}$) és 2020-ban ($r=0,766^{***}$) közepes volt a korreláció. A *Fornad hibridnél* 2018-ban V12 és R1 fenofázisban volt szoros a korreláció ($r=0,898^{***}$ és $r=0,843^{***}$), míg 2020-ban szintén a V12 és az R1 növekedési szakaszban volt igazolt összefüggés, mindkét fenofázisban közepes volt a szorosság. A *Sushi hibridnél* 2018-as évben, 12 leveles állapotban közepes ($r=0,696^{***}$), míg nővirágzás időszakában szoros korrelációt igazoltunk ($r=0,928^{***}$). 2019-ben az R1 fenofázisban volt közepes korreláció ($r=0,654^{**}$) a két változó között, 2020-ban szintén az R1 növekedési fázisban ($r=0,769^{***}$) igazoltunk közepes összefüggést a változók között, ahol a műtrágya 59%-ban volt hatással a SPAD érték.

4.6. A relatív klorofilltartalom és a termés összefüggésének vizsgálata

A relatív klorofilltartalom (SPAD érték) és kukorica termés között *nem öntözött* változatban, kezelések átlagában a V6 fenofázisban gyenge ($r=0,160^*$) összefüggést mutattunk ki. 12 leveles állapotban (V12) és nővirágzás (R1) időszakában kapott értékek alapján közepes szorosságú korreláció volt igazolható ($r=0,642^{***}$; $r=0,634^{***}$) (73.melléklet). *Öntözött változatban*, a V6 fenofázisban nem tudtunk összefüggést kimutatni a SPAD érték és termés között. V12 leveles állapotban gyenge ($r=0,500^{***}$), R1 időszakában ($r=0,685^{***}$) közepes szorosságú korrelációt igazoltunk. A fenológiai szakaszok előrehaladásával a két tényező összefüggése is szorosabb, mindkét változatban (74. melléklet).

Nem öntözött és öntözött változatban elvégeztük évenként és fenológiai szakaszonként a SPAD érték és a termés közötti összefüggés vizsgálatot (14. táblázat). *Nem öntözött változatban*, 2018-ban 6 leveles állapotban nem tudtunk szignifikáns összefüggést igazolni a két változat között. 12 leveles állapotban közepes korreláció volt igazolható ($r=0,742^{***}$). Az R1 szakaszra csökkent a két változó közötti összefüggés szorossága ($r=0,591^{***}$), és a SPAD érték mindössze 35%-ban volt hatással a termés alakulására. 2019-ben az R1 fenofázisban tudtunk gyenge összefüggést kimutatni a változók között ($r=0,329^{***}$), és mindössze 11% volt a SPAD érték befolyásoló hatása a termésre. 2020-as évben a fenológiai szakaszok előre haladtával egyre szorosabbá vált a két változó közötti összefüggés. A determinációs koefficiens érték alapján a V6 fenofázisban 14% ($p<0,001$), V12 -ben 57% ($p<0,001$), míg az R1 fenofázisban 68%-os ($p<0,001$) volt a legnagyobb SPAD érték termésmennyiséget befolyásoló hatás, amelyet mindhárom esetben 2020-ban értük el. *Öntözött változatban*, V6 fenofázisban egyik évben sem tudtunk szignifikáns összefüggést igazolni a két változó között. 12 leveles állapotban 2018. és 2020. évben ($r=0,635^{***}$; $r=0,474^{***}$) és nővirágzás időszakában közepes korrelációt igazoltunk. Az R1 növekedési fázisban mindhárom évben közepes volt az összefüggés ($r=0,797^{***}$; $r=0,537^{***}$ és $r=0,714^{***}$). A determinációs koefficiens érték alapján a SPAD érték termésmennyiséget befolyásoló hatását a legnagyobb mértékben V12 fenofázisban (40%) és az R1 növekedési fázisban (64%) értük el, mindkét esetben 2018. évben.

14. táblázat: A SPAD érték és a kukorica termésének összefüggése, éltérő évjáratban nem öntözött és öntözött változat (Debrecen 2018-2020)

Évek	A SPAD érték és a kukorica termésének összefüggése					
	Fenológiai szakaszok					
	V6		V12		R1	
	r	R ²	r	R ²	r	R ²
	nem öntözött változat					
2018	0,153	0,024nsz	0,742	0,551***	0,591	0,349***
2019	0,036	0,001nsz	0,184	0,034nsz	0,329	0,108***
2020	0,369	0,136***	0,755	0,571***	0,822	0,675***
	öntözött változat					
2018	0,191	0,037nsz	0,635	0,404***	0,797	0,635***
2019	0,072	0,005nsz	0,188	0,035nsz	0,537	0,288***
2020	0,112	0,013nsz	0,474	0,224***	0,714	0,510***

***P=0,1%, nsz= nem szignifikáns

Hibridenként és növekedési fázisonként elvégeztük a SPAD érték és a termés összefüggés vizsgálatát nem öntözött és öntözött változatban (75. melléklet). *Nem öntözött változatban* az *Armagnac hibrid* esetében 6 leveles állapotban egyik évben sem tudtunk igazolni szignifikáns összefüggést a változók között. V12 fenofázisban a 2018 és 2020-as évben a korreláció közepes ($r=0,701^{***}$; $r=0,690^{***}$) volt. Az R1 fázisban 2019-ben és 2020-ban tudtunk kimutatni közepes összefüggést ($r=0,743^{***}$; $r=0,784^{***}$), ahol 55 és 61%-ban volt hatással a SPAD érték a termés alakulására. A *Fornad hibridnél* a V6 fenofázisban egyik évben sem, illetve 2019-ben egyik fenofázisban sem volt a két változó között szignifikáns összefüggés. A V12 fenofázisban 2018-ban közepes ($r=0,773^{***}$) és 2019-ben szoros korrelációt ($r=0,828^{***}$) igazoltunk. A determinációs koefficiens érték alapján 60% és 69%-ban volt a SPAD értéknek termést befolyásoló hatása. Az R1 növekedési szakaszban 2018-ban közepes ($0,739^{***}$) és 2020-ban szoros ($0,868^{***}$) volt a két változó közötti összefüggés. A *Sushi hibridnél* – hasonlóan a *Fornad hibridhez* –, a V6 fenofázisban egyik évben sem, illetve 2019-ben egyik fenofázisban sem volt a SPAD érték és a termés között szignifikáns kapcsolat. A V12 fenofázisban közepes volt a korreláció 2018-ban ($r=0,774^{***}$) és szoros ($r=0,806^{***}$) 2020-ban. Az R1 növekedési szakaszban szoros volt az összefüggés 2018. ($r=0,818^{***}$) és 2020. ($r=0,863^{***}$) években, ahol a SPAD érték 67 és 74%-ban befolyásolta a termés alakulását.

Öntözött változatban az *Armagnac hibrid* esetében 2018-ban a V12 fenofázisban közepes ($r=0,631^{***}$) és az R1 szakaszban szoros ($r=0,812^{***}$) összefüggést igazoltunk a SPAD érték és a termés között. Az R1 fenofázisban mindhárom évben tudtunk korrelációt igazolni a két

változó között. A legszorosabb összefüggés (0,812^{***}) 2018-ban volt. A *Fornad hibridnél* 2018-ban V12 és R1 fenofázisban szoros volt a korreláció ($r=0,856^{***}$; $r=0,822^{***}$). 2019-ben az R1 fenofázisban közepes összefüggést mutattunk ki ($r=0,740^{***}$). 2020-ban a V12 és R1 növekedési szakaszban egyaránt közepes korrelációt igazoltunk ($r=0,691^{***}$; $r=0,736^{***}$). A determinációs koefficiens érték alapján 48% és 54%-ban volt a SPAD érték termés befolyásoló hatása. A *Sushi hibridnél* 2018-as évben, 12 leveles állapotban közepes ($r=0,621^{***}$), míg nővirágzás időszakában szoros korrelációt igazoltunk ($r=0,865^{***}$). 2019-ben az R1 fenofázisban gyenge ($r=0,522^{**}$), 2020-ban a V12, R1 növekedési fázisban ($r=0,673^{***}$; $0,683^{***}$) közepes volt az összefüggés, ahol a SPAD érték 45 és 46%-ban gyakorolt hatást a termésre.

4.7. A talajnedvesség és a sztómakonduktancia összefüggés vizsgálata

Az összefüggés vizsgálattal a növények sztómakonduktancia értéke és a talajnedvesség között 2019-ben szoros korrelációt ($r=0,83^{***}$) igazoltunk. A talajnedvesség csökkenésének hatására a növény leveleinek sztómái bezárultak, ezáltal csökkentve a transzspirációt, ennek következtében csökkent a sztómakonduktancia. A determinációs koefficiens értékéből kiindulva, a talajnedvesség 69%-kal ($R=0,689$) határozta meg a sztómakonduktanciát. 2020-ban az R1 növekedési szakaszban a két tényező között nem volt igazolható a szignifikáns kapcsolat.

4.8. A sztómakonduktancia és a termés összefüggés vizsgálata

A sztómakonduktancia és a termés kapcsolatrendszerben a tápláltságtól függő lineáris összefüggések voltak meghatározók. 2019. évben közepes korreláció ($r= -0,69^*$, $r= 0,72^*$, $r= -0,59$) volt a V6, V12 és az R1 növekedési szakaszban. A determinációs koefficiens érték alapján a V6 és V12 fenofázisban 55-56%-os, míg az R1 fenofázisban 40%-os volt a sztómakonduktancia termésmódosító hatása. A két tényező kapcsolata 2020. évben a V6 és R1 növekedési szakaszban szoros ($r= 0,87^*$, $-0,78^*$) volt. A V12 fenofázisban megbízható korrelációt nem lehetett kimutatni.

4.9. A műtrágyázás és a termés összefüggésének vizsgálata

Nem öntözött változatban a három év átlagában közepes szorosságú ($r=0,778^{***}$) korrelációt igazoltunk a műtrágya és a kukorica termése között. A műtrágyázás 61%-ban befolyásolta a

termés nagyságát (76. melléklet). *Öntözött körülmények* között vizsgálva a műtrágya hatását szoros korrelációt igazoltunk ($r=0,846^{***}$), a determinációs koefficiens érték 72%. (77. melléklet. ábra).

Évenként vizsgálva, a determinációs koefficiens értékéből kiindulva nem öntözött változatban, a műtrágya 2018-ban 63%, 2019-ben 34% és 2020-ban 74%-al határozta meg a kukorica termésének alakulását. A változók közötti összefüggés $0,791^{***}$, $0,581^{***}$ és $0,861^{***}$ volt. Öntözött változatban 2018 és 2020-as években soros ($r=0,898^{***}$; $r=0,890^{***}$), 2019-ben közepes ($r=0,777^{***}$) korrelációt mutattunk ki.

A kukorica hibridek és a termés kapcsolata évenként és hibridenként eltérően alakult, mind a nem öntözött, mind az öntözött változatban (15. táblázat). *Nem öntözött változatban az Armagnac hibridnél* 2018. ($0,719^{***}$) és 2019. ($0,614^{***}$) években közepes korrelációt igazoltunk, amely szerint a műtrágyázás 52 és 38%-ban volt hatással a termésre. 2020-ban szoros ($r=0,866^{***}$) volt a kapcsolat a két változó között, és a műtrágya 75%-ban befolyásolta a termés nagyságát. A *Fornad hibrid* estében minden évben eltérő szorosságú korrelációt igazoltunk. 2018-as évben igazolható a legszorosabb korreláció ($r=0,860^{***}$), 2019-ben közepes ($r=0,660^{***}$) és 2020-ban gyenge ($r=0,532^{***}$) összefüggést igazoltunk. A *Sushi hibridnél* mindhárom évben szoros korreláció volt a két változó között. 2019-ben mutattuk ki a legszorosabb összefüggést ($0,893^{***}$), és a műtrágyázás a determinációs koefficiens érték alapján 80%-ban befolyásolta a Sushi hibrid termését. *Öntözött változatban az Armagnac hibrid* estében 2019-ben közepes ($r=0,744^{***}$), 2018 és 2020-as évben szoros korreláció mutatható ki a műtrágya és a termés között ($r=0,890^{***}$ és $r=0,896^{***}$). A determinációs koefficiens érték alapján 80%-os volt a műtrágya termést befolyásoló hatása 2018 és 2020-as években. A *Fornad hibridnél* mindhárom évben igazolható volt a szoros korreláció ($r=0,909^{***}$, $r=0,819^{***}$ és $r=0,855^{***}$), és ezen évek közül 2018-ban volt a műtrágyának a legnagyobb, 83%-os termést befolyásoló hatása. A *Sushi hibridnél* is minden évben szoros volt az összefüggés, a legszorosabb összefüggést 2020-ban igazoltuk ($r=0,944^{***}$), ahol a determinációs koefficiens érték 89% volt.

15. táblázat: Műtrágyázás és a kukorica hibridek termésének összefüggése, eltérő évjáratban nem öntözött és öntözött változat (Debrecen 2018-2020)

Hibridek	Műtrágyázás és a kukorica hibridek termésének összefüggése					
	Évek					
	2018		2019		2020	
	r	R ²	r	R ²	r	R ²
	nem öntözött változat					
Armagnac	0,719	0,517***	0,614	0,377***	0,866	0,750***
Fornad	0,860	0,739***	0,660	0,435***	0,532	0,283***
Sushi	0,852	0,725***	0,893	0,797***	0,856	0,733***
	öntözött változat					
Armagnac	0,890	0,802***	0,744	0,553***	0,896	0,803***
Fornad	0,909	0,827***	0,819	0,670***	0,855	0,731***
Sushi	0,937	0,878***	0,810	0,656***	0,944	0,892***

***P=0,1%

4.10. A műtrágyázás és a minőség összefüggésének vizsgálata

4.10.1. A műtrágyázás és a fehérjetartalom összefüggésének vizsgálata

A fehérjetartalom és a műtrágya között a kezelések átlagában természetes csapadékellátottság mellett gyenge korrelációt ($r=0,505^{***}$) határoztunk meg, a determinációs koefficiens érték 26% (78. melléklet)). *Öntözött változatban* az összefüggés szintén gyenge korrelációt ($r=0,496^{***}$) igazolt, illetve a determinációs koefficiens érték közel azonos (25%), mint a nem öntözött változatban (79. melléklet. ábra).

Évenként vizsgálva, nem öntözött változatban 2018-ban és 2019-ben szoros ($r=0,806^{***}$; 0,845), 2020-ban közepes korrelációt ($r=0,729^{***}$) igazoltunk a két változó között. Öntözött változatban az évek előre haladtával csökkent a szorosság. 2018-ban és 2019-ben szoros ($r=0,835^{***}$; 0,814***), 2020-ban közepes ($r=0,728^{***}$) volt a korreláció.

Hibridenként vizsgáltuk a fehérjetartalom és a műtrágya kapcsolatát nem öntözött és öntözött változatban (16. táblázat). *Nem öntözött változatban*, az *Armagnac* hibridnél 2018-ban és 2020-ban közepes ($r=0,753^{***}$; 0,661***), 2019-ben szoros ($r=0,893^{***}$) volt az összefüggés. A *Fornad* hibrid esetében, 2020-ban volt a legszorosabb ($r=0,913^{***}$) a korrelációs. A *Sushi* hibridnél mindhárom évben szoros korrelációt tudunk igazolni ($r=0,950^{***}$; 0,942***; 0,902***). *Öntözött változatban*, az *Armagnac* hibridnél 2018-ban igazoltunk szoros korrelációt ($r=0,858^{***}$), a *Fornad* és *Sushi* hibridnél 2018. és 2019. években.

A műtrágyázás legnagyobb fehérjetartalom befolyásoló hatása az Armagnac hibridnél 80% (2019), a Fornad hibridnél 83% (2020) és a Sushi hibridnél 91% (2018) volt a nem öntözött változatban, míg az öntözött változatban az Armagnac (74%) és Sushi hibridnél (87%) 2018-ban, a Fornad hibridnél (84%) 2019-ben.

16. táblázat: A hibridek fehérjetartalma és a műtrágya összefüggése, éltérő évjáratban nem öntözött és öntözött változat (Debrecen 2018-2020)

Hibridek	Fehérjetartalom és a műtrágya összefüggése					
	Évek					
	2018		2019		2020	
	r	R ²	r	R ²	r	R ²
	nem öntözött változat					
Armagnac	0,753	0,567***	0,893	0,798***	0,661	0,437***
Fornad	0,828	0,686***	0,766	0,586***	0,913	0,834***
Sushi	0,950	0,906***	0,942	0,888***	0,902	0,813***
	öntözött változat					
Armagnac	0,858	0,736***	0,656	0,431***	0,739	0,547***
Fornad	0,901	0,812***	0,916	0,839***	0,812	0,659***
Sushi	0,935	0,874***	0,921	0,848***	0,878	0,771***

***P=0,1%

4.10.2. A műtrágyázás és a keményítőtartalom összefüggésének vizsgálata

A keményítőtartalom és a műtrágya között a kezelések átlagában vizsgálva egyik változatban sem tudtuk szignifikánsan igazolni a keményítőtartalom és a műtrágya összefüggését.

Évenként vizsgálva a két tényező közötti összefüggést nem öntözött változatban, 2018-ban és 2020-ban gyenge ($r=0,392^{***}$; $0,305^{**}$) 2019-ben közepes korrelációt ($r=0,664^{***}$) mutattunk ki. Öntözött változatban 2018-ban gyenge ($r=0,440^{***}$) és 2019-ben közepes ($r=0,666^{***}$) volt a kapcsolat a változók között, míg 2020-ban nem volt szignifikánsan igazolt a korreláció. Hibridenként vizsgáltuk a keményítőtartalom és a műtrágya kapcsolatát nem öntözött és öntözött változatban (17. táblázat). *Nem öntözött változatban* az Armagnac hibridnél 2019-ben igazoltunk szignifikáns összefüggést a keményítőtartalom és a műtrágya között ($r=0,758^{***}$). *A Fornad hibridnél* és a Sushi hibridnél közepes volt a korreláció mindhárom évben. *Öntözött körülmények között az Armagnac hibrid* estében mindhárom évben közepes korrelációt igazoltunk. A Fornad hibrid esetében 2019-ben szoros ($r=0,874^{***}$), míg a másik két évben gyenge volt az összefüggés. A Sushi hibridnél 2018-ban szoros ($r=0,831^{***}$), 2019-ben közepes ($r=0,596^{***}$) összefüggést, míg 2020-ban szignifikáns összefüggés nem volt kimutatható.

A műtrágyázás legnagyobb keményítőtartalom befolyásoló hatása nem öntözött változatban az Armagnac 58% és Fornad hibridnél 61% (2019), valamint a Sushi hibridnél 62% (2018) volt. Öntözött változatban Armagnac 56% és Fornad hibridnél 76% (2019), a Sushi hibrid esetében 69%-ban befolyásolta a műtrágya a keményítőtartalmat.

17. táblázat: A kukoricaszem keményítőtartalma és a műtrágya összefüggése, éltérő évjáratban nem öntözött és öntözött változat (Debrecen 2018-2020)

Hibridek	Keményítőtartalom és a műtrágya összefüggése					
	Évek					
	2018		2019		2020	
	r	R ²	r	R ²	r	R ²
	nem öntözött változat					
Armagnac	0,450	0,203 ^{nsz}	0,758	0,575 ^{***}	0,240	0,58 ^{nsz}
Fornad	0,647	0,419 ^{***}	0,779	0,606 ^{***}	0,548	0,301 ^{**}
Sushi	0,789	0,623 ^{***}	0,650	0,423 ^{***}	0,683	0,467 ^{***}
	öntözött változat					
Armagnac	0,561	0,314 ^{***}	0,747	0,559 ^{***}	0,538	0,290 ^{**}
Fornad	0,502	0,252 ^{**}	0,874	0,763 ^{***}	0,467	0,218 ^{nsz}
Sushi	0,831	0,691 ^{***}	0,596	0,355 ^{***}	0,59	0,003 ^{nsz}

***P=0,1%, **P=1%, nsz= nem szignifikáns

4.10.3. A műtrágyázás és az olajtartalom összefüggésének vizsgálata

Az olajtartalom és a műtrágya között a kezelések átlagában sem a nem öntözött, sem az öntözött változatban szignifikánsan igazolódott az olajtartalom és a műtrágya összefüggése. Évenként vizsgálva a két változó közötti összefüggést, egyik változatban sem tudunk igazolni korrelációt a két tényező között.

Hibridenként vizsgáltuk az olajtartalom és a műtrágya kapcsolatát nem öntözött és öntözött változatban (18. táblázat). *Nem öntözött változatban* egyik hibridnél sem tudunk szignifikáns kapcsolatot igazolni egyik évben sem a két tényező között. *Öntözött változatban* az *Armagnac hibrid* esetében 2019-ben volt szignifikáns kapcsolat, amely közepes összefüggést mutatott ($r=0,725^{***}$), a determinációs koefficiens érték 53% volt.

18. táblázat: A kukoricaszem olajtartalma és a hibridek termésének összefüggése, éltérő évjáratban, nem öntözött és öntözött változat (Debrecen 2018-2020)

Hibridek	Olajtartalom és a műtrágya összefüggése					
	Évek					
	2018		2019		2020	
	r	R ²	r	R ²	r	R ²
	nem öntözött változat					
Armagnac	0,129	0,017 ^{nsz}	0,234	0,055 ^{nsz}	0,213	0,045 ^{nsz}
Fornad	0,453	0,205 ^{nsz}	0,079	0,006 ^{nsz}	0,445	0,198 ^{nsz}
Sushi	0,249	0,062 ^{nsz}	0,345	0,119 ^{nsz}	0,416	0,173 ^{nsz}
	öntözött változat					
Armagnac	0,154	0,024 ^{nsz}	0,725	0,525 ^{***}	0,276	0,076 ^{nsz}
Fornad	0,107	0,011 ^{nsz}	0,235	0,055 ^{nsz}	0,411	0,169 ^{nsz}
Sushi	0,182	0,033 ^{nsz}	0,335	0,112 ^{nsz}	0,324	0,105 ^{nsz}

***P=0,1%, nsz= nem szignifikáns

4.11. A minőség és a termés összefüggésének vizsgálata

4.11.1. A kukoricaszem fehérjetartalma és a termés összefüggésének vizsgálata

A fehérjetartalom és termés között a kezelések átlagában természetes csapadékellátottság mellett gyenge korrelációt ($r=0,433^{***}$) határoztunk meg, a determinációs koefficiens érték 19% (80. melléklet). *Öntözött változatban* az összefüggés közepes korrelációt ($r=0,640^{***}$) igazolt, illetve a determinációs koefficiens érték jóval magasabb (41%), mint a nem öntözött változatban (81. melléklet).

Évenként vizsgálva, nem öntözött változatban 2018-ban gyenge ($r=0,429^{***}$), 2019-ben és 2020-ban közepes korrelációt ($r=0,694^{***}$, $r=0,574^{***}$) igazoltunk a két változó. Öntözött változatban az évek előre haladtával csökkent a szorosság. 2018-ban szoros ($r=0,870^{***}$), 2019-ben és 2020-ban közepes ($r=0,791^{***}$; $r=0,682^{***}$) volt a korreláció.

Hibridenként vizsgáltuk a fehérjetartalom és a termés kapcsolatát nem öntözött és öntözött változatban (19. táblázat). *Nem öntözött változatban*, az *Armagnac* hibridnél 2018-ban nem tudtunk szignifikáns összefüggést igazolni a fehérjetartalom és a termés között. 2019-ben közepes ($r=0,733^{***}$), 2020-ban gyenge ($r=0,507^{**}$) volt az összefüggés. A *Fornad* hibrid esetében az évek előre haladtával egyre szorosabb összefüggést igazoltunk, 2020-ban volt a legszorosabb ($r=0,888^{***}$). A *Sushi* hibridnél 2018-ban szoros ($r=0,865^{***}$), a másik két évben közepes volt a kapcsolat. *Öntözött változatban*, mindhárom hibrid esetében minden évben szignifikáns összefüggést igazoltunk. Az évek közül 2018-ban volt a legszorosabb a két változó közötti összefüggés mindegyik hibridnél. Az *Armagnac* hibridnél $r=0,852^{***}$, a *Fornad* hibridnél $r=0,920^{***}$ és a *Sushi* hibridnél $r=0,929^{***}$.

4.11.2. A kukoricaszem keményítőtartalma és a termés összefüggésének vizsgálata

A keményítőtartalom és termés között a kezelések átlagában vizsgálva nem öntözött változatban nem tudtuk szignifikánsan igazolni a keményítőtartalom és a termés összefüggését, az öntözött változatban a kapcsolat gyenge ($r=0,276^{***}$) volt (82-83. melléklet).

Évenként vizsgálva a két tényező közötti összefüggést nem öntözött változatban, 2019 és 2020-as évben mutattunk ki gyenge korrelációt ($r=0,377^{****}$, $r=0,421^{***}$). Öntözött változatban 2018-ban gyenge ($r=0,374^{***}$) és 2019-ben közepes ($r=0,571^{***}$) volt a kapcsolat a változók között, míg 2020-ban nem volt szignifikánsan igazolt a korreláció.

19. táblázat: A kukoricaszem fehérjetartalma és a hibridek termésének összefüggése, eltérő évjáratban nem öntözött és öntözött változat (Debrecen 2018-2020)

Hibridek	Fehérjetartalom és a kukoricahibridek termésének összefüggése					
	Évek					
	2018		2019		2020	
	r	R ²	r	R ²	r	R ²
	nem öntözött változat					
Armagnac	0,346	0,025nsz	0,733	0,538***	0,507	0,257**
Fornad	0,619	0,383***	0,748	0,559***	0,880	0,774***
Sushi	0,865	0,748***	0,605	0,366***	0,769	0,591***
	öntözött változat					
Armagnac	0,852	0,749***	0,734	0,538***	0,790	0,624***
Fornad	0,920	0,847***	0,856	0,732***	0,713	0,508***
Sushi	0,929	0,864***	0,831	0,690***	0,872	0,761***

***P=0,1%, **P=1%, nsz= nem szignifikáns

Hibridenként vizsgáltuk a keményítőtartalom és a termés kapcsolatát nem öntözött és öntözött változatban (20. táblázat). *Nem öntözött változatban* az Armagnac hibridnél 2019-ben ($r=0,657^{***}$) közepes összefüggést mutattunk ki a keményítőtartalom és a termés között. A Fornad hibridnél közepes volt a korreláció 2019. ($r=0,528^{**}$) és 2020. ($r=0,681^{***}$) években. A Sushi hibrid esetében 2018-ban ($r=0,665^{***}$) és 2020-ban ($r=0,719^{***}$) volt a két változó között közepes összefüggés. A legszorosabb összefüggés a hibridek közül 2018-ban a Sushi hibridnél volt, ahol a determinációs koefficiens érték 75%. 2019-ben és 2020-ban a Fornad hibridnél volt a legszorosabb összefüggés. A determinációs koefficiens érték 2019-ben 56% és 2020-ban 77%.

Öntözött körülmények között az *Armagnac* hibrid estében 2018-ban ($r=0,506^{**}$) és 2019-ben ($r=0,775^{***}$) volt közepes és 2020-ban gyenge ($r=0,482^*$) az összefüggés. A *Fornad* hibridnél 2018-ban ($r=0,616^{***}$) és 2019-ben ($r=0,699^{***}$) közepes volt a korreláció, míg 2020-ban a két változó kölcsönhatása nem volt szignifikáns. A *Sushi* hibridnél 2018-ban közepes ($r=0,796^{***}$) összefüggést, míg a másik két évben szignifikánsan igazolt összefüggés nem volt kimutatható.

20. táblázat: A kukoricaszem keményítőtartalma és a hibridek termésének összefüggése, éltérő évjáratban nem öntözött és öntözött változat (Debrecen 2018-2020)

Hibridek	Keményítőtartalom és a kukoricahibridek termésének összefüggése					
	Évek					
	2018		2019		2020	
	r	R ²	r	R ²	r	R ²
	nem öntözött változat					
Armagnac	0,460	0,002nsz	0,657	0,432***	0,317	0,101nsz
Fornad	0,447	0,200nsz	0,528	0,279**	0,681	0,464***
Sushi	0,665	0,443***	0,284	0,81nsz	0,719	0,516***
	öntözött változat					
Armagnac	0,506	0,256**	0,775	0,601***	0,482	0,232*
Fornad	0,616	0,380***	0,699	0,489***	0,339	0,115nsz
Sushi	0,796	0,634***	0,462	0,213nsz	0,890	0,008nsz

***P=0,1%, **P=1%, *P=5%, nsz= nem szignifikáns

4.11.3. A kukoricaszem olajtartalma és a termés összefüggésének vizsgálata

Az olajtartalom és termés között a kezelések átlagában sem a nem öntözött, sem az öntözött változatban szignifikánsan nem tudtuk igazolni az olajtartalom és a termés összefüggését (84-85. melléklet). Évenként vizsgálva a két változó közötti összefüggést, nem öntözött változatban csak 2018-ban ($r=0,286^{**}$), öntözött változatban 2020-ban ($r=0,311^{**}$) igazoltunk gyenge korrelációt.

Hibridenként vizsgáltuk az olajtartalom és a termés kapcsolatát nem öntözött és öntözött változatban (21. táblázat). *Nem öntözött változatban* 2018-ban az *Armagnac* hibridnél gyenge ($r=0,500^{**}$), és a *Fornad* hibridnél közepes ($r=0,653^{***}$) korrelációt mutattunk ki. A *Sushi* hibridnél nem volt szignifikáns a kapcsolat. 2019-ben és 2020-ban egyik hibrid esetében sem volt szignifikáns kapcsolat a változók között. *Öntözött változatban* az *Armagnac* hibrid esetében 2019-ben közepes összefüggést tudtunk kimutatni ($r=0,677^{***}$), determinációs

koeficiens érték 46% volt. A *Fornad hibrid* esetében gyenge korrelációt igazoltunk a két változó között 2019-ben ($r=0,482^*$), determinációs koeficiens érték 23% volt.

21. táblázat: A kukoricaszem olajtartalma és a hibridek termésének összefüggése, eltérő évjáratban, nem öntözött és öntözött változat (Debrecen 2018-2020)

Hibridek	Olajtartalom és a kukorica hibridek termésének összefüggése					
	Évek					
	2018		2019		2020	
	r	R ²	r	R ²	r	R ²
	nem öntözött változat					
Armagnac	0,500	0,250**	0,247	0,610nsz	0,077	0,006nsz
Fornad	0,653	0,426***	0,292	0,085nsz	0,400	0,160nsz
Sushi	0,112	0,013nsz	0,415	0,172nsz	0,241	0,580nsz
	öntözött változat					
Armagnac	0,114	0,013nsz	0,677	0,459***	0,266	0,071nsz
Fornad	0,026	0,001nsz	0,154	0,024nsz	0,482	0,232*
Sushi	0,247	0,610nsz	0,310	0,96nsz	0,386	0,149nsz

***P=0,1%, **P=1%, *P=5%, nsz= nem szignifikáns

5. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Az eredményes kukoricatermesztéshez szükség van a talaj adottságait és a növény igényeit figyelembe véve, megfelelő mennyiségű tápanyag kijuttatására. Következtetéseink 3 év kutatási eredményein alapulnak. A tartamkísérletben több évtizede nem műtrágyázott (kontroll) parcellák biztosítják az eredmények megbízhatóságát.

A kukorica **SPAD értékét** vizsgálva megállapítható, hogy három év átlagában nem öntözött változatban a V6₁₅₀, míg az öntözött változatban a V12₁₈₀ kezelés biztosította statisztikailag igazolt legnagyobb értéket.

Évenként vizsgálva, a 2018 átlagos csapadékelátottságú évjáratban mindkét változatban a fejtrágyázás (V6₉₀) kezelés volt eredményes. 2019-es száraz évjáratban nem tudunk statisztikailag igazolható szignifikáns különbséget kimutatni. A csapadékos 2020-as évjáratban nem öntözött változatban elegendő volt a V6₁₅₀ kezelés, míg öntözött változatban, szükség volt magasabb N-dózis kijuttatására (V12₁₈₀) a megbízható SPAD érték kimutatásához.

Eredményeinkkel alátámasztottuk Berenguer et al. (2008) és Ványiné Széles (2009, 2010) eredményeit, miszerint az évjárat és a műtrágyázás nagymértékben befolyásolta a SPAD értékek alakulását.

Kutatási eredményeink alátámasztják, több kutató (Nagy, 2005; Pekurár, 2000; Csajbók és Kutassy, 2002; Ványiné, 2008.) eredményeit, miszerint az öntözés hatására nagyobb levélterület miatt felhígul a nitrogénkoncentráció ezáltal csökken a klorofillkoncentráció.

A vegetáció előre haladtával, növekedett a SPAD érték. Kutatásunk során megállapítottuk, hogy mindkét öntözési változatban a SPAD értékre jelentős hatással volt a fejtrágyázás. Ezen eredményeink alapján megállapítottuk, hogy Ragán (2017) eredményeivel megegyezően, a V6 fenofázisban volt a legkisebb, és az R1 fenofázisban a legnagyobb az alap- és fejtrágyakezelések %-os növekedése az A₀ kezeléshez képest. Alátámasztottuk Csajbók és Kutassy (2002) és Ványiné Széles és Nagy (2012) megállapításait, miszerint a különböző genotípusú kukoricahibridek eltérő SPAD értékkel reagálnak a műtrágya és az évjárat hatására. Vizsgálataink során kimutattuk, hogy a termésképződés közeledtével a SPAD érték és a termés nagysága közötti kapcsolat egyre szorosabbá vált.

A **sztómakonduktancia** vizsgálatunk során kimutattuk, hogy a fenológiai fázisok előre haladtával a növények sztómakonduktancia értéke csökkent. Továbbá megállapítottuk, hogy a N-műtrágya alkalmazásával növelhető a sztómakonduktancia értéke és a talajnedvesség hatással van a növények sztómáinak nyitottsági állapotára. Ezen eredményeink megerősítik

Han et al. (2006) megállapítását, miszerint, a N-műtrágya kijuttatásának fokozása módosíthatja a levelek sztómavezetőképességét, ezáltal erősítve az alkalmazkodóképességét.

A kukorica **termését** vizsgálva megállapítottuk, hogy a műtrágyázás és a hibridtulajdonságok szignifikánsan befolyásolták a termés nagyságát. Három év átlagában vizsgálva, nem öntözött és öntözött változatban, legnagyobb termésnövelő hatása az A₁₂₀ alapkezelésnek volt, így ez tekinthető a legeredményesebb kezelésnek, amely alátámasztotta Berényi et al. (2007) eredményeit. Az alap 120 kg N/ha feletti kezelés azonban már nem növelte a hozamot, ami megegyezik Vad és Dóka, 2009; Dóka és Pepó, 2007; Ragán, 2017 eredményeivel.

A kukorica hozama a vizsgált évek közül mindkét öntözési változatban a száraz 2019-es évben volt a legmagasabb. Nem öntözött változatban 11,26 t/ha volt a termés nagysága, azonban statisztikailag nem különült el a másik két év terméseredményeitől. Míg öntözött változatban (11,86 t/ha) statisztikailag is igazoltan meghaladta az átlagos évjáratú 2018. és a csapadékban gazdag 2020. évek terméseredményeit. Így kutatási eredményeink alapján megállapítható, hogy száraz évjáratban az öntözés hatása jobban érvényesül, mint a kukorica számára optimális vízellátottságú évben. A hibridek műtrágyareakcióját vizsgálva, eredményeink részben támasztották alá (Muthukumar et al., 2007; Sithaphanit et al., 2010; Ványiné & Nagy 2012; Széles et al., 2019) eredményeit, miszerint a fejtrágyázásnak termésnövelő hatása van. Az általunk kapott eredmények alapján a fejtrágyának nem minden esetben volt termésnövelő hatása, így ennek eredményessége nagymértékben függ a főbb termesztési tényezők hatásaitól.

Vizsgálataink során **a műtrágyázás és a termés között** az öntözött változatban szorosabb ($r=0,846^{***}$) összefüggést igazoltunk, mint a nem öntözött változatban ($r=0,778^{***}$). Továbbá Nem öntözött változatban 2020 csapadékos évjáratban (74%, $p<0,001$), öntözött változatban 2018-ban átlagos évjáratban (81%, $p<0,001$) igazoltuk a legnagyobb műtrágyahatást. Ezen eredményeink alapján, megállapítható, hogy a megfelelő vízellátottság elősegíti a N- műtrágya felvételét és hasznosulását a növények számára.

Beltartalmi vizsgálataink során kimutattuk, hogy az öntözés kivételével, a fő tényezők hatással voltak a kukorica **fehérjetartalmára**. Kutatásunk során a nem öntözött és öntözött változatban igazolni tudtuk a műtrágyázás fehérjetartalom növelő hatását. Ez megegyezik több kutató (Pekáry, 1974; Györi, 2002; Loch és Nosticzius, 2004; Széles et al., 2018) eredményével, miszerint a N dózisok növelése a kukoricaszem fehérjetartalmának növekedését eredményezi. Az évjárat tekintetében, eredményeink alapján megállapítottuk, hogy a 2019-es száraz évjáratban jelentősen nőtt, míg a 2020-as csapadékos évben csökkent a kukoricaszem fehérjetartalma. A 2018-as átlagos évjáratnak nem igazolódtott hatása. Ezzel alátámasztottuk

Széles et al. (2019) eredményeit, miszerint szárazabb körülmények között magasabb fehérjetartalom érhető el. Az öntözés fehérjetartalom csökkentő hatása jelentős mértékben a fejtrágyakezelésekben tapasztalható.

A kukorica hibridek **keményítőtartalmát** a fő tényezők (év, műtrágya, hibrid) 0,1%-ban, az öntözés 1%-ban befolyásolták. A nem öntözött (75,18 g/100g sza.) és öntözött (75,42 g/100g sza.) változat keményítőtartalma között nem volt megbízható különbség. A csapadékos 2020. évjáratnak köszönhetően magas keményítőtartalmakat mértünk. Eredményeink alapján, megállapítottuk, hogy mindkét változatban, a nem műtrágyázott (A_0) kezelésben volt kimutatható a legmagasabb keményítőtartalom és a N-dózisok növelésének hatására csökkent a kukoricaszem keményítőtartalma, ami számos kutató (Miao et al., 2006; Holou és Kindomhiou, 2011; Izsáki, 2014; Horváth et al., 2020) megállapításával megegyező.

Legnagyobb keményítőtartalom csökkenést a V_{6150} kezelésben tapasztaltuk. Ezen eredményeink alapján megállapítható, hogy csapadékos évjárat kedvező, míg a magasabb N-dózis kedvezőtlen hatással van a keményítőtartalom alakulására.

A kukorica **olajtartalmára** a fő tényezők közül, az évjárat 0,1%-ban és a hibridtulajdonságok 5%-ban voltak hatással. A legnagyobb olajtartalom 60 kg N/ha alaptrágya hatására alakult ki, mind a nem öntözött (4,66 g/100g sza.), mind az öntözött (4,53 g/100g sza.) változatban. Mindhárom évben a nem öntözött változat eredményezte a magasabb olajtartalmat. 2019-es száraz évjáratban igazoltuk az öntözés hatását az olajtartalom alakulására. A 2020-as, csapadékos gazdag évjárat olajtartalom csökkenést eredményezett, amely hatása statisztikailag igazolható volt. (Holou és Kindomhiou, 2011; Izsáki, 2014) eredményeivel megegyezően, kutatásunk során megállapítottuk, hogy az öntözés és a fejtrágyakezelések hatására csökken a kukoricaszem olajtartalma.

6. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Igazoltuk, hogy a növények fenológiai fázisnak előrehaladtával (V6-R1), csökkent a sztomatikus vezetőképességük, azonban a N-műtrágya alkalmazásával növelhető a sztómakonduktancia értéke. A legnagyobb termés akkor érhető el, ha az átlagos sztómakonduktancia $250 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ körül mozog a tenyészidőszak alatt.
2. Vizsgálatunk során a vízhiány a nap során időszakosan is kialakult, amikor a nagyobb LAI érték miatt gyorsabb a növény transzspirációja, mint a vízfelvétel. Ez az 5-6 mm/nap evapotranszpirációt meghaladó napokon fordulhat elő, főként a déli és kora délutáni órákban. Ilyen esetekben a növény gyökérszőrei körül kiszárad a talaj, és megszűnik a vízfelvétel, a sztómák bezáródnak. Ekkor a talajban még van elegendő víz (2020. év, R1 fenofázis), csak az áramláshoz időre van szükség. Ezen eredményeinkkel bizonyítottuk, hogy a sztomatikus vezetőképesség nyomon követésével, a növényi tünetek megjelenése előtt kimutatható az aszály által okozott növényi stressz, így megelőzhető a stressz kialakulása és elkerülhető a termés kiesés.
3. A vizsgált évek (2018, 2019, 2020) mindegyikében, mindhárom hibrid, a Sushi (FAO 340), a Fornad (FAO 420) és az Armagnac (FAO 490) esetében a fejtrágyakezelésekben jelentősebb volt az öntözés fehérjetartalom csökkentő hatása. A legnagyobb csökkenést –a hibridek átlagában- (0,45 g/100g sza.) a V6₉₀ kezelésben mutattuk ki az A₀ kezeléshez viszonyítva.
4. Kutatásunk során kimutattuk, hogy a legmagasabb (4,74 g/100g sza.) olajtartalmat a korai érésű Sushi (FAO 340) hibrid érte el. A tavaszi alaptrágya kijuttatása igazoltan növelte az olajtartalmat ($p < 0,05$). Csapadékos évjáratban szükség lehet a magasabb N-dózis (12 leveles állapotban kijuttatott fejtrágya) alkalmazására a kukoricaszem olajtartalmának növelése érdekében.

7. AZ EREDMÉNYEK GYAKORLATI HASZNOSÍTHATÓSÁGA

1. A helyspecifikus SPAD értékek alapján becsülhető a kukoricahibridek N ellátottsága, amely alapját képezi az optimális N, mennyiségi és időbeli kijuttatásának megtervezésére. V10 és R1 fenológiai stádium között mért SPAD értékek alapján, megbízhatóan becsülhető a várható terméshozam.
2. A sztómakonduktancia mérésével nyomon követhető a kukorica fizikai állapotváltozása és a növények számára elérhető vízkészletcsökkenés, így mérésével már a tünetek megjelenése előtt kimutatható a vízhiány okozta stressz. Hozzájárul az öntözővíz megfelelő idejének meghatározásához, így elkerülhető az szárazságstressz okozta terméskiesés.
3. A kutatási eredményeink segítséget nyújtanak a gazdálkodóknak, meghatározni a N műtrágya mennyiségi és időbeli kijuttatását eltérő érésidejű hibridek esetében, a magasabb hozam elérése érdekében.
4. Az eltérő genotípusú kukoricahibridek beltartalmi paramétereiről kapott információk segítenek a kukoricát termelő gazdálkodóknak a célnak megfelelő genotípusú kukorica hibridek megválasztásában és a számukra megfelelő minőségi paraméter növelése érdekében az ajánlott N adag kijuttatásának megtervezésében.

8. ÖSSZEFOGLALÁS

A nitrogén (N), az egyik legfontosabb termést és minőséget meghatározó tényező, így a növény igényéhez igazított mennyiség pontos meghatározása, megosztása és kijuttatásának ideje igen fontos feladat az évenkénti termésingadozás kiküszöböléséhez és a környezetszennyezés megelőzéséhez.

Ennek érdekében három éves kísérletet végeztünk, hogy meghatározzuk a különböző időben és mennyiségben kijuttatott nitrogén műtrágya és az öntözés hatását az eltérő genotípusú kukorica hibridek klorofilltartalmára, termésére és beltartalmi értékeire (keményítő-, fehérje- és olajtartalom). Emellett vizsgáltuk az előre jelzés érdekében a vízhiány stressz kialakulását, sztómakonduktancia vizsgálatok felhasználásával. Továbbá az évjárat és az agrotechnikai tényezők (műtrágyázás, öntözés, genotípus) együttes hatásának elemzésével kimutatni, hogy hogyan mérsékelhető az időjárási tényező negatív hatása.

Vizsgálatokat a Debreceni Egyetem Látóképi Kísérleti Telepén, mély humuszos rétegű, középkötött alföldi mészlepedékes csernozjom talajon végeztük, 2018 és 2020 között öntözött és nem öntözött körülmények között. A kísérlet kétszeresen osztott parcellás (split-split-plot) elrendezésű, kétismétléses (1,5 ha) szántóföldi tartamkísérlet. A főparcellákon a hibridek, osztó parcellákon az öntözési változatok (öntözött, nem öntözött), valamint az osztó-osztóparcellákon a műtrágyadózisok szerepelnek. Jelen dolgozatban a Sushi (FAO 340), a Fornad (FAO 420) és Armagnac (FAO 490) hibrid került elemzésre.

A termőhely időjárására a tenyészidőszakban a 30 éves átlaghoz viszonyítva, 2018 és 2019-ben csapadékhiány és magas hőmérséklet, míg 2020-ban jelentős csapadéktöbblet és átlaghoz közeli középhőmérséklet volt jellemző.

A kísérletben műtrágyázás nélküli (kontroll) kezelés mellett a N-műtrágyaadagok alap- és fejtrágyaként megosztva kerültek kijuttatásra. A tavaszi alaptrágyaként kijuttatott 60 és 120 kg N/ha dózist kétszeri fejtrágyázás követte V6 és V12 fenofázisban, mennyisége +30 és +30 kg N/ha volt.

A talajnedvesség meghatározására a hordozható kézi Field Scout TDR 300-as szondát használtuk. Vizsgálatok során parcellánként 3 mérést végeztünk és a mérések átlagából következtettünk az adott parcella talajnedvességi viszonyaira. A relatív klorofilltartalom meghatározását a MINOLTA SPAD-502 klorofill mérővel végeztük. Minden parcellán három növényt mértünk, a méréseket V6, V12 és az R1 fenológiai fázisban végeztük. A méréseket, minden parcella balról, második sorának 6. 7. és 8. növényén végeztük. A levelek sztomatikus vezetőképességét az Sc-1 Leaf Porometerrel mértük. Minden növényen három mérést végeztünk, így kilenc mérés átlaga reprezentálta az adott parcella sztómakonduktivitást. Az egész növényre jellemző érték eléréséhez a kijelölt növényeken – az eltérő fejlettséget és árnyékoltságot figyelembe véve – az alsó, középső és felső leveleken végeztük a méréseket. A

két valódi ismétléssel együtt minden kezelésben, mindhárom növekedési szakaszban egyenként 18 méréssel rendelkezünk, és ez biztosította a reprezentativitást. A beltartalmi értékeket (keményítő, fehérje és olaj) a betakarítást követően a Foss- Infratec 1241 Grain analyzer-rel határoztuk meg, a betakarítás során 0,5 kg-os kukoricaszem mintákból.

A statisztikai kiértékelést az SPSS. 14.0 for Windows statisztikai programcsomaggal végeztük. A kezelések változókra (SPAD érték; sztómakonduktancia, termés; beltartalmi értékek) gyakorolt vizsgálatára ismételt mérési modellt alkalmaztunk. A kezelések középértékeinek összehasonlítását Duncan-tesztel vizsgáltuk. Lineáris regresszióanalízist végeztünk, talajnedvesség és a sztómakonduktancia, a SPAD érték, a műtrágyázás és a beltartalmi értékek és a termés kapcsolatának vizsgálatára.

A kukorica hibridek SPAD értékben kifejezett klorofilltartalma. Három év átlagában *nem öntözött változatban* a varianciaanalízis eredménye kimutatta, hogy a fő tényezők (műtrágyázás, fenofázis hibrid és az évjárat) szoros ($p < 0,001$) összefüggést mutatnak a SPAD érték alakulásával. A fenofázis hatása volt a legjelentősebb ($p < 0,001$) az SS érték alapján. A kölcsönhatások közül a műtrágya x fenofázis, az év x műtrágya és az év x fenofázis kölcsönhatás szignifikánsan befolyásolta a SPAD értéket ($p < 0,001$). *Öntözött változatban* hasonlóan a nem öntözött változathoz a fő tényezők ($p < 0,001$) és ugyanazon tényezők kölcsönhatása ($p < 0,001$) befolyásolták a SPAD értéket.

A vizsgált három év átlagában *nem öntözött változatban* a kukorica igazolható legnagyobb SPAD értékét a 120 kg N/ha alap+30 kg N/ha fejtrágyakezelés (V₆₁₅₀) eredményezte (51,2), amely az A₀ kezelésben mért legalacsonyabb SPAD értéktől (43,3) 18,2%-os növekedést jelent. *Öntözött változatban* a V₁₂₁₈₀ kezelés (50,8) biztosította statisztikailag igazolt legnagyobb SPAD értéket, amely a 16,2%-kal magasabb, mint a nem műtrágyázott SPAD-érték (43,7).

Az évenként elvégzett elemzés *nem öntözött változatban* kimutatta, hogy mindhárom évben az A₀ kezelésben volt a legalacsonyabb SPAD érték. Az eredményes műtrágyakezelés évenként eltérően alakult. 2018-ban a V₆₉₀ kezelés (51,2), míg 2020-ban a V₆₁₅₀ kezelés (50,2) volt hatásos, 2019-ben nem volt befolyásoló hatása. *Öntözött változatban* 2018-ban a V₆₉₀ kezelés (48,7), 2020-ban a legnagyobb fejtrágyakezelés (V₁₂₁₈₀) hatására alakult ki a legnagyobb (51,2) szignifikáns érték.

A kukorica SPAD értéke mind a *nem öntözött és öntözött változatban* a vizsgált évek közül 2019-ben mért SPAD érték volt statisztikailag a legnagyobb (49,1; 49,4). A kukorica hibridek között szignifikáns eltérést 2020-ban lehetett kimutatni, a *nem öntözött változatban*, ahol a legnagyobb SPAD értéket a Fornad hibrid érte el (49,3), 5,6%-kal megelőzve az Armagnac és 4,0%-kal a Sushi hibridet. Az évjárat eltérően módosította a kukorica hibridek SPAD értékét. *Nem öntözött változatban* a 2018. évhez viszonyítva a 2019. évjáratban mindhárom hibridnél növekedés volt. Az Armagnac hibridé a legkisebb mértékben (2,4), a Fornad és a Sushi hibridé

közel azonos (3,5 és 3,3) mértékben. A 2020. év az Armagnac hibrid SPAD értéke nem változott. A Fornad (3,3) és Sushi hibridé (1,9) növekedett. *Öntözött változatban* az évjárathatás a kezelések átlagában, legkisebb mértékben a Sushi, legnagyobb mértékben a hosszabb tenyészidejű Armagnac hibridet befolyásolta.

A kukoricánövények növekedésével növekedett a SPAD érték. Legalacsonyabb érték *nem öntözött változatban* a V6 szakaszban (41,3) volt, amely az R1 szakaszra (53,2) 28,8%-kal nőtt. A legnagyobb évjárathatást V6 fenofázisban lehetett kimutatni 2020 és 2018 év között (11,3%). *Öntözött változatban* is a V6 szakaszban volt a legalacsonyabb SPAD érték (40,8) és a legnagyobb az R1 (52,7) fenofázisban, a növekedés mértéke 29,2%. A legnagyobb évjárathatást V12 állapotban lehetett kimutatni, 2019. (49,9) és 2020. (43,3) év között, ahol a 2019. évi érték 15,2%-kal volt nagyobb, mint a 2020. évi érték.

A kukorica hibridek SPAD érték maximumai évenként és növekedési szakaszonként eltértek. *Nem öntözött változatban* a hibridek – két kivételtől eltekintve – a szignifikánsan igazolt legnagyobb SPAD értékét a fejtrágyakezelések biztosították. A hibridek közül a Fornad hibrid SPAD értéke volt mindhárom fenofázisban a legnagyobb. *Öntözött változatban* is a néhány kivételtől eltekintve a fejtrágyakezelések befolyásolták jelentős mérték a hibridek SPAD értékét. A legnagyobb SPAD érték V6 (44,6; 2020) és V12 fenofázisban (55,3; 2018) a Sushi hibridnél, míg az R1 szakaszban a Fornad hibridnél (61,0; 2019) volt kimutatható.

Az öntözéshatást – a kezelések átlagában –, értékelve megállapítható hogy az öntözött kezelésben statisztikailag nem igazoltan magasabb volt a SPAD érték, mint természetes csapadékellátottság mellett. A kontroll (A₀) kezelésben az öntözés SPAD érték növelő hatása elhanyagolható, míg a két alapkezelésben a természetes csapadékellátottság mellett mért SPAD érték magasabb volt. A fejtrágyázás hatására tovább nőtt a két változat közötti eltérés, de megbízhatóan a különbség nem volt igazolható. Az eredményekből azonban látszik, hogy az öntözés hatására csökken a klorofillkoncentráció ezáltal a nitrogénkoncentráció a növényekben.

A kukorica hibridek az öntözésre alacsonyabb SPAD értékkel reagáltak, azonban a csökkenés mértéke egyik hibridnél sem bizonyult statisztikailag igazoltnak. Az évente elvégzett vizsgálat SPAD érték csökkenést a Fornad hibridnél igazolt 2020-ban ($p < 0,05$).

Öntözés hatására SPAD érték csökkenést tapasztaltunk mindhárom évben, a csökkenést a 2020-as évben, alaptrágyaként kijuttatott 60 kg N/ha (A₆₀) és a V12₁₂₀ kezelésben tudtuk igazolni ($p < 0,05$). Fenofázisonként vizsgálva, 2020-ban a V6 és a V12 növekedési szakaszban volt igazolható az öntözés SPAD érték csökkentő hatása ($p < 0,05$).

A műtrágyázás és a SPAD érték összefüggése kimutatta, hogy a fenológiai szakaszok előrehaladásával a két tényező összefüggése is szorosabb volt mind a nem öntözött, mind az öntözött változatban. *Nem öntözött változatban* a determinációs koefficiens érték alapján a V6 fenofázisban 15%-ban (2020), a V12 szakaszban 65%-ban (2020) és az R1 fenofázisban 73%-

ban (2018) mutatkozott meg a műtrágya befolyásoló hatása a legnagyobb mértékben, ezen értékek 0,1%-os szinten igazoltak. Öntözött változatban az évek közül 2018-ban volt a legnagyobb hatása műtrágyázásnak a SPAD értékre, mértéke 76%.

Hibridenként és növekedési fázisonként a műtrágya és a SPAD érték összefüggést vizsgálva, *nem öntözött változatban* a műtrágyázás legnagyobb mértékben a V12 fenofázisban a Fornad (88%; 2020. év), és az R1 fenofázisban a Sushi (91%; 2018. év) hibrid SPAD értékét befolyásolta. *Öntözött változatban* a műtrágyázás a V12 fenofázisban a Fornad (81%) és R1 szakaszban a Sushi hibrid (86%) SPAD értékét befolyásolta a legnagyobb mértékben.

A SPAD érték és a termés közötti összefüggés a három év átlagában *nem öntözött változatban* a V6 növekedési fázistól (gyenge, $p < 0,05$) az R1 fenofázisra szorosabbá vált (közepes, $p < 0,001$), *öntözött változatban* R1 szakaszban alakult ki közepes ($p < 0,001$) korreláció. A V6 növekedési szakaszban nem volt összefüggés a SPAD érték és a termés között egyik változatban sem. A V12 fenológiai szakaszban 2018. és 2020. évben kimutatható volt az összefüggés, amely az R1 növekedési fázisra szorosabbá vált mindkét változatban.

A legszorosabb kapcsolat *nem öntözött változatban* a V12 ($r = 0,828^{***}$) és R1 ($r = 0,868^{***}$) fenofázisban a Fornad hibridnél volt 2020-ban, *öntözött változatban* a V12 ($r = 0,856^{***}$) a Fornad, és az R1 szakaszban ($r = 0,865^{***}$) a Sushi hibridnél volt.

Mindhárom hibrid esetében érvényes, mind a *nem öntözött*, mind az *öntözött változatban*, hogy ahogyan a termésképződéshez közeledünk, a korrelációs koefficiens érték egyre nagyobb. Ez jelzi, hogy a két változó között egyre szorosabb a kapcsolat.

A **sztómakonduktancia** a fenológiai fázisok előrehaladtával mindkét évben csökkenő tendenciát mutatott, az R1 szakaszra 43,9% és 32,1% ($p < 0,001$; $p < 0,01$) volt a csökkenés mértéke. A nagyobb N-műtrágya alkalmazása növelte a sztómakonduktanciát, kivétel az R1 fenológiai szakasz, ahol az A_0 kezeléshez képest csökkenés mutatkozott. A csökkenést 2019-ben a talajnedvesség csökkenése okozta. 2020-ban ugyan volt a talajban elegendő víz, de a nagy levélfelületnek, a növény gyors transzspirációjának köszönhetően időszakosan kialakult vízhiány a sztómák záródását okozták.

A *sztómakonduktancia és a talajnedvesség közötti összefüggés* korreláció-analízissel elvégzett eredményének determinációs koefficiens értékéből kiindulva, a talajnedvesség 69%-kal ($R = 0,689$) határozta meg a sztómakonduktanciát. 2020-ban az R1 növekedési szakaszban a két tényező között nem volt igazolható a szignifikáns kapcsolat.

A *sztómakonduktancia és a termés kapcsolatrendszerben* a tápláltságtól függő lineáris összefüggések voltak meghatározók. 2019. évben közepes korreláció ($r = -0,69^*$, $r = 0,72^*$, $r = -0,59^*$) volt a V6, V12 és az R1 növekedési szakaszban. A két tényező kapcsolata 2020. évben a V6 és R1 növekedési szakaszban szoros ($r = 0,87^*$, $-0,78^*$) volt. A V12 fenofázisban megbízható korrelációt nem lehetett kimutatni.

A kukorica hibridek termése. Három év átlagában *nem öntözött változatban* a fő tényezők közül a műtrágyázás gyakorolta a legnagyobb szignifikáns hatást. A hibridtulajdonságok jelentősen meghatározzák a termés nagyságát, az évjárat hatása nem volt szignifikáns. A hibrid x év kölcsönhatás statisztikailag igazolt. *Öntözött változatban* a tényezők és kölcsönhatásaik szoros összefüggést mutatnak a termés alakulásával. Legnagyobb hatása a termésre a műtrágyának volt, majd az évjáratnak. Legkevésbé a hibrid volt hatással a termés alakulására. Tényezők kölcsönhatását vizsgálva, az évjárat és műtrágyázás kölcsönhatása igazolt.

Az évenkénti összevont varianciaanalízis kimutatta, hogy a műtrágyázás mindhárom évben, a hibridtulajdonságok 2019 és 2020 években befolyásolta a termés alakulását ($p < 0,001$). *Öntözött változatban* a műtrágyázás, a hibridtulajdonságok és a kettő kölcsönhatása mindhárom évben hatással volt a termés alakulására. A megbízhatóság 0,1% szinten igazolt.

A vizsgált három év átlagában *nem öntözött változatban* a legalacsonyabb hozam (7,28 t/ha) a nem műtrágyázott kezelésben (A_0) volt. Az A_{120} kezelésnek (13,18 t/ha; $p < 0,05$) volt a legnagyobb termésmnövelő hatása, amely 81%-os termésmnövekedést eredményezett, az A_0 kezeléshez képest. *Öntözött változatban* A_0 kezeléshez (7,44 t/ha) viszonyítva a 120 kg N/ha alapkezelés (A_{120}) 2,60 t/ha-os (82%; $p < 0,05$) termésmnövekedést eredményezett. *Öntözés hatására* a műtrágyakezelések mindegyikében az öntözött változat magasabb termést biztosított. Az öntözés termésmnövelő hatása a kezelések közül a V_{690} kezelésben volt igazolható ($p < 0,05$), amely 1,61 t/ha volt.

Az évenként elvégzett elemzés kimutatta, hogy mindkét öntözési *változatban* mindhárom évben a műtrágyázás nélküli (A_0) kezelésben volt a legalacsonyabb a termés. *Nem öntözött változatban* a magasabb alaptrágya (A_{120}) mennyiség mellett alakult ki a maximális ($p < 0,05$) termés. Az A_0 kezeléshez képest 2018-ban 5,70 t/ha, 2019-ben 4,33 t/ha és 2020-ban 6,67 t/ha termésmnövekedést értünk el. *Öntözött változatban* szignifikáns termésmnövekedés a V_{6150} kezelésben alakult ki 2018-ban (13,85 t/ha) és az A_{120} kezelés hatására 2019-es (14,34 t/ha) és 2020-as (13,46 t/ha) években. A termésmnövekedés mértéke az A_0 kezeléshez viszonyítva 5,16 t/ha (2018), 5,32 t/ha (2019) és 6,84 t/ha (2020) volt. Az *öntözés hatása* 2019-ben, a V_{690} kezelésben volt igazolható ($p < 0,05$), amely 1,51 t/ha volt.

A kukorica hozama a vizsgált évek közül *nem öntözött változatban* 2019-ben volt a legmagasabb (11,26 t/ha), meghaladva a 2018. (10,33 t/ha) és a 2020. (10,30 t/ha) évek eredményeit, de ezen eltérések statisztikailag nem igazoltak. *Öntözött változatban* a legnagyobb termést szintén 2019-ben volt (11,86 t/ha), melyhez képest 2018-ban 6,4%-kal és 2020-ban 12,3%-kal volt alacsonyabb ($p < 0,05$) a termésmennyiség.

A kukorica hibrideket vizsgálva, a kezelések átlagában megállapítható, hogy *nem öntözött változatban* a Fornad hibrid érte el a legmagasabb (10,81 t/ha) hozamot, melytől az Armagnac és Sushi hibridek szignifikáns eltérést nem mutattak. *Öntözött változatban* legmagasabb termés (11,16 t/ha) az Armagnac hibrid estében mutatható ki, azonban a hibridek termése között

megbízható különbség nem volt. Az öntözés az Armagnac és a Sushi birideknél 0,1%-os, a Fornad hibridnél 5%-os szinten befolyásolta a termés alakulását. A Sushi hibridnél 0,52 t/ha, az Armagnac hibridnél 0,42 t/ha és a Fornad hibridnél mindössze 0,16 t/ha volt a termésnövekedés.

Vizsgáltuk a kukorica hibridek műtrágyareakcióját három év átlagában. *Nem öntözött változatban* az Armagnac (13,76 t/ha) és a Fornad hibridnél (13,50 t/ha) az A₁₂₀ kezelés, a Sushi hibridnél a V₆₁₅₀ kezelés (12,28 t/ha) volt megbízható hatással a termésnövekedésre. *Öntözött változatban* mindhárom hibridnél az A₁₂₀ kezelés biztosította a szignifikáns termésmaximumot. A fejtrágyakezelések nem hoztak megbízható termésnövekedést. *Öntözés hatására* a hibridek termésmennyisége műtrágyakezelésenként eltérően alakult, az öntözéshatást egyértelműen nem tudtuk kimutatni az egyes kezelésekben.

A kukorica hibridek termésmaximuma a műtrágyázás hatására évenként eltérően alakult. *Nem öntözött változatban* az A₆₀ kezelés az Armagnac hibrid (12,97 t/ha) esetében 2019-ben volt hatásos. A nagyobb 120 kg N/ha tavaszi alapkezelésnek (A₁₂₀) az Armagnac hibridnél (2020; 13,55 t/ha), a Fornad hibridnél (2019; 12,71 t/ha és 2020; 14,19 t/ha) és a Sushi hibridnél (2019; 13,53 t/ha) biztosította a statisztikailag igazoltó legnagyobb hozamot. A fejtrágyakezeléseknek mindhárom hibridnél 2018-ban, illetve Sushi hibridnél 2020-ban volt szignifikáns termésnövelő hatása. *Öntözött változatban* Fornad és Sushi hibrideknél két évben (2019, 2020) az A₁₂₀ kezelésnek volt szignifikánsan termésnövelő hatása. A legnagyobb szignifikáns hozamot a vizsgált évek közül az Armagnac hibrid 2020-ban (13,78 t/ha), a Fornad hibrid 2019-ben (14,82 t/ha) és a Sushi hibrid 2018-ban (13,77 t/ha) érte el. Az megbízható *öntözéshatás* 2018-ban a V₆₉₀ kezelésben, az Armagnac (3,5 t/ha), a Fornad (2,36 t/ha) és a Sushi hibridnél (1,92 t/ha), illetve 2019-ben a V₁₂₁₈₀ kezelésben a Sushi hibridnél (2,12 t/ha) ($p < 0,005$) volt.

A műtrágyázás és a kukorica hibridek termése közötti összefüggés a három év átlagában az öntözött változatban szorosabb ($r=0,846^{***}$) volt, mint a nem öntözött változatban ($r=0,778^{***}$). Az évenként elvégzett regresszióanalízis kimutatta, hogy a nem öntözött változatban minden évben a két változó között közepes ($p < 0,001$) volt az összefüggés, míg öntözött változatban 2019. évet kivéve szoros ($p < 0,001$) összefüggést lehetett kimutatni. A regresszióanalízis determinációs koefficiens értéket alapul véve, a műtrágyázás nem öntözött változatban 2020-ban (74%, $p < 0,001$) és öntözött változatban 2018-ban (81%, $p < 0,001$) befolyásolta legnagyobb mértékben a kukorica termését. Ugyanakkor a legkisebb hatást mindkét változatban 2019-ben (34% és 60%) váltotta ki ($p < 0,001$).

Mind a nem öntözött mind az öntözött változatban mindhárom hibridnél és mindhárom évben a két változó közötti összefüggés kimutatható ($p < 0,001$). A hibridek közül a determinációs koefficiens érték alapján a Sushi hibrid termésmennyiségét befolyásolta a

műtrágyázás a legnagyobb mértékben, mind a nem öntözött (80%) mind öntözött változatban (89%).

A kukorica hibridek fehérjetartalma. Négytényezős varianciaanalízis (év, műtrágya, hibrid és öntözés) kimutatta három év átlagában, hogy a fő tényezők, az öntözés kivételével 0,1%-ban befolyásolták a fehérjetartalom alakulását. Az év x műtrágya 0,1%, az év x hibrid és a műtrágyázás x hibrid 1-1%, a műtrágyázás x öntözés 5% szinten voltak hatással a fehérjetartalom alakulására. Nem volt szignifikáns az év x öntözés és az öntözés x hibrid kölcsönhatás.

A kukorica nem öntözött (8,05 g/100g sza.) és öntözött (7,96 g/100g sza.) változat három évi átlagában mért fehérjetartalma között minimális eltérés volt.

A kukorica fehérjetartalmára nem öntözött változatban a V₆₉₀ (8,61 g/100g sza.), öntözött változatban A₁₂₀ kezelés (8,46 g/100g sza.) volt jelentős szignifikáns hatással. Az A₀ kezeléshez viszonyítva nem öntözött változatban az 20,3%-kal, öntözött változatban 18,8%-kal nőtt a kukorica fehérjetartalma. Az öntözés módosító hatását a fehérjetartalomra egyik műtrágyakezelésben sem tudtuk megbízhatóan igazolni.

A vizsgált kukorica hibridek közül *nem öntözött változatban*, a műtrágyázás megbízható fehérjetartalom növelő hatása a Sushi hibridnél volt kimutatható, a V₆₁₅₀ kezelésben (9,10 g/100g sza.; p<0,05). Ez a kezelés 28,3%-kal növelte a fehérjetartalmat az A₀ kezeléshez (7,09 g/100g sza.) képest. *Öntözött változatban* az Armagnac (V₆₁₅₀; 9,04 g/100g sza.) és a Fornad hibridnél (V₁₂₁₈₀; 8,48 g/100g sza.) magasabb, a Sushi hibridnél alacsonyabb (A₁₂₀; 8,72 g/100g sza.) tápanyagmennyiséggel értük el a legnagyobb fehérjetartalmat. *Öntözés hatására* bekövetkezett fehérjetartalom változása egyik hibridnél sem volt statisztikailag igazolt.

Évenkénti vizsgálat kimutatta, hogy *nem öntözött változatban* az Armagnac hibridnél két évben (2018 és 2019) ugyanazon fejtrágyakezelés (V₆₉₀) volt a legnagyobb hatással a fehérjetartalomra. A Fornad hibridnél mindhárom évben eltérő műtrágyakezeléssel értük el a legnagyobb fehérjetartalmat. A hibridek közül a Sushi hibridnél 2018-ban volt hatásos V₁₂₁₂₀ kezelés. A másik két évben (2019 és 2020) a V₆₁₅₀ kezelés volt eredményes. A hibridek fehérjetartalmának alakulására – a Fornad hibrid 2020 év kivételével – a fejtrágyázás kedvező hatással volt. *Öntözött változatban* az Armagnac hibrid fehérjetartalmára két évben (2018 és 2020) eredményesen hatott a 120 kg N/ha alaptrágyamennyiségre a 6 leveles állapotban kijuttatott fejtrágyakezelés (V₆₁₅₀). A Fornad hibridnél 2018-ban a magasabb alapkezelés (A₁₂₀), 2019 (V₆₁₅₀) és 2020-ban (V₁₂₁₈₀) fejtrágyakezelések voltak statisztikailag is eredményesek. A Sushi hibridnél mindhárom évben a 120 kg N/ha tavaszi alapkezelés (A₁₂₀) bizonyult a legjobbnak.

Az évjárat tekintetében *nem öntözött változatban*, 2018-as évet alapul véve 2019-ben jelentősen nőtt, míg 2020-ban jelentősen csökkent a hibridek fehérjetartalma. *Öntözött*

változatban is hibridenként és tápanyagszintenként eltérően alakult a fehérjetartalom. Mindhárom hibridnél a 2019 és 2020. évek módosító hatása igazolódott a nem műtrágyázott kezelésben.

Az öntözés hatásának tekintetében megállapítható, hogy mindhárom évben, mindhárom hibrid esetében a fejtrágyakezelésekben jelentősebb volt az öntözés fehérjetartalom csökkentő hatása, azonban a két változat között mért különbségek nem bizonyultak szignifikánsnak.

A műtrágyázás és a fehérjetartalom közötti összefüggés a három év átlagában nem öntözött ($r=0,505^{***}$) és öntözött változatban ($r=0,496^{***}$) egyaránt gyenge volt. Legszorosabb összefüggés nem öntözött változatban 2018-ban és öntözött változatban 2019-ben volt.

A műtrágyázás a Sushi hibrid fehérjetartalmát befolyásolta a legnagyobb mértékben, nem öntözött változatban 2018 és 2019. években, öntözött változatban mindhárom évben. Az összefüggés – 2020 kivételével, ahol, közepes – szoros volt. Az összefüggés minden esetben 0,1%-os szinten igazolt.

A fehérjetartalom és a kukorica hibridek termése közötti összefüggés a három év átlagában az öntözött változatban szorosabb volt, mint a nem öntözött változatban. Az évenként elvégzett regresszióanalízis kimutatta, hogy a *nem öntözött változatban* 2018. év kivételével, ahol gyenge ($p<0,001$) volt az összefüggés, közepes korreláció volt a változók között. *Öntözött változatban* 2018-ban szoros ($p<0,001$) és 2019. és 2020. évben a nem öntözött változathoz hasonlóan közepes ($p<0,001$) összefüggést lehetett kimutatni.

A kukorica hibridek termése és a fehérjetartalom összefüggés évenként és hibridenként eltérő volt. *Nem öntözött változatban* a két változó közötti összefüggés 2018-ban a Sushi hibrideknél szoros, a Fornad hibridnél közepes volt, és az Armagnac hibridnél nem volt szignifikáns összefüggés. 2019-ben mindhárom hibridnél közepes korrelációt mutattunk ki. 2020-ban a Fornad hibridnél szoros, az Armagnac és a Sushi hibridnél közepes volt az összefüggés. *Öntözött változatban* a legszorosabb összefüggés mindhárom hibridnél 2018-ban volt. Ezek közül is a legszorosabb korrelációt a Sushi hibridnél tudtuk kimutatni ($r=0,929^{***}$).

Az évjárat módosította a kukorica hibridek termése és fehérjetartalma közötti kapcsolatot. *Nem öntözött változatban* a 2018. évet alapul véve az Armagnac és a Fornad hibridnél 2019. és 2020. években szorosabb, a Sushi hibridnél 2019-ben gyengült, majd 2020-ban erősödött az összefüggés. *Öntözött változatban* az Armagnac hibridnél 2019-ben és 2020-ban, a Fornad hibridnél 2020-ban gyengült a két változó közötti korreláció. A Sushi hibridnél mindhárom évben szoros volt az összefüggés.

A kukorica hibridek keményítőtartalma. Négytényezős varianciaanalízissel (év, műtrágya, hibrid és öntözés) vizsgáltuk a kukorica hibridek keményítőtartalmának alakulását három év átlagában. A fő tényezők (év, műtrágya, hibrid) 0,1%-ban, az öntözés 1%-ban befolyásolták a keményítőtartalom alakulását. Az év x műtrágyázás, év x hibrid 0,1%-ban

befolyásolták a keményítőtartalmat. Nem volt szignifikáns kölcsönhatás, az év x öntözés, öntözés x műtrágyázás, öntözés x hibrid, valamint a műtrágyázás x hibrid között.

A nem öntözött (75,18 g/100g sza.) és öntözött (75,42 g/100g sza.) változat keményítőtartalma között nincs megbízható különbség.

Az évenként elért keményítőtartalom azt mutatta, hogy *mind a nem öntözött* (78,29 g/100g sza.), mind az *öntözött változatban* (78,66 g/100g sza.) 2020-ban volt a legnagyobb a kukorica keményítőtartalma, amely jól elkülönült a 2018 és 2019 évek eredményétől ($p < 0,05$).

Mindkét változatban, a nem műtrágyázott (A_0) kezelésben volt kimutatható a legmagasabb keményítőtartalom, a *nem öntözött változatban* 75,54 g/100g sza., az *öntözött változatban* 75,86 g/100g sza. volt. A N dózisok növelésének hatására csökkent a keményítőtartalom. A legnagyobb csökkenést mind a *nem öntözött* (0,93 g/100g sza.) mind az *öntözött változatban* (0,97 g/100g sza.) a V_{6150} kezelésben mutattuk ki az A_0 kezeléshez viszonyítva. Az öntözés hatására kialakult különbség egyik műtrágyakezelésben sem igazolódott megbízhatónak.

A vizsgált hibridek közül Sushi hibrid érte el a legalacsonyabb keményítőtartalmat mind a *nem öntözött* (73,96 g/100g sza.), mind az *öntözött változatban* (74,47 g/100g sza.), mely az Armagnac és a Fornad hibridtől megbízható ($p < 0,05$) különbséget mutatott.

A kukorica hibridek keményítőtartalmának alakulására hatott az évjárat. A 2018 évet alapul véve a 2019. évben mért értékek csökkenő tendenciát mutattak mindhárom hibridnél, mindkét változatban. 2018. évhez viszonyítva legnagyobb csökkenés mind a *nem öntözött*, mind az *öntözött változatban* az Armagnac hibridnél volt (4,5%, 4,4%). 2020-ban növekedést tapasztaltunk mindhárom hibridnél, mindkét változat. Legnagyobb mértékben a Sushi hibrid keményítőtartalma növekedett 4,9%-kal a *nem öntözött*, és 5,2%-kal az *öntözött változatban*.

Évenként és műtrágyakezelésenként elvégzett elemzés kimutatta, hogy mindkét öntözési változatban az A_0 kezelésben volt a legnagyobb a keményítőtartalom és a műtrágyázás hatására csökkenés következett be.

Az évjárat keményítőtartalmat módosító hatása hibridenként és műtrágyakezelésenként változott. *Nem öntözött változatban*, legjelentősebb mértékben az Armagnac hibrid keményítőtartalmát befolyásolta az évjárat. *Öntözött változatban* a Fornad hibrid keményítőtartalmára volt jelentős hatással, mind 2019, mind 2020. év. A_0 kezelés keményítőtartalmát az évjárat mindhárom hibridnél mind a *nem öntözött*, mind az *öntözött változatban* módosította. Az *öntözés hatására* mindhárom hibridnél bekövetkezett keményítőtartalom különbségek statisztikailag nem igazolhatók egyik évben sem.

A *műtrágyázás és a keményítőtartalom közötti összefüggés* három év átlagában szignifikánsan nem igazolt egyik változatban sem. A legerősebb összefüggés *nem öntözött és öntözött változatban* is 2019-ben volt kimutatható ($r=0,664^{***}$; $r=0,666^{***}$).

A hibridek esetében nem öntözött változatban a műtrágyázás 2018-ban és 2020-ban a Sushi (62 és 47%), 2019-ben a Fornad (61%) hibrid keményítőtartalmát befolyásolta a legnagyobb mértékben. Öntözött változatban 2018-ban a Sushi (69%), 2019-ben a Fornad (76%) és 2020-ban az Armagnac (29%) hibridét.

A keményítőtartalom és a termés közötti összefüggést három év átlagában, öntözött változatban tudunk kimutatni gyenge ($p < 0,001$) összefüggést. Az évenként elvégzett regresszióanalízis *nem öntözött változatban* kimutatta, hogy –2018. év kivételével, ahol nem volt szignifikáns összefüggés –, gyenge ($p < 0,001$) korreláció volt a változók között. Öntözött változatban 2018-ban gyenge ($p < 0,001$), 2019-ben közepes ($p < 0,0001$) és 2020-ban nem volt szignifikáns az összefüggés. A két változó közötti kapcsolat szorossága 2020. évi kivételével javult, a nem öntözött változathoz képest.

A kukorica hibridek olajtartalma. Négytényezős varianciaanalízissel vizsgáltuk a kukorica olajtartalmának alakulását. A fő tényezők közül, az évjárat 0,1%-ban és a hibridtulajdonságok 5%-ban befolyásolta az olajtartalom alakulását. A műtrágyázás és az évjárat, illetve és kölcsönhatások szignifikánsan nem befolyásolták az olajtartalmat.

A legnagyobb olajtartalom 60 kg N/ha alaptrágya hatására alakult ki, mind a nem öntözött (4,66 g/100g sza.), mind az öntözött (4,53 g/100g sza.) változatban, amely a Duncan teszt alapján nem különbözött a többi alkalmazott kezeléstől.

Mindhárom évben a *nem öntözött változat* olajtartalma volt magasabb, a legnagyobb eltérés 2019-ben (1,8%) volt, ahol igazolható ($p < 0,01$) az öntözés hatása az olajtartalom alakulására.

Az évenkénti vizsgálat kimutatta, hogy *nem öntözött változatban* az Armagnac hibrid olajtartalma szignifikánsan a legalacsonyabb volt mindhárom évben. Eredményesnek a Sushi hibrid tekinthető (5,06, 5,15 és 4,10 g/100g sza.) Öntözött változatban a Sushi hibrid olajtartalma volt a legnagyobb, mindhárom évben (4,74, 5,06 és 4,08 g/100g sza.) Eltérése, a 2020. év Fornad hibridtől való különbségétől eltekintve megbízható volt. Az Armagnac hibrid rendelkezett a legalacsonyabb olajtartalommal mindhárom évben, és a hibridektől való eltérése minden esetben szignifikáns volt.

Az évenként és műtrágyakezelésenként elvégzett vizsgálat kimutatta, *nem öntözött változatban*, a műtrágyakezelések között a Fornad (2019, 2020) és a Sushi hibridnél (2020) volt szignifikáns eltérés. Öntözött változatban az Armagnac hibridnél 2019-ben A₆₀ (4,73 g/100g sza.) és 2020-ban V12₁₂₀ (3,61 g/100g sza.) biztosította a statisztikailag is igazolt legnagyobb olajtartalmat. A Fornad hibrid esetében 2019-ben a V12₁₈₀ (5,11 g/100g sza.) és 2020-ban az A₀ kezelés (4,17 g/100g sza.), míg a Sushi hibridnél 2018-ban az A₁₂₀ kezelés (5,20 g/100g sza.).

Az évjárat a kukorica olajtartalmat módosító hatása hibridenként és műtrágyakezelésenként változott. *Nem öntözött és öntözött változatban* mindhárom hibridnél a 2018. évet alapul véve a 2020-as év olajtartalmat csökkentő hatása igazolódott.

A nem öntözött (4,53 g/100g sza.) és öntözött (4,50 g/100g sza.) változatban a kezelések átlagában, közel azonos értékeket kaptunk.

Az öntözés hatására szignifikáns olajtartalom növekedést 2019-ben igazoltunk ($p < 0,01$), ahol a nem öntözött változatban 4,99 g/100g sza., az öntözött változatban 4,90 g/100g sza. volt az olajtartalom.

A műtrágyázás és az olajtartalom közötti összefüggés három év átlagában a nem öntözött, és az öntözött változatban sem igazolódott szignifikánsan. Mindössze öntözött változatban az *Armagnac hibrid* esetében 2019-ben volt szignifikáns kapcsolat, amely közepes összefüggést mutatott ($r = 0,725^{***}$), a determinációs koefficiens érték 53% volt.

A kukorica termése és az olajtartalom közötti összefüggés vizsgálata kimutatta, hogy a nem öntözött változatban – 2018 év kivételével, ahol gyenge szignifikáns ($p < 0,01$) összefüggés volt –, a változók között szignifikáns korreláció nem volt. Öntözött változatban 2020-ban volt kimutatható gyenge ($P < 0,01$) összefüggés az olajtartalom és a termés között.

A kukorica hibridek termése és az olajtartalom összefüggése évenként és hibridenként eltérő volt. *Nem öntözött változatban* az *Armagnac hibridnél* gyenge ($p < 0,01$) és a *Fornad hibridnél* közepes ($p < 0,001$) volt 2018-ban a két változó közötti összefüggés. *Öntözött változatban* az *Armagnac hibridnél* 2019-ben közepes ($p < 0,001$) és a *Fornad hibridnél* 2020-ban gyenge ($p < 0,05$) összefüggést mutattunk ki.

Öntözés hatására 2018-ban az *Armagnac* és a *Fornad hibridnél* a két változó közötti összefüggést már nem tudtuk kimutatni, azonban az *Armagnac hibridnél* 2019-ben és a *Fornad hibridnél* 2020-ban az összefüggés kimutatható volt.

9. SUMMARY

Nitrogen (N) is one of the most important factors determining yield and quality, i.e. determining the exact amount, distribution and timing of application according to crop needs is very important to avoid year-to-year yield variations and prevent environmental pollution.

For this reason, a three-year experiment was conducted to determine the effect of different timing and application rates of nitrogen fertiliser and irrigation on the chlorophyll content, yield and nutritional values (starch, protein and oil content) of maize hybrids of different genotypes. In addition, the development of water deficit stress was investigated using stomatal conductance assays to predict its occurrence. In addition, the combined effect of season and agrotechnical factors (fertilisation, irrigation, genotype) was analysed to show how the negative effect of weather factor can be mitigated.

Studies were carried out at the University of Debrecen's Látókép Experiment Site on mid-heavy calcareous chnozem soil with deep humus layer, under irrigated and non-irrigated conditions between 2018 and 2020. The experiment was a two-replicate (1.5 ha) field trial with a split-split-plot design. The main plots contain the hybrids, the split plots the irrigation variations (irrigated, non-irrigated) and the split-split plots the fertiliser doses. In the present study, the hybrids Sushi (FAO 340), Fornad (FAO 420) and Armagnac (FAO 490) were analysed.

The weather in the growing season was characterised by a lack of rainfall and high temperatures in 2018 and 2019 compared to the 30-year average, while in 2020 there was a significant increase in rainfall and a mean temperature close to the average.

In the experiment, N fertiliser was applied as a base and top dressing in a split application with no fertiliser (control). The spring application of 60 and 120 kg N/ha as base fertiliser was followed by two top-dressing fertilisation at V6 and V12 phenophases at +30 and +30 kg N/ha.

The portable handheld Field Scout TDR 300 probe was used to determine soil moisture. Three measurements per plot were taken and the average of the measurements was used to conclude to the soil moisture conditions of the plot. Relative chlorophyll content was determined using a MINOLTA SPAD-502 chlorophyll meter. Three plants were measured in each plot, the measurements were made at the V6, V12 and R1 phenological phases. Measurements were taken, from the left, on the 6th, 7th and 8th plants of the second row of each plot. Leaf stomatal conductance was measured with the Sc-1 Leaf Porometer. Three measurements were taken on each plant, so that the average of nine measurements was representative of the stomatal conductance of that plot. To obtain a whole-plant value,

measurements were made on the lower, middle and upper leaves of the selected plants, taking into account the different development stages and shading. Together with the two real replicates, we had 18 measurements in each treatment at each of the three growth stages, ensuring representativeness. Post-harvest grain content values (starch, protein and oil) were determined using a Foss-Infratec 1241 Grain analyzer from 0.5 kg samples of maize grain taken at harvest.

Statistical analysis was performed using the statistical software package SPSS 14.0 for Windows. A repeated measures model was used to examine the effects of treatments on variables (SPAD value; stomatal conductance, yield; content values). The comparison of mean values of treatments was tested by Duncan test. Linear regression analyses were performed to examine the relationship between soil moisture and stomatal conductance, SPAD value, fertiliser application and content values and yield.

Chlorophyll content of maize hybrids expressed as SPAD. Averaged over the three examined years, in the non-irrigated variant, the results of analysis of variance showed that the main factors (fertilisation, phenophase hybrid and crop year) were strongly ($p < 0.001$) related to the evolution of SPAD. The effect of phenophase was the most significant ($p < 0.001$) on the SS value. Among the interactions, the fertiliser x phenophase, year x fertiliser and year x phenophase interactions significantly affected the SPAD value ($p < 0.001$). In the irrigated variant, similar to the non-irrigated variant, the main factors ($p < 0.001$) and the interaction of the same factors ($p < 0.001$) influenced SPAD value.

The highest verifiable SPAD value for maize in the non-irrigated variant averaged over the three examined years was obtained with the 120 kg N/ha base + 30 kg N/ha top-dressing fertilisation treatment (V6₁₅₀) (51.2), which represents an increase of 18.2% from the lowest SPAD value (43.3) in treatment A₀. In the irrigated variant, the V12₁₈₀ treatment (50.8) provided the statistically confirmed highest SPAD value, which is 16.2% higher than the non-fertilised SPAD value (43.7).

The year-by-year analysis in the non-irrigated variant showed that, in all three years, treatment A₀ had the lowest SPAD value. Effective fertiliser treatments varied from year to year, with the V6₉₀ treatment (51.2) being effective in 2018 and the V6₁₅₀ treatment (50.2) in 2020, with no influential effect in 2019. In the irrigated variant, the V6₉₀ treatment (48.7) had the highest significant effect in 2018, while the largest top-dressing fertilisation (V12₁₈₀) had the highest significant effect (51.2) in 2020.

The SPAD value for maize in the non-irrigated variant of the years studied (49.1) was significantly different in 2019 compared to 46.0 ($p < 0.05$) in 2018 and 47.8 ($p < 0.05$) in 2020.

A significant difference between maize hybrids in the non-irrigated variant was observed in 2020, where the highest SPAD value was achieved by the hybrid Fornad (49.3), ahead of Armagnac (5.6%) and Sushi (4.0%). No significant difference was found between the hybrids in *irrigated variants* in any of the examined years.

The crop year has differently modified the SPAD value of maize hybrids. In the non-irrigated variant, all three hybrids showed an increase in 2019 compared to 2018. The Armagnac hybrid showed the smallest increase (2.4), while the Fornad and Sushi hybrids showed almost the same increase (3.5 and 3.3, respectively). In 2020, the *SPAD* of the Armagnac hybrid *remained unchanged. However, that of Fornad (3.3) and Sushi (1.9) increased. In the irrigated variant*, the crop year effect averaged across treatments, with the least effect on Sushi and the greatest effect on the Armagnac hybrid, which has a longer maturity period.

The SPAD value increased with the growth of maize plants. The lowest value in the non-irrigated variant was at stage V6 (41.3), which increased by 28.8% to stage R1 (53.2). *The highest crop year effect was observed in the V6 phenophase between 2020 and 2018 (11.3%).* Also, in the irrigated variant, the lowest SPAD value was found in the V6 phase (40.8) and the highest in the R1 (52.7) phenophase, with an increase of 29.2%. The highest crop year effect was observed in the V12 stage, between 2019 (49.9) and 2020 (43.3), where the 2019 value was 15.2% higher than the 2020 value.

SPAD value maxima of maize hybrids varied between years and growth stages. In the non-irrigated variant, with two exceptions, the hybrids with the highest SPAD values significantly confirmed were provided by the top-dressing treatments. The hybrid Fornad had the highest SPAD value in all three phenophases. In Also, in the irrigated variant, with few exceptions, the top-dressing treatments significantly affected the SPAD of the hybrids. The highest SPAD value was detected in V6 (44.6; 2020) and V12 phenophases (55.3; 2018) in the Sushi hybrid, while in R1 stage, it was observed in the case of the Fornad hybrid (61.0; 2019).

The irrigation effect, averaged over the different treatments, showed that the SPAD value was not statistically higher in the irrigated treatment than in the case of natural rainfall. In the control (A_0) treatment, the SPAD increasing effect of irrigation was negligible, while in the two baseline treatments, the SPAD value was higher under natural rainfall. Top-dressing further increased the difference between the two variants, but the difference could not be reliably demonstrated. However, the results show that irrigation reduces the chlorophyll concentration and thus the nitrogen concentration in the plants.

The examined maize hybrids responded to irrigation with lower SPAD values, but the magnitude of the reduction was not statistically confirmed in any of the hybrids. The annual study demonstrated a decrease in SPAD value in the hybrid Fornad in 2020 ($p < 0.05$).

Irrigation induced a decrease in SPAD values in all three years, with the decrease being observed in the 2020 year, when 60 kg N/ha was applied as basal fertiliser (A_{60}) and in the $V_{12_{120}}$ treatment ($p < 0.05$).

Examining each phenophase, the SPAD reduction effect of irrigation was confirmed in 2020 at the V6 and V12 growth stages ($p < 0.05$).

The correlation between fertilisation and SPAD value showed that, as the phenological stages progressed, the correlation between the two factors was also closer in both the non-irrigated and irrigated variants. In the non-irrigated variant, the coefficient of determination value showed the highest influence of fertiliser at 15% (2020) in the V6 phenophase, 65% (2020) in the V12 stage and 73% (2018) in the R1 phenophase, with values confirmed at the 0.1% level. In the irrigated variant, 2018 showed the highest effect of fertiliser on SPAD among the examined years, with a level of 76%.

In the non-irrigated variant the fertilisation had the greatest effect on the SPAD value of hybrid Fornad (88%; year 2020) in the V12 phenophase and the Sushi hybrid (91%; year 2018) in the R1 phenophase. In the irrigated variant, the Fertilisation had the greatest effect on SPAD in the V12 phenophase in Fornad (81%) and in R1 in Sushi (86%).

The correlation between the SPAD value and yield, averaged over the three examined years in the non-irrigated variant became closer (medium, $p < 0.001$) from growth stage V6 (weak, $p < 0.05$) to phenophase R1, and in the irrigated variant, medium correlation ($p < 0.001$) was observed at stage R1. At the V6 growth stage, there was no correlation between SPAD values and yield in any of the variants. In the V12 phenological stage, a correlation was detected in 2018 and 2020, which became closer for the R1 growth stage in both variants.

The closest correlation in the non-irrigated variant was in the V12 ($r = 0.828^{***}$) and R1 ($r = 0.868^{***}$) phenophases in 2020 for the hybrid Fornad, while in the irrigated variant, the respective values was observed in the V12 stage ($r = 0.856^{***}$) for the hybrid Fornad, and in the R1 stage ($r = 0.865^{***}$) for the hybrid Sushi.

For all three hybrids, both non-irrigated and irrigated, the correlation coefficient value increases as the yield formation stage is approaching. This indicates that the relationship between the two variables is becoming stronger.

Stomatal conductance showed a decreasing trend with the progression of phenological stages in both years, with decreases of 43.9% and 32.1% ($p < 0.001$; $p < 0.01$, respectively) for

the R1 stage. Application of higher N fertiliser increased stomatal conductance, with the exception of the R1 phenological stage, which showed a decrease compared to the A₀ treatment. In 2019, the decrease was caused by a decrease in soil moisture. In 2020, although sufficient water was extracted from the soil, the periodic water deficit due to the large leaf area and rapid transpiration of the plant caused stomatal closure.

Based on the coefficient of determination of the correlation between stomatal conductance and soil moisture, soil moisture determined stomatal conductance by 69% ($r^2 = 0.689$). In 2020, in the R1 growth stage, no significant relationship between the two factors was demonstrated.

In the relationship between stomatal conductance and yield, linear correlations depending on nutrition were dominant. In 2019, there was a medium correlation ($r = -0.69^*$, $r = 0.72^*$, $r = -0.59$) at the growth stages V6, V12 and R1, respectively. In 2020, the correlation between the two factors was close in the V6 and R1 growth stages ($r = 0.87^*$, $r = -0.78^*$, respectively). No reliable correlation could be detected in the V12 phenophase.

Maize hybrid yield. Averaged over the three years, fertiliser application had the largest significant effect of the main factors in the non-irrigated variant. Hybrid traits significantly determined yield size, while the effect of crop year was not significant. The hybrid x year interaction is statistically confirmed. In the irrigated variant, the factors and their interactions are strongly correlated with yield development. Fertiliser had the greatest effect on yield, followed by crop year. The given hybrid had the least effect on yield. When examining the interaction of factors, the interaction of crop year and fertiliser application was confirmed.

The analysis of variance by year showed that fertilisation affected yield in all three years, hybrid traits in 2019 and 2020 ($p < 0.001$). In the irrigated variant, fertilisation, hybrid traits and the interaction of the two affected yield trends in all three years. Confidence was confirmed at the 0.1% level.

Averaged over the three examined years, the lowest yield (7.28 t/ha) in the non-irrigated variant was observed in the non-fertilised treatment (A₀). The treatment A₁₂₀ (13.18 t/ha; $p < 0.05$) had the highest yield enhancing effect, resulting in an 81% increase in yield compared to the treatment A₀. In the irrigated variant, compared to treatment A₀ (7.44 t/ha), the basal treatment (A₁₂₀) of 120 kg N/ha resulted in a yield increase of 2.60 t/ha (82%; $p < 0.05$). No further application of top-dressing treatments was necessary in either variant. Irrigation resulted in higher yields in all fertiliser treatments in the irrigated variant. The yield increasing effect of irrigation among the treatments was verified in the treatment V6₉₀ ($p < 0.05$), which was 1.61 t/ha.

The yearly analysis showed that in *all three years, the non-irrigated variant had the lowest yield in the non-fertilised (A_0) treatment and the maximum ($p < 0.05$) yield in the higher basal fertiliser (A_{120}) treatment. Compared with the A_0 treatment, yield increases of 5.70 t/ha in 2018, 4.33 t/ha in 2019 and 6.67 t/ha in 2020 were obtained. Also in the irrigated variant, treatment A_0 had the lowest yield in all three years. Significant yield increases were observed in the V_{6150} treatment in 2018 (13.85 t/ha) and in the A_{120} treatment in 2019 (14.34 t/ha) and 2020 (13.46 t/ha). The rate of yield increase compared to the A_0 treatment was 5.16 t/ha (2018), 5.32 t/ha (2019) and 6.84 t/ha (2020). The effect of irrigation was verified in 2019 in treatment V_{690} ($p < 0.05$), which was 1.51 t/ha.*

Maize yields in the non-irrigated variant were highest in 2019 (11.26 t/ha), exceeding the results of 2018 (10.33 t/ha) and 2020 (10.30 t/ha), but these differences are not statistically confirmed. In the irrigated variant, the highest yield was also in 2019 (11.86 t/ha), compared to 6.4% lower yield in 2018 and 12.3% lower yield in 2020 ($p < 0.05$).

Looking at the maize hybrids, on average of the treatments, the Fornad hybrid achieved the highest yield (10.81 t/ha) in the non-irrigated variant, with no significant difference between the Armagnac and Sushi hybrids. The highest yield in the irrigated variant (11.16 t/ha) was obtained with the Armagnac hybrid, but there was no reliable difference between the yields of the examined hybrids. Irrigation influenced yield variation at the level of 0.1% in the Armagnac and Sushi hybrids and 5% in the Fornad hybrid. The yield increase was 0.52 t/ha for Sushi, 0.42 t/ha for Armagnac and only 0.16 t/ha for Fornad.

The fertiliser response of maize hybrids was studied as an average over three years. In the non-irrigated variant, the A_{120} treatment (13.76 t/ha) had a reliable effect on yield growth in the Armagnac (13.76 t/ha) and Fornad (13.50 t/ha) hybrids, while the V_{6150} treatment (12.28 t/ha) had a reliable effect on the Sushi hybrid. In the irrigated variant, treatment A_{120} provided the significant yield maximum in all three hybrids. The performed top-dressing treatments did not give reliable yield increases. The effect of irrigation on yield of hybrids varied between fertiliser treatments, and the effect of irrigation could not be clearly detected in each treatment.

Maximum yields of maize hybrids varied from year to year in response to fertiliser application. In the non-irrigated variant, the treatment A_{60} was effective in 2019 for the hybrid Armagnac (12.97 t/ha). The higher 120 kg N/ha spring basal treatment (A_{120}) provided the statistically validated highest yields for the Armagnac hybrid (2020; 13.55 t/ha), the Fornad hybrid (2019; 12.71 t/ha and 2020; 14.19 t/ha) and the Sushi hybrid (2019; 13.53 t/ha). The top-dressing treatments had a significant yield enhancing effect in 2018 for all three hybrids and in 2020 for Sushi. In the irrigated variant, treatment A_{120} had a significant yield enhancing effect

in two years (2019, 2020) in the Fornad and Sushi hybrids.. The highest significant yields among the examined years were obtained by the hybrid Armagnac in 2020 (13.78 t/ha), Fornad in 2019 (14.82 t/ha) and Sushi in 2018 (13.77 t/ha). Reliable irrigation efficiency in 2018 was achieved in the V6₉₀ treatment for Armagnac (3.5 t/ha), Fornad (2.36 t/ha) and Sushi (1.92 t/ha) and in 2019 in the V12₁₈₀ treatment for Sushi (2.12 t/ha) ($p < 0.005$).

The correlation between fertiliser application and maize hybrid yield was stronger in the irrigated variant ($r = 0.846^{***}$) than in the non-irrigated variant ($r = 0.778^{***}$), averaged over the three years. The yearly regression analysis showed that in the non-irrigated variant, the correlation between the two variables was medium ($p < 0.001$) in all years, while in the irrigated variant, a close ($p < 0.001$) correlation was observed, except in 2019. Based on the coefficient of determination value of the regression analysis, fertiliser application had the greatest effect on maize yield in 2020 (74%, $p < 0.001$) and 2018 (81%, $p < 0.001$) in the non-irrigated and irrigated variants, respectively. However, it had the least effect in both variants in 2019 (34% and 60%) ($p < 0.001$).

In both the non-irrigated and irrigated variants, a correlation between the two variables was detected in all three hybrids and in all three years ($p < 0.001$). Among the examined hybrids, the coefficient of determination value showed that the yield of the hybrid Sushi was most affected by fertiliser application in both non-irrigated (80%) and irrigated (89%) variants.

Protein content of maize hybrids. A four-factor analysis of variance (year, fertiliser, hybrid and irrigation) showed that the main factors, except irrigation, influenced the protein content by 0.1%, averaged over the three years. Year x fertiliser had an effect of 0.1%, year x hybrid and fertiliser x hybrid had an effect of 1% and 1%, and fertiliser x irrigation had an effect of 5% on protein content. There was no significant interaction between year x irrigation and irrigation x hybrid.

There was minimal difference in protein content between the non-irrigated (8.05 g/100 g d.m.) and irrigated (7.96 g/100 g d.m.) maize variants averaged over the three examined years.

The protein content of maize was significantly affected by V6₉₀ (8.61 g/100 g d.m.) in the non-irrigated and by V12₀ (8.46 g/100 g d.m.) in the irrigated maize. Compared to the treatment A₀, the protein content of maize increased by 20.3% in the non-irrigated variant and by 18.8% in the irrigated variant. The modifying effect of irrigation on protein content could not be reliably demonstrated in any of the fertiliser treatments.

Among the examined maize hybrids, in the non-irrigated variant, a reliable protein-enhancing effect of fertilisation was observed in the Sushi hybrid in the V6₁₅₀ treatment (9.10 g/100 g d.m.; $p < 0.05$). This treatment increased the protein content by 28.3% compared to

treatment A₀ (7.09 g/100g d.m.). In the irrigated variant, the highest protein content was obtained with higher nutrient levels in the Armagnac (V₆₁₅₀; 9.04 g/100g d.m.) and Fornad hybrids (V₁₂₁₈₀; 8.48 g/100g d.m.) and lower in the Sushi hybrid (A₁₂₀; 8.72 g/100g d.m.). Changes in protein content due to irrigation were not statistically confirmed for any of the hybrids.

A year-by-year analysis showed that in the non-irrigated variant, the same top dressing (V₆₉₀) had the greatest effect on protein content in two years (2018 and 2019) in the Armagnac hybrid. For the Fornad hybrid, the highest protein content was obtained in all three years with different fertiliser treatments. Among the hybrids, the Sushi hybrid had an effective V₁₂₁₂₀ treatment in 2018. In the other two years (2019 and 2020), the V₆₁₅₀ treatment was effective. The protein content of the hybrids was positively influenced by top-dressing, except for Fornad in 2020. In the irrigated variant, the protein content of Armagnac was effectively influenced in two years (2018 and 2020) by the application of top-dressing (V₆₁₅₀) at a rate of 120 kg N/ha at the 6-leaf stage. In 2018, the higher basal treatment (A₁₂₀), in 2019 (V₆₁₅₀) and in 2020 (V₁₂₁₈₀), the top dressings were effective. For the Sushi hybrid, the spring basal treatment of 120 kg N/ha (A₁₂₀) was shown to be the best in all three years.

As regards crop year, in the non-irrigated variant, based on 2018, the protein content of the examined hybrids increased significantly in 2019, while it decreased significantly in 2020. Protein content also varied between hybrids and nutrient levels in the irrigated variant. In all three hybrids, the modifying effect of 2019 and 2020 was confirmed in the non-fertilised treatment.

Regarding the effect of irrigation, it was found that in all three years, the effect of irrigation in reducing protein content was more significant in the top-dressing treatments for all three hybrids, but the differences between the two variants were not significant.

The correlation between fertilisation and protein content was weak in both the non-irrigated ($r=0.505^{***}$) and irrigated ($r=0.496^{***}$) variants averaged over the three examined years. The strongest correlation was found in the non-irrigated variant in 2018 and in the irrigated variant in 2019.

Fertilisation had the greatest effect on the protein content of the Sushi hybrid in the non-irrigated variant in 2018 and 2019, and in the irrigated variant in all three years. The correlation was close except in 2020, when it was moderate. The correlation was confirmed at the 0.1% level in all cases.

The correlation between protein content and yield of maize hybrids was stronger in the irrigated than in the non-irrigated variant, averaged over the three examined years. The yearly

regression analysis showed that there was a medium correlation between the variables in the non-irrigated variant, except in 2018, where the correlation was weak ($p < 0.001$). In the irrigated variant, a strong ($p < 0.001$) correlation was found in 2018 and a medium ($p < 0.001$) correlation was found in 2019 and 2020, similar to the non-irrigated variant.

The relationship between yield and protein content of maize hybrids varied between years and hybrids. In the non-irrigated variant, the correlation between the two variables was close for the Sushi hybrids in 2018, medium for the Fornad hybrid and no significant correlation was observed for the Armagnac hybrid. In 2019, a medium correlation was observed for all three hybrids. In the irrigated variant the closest correlation for all three hybrids was observed in 2018. The strongest correlation was also found for the Sushi hybrid ($r = 0.929^{***}$).

The relationship between yield and protein content in maize hybrids has been modified by the crop year. In the non-irrigated variant, based on the year 2018, the relationship was stronger in 2019 and 2020 for the hybrids Armagnac and Fornad, weaker in 2019 for the hybrid Sushi, and stronger in 2020. In the irrigated variant, the correlation between the two variables weakened in 2019 and 2020 for the hybrid Armagnac and in 2020 for the hybrid Fornad. In the case of Sushi, the correlation was strong in all three years.

Starch content of maize hybrids. A four-factor analysis of variance (year, fertiliser, hybrid and irrigation) was used to investigate the evolution of starch content in maize hybrids averaged over the three examined years. The main factors (year, fertiliser, hybrid) influenced 0.1% and irrigation 1% of the starch content. Year x fertiliser, year x hybrid affected starch content by 0.1%. There was no significant interaction between year x irrigation, irrigation x fertilisation, irrigation x hybrid and fertilisation x hybrid.

There is no reliable difference between the starch content of the non-irrigated (75.18 g/100 g d.m.) and the irrigated (75.42 g/100 g d.m.) variants.

The starch content by year showed that both the non-irrigated (78.29 g/100 g d.m.) and irrigated (78.66 g/100 g d.m.) variants had the highest starch content in 2020, which was well separated from the results of 2018 and 2019 ($p < 0.05$).

In both the non-irrigated (A_0) and the irrigated treatments, the highest starch content was 75.54 g/100 g d.m. and 75.86 g/100 g d.m., respectively. The starch content decreased with increasing N doses. The largest decrease was observed in both the non-irrigated (0.93 g/100 g d.m.) and irrigated (0.97 g/100 g d.m.) treatments in V6₁₅₀ compared to treatment A_0 . The difference due to irrigation was not shown to be reliable in any of the fertiliser treatments.

Among the examined hybrids, Sushi had the lowest starch content in both the non-irrigated (73.96 g/100 g d.m.) and irrigated (74.47 g/100 g d.m.) variants, showing a reliable difference

($p < 0.05$) from the Armagnac and Fornad hybrids. There was no significant difference between the starch content of the Armagnac and Fornad hybrids in the two variants.

The starch content of maize hybrids was affected by the crop year. Compared to 2018, the values measured in 2019 showed a downward trend for all three hybrids, in both variants. Compared to 2018, the largest decrease in both the non-irrigated and the irrigated variants was observed for the Armagnac hybrid (4.5% and 4.4%, respectively). The highest increase in starch content was observed in the Sushi hybrid, with 4.9% in the non-irrigated and 5.2% in the irrigated variant.

Analysis by year and by fertiliser treatment showed that, in the both of irrigated variant, the A_0 treatment had the highest starch content and a decrease in starch content was observed as a result of fertiliser application.

The effect of crop year on starch content varied by hybrid and fertiliser treatment. In the non-irrigated variant, the most significant effect of crop year on starch content was observed in the Armagnac hybrid. In the irrigated variant, the starch content of Fornad was significantly affected in both 2019 and 2020. In addition, the starch content of treatment A_0 was modified in all three hybrids in both the non-irrigated and irrigated variants. The differences in starch content due to irrigation in all three hybrids could not be statistically confirmed in any of the years.

The relationship between fertiliser application and starch content was not significantly confirmed in any of the variants averaged over the three examined years. The strongest correlation was found in both non-irrigated and irrigated variants in 2019 ($r = 0.664^{***}$; $r = 0.666^{***}$).

For the non-irrigated hybrids, fertiliser application had the greatest impact on the starch content of Sushi (62% and 47%) and Fornad (61%) in 2018 and 2020, respectively. In the irrigated variant, Sushi (69%) in 2018, Fornad (76%) in 2019 and Armagnac (29%) in 2020.

The correlation between starch content and yield was weak ($p < 0.001$) in the irrigated variant, averaged over the three examined years. The yearly regression analysis in the non-irrigated variant showed that, except in 2018, when there was no significant correlation, there was a weak ($p < 0.001$) correlation between the examined variables. In the irrigated variant, the correlation was weak ($p < 0.001$) in 2018, medium ($p < 0.001$) in 2019 and not significant in 2020. Except in 2020, the closeness of the relationship between the two variables improved compared to the non-irrigated variant.

Oil content of maize hybrids. Four-factor analysis of variance was used to investigate the oil content of maize. Of the main factors, crop year affected the oil content in 0.1% and hybrid

traits in 5%. Fertilisation and crop year and interactions did not significantly influence oil content.

The highest oil content was obtained with 60 kg N/ha of base fertiliser in both the non-irrigated (4.66 g/100 g d.m.) and irrigated (4.53 g/100 g d.m.) treatments, which did not differ from the other treatments used in Duncan's test.

In all three examined years, the oil content of the non-irrigated variant was higher, with the largest difference in 2019 (1.8%), when the effect of irrigation on oil content was confirmed ($p < 0.01$).

The year-by-year analysis showed that in the non-irrigated variant, the oil content of the Armagnac hybrid was significantly the lowest in all three years. The Sushi hybrid was considered to be the best performing hybrid (5.06, 5.15 and 4.10 g/100g d.m., respectively) Only the higher oil content of the Fornad hybrid could not be reliably detected in 2019 and 2020. In the irrigated variant, the Sushi hybrid had the highest oil content in all three years (4.74, 5.06 and 4.08 g/100 g d.m., respectively) Its difference was reliable, except for the difference from the Fornad hybrid in 2020. The Armagnac hybrid had the lowest oil content in all three examined years and its difference from the hybrids was significant in all cases.

The analysis per year and per fertiliser treatment showed, in the non-irrigated variant, that there was a significant difference between fertiliser treatments for the hybrid Fornad (2019, 2020) and Sushi (2020). In the Armagnac hybrid, A₆₀ (4.73 g/100g d.m.) and V12₁₂₀ (3.61 g/100g d.m.) provided the highest oil content in 2019 and 2020, respectively. For the hybrid Fornad, the highest value was reached in the V12₁₈₀ treatment (5.11 g/100g d.m.) in 2019 and the A₀ treatment (4.17 g/100g d.m.) in 2020, while for the hybrid Sushi, the A₁₂₀ treatment (5.20 g/100g d.m.) in 2018.

The effect of crop year on the oil content of maize varied by hybrid and fertiliser treatment. In the both of irrigated variant, the oil content reduction effect of 2020 was confirmed for all three hybrids, based on the year 2018.

In the non-irrigated (4.53 g/100 g d.m.) and irrigated (4.50 g/100 g d.m.) variants, the average of the treatments was almost the same.

Significant increase in oil content was observed in 2019 ($p < 0.01$), when the non-irrigated variant had an oil content of 4.99 g/100 g d.m. and the irrigated variant 4.90 g/100 g d.m.

The correlation between fertilisation and oil content was not significantly confirmed in the non-irrigated and irrigated variants, averaged over the three years. Only in the irrigated variant, the Armagnac hybrid showed a significant relationship in 2019, showing a medium correlation ($r = 0.725^{***}$), with a coefficient of determination of 53%.

An analysis of the correlation between maize yield and oil content showed that, in the non-irrigated variant, except in 2018, when there was a weak significant correlation ($p < 0.01$), there was no significant correlation between the variables. In the irrigated variant, a weak ($P < 0.01$) correlation between oil content and yield was observed in 2020.

The relationship between maize hybrid yield and oil content varied between years and hybrids. In the non-irrigated variant, the correlation between the two variables was weak ($p < 0.01$) for the hybrid Armagnac and medium ($p < 0.001$) for the hybrid Fornad in 2018. In the irrigated variant, the correlation was medium ($p < 0.001$) for the Armagnac hybrid in 2019 and weak ($p < 0.05$) for the Fornad hybrid in 2020.

Due to irrigation, the correlation between the two variables could not be detected in 2018 for the hybrid Armagnac and Fornad, but it could be shown in 2019 for the hybrid Armagnac and in 2020 for the hybrid Fornad.

10. IRODALOMJEGYZÉK

- Amerikai Talajtani Társaság: 2007. Growing Corn Using Precision Agriculture.
- Anda A.: 1987. A kukorica néhány sugárzás, hő- és vízháztartási komponenseinek alakulása a N-ellátottság függvényében. *Növénytermelés*, 36. 3: 161-170.
- Anda A. – Kocsis T. – Tőkei A. – Varga L.: 2010. Agrometeorológiai és klimatológiai alapismeretek. 140. p.
- Anda A. – Lőke. Zs.: 2002. Stomatal resistance investigations in maize. Keszthely, Veszprém University, Georgikon Faculty of Agronomy, Keszthely, Department of Soil and Water - Proceedings of the 7th Hungarian Congress on Plant Physiology S5-04. *Acta Biologica Szegediensis*, 46. 3-4: 181-183.
- Antal J.: 1999. A szántóföldi növények tápanyag-ellátásának kiszámítása. Szemes kukorica. [In: Füleky Gy. (szerk.) Tápanyag-gazdálkodás]. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 317-319.
- Árendás T. – Bónis P. – Micskei Gy. – Sugár E. – Szőke Cs. – Marton L.Cs. – Berzsenyi Z.: 2014. A kukorica termésreakciója és termésstabilitása N-trágyázási tartamkísérletekben. [In: Pepó P. – Csajbók J. (szerk.) XIIIth Congress of the European Society for Agronomy (ESA): Book of Abstracts]. Debrecen, University of Debrecen, 23-28.
- Benjamin M. – Raymond M. – Seong D.: 2016. Nitrogen application decision-making under climate risk in the U.S. Corn Belt, *Climate Risk Management*, 15(C)
- Berenguer P. – Santiveri F. – Boixadera J. – Lloveras J.: 2008. Fertilisation of irrigated maize with pig slurry combined with mineral nitrogen. *European Journal of Agronomy*, 28. 4: 635-645.
- Berényi D.: 1945. A kukorica termelése és összefüggése az időjárással. Tiszántúli Mezőgazdasági Kamara, Debrecen, 212. p.
- Berzsenyi Z.: 2012. Kukorica [In: Radics L. (szerk.) Fenntartható szemléletű szántóföldi növénytermesztés 2.] Agroinform Kiadó, 11-101.
- Berzsenyi Z. – Lap Q.D.: 2003. A vetésidő és a N-műtrágyázás hatása a kukorica (*Zea mays* L.) hibridek termésére és termésstabilitására. [In: Nagy J. (szerk.) Kukorica hibridek adaptációs képességének és termésbiztonságának javítása.] Mezőgazdaságtudomány, Kukoricakonzorcium. Debrecen, 39-61.
- Berzsenyi Z. – Lap D.Q.: 2003. N-műtrágyázás hatása a kukorica (*Zea mays* L.) hibridek szemtermésére és N-műtrágyareakciója tartamkísérletben. *Növénytermelés*, 52. 34-4: 389-408.
- Berzsenyi, Z. – Lap, Q.D. – Micskei, Gy. – Takács, N.: 2006. Effect of sowing date and N fertilization on grain yield and photosynthetic rates in maize (*Zea mays* L.) *Cereal Research Communications*, 34. 1: 409-412.

- Birkás Z. – Balázs G. – Ali K. – Slezák K.: 2018. Effect of water stress on physiological parameters of sweet pepper. In: Szent István University, Vegetable and Mushroom Growing Department, Abstract Book – 18th Alps-Adria Scientific Workshop.
- Birkás M. –Jolánkai M.: 2008. A növénytermesztés és a klímaváltozás összefüggése. In: Klímaváltozás: Környezet-Kockázat-Társadalom. Kutatási eredmények. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest, 131-151.
- Bocchi S. – Castrignanò A.: 2007. Identification of different potential production areas for corn in Italy through multitemporal yield map analysis. *Field Crops Research*, 102. 3: 185-197.
- Bocz E.: 1978. Idényen kívüli öntözés. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Bocz E. – Kováts A. – Ruzsány L. – Szabó M.: 1996. Kukorica [In: Bocz et al., Szántóföldi Növénytermesztés.] Mezőgazda Kiadó, Budapest, 361-413.
- Bocz E. – Pekáry K.: 1974. Trágyázási kutatások eredményei 2 [In: Denke J. (szerk.) Kukorica 1966-1970.] Agrártudományi Egyetem Keszthely.
- Bolaños G.O. – Edmeades L.M.: 1993. Eight cycles of selection for drought tolerance in lowland tropical, maize. III. Responses in drought adaptive physiological and morphological traits. *Field Crops Research*, 31. 269–286.
- Boldizsár A.: 2007. Párolgás és mikroklíma vizsgálatok Balatoni nádállományban. Keszthely, 79. p
- Botos L. – Varga-Haszonits Z.: (szerk.) 1974. Agroklimatológia és növénytermesztés. Budapest, MÉM, 162 p.
- Bruns A.H – Ebelhar W.M.: 2006. Nutrient Uptake of Mize Affected by Nitrogen and Potassium Fertility in a Humid Subtropica Enviroment. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 37. 275-293.
- Bullock D.G. – Anderson D.S.: 1998. Evaulation of the Minolta SPAD-502 chlorophyll meter for nitrogen management in corn. *Journal Plant Nutrition*, 21. 4: 741-755.
- Çakir R.: 2004. Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of maize. *Field Crops Research*, 89. 1–16
- Chan C. – Janzen H.H.: 1993. Long-term fate of nitrogen from annual feedlot manure applications. *Journal of Environmental Quality*, 25. 785-790.
- Chikowo R. – Mapfumob P. – Nyamugafata P. –Giller K. E.: 2004. Maize productivity and mineral N dynamics following different soil fertility management practices on a depleted sandy soil in Zimbabwe. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 102. 119-131
- Chuck A.: 2016. Adoption of Precision Agriculture Technologies by U.S. Corn Producers. <https://dl.sciencesocieties.org/publications/books/abstracts/acesspublicati/precisionagric4b/1821?access=0&view=pdf>, Stan G. Daberkow and William D. McBride

- Claassen M. – Shaw R.:1970. Water Deficit Effects on Corn. I. Vegetative Components. *Agronomy Journal*, 62. 5. 649-652.
- Confalonieri R. – Bregaglio S. – Rosenmundc A. S. – Acutis M. – Savin I.: 2011. A model for simulating the height of rice plants. *European Journal Agronomy*, 34. 1: 20–25.ref.33
- Correndo A.A.– Fernandez J.A. –Vara Prasad P.V. – Ciampitti I.A. 2021.: Do Water and Nitrogen Management Practices Impact Grain Quality in Maize? *Agronomy*, 11. 1851.
- Costa C. – Dwyer L.M. – Dutilleul P. – Stewart D.W: – Ma B.L. – Smith D.L.: 2001. Interrelationships of applied nitrogen, SPAD, and yield of leafy and non-leafy maize genotypes. *Journal Plant Nutrition*, 24. 1173-1194.
- Csajbók J.: 2005. A tápanyagellátás és az asszimiláció közötti összefüggések kukoricánál. [In: Jávor A. (szerk.) Gyep, állat, vidék, kutatás, tudomány.] Debreceni Egyetem AGTC, Debrecen. 110-115.
- Csajbók J.: 2012. Szántóföldi növények termesztése és növényvédelme. Debreceni Egyetem, Elektornikus jegyzet.
- Csajbók J. – Kutasy E.: 2002. A kukorica fotoszintetikus aktivitása. [In: Láng I. – Lazányi J. – Németh T. (szerk.) I. Tartamkísérletek, tájtermesztés, vidékfejlesztés.] Nemzetközi Konferencia, Debreceni Egyetem ATC, Debrecen, 302-308.
- Csajbók J. – Kutasy E.: 2002. A tápanyagellátás és a fotoszintetikus aktivitás összefüggései kukorica hibrideknél [In: Pepó, P.–Jolánkai, M (szerk.) II. Növénytermesztési Tudományos Nap előadásainak és poszttereinek összefoglalói: Integrációs feladatok a hazai növénytermesztésben.] Budapest, Magyarország. MTA Növénytermesztési Bizottság, 173-179.
- Csajbók J. –Kutasy E.: 2015. Changes in water use efficiency and photosynthetic parameters of maize. induced by abiotic stress factors. *Növénytermelés*, 64. supp. 2.
- Csajbók J. – Kutasy E. – Hunyadi Borbély É. – Futó Z. – Jakab P.: 2005. Effects of nutrient supply on the photosynthesis of maize. *Cereal Research Communication*, 33. 1: 169-172.
- Csajbók J. – Kutasy E. – Hunyadi Borbélyné É. – Lesznyák M.-né – Futó Z. – Jakab P.: 2005. Effects of nutrient supply on the photosynthesis of maize hybrids. *Cereal Research Communications*, 33. 1: 169-172.
- Csathó P.— Árendás T. — Németh T.: 1998. New, environmentally friendly fertiliser advisory system, based on the data set of the Hungarian long-term field trials set up between 1960 and 1995. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 29. 2161–2174.
- Csathó P. – Lásztity B.— Sarkadi J.: 1991. Az „évjárat” hatása a kukorica termésére és terméselmeire P – műtrágyázási kísérletekben. *Növénytermelés*, 40. 4: 339-351.
- Csizmazia Z.: 1990. The developement of fertiliser spinner for low rate fertilising. *Hungarian Agricultural Engineering*, 3. 22-23.

- Dan W. – Guanyong L. – Yan M. – Mingkun C. – Xinyang B.: 2017. Evaluation of optimal nitrogen rate for corn production under mulched drip fertigation and economic benefits. *Field Crops Research*, 216. 225-233.
- Debreczeni B.: 1969. A műtrágyázás, az öntözés és a talajtípus néhány összefüggése a kukoricatermesztésben. [In: I'só I. (szerk.) Kukoricatermesztési kísérletek 1965–1968.] Akadémiai Kiadó, Budapest, 423–432.
- Debreczeni B. – Debreczeni B.-né.: 1983. A tápanyag- és a vízellátás kapcsolata. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 267. p.
- Debreczeni B.-né – Sárdi K.: 1999. A nitrogén szerepe a növények életében. [In: Füleky Gy. (szerk.): Tápanyag-gazdálkodás.] Mezőgazda Kiadó, Budapest, 38-39.
- Denmaed O. – Shaw R.:1960. The Effects of Soil Moisture Stress at Different Stages of Growth on the Development and Yield of Corn. *Agronomy Journal* 52. 5. 272-274.
- El-Sabagh A. – Barutçular C. – Islam M.S.: 2017. Relationships between stomatal conductance and yield under deficit irrigation in maize (*Zea mays* L.). *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*, 5. 14-21.
- Elvio D.P. – Michele R.: 2007. Yield response of corn to irrigation and nitrogen fertilization in a Mediterranean environment. *Field Crops Research*, 105. 3: 202-210.
- Erin G.: 2012. An Analysis of Research Comparing the SC-1 Decagon, Porometer and the Li-Cor Photosynthesis System for Stomatal Conductance Research Usage Purposes. Geological Engineering Undergraduate.
- Esteban J.A.C.– Solilap E.L.: 2016. Waterlogging: It's Effects on Different White Maize Genotypes. *Journal of Basic and Applied Research International*, 30. 1:112-120.
- Evans J.R.: 1989. Photosynthesis and nitrogen relationships in leaves of C3 plants. *Oecologia*, 78: 9-19.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nation):. 2017. FAO The future of food and agriculture- Trends and challenges, Rome.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nation):. 2021. <https://www.fao.org/news/archive/news-by-date/2021/en/>
- FAOSTAT: 2018.: <http://www.fao.org/faostat/en#data/QC>
- Faralli M. – Matthews J. -- Lawson T.: 2019. Exploiting natural variation and genetic manipulation of stomatal conductance for crop improvement. *Plant Biology*, 49. 1-7.
- Farré I. – Faci M. J.: 2009. Deficit irrigation in maize for reducing agricultural water use in a Mediterranean environment. *Agricultural Water Management*, 96. 383-394.
- Feil B. – Garibay S.V. – Ammon H. . – Stamp P.: 1997. Maize production in a grass mulch system – seasonal patterns of indicators of the nitrogen status of maize. *European Journal Agronomy*, 7: 171–179.

- Gao L. – Li W. – Ashrat U. – Lu W. – Li Y. – Li Ch. – Li Gu. – Li Ga. – Hu J.: 2020. Nitrogen fertilizer management and maize straw return modulate yield and nitrogen balance in sweet corn. *Agronomy*, 10. 3: 362.
- Gentine P. – Chhang A. – Rigden A. – Salvucci G.: 2016. Evaporation estimates using weather station data and boundary layer theory. *Geophysical Research Letters*, 43. 22: 11,661-11,670.
- Goldbach, H. - Wimmer, M. (2007): Boron in plants and animals: Is there a role beyond cell-wall structure?. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 170. 39 - 48.
- Gombos B. – Nagy J.: 2019. Az időjárás értékelése kukorica (*Zea mays* L.) tartamkísérletek eredményei alapján. *Növénytermelés*, 69. 2: 5-23.
- Gombos B. – Nagy Z.: 2021. A kukorica éghajlatigénye (8.1. fejezet). [In: Nagy J. (szerk.) *Kukorica, A nemzet aranya*]. Szaktudás Kiadó, Budapest, 165-172.
- Gong F. – Wu X. – Zhang H. – Chen Y. – Wang W.: 2015. Making better maize plants for sustainable grain production in a changing climate. *Frontiers in Plant Science*, 6: 835. Published online 2015 Oct 6. doi: 10.3389/fpls. 2015.00835
- Graming B.M. –Massey R. – Do Yun S.: 2017. Nitrogen application decision-making under climate risk in the U.S. Corn Belt. *Climate Risk Management*, 15. 82-89.
- Green J.K.– Konings S.H.– Alemohammad J.A.– Berry D.– Entekhabi J.– Kalossa P. – Lee J.E. – Gentine P. 2017. Regionally strong feedbacks between the atmosphere and terrestrial biosphere. *Nature Geoscience*, 10. 6: 410-414.
- Győrffy B.: 1958. A talaj víz– és tápanyagforgalmának vizsgálata a kukorica–tenyésztőterület alakjától függően. [In: *Kukoricatermesztési Kísérletek 1953–1957.*] Akadémiai Kiadó, Budapest, 233-239.
- Győrffy B.: 1965. A kukorica tápanyagfelvétele. [In: Győrffy B. et al (szerk.) *Kukoricatermesztés*]. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 64-70.
- Győrffy B.: 1988. Az 1983. évi aszály hatásai és tanulságai. *Magyar Tudomány*, 4. 249–254.
- Győrffy B.: 2001. A biogazdálkodástól a precíziós mezőgazdaságig. *Acta Agraria Debreceniensis*, 2. 9: 81-86.
- Győri Z.: 2002. A kukorica minősége és feldolgozása. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest.
- Győri Z.: 2010. Corn: characteristics and quality requirements, [In: Wrigley, C.W.–Batey, I.L. (eds.) *Cereal grains: Assessing and managing quality*. Oxford, Cambridge: CRC Press - Woodhead Publishing Limited, 183-211.
- Hansch R. – Mendel R.: 2009. Physiological functions of mineral micronutrients. *Current Opinion in Plant Biology*, 12. 259-266.
- Hanway J.J. – Russel W.A. 1969. Dry-matter accumulations in corn (*Zea mays* L.) plants: Comparisons among single-cross hybrids. *Agronomy Journal*, 61. 947-951.

- Hardjoamidjov S. – Skaggs R.W. – Schwab G.O.: 1982. Corn yield response to excessive soil water conditions. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, Michigan, 25. 4: 922-927.
- Hayat U. – Raquel S. – Zannatul F. – Ahme A. D.: 2019. Chapter Two - Improving water use efficiency, nitrogen use efficiency, and radiation use efficiency in field crops under drought stress. *Agronomy*, 156. 109-157.
- Hegy Z. – Árendás T. – Pintér J. – Marton L.C.: 2008. Evaluation of the grain yield and quality potential of maize hybrids under low and optimum levels. *Cereal Research Communications*, 36. 1263-1266.
- Hoffmann R. – Orosz Sz.- Kruppa J.- Iván F.- Pizskerné Fülöp É.: 2016a. Az 'egyfunkciós' és a 'többfunkciós' korai betakarítású gabonafélékben rejlő lehetőség: a rozs és a tritikálé. Állattenyésztési Teljesítményvizsgáló Kft. Partnertájékoztató Hírlevél. ISSN HU-2063-3491 XVI.(6) 22-25.
- Holouand R.A.Y. – Kindomihou V.: 2011. Impact of Nitrogen Fertilization on the Oil, Protein, Starch, and Ethanol Yield of Corn (*Zea mays* L.) Grown for Biofuel Production. *Journal of Life Sciences*, 5. 1013-1021.
- Horváth É. – Fejér P. – Széles A.: 2020. Examination of drought stress for different genotype maize hybrids. *Acta Agraria Debreceniensis*, 53-57.
- Huzsvai L. – Nagy J.: 2003. A Műtrágyázás hatása a kukorica (*Zea mays* L.) termésére öntözés nélküli és öntözéssel termesztésben. *Növénytermelés*, 52. 5: 533-541.
- II: Nagy Margit.: <https://agrarium7.hu/cikkek/295-kukorica-tapanyagellatasa>
- Islam A. – Ahuja L.R. – Garcia L.A – Ma L. – Saseendran A.S. – Trout T.J.: 2012. Modeling the impacts of climate change on irrigated corn production in the Central Great Plains. *Agricultural Water Management*, 110. 94-108.
- Iversen C. – Norby R.: 2014. Terrestrial plant productivity and carbon allocation in a changing climate. *Global Environmental Change*, 297-316
- Izsáki, Z.: 2006. Effect of nitrogen supplies on protein content and amino acid composition in maize (*Zea mays* L.) kernels. *Cereal Research Communications*, 34. 1: 497-500.
- Izsáki, Z.: 2009. Effect of Nitrogen supply on the nutrition of maize. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 40. 960-973.
- Izsáki Z.: 2014. A kukorica minőségorientált tápanyag ellátása. *Agronapló*, 21.
- Jolánkai M. – Tarnawa Á. – Horváth Cs. – Nyárai H.F. – Kassai M K.: 2016. Impact of climatic factors on yield quantity and quality of grain crops. *Journal of The Hungarian Meteorological Service*, 120. 1: 73-84.
- Jean M. – Schikora A. – Mari S. – Briat J. – Curie C.: 2005. A loss-of-function mutation in AtYSL1 reveals its role in iron and nicotianamine seed loading. *The Plant Journal*. 769-782.

- Kang S. – Shi. W. – Zhang J.: 2000. An improved water-use efficiency for maize grown under regulated deficit irrigation. *Field Crops Research*, 67. 10: 207-214.
- Kádár I.:1997. A növénytáplálás alapelvei és módszerei. *Magyar Tudományos Akadémia Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete*.
- Kátai J.: 2021. A kukorica talajigénye. In: Nagy J. Kukorica. A nemzet aranya. Élelmiszer, takarmány, bioenergia. Szaktudás Kiadó Ház Zrt., Budapest, 173-179.
- Kátai J. – Balláné Kovács A. – Tállai M. – Vágó I.: 2019. Carbon, nitrogen and sulfur content and ratios in Hungarian soil types. *Natural Resources and Sustainable Development*, 9. 1: 34-41.
- Khan A. – Munsif F. – Akhtar K. – Afridi M. – Ahmad Z. – Fahad S. – Ullah R. – Khan F. – Din M.: 2014 Response of Fodder Maize to Various Levels of Nitrogen and Phosphorus. *American Journal of Plant Science*. 5. 2323-2329.
- Kimm H. – Guan K. – Gentine P. – Wu Jin. – Bernacchi C.J. – Sulman B. N. – Griffis T. J. – Kimm H. – Guan K. – Gentine P. – Wu J. – Bernacchi C.J. – Sulman B.N. – Griffis T.J. – Lin C.: 2020. Redefining droughts for the U.S. Corn Belt: The dominant role of atmospheric vapor pressure deficit over soil moisture in regulating stomatal behavior of Maize and Soybean. *Agricultural and Forest Meteorology*, 287. 107930
- Koichi M. – Shigemi T. – Toshihiko M. – Kazuyoshi K.: 2005. recovery responses of photosynthesis, transpiration and stomatal conductance in kidney bean following drought stress *Environmental and Experimental Botany*, 53. 2: 205-214.
- Kramer, U., Clemens, S. (2005): Function and homeostasis of zinc, copper and nickel in plants. *Topics in Current Genetics*. 14. pp. 215-271.
- Kristiansen S.M. – Hansen E.M. – Jensen L.S. – Christensen B.T.: 2005. Natural ¹³C abundance and carbon storage in Danish soils under continuous silage maize. *European Journal of Agronomy*, 22. 107-117.
- KSH Gyorstájékoztató.: 2014. Gyorstájékoztató a Központi Statisztikai hivatal legfrissebb adataiból. <http://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/gyor/nte/nte21412.pdf> 2015. január 22.
- KSH Gyorstájékoztató.: 2015. Gyorstájékoztató, Szántóföldi növények, 2015. Közzététel: 2016 január 22. <http://www.ksh.hu/docs/hun/ftp/gyor/szn/szn15.html>
- KSH Gyorstájékoztató.: 2016. Gyorstájékoztató, Szántóföldi növények, 2016. Közzététel: 2017. január 25. <http://www.ksh.hu/docs/hun/ftp/gyor/szn/szn16.html>
- KSH.: 2018.: <http://www.ksh.hu/stadat>
- Láng G.: 1976. Szántóföldi növénytermesztés. mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Liu D. – Zwang W. – Liu Y. – Chen X. – Zou C.: 2020. Soil application of zinc fertilizer increases maize yield by enhancing the kernel number and kernel weight of inferior grains. *Frontiers in Plant Science*, <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.0.188>

- Loch J. – Nosticzius Á.: 2004. Agrokémiai és növényvédelmi kéima. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Lobell D.B. – Roberts M.J. – Schlenker W. – Braun N. – Little B.B. – Rejesus R.M. – Hammer G.L.: 2014. Greater sensitivity to drought accompanies maize yield increase in the US Midwest. *Science*, 344. 516-519.
- Martin K.H.: 1982. Lohnt sich die Berechnung von auch noch? DLG- Mitteilungen. *Landesanstalt für Pflanzenbau und Tabakforschung Forchheim*. Rheinstetten, 97. 6: 300-302.
- Marton L.Cs.: 2021. Vetőmag. [In: Nagy J. Kukorica. A nemzet aranya. Élelmiszer, takarmány, bioenergia.] Szaktudás Kiadó Ház Zrt., Budapest, 142-164.
- Marton L.Cs. – Árendás T. – Berzsényi Z.: 2012. Martonvásári kukorica hibridek a szárazságban. *Martonvásár*, 24. 2: 4-7.
- Marton L.Cs. – Szundy T.: 1990. ia kukorica hibridek szárazságtűrése. Martonvásár 90/4. MTA Mezőgazdasági Kutatóintézetének és Kísérleti Gazdaságának Közleményei, 8-10.
- Marton L.Cs. – Szundy T. – Hadi G. – Pintér J. – Berzsényi Z. – Árendás T. – Bónis P.: 2005. A termelői igényekhez igazodó kukoricanevelés szempontjai Martonvásáron. *Gyakorlati Agrofórum Extra*, 9. 2005. február. 11–13.
- Marton L.Cs. – Szundy T. – Nagy E.: 1997. A kukorica (*Zea mays* L.) fiatalkori hidegtűrésének értékelése hőmérsékleti gradiens kamrában. *Növénytermelés*, 46. 6: 549-557.
- Megyes A. – Rátonyi T. – Huzsvai L. – Szabó Gy. – Dobos A. – Sum O.: 2000. A műtrágyázás hatása a Dekalb 471 SC kukorica hibrid (*Zea mays* L.) termésére öntözés nélküli és öntözéssel kezeltében. *Növénytermelés*, 49. 3: 307-316.
- Menyhért Z.: 1979. Kukoricáról termelőknek. Mezőgazdaság Kiadó. Budapest.
- Menyhért Z.: 1985. A kukoricatermesztés kézikönyve. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 599. p.
- Micskei Gy. – Jócsák I. – Árendás T. – Bónis P. – Berzsényi Z.: 2009. Az istálló- és műtrágya hatása a kukorica szemtermésére és terméskomponenseire a martonvásári monokultúra tartamkísérletben. [In: Berzsényi Z., Árendás T. (szerk.) Tartamkísérletek jelentősége a növénytermesztés fejlesztésében]. Jubileumi tudományos konferencia. Martonvásár, 127-132.
- Montemurro F. – Maiorana M. – Ferri D. – Conventini G.: 2006. Nitrogen indicators, uptake and utilization efficiency in a maize and barley rotation cropped at different levels and sources of N fertilization. *Field Crops Research*, 99: 114–124.
- Mukesh D.B. – Silvia S. – Justin S.: 2017. Projecting corn and soybeans yields under climate change in a Corn Belt watershed. *Agricultural Systems*, 152. C: 90–99.

- Musick J.T.– Dusek D.A.: 1980. Planting Date and Water Deficit Effects on Development and Yield of Irrigated Winter Wheat. *Agronomy Journal*, 72. 45-52.
- Myers S.S. – Smith M.R. – Guth S.– Golden C.D. – Vaitla B.– Mueller N.D. – Dangour A.D. – Huybers P.: 2017. Climate Change and Global Food Systems: Potential Impacts on Food Security and Undernutrition. *Annual Review of Public Health*, 38. 259-277.
- Nagy J.: 1995. A műtrágyázás hatásának értékelése a kukorica (*Zea mays* L.) termésére eltérő évjáratokban. *Növénytermelés*, 44. 5-6: 493-506.
- Nagy J.: 2007. Kukoricatermesztés. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- Nagy J.: 2008. Maize production: Food, bioenergy, forage. Akadémiai kiadó, Budapest.
- Nagy J.: 2012. The effect of fertilization and precipitation on the yield of maize (*Zea mays* L.) in long-term experiment. *Időjárás*, 116.1: 39-52.
- Nagy J.: 2017. Klímaváltozás és a műtrágyázás hatása a kukorica termésére debreceni tartamkísérletben. *Növénytermelés*, 66. 3: 11–32
- Nagy J.: 2018. Magyarország földhasználatának 150 éve (1868-2018). *Növénytermelés*, 67. 3: 51-72.
- Nagy J.: 2019. Komplex talajhasználati, víz- és tápanyag-gazdálkodási tartamkísérletek 1983-tól a Debreceni Egyetemen. *Növénytermelés*, 68. 3: 5-28.
- Nagy J. – Sárvári M.: 2005. Gabonafélék [In: Antal J. (szerk.) *Növénytermesztéstan I.*] Mezőgazda Kiadó, 301–328.
- Nagy Z. – Nagy J.: 2020. Az agrometeorológiai tényezők értékelése kukorica (*Zea mays* L.) tartamkísérletekben – 2019/2020. *Növénytermelés*, 69. 4: 1-18.
- NAIK Agrárgazdasági Kutatóintézet: Öntözésjelentés 2019. év. XXIII. 1.
- Neilsen D.C. – Halvorson A.D. – Vigil M.F.: 2010. Critical precipitation period for dryland maize production. *Field Crops Research*, 118: 259-263.
- Nemeskéri E. – Helyes L.: 2019. Physiological Responses of Selected Vegetable Crop Species to Water Stress. *Agronomy*, 9. 8: 447.
- Neményi M. – Milics G. 2007.: Precision agriculture technology and diversity. *Cereal Research Communications*, 35. 2: 829-832.
- NeSmith D.S. – Ritchie J.T.: 1992. Short- and long-term responses of maize to a pre-anthesis soil water deficit. *Agronomy Journal*, 84. 107–113.
- NeSmith D.S. –Ritchie J.T.: 1992. Maize (*Zea mays* L.) response to a severe soil water-deficit during grain filling. *Field Crops Research*, 29. 23–35.
- Németh T. – Neményi M. – Hárnos Zs.: 2007. A precíziós mezőgazdaság módszertana. MTA Taki, Szeged, 239. p.
- Nigicser T.: 2001. A sikeres csemegekukorica termesztés sarokpontjai. *Gyakorlati Agroforum*, 12. 1: 21-29.

- Noha, H. – Zang, Q.: 2012. Shadow effect on multi-spectral image for detection of nitrogen deficiency in corn. *Computers and Electronics in Agriculture*, 83: 52-57.
- Nozari R. – Hadidi Masouleh E. – Borzouei A. – Sayfzadeh S. – Eskandari A.: 2020. Investigating the effect of different tillage methods and nitrapyrin on increasing nitrogen utilization efficiency on physiological and biochemical traits in different wheat cultivars. *Archives of Pharmacy Practise*, 11. 134-150.
- Nyéki A. – Kerepesi C. – Daróczy B. – Benczúr A. – Milics G. – Nagy J. – Harsányi E. – Kovács A. – Neményi M.: 2021. Application of spatio-temporal data in site-specific maize yield prediction with machine learning methods. *Precision Agriculture*, 22. 1397-1415.
- OECD-FAO Agricultural Outlook.: 2018.[https://stats.oecd.org/Index.aspx? DataSetCode =HIGH_AGLINK_2018](https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=HIGH_AGLINK_2018)
- Olson R.: 1972. Maximizing the utilisation efficiency of fertilizer N by soil and crop management. Soils Bulletin 16. Effects of intensive fertilizer use on the human environment. FAO, Rome, 34-52.
- Osváldir F. – Sebastião F.– Vespasiano B.– Paiva N.– Gabriel L.– Christian R.– S. Osório– Hugo M. de Souza.: 2017. Defoliation of sweet corn plants under irrigation depths and its impact on gas exchange. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, ISSN 1807-1929.
- Öktem A. – Emeklier H.Y.: 2010. Effect of Nitrogen on Yield and Some Quality Parameters of Sweet Corn. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 832-847.
- Pakurár M. – Nagy J. – Jagendorf S.: 2004. Fertilisation and irrigation effects on maize (*Zea mays* L.) grain production. *Cereal Research Communications*, 32. 1: 151–158.
- Pakurár M. – Szélesné P.G. – Piskolczi M. – Nagy J.: 2003. A kukorica (*Zea mays* L.) színének változása az öntözés hatására eltérő tápanyagszinteken. [In: Marton L.Cs. – Árendás T. (sterk.) 50 éves a magyar hibridkukorica.] MTA Mezőgazdasági Kutatóintézet, Martonvásár, 247–251.
- Pandey R.K. – Maranville J.W. – Admou. A.: 2000. Deficit irrigation and nitrogen effects on maize in a Sahelian environment. I. Grain yield and yield components. *Agricultural Water Management*, 46. 1-13.
- Pandey R.K. – Maranville J.W. – Chetima M.M.: 2000. Deficit irrigation and nitrogen effects on maize in a Sahelian environment: II. shoot growth, nitrogen uptake and water extraction. *Agricultural Water Management*, 46. 1: 15-27.
- Pepó P.: 2001. A genotípus és a vetésváltás szerepe a kukorica tápanyagellátásában csernozjom talajon. *Növénytermelés*, 50. 2-3: 189-202.
- Pepó P.: 2017. Tartamkísérletek, mint a klímaváltozás indikátorai. *Növénytermelés*, 66. 3: 33-46

- Pepó P. – Sárvári M.: 2001. Gabonanövények termesztése Debreceni Egyetem, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Pannon Egyetem.
- Pepó P. – Szabó A. – Dóka L. F. – Ábrahám É.. – Szabó É.: 2019. Cereal crop models in long term experiments on chernozem soil. LOTEX 2019.2nd Conference on Long –term Field experiments. 20-21 November 2019, Nyíregyháza Hungary Proceeding book, 20-27.
- Rhoads F.M. – Bennet J.M.: 1990. Corn . [In: B.A. Stewart, D.R. Nielsen (eds.), Irrigation of Agricultural Crops.] *American Society of Agronomy*, 569–597
- Piekielek W.P. – Fox RH.: 1992. Use of chlorophyll meter to predict sidedress nitrogen requirements for maize. *Agronomy Journal*, 84: 59-65.
- Prado S.A. – Bosquet L.C.– Grau A.– Coupel- Ledru A.– Millet E. – Tardieu F.: 2018. Genetic control of stomatal conductance in maize and conditional effects to water deficit and evaporative demand as revealed by phenomics. 60. Maize Genetics Conference, Saint-Malo, France.
- Pummer L. – Krisztián J.– Holló S.– Perényi M.: 1995. A műtrágya- csapadék- termés kapcsolata kukorica tartamkísérletek mérési eredményeialapján. *Növénytermelés*, 44. 5-6: 535-545.
- Ragán P.: 2017. Műtrágyázás és az öntözés interakciójának vizsgálata a kukoricatermesztésben. Debrecen, Doktori (PhD) dolgozat.
- Ranum P. – Peña-Rosas J.P. – Garcia-Casal M.N.: 2014. Global maize production, utilization, and consumption. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1312. 1: 105-112.
- Rashid M.T. –Voroney P. –Parkin G.: 2004. Predicting nitrogen fertilizer requirements for corn by chlorophyll meter under different N availability conditions. *Canadian Journal of Soil Science*, 85. 1: 149-159.
- Ren B.Z. – Zhang J.W. – Li X. – Fan X. – Dong S.T. – Liu P. – Zhao B.: 2016. Effects of waterlogging on stem lodging resistance of summer maize under field conditions. *Scientia Agricultura Sinica*, 46. 12: 2440-2448.
- Reidsma P. – Ewert F. – Boograad H. – Diepen K.: 2009. Regional crop modelling in Europe: The impact of climatic conditions and farm characteristics on maize yields. *Agricultural Systems* 100. 1-3. 51-60.
- Ritchie S.W. – Hannway J.J. – Benson G.O.: 1997. How a Corn Plant Develops Special Report. No.48. Iowa State University of Science an Technology Cooperative Extension Service. Ames, Iowa.
- RStudio Team.: 2016. RStudio: Integrated Development for R. RStudio, Inc., Boston, MA. URL: <http://www.rstudio.com/>
- Rudelforth C. – Webster R.: 1973. Indexing and display of soil survey data by means of feature-cards and boolean maps. 9.4. *Geoderma*. 229-248.

- Ruggiero C. – Tesdeschi P.– Martorella A.: 1981. Influenza del livello irriguo e dell'epoca di semina sulla resa di ibridi mais di diversa precocita. *Rivista di Agronomia*, 15. 3-4: 216-223.
- Ruzsányi L.: 1992. A főbb növénytermesztési tényezők és a vízellátás kölcsönhatásai. Akadémiai doktori értekezés tézisei. Debrecen.
- Sárvári M. – Boros B.– Kovács Gy.: 2008. A kukoricatermesztés helyzete és jövője Magyarországon. *Agro Napló*, 2008.04. 13-15.
- Scheierling S.M. –Cardon G.E. – Young R.A.: 1997. Impact of irrigation timing on simulated water-crop production functions. *Irrigation Science*, 8. 23-31.
- Schimmelpfennig D.: 2016. Precision Agriculture Technologies and Factors Affecting Their Adoption. *Amber Waves: The Economics of Food, Farming, Natural Resources, and Rural America*, 11. 1.
- Schlenker W. – Roberts M.J.: 2009. Nonlinear temperature effects indicate severe damages to US crop yields under climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106: 15594-15598.
- Schmidt J.P. – Dellinger A E. – Beelgle D.B.: 2009. Nitrogen recommendations for corn: An on-the-go sensor compared with current recommendation methods. *Agronomy Journal*, 101: 916-924.
- Schmidt R. – Szakal P.– Kalocsai R.– Barkoczi M.: 2004. The effect of N- solution, copper and zinc application on the yield and wet gluten content of winter wheat. [In: Collection, of the scientific works - Tsyhanau, A R (szerk.) Modern problems of Plant growing in the Republic of Belarus and in Hungary.] *Belarussian State Agricultural Academy*, 109-117.
- Schröder J.J. – Neeteson J.J. – Oenema O. – Sruik P.C.: 2000. Does the crop or the soil indicate how to save nitrogen in maize production? Reviewing the state of the art. *Field Crops Research*, 66: 151-164.
- Seyyed M.S. – Seyyed A.N. – Christos A.D.: 2018. Environmental sustainability of corn (*Zea mays* L.) production on the basis of nitrogen fertilizer application. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 95. C: 48–55.
- Soil Science Society of America, 2007. Growing Corn Using Precision Agriculture. ScienceDaily.1September. www.sciencedaily.com/releases/2007/08/070831123423.html
- Sommers. L.E – Nelson D.W.: 1972. Determination of total phosphorous in soil: A Rapid Perchloric Acid Digestion Procedure. *Soil Science Society of America Journal*, 36. 902-904.
- Song X.P.– Hansen M.C. – Matthew C.H. – Stephen V.S. – Peter V.P. – Tyukavina A. – Eric F.V. – Townshend J.R.: 2018. Global land change from 1982 to 2016. *Nature*, 560. 639-643.

- Sowiński J. – Głęb L.: 2018. The effect of nitrogen fertilization management on yield and nitrate contents in sorghum biomass and bagasse. *Field Crops Research*, 227. 12: 132-143.
- Spitkó T. – Nagy Z. – Halmos G. – Marton L.Cs.: 2013. Szárazság hatása a kukoricahibridek termésére. [In: Marton L.Cs. – Spitkó T. (szerk.) 60 éves a magyar hibridkukorica.] Pannon Növény-Biotechnológiai Egyesület. Budapest, 150-154.
- Spitkó T. – Nagy Z. – Tóthné Zs. – Halmos G. – Bányai J. – Marton L. Cs.: 2014. Effect of drought on yield components of maize hybrids (*Zea mays* L). *Maydica*, 59. 2: 11-169.
- Statisztikai Tükör.: A búza és a kukorica termesztése, kereskedelme és felhasználása a világon. Központi Statisztikai Hivatal, 2014/132. 4.
- Surányi J.: 1957. A kukorica és termesztése. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Swensson C.: 2004. Use of maize in the Nordic and Baltic countries. NJF Seminar 475 Maize in a cooler climate- from seed to feed. September 24-25, 2014. Kristianstad, Sweden, 9-15.
- Szalókiné Z.I. – Szalóki S.: 2002. A víz –és tápanyagellátás hatása a kukorica terméshozzájárulására és NPK-tartalmára. *Növénytermelés*, 51. 5-6: 543-557.
- Széles A.: 2021. Trágyázás. [In: Nagy J. Kukorica. A nemzet aranya. Élelmiszer, takarmány, bioenergia.] Szaktudás Kiadó Ház Zrt., Budapest, 247-332.
- Széles A. – Horváth É. – Ferencsik S.: 2018a. A tavaszi nitrogén alap- és fejtrágyázás hatása a kukorica termésére és marginális jövedelemelemzése. *Növénytermelés*, 67. 3: 73-93.
- Széles A. – Horváth É. – Rácz D. – Dúzs L. – Bojtor Cs. – Huzsvai L.: 2021. Development of stomatal conductance of maize under moderately hot, dry production conditions. *Agronomy Research*, 19. 4: 2013-2025.
- Széles A. – Horváth É. – Vad, A. – Harsányi E.: 2018b. The impact of environmental factors on the protein content and yield of maize grain at different nutrient supply levels. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 30 .9: 764-777.
- Széll E.: 2005. Kukoricatermesztésünk a mezőgazdasági korszakváltás időszakában. [In: Pepó P. (szerk.) Korszakváltás a hazai mezőgazdaságban: A modern növénytermesztés alapjai.] Debreceni Egyetem, MÉK, Debrecen, 231-236.
- Tamás J.: 2001. Precíziós mezőgazdaság elmélete és gyakorlata, Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest, 144. p.
- Thruppoyil S.B. – Ksiksi T.: 2020. Time-dependent stomatal conductance and growth responses of *Tabernaemontana divaricata* to short-term elevated CO₂ and water stress at higher than optimal growing temperature. *Current Plant Biology*, 22. 100127
- Torriani D. – Calanca P. – Lips M. – Amman H. – Beniston M. – Fuhrer J.: 2007. Regional assessment of climate change impacts on maize productivity and associated production risk in Switzerland. *Regional Environmental Change*, 7. 4: 209–221.
- USDA.: 2018. World agricultural supply and demand estimates.

- Varga Z.: 2000. A meteorológiai tényezők hatása a kukorica termesztésére.[In: Szász G. (szerk.) Berényi Dénes születésének 100 éves jubileumi ülése, Debreceni Egyetem, Debrecen, 279-291.
- Varga-Haszonits Z. – Varga Z. - Lantos Zs. - Enzsölné G.E. (szerk.): 2006. Az éghajlati változékonyság és az agroökoszisztémák. Nyugat- Magyarországi Egyetem MÉK, Mosonmagyaróvár.
- Ványiné Széles A.: 2008. SPAD-érték és a kukorica (*Zea mays* L.) termésmennyisége közötti összefüggés elemzése különböző tápanyag és vízellátottsági szinten. Doktori (PhD) értekezés, Debrecen.
- Ványiné Széles A.: 2010. 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.
- Ványiné Széles A. – Megyes A. – Nagy J.: 2012. Irrigation and nitrogen effects on the leaf chlorophyll content and grain yield of maize in different crop years. *Agricultural Water Management*, 107. 133-144.
- Várallyay Gy.: 1984. Magyarországi homoktalajok vízgazdálkodási problémái. *Agrokémia és Talajtan*, 33. 159-169.
- Várallyay Gy. – Szűcs L. – Rajkai K. –Zilahy P. – Murányi A.: 1980. Magyarországi talajok vízgazdálkodási tulajdonságainak kategóriarendszere és 1:100000 méretarányú térképe. *Agrokémiai és Talajtan*, 29. 77-112.
- Wang C. – Wu S. – Tankari M. – Zhang X. – Li L. – Gong D. – Hao W. – Zhang Y.– Mei Y. – Wang Y. – Liu F. – Wang Y.: 2018. Stomatal aperture rather than nitrogen nutrition determined water use efficiency of tomato plants Thruppoyil under nitrogen fertigation. *Agricultural Water Management*, 209. 94-101.
- Wortmann C.S. – Tarkalson D.D. –Shapiro C.A. –Dobermann A.R. –Ferguson R.B. –Hergert G.W. –Walters D.: 2011. Nitrogen Use Efficiency of Irrigated Corn for Three Cropping Systems in Nebraska. *Agronomy Journal*, 103. 1: 76-84.
- Xiaoling M. – Qingyu W.: 2006. Biodiesel production from heterotrophic microalgal oil. *Biorecourse Technology*, 97. 841-846.
- Yadava U.L.: 1986. A rapid and nondestructive method to determinate chloropyll in intact leaves. *HortScience*, 21. 1449–1450.
- Yin Q .– Tian T. – Kou M. – Liu P. – Wang L. – Hao Z. – You M.: 2020. The relationships between photosynthesis and stomatal traits on the Loess Plateau. *Global Ecology and Conservation*, 23. e01146

- Yunpu Z. – Ming X. – Ruixing H. – Shuai Q. – Zhu O.: 2013. Effects of experimental warming on stomatal traits in leaves of maize (*Zea may* L.) *Ecology and Evolution*, 3. 9: 3095–3111.
- Zhang J. – Li M. – Sun Z. – Liu H. – Sun H. – Yang W.: 2018. Chlorophyll Content Detection of Field Maize Using RGB-NIR Camera. *IFAC-PapersOnLine*, 51. 700-705.

11. PUBLIKÁCIÓK AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN



**DEBRECENI
EGYETEM**

**DEBRECENI EGYETEM
EGYETEMI ÉS NEMZETI KÖNYVTÁR**

H-4002 Debrecen, Egyetem tér 1, Pf.: 400
Tel.: 52/410-443, e-mail: publikaciok@lib.unideb.hu

Nyilvántartási szám: DEENK/232/2022.PL
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Horváth Éva
Doktori Iskola: Kerpely Kálmán Doktori Iskola
MTMT azonosító: 10069995

A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

Magyar nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (2)

1. Széles, A., **Horváth, É.**: Környezeti tényezők és az alap- és fejtrágyázás hatása a kukorica néhány fiziológiai tulajdonságára és a termésre.
Növénytermelés. 69 (2), 57-79, 2020. ISSN: 0546-8191.
2. Széles, A., **Horváth, É.**, Ferencsik, S.: A tavaszi nitrogén alap- és fejtrágyázás hatása a kukorica termésére és marginális jövedelemelemzése.
Növénytermelés. 67 (3), 73-93, 2018. ISSN: 0546-8191.

Idegen nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (3)

3. **Horváth, É.**, Tamás, A., Fejér, P., Széles, A.: Effect of different N doses on maize yield and quality.
Agrártud. Közl. 1, 97-101, 2021. ISSN: 1587-1282.
DOI: <https://doi.org/10.34101/actaagrar/1/8493>
4. **Horváth, É.**, Fejér, P., Széles, A.: Examination of drought stress of two genotype maize hybrids with different fertilization.
Agrártud. Közl. 1, 53-57, 2020. ISSN: 1587-1282.
DOI: <http://dx.doi.org/10.34101/actaagrar/1/3757>
5. **Horváth, É.**, Fejér, P., Széles, A.: The impact of climatic factors on the relative chlorophyll content and yield of a maize hybrid in a long-term experiment.
Agrártud. Közl. 1, 71-77, 2019. ISSN: 1587-1282.
DOI: <http://dx.doi.org/10.34101/actaagrar/1/2374>

Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (3)

6. Széles, A., **Horváth, É.**, Rácz, D., Duzs, L., Bojtor, C., Huzsvai, L.: Development of stomatal conductance of maize under moderately hot, dry production conditions.
Agron. Res. 19 (4), 2013-2025, 2021. ISSN: 1406-894X.
DOI: <https://doi.org/10.15159/AR.21.151>





7. **Horváth, É.**, Gombos, B., Széles, A.: Evaluation phenology, yield and quality of maize genotypes in drought stress and non-stress environments.

Agron. Res. 19 (2), 408-422, 2021. ISSN: 1406-894X.

DOI: <http://dx.doi.org/10.15159/AR.21.073>

8. Széles, A., **Horváth, É.**, Vad, A., Harsányi, E.: The impact of environmental factors on the protein content and yield of maize grain at different nutrient supply levels.

Emir J Food Agric. 30 (9), 764-777, 2018. ISSN: 2079-052X.

DOI: <http://dx.doi.org/10.9755/ejfa.2018.v30.i9.1800>

IF: 0.921

Magyar nyelvű konferencia közlemények (2)

9. **Horváth, É.**, Ragán, P., Széles, A.: A növény stresszállapotának jellemzése a sztomatikus vezetőképesség értékelésével.

In: Prega Science 2020 Scientific Conference on Precision Agriculture & Agro-Informatics, [Agroinform Média Kft.], [Budapest], 1-4, 2021.

10. Széles, A., **Horváth, É.**, Rátonyi, T., Nagy, J., Harsányi, E.: Növényi szenzorok alkalmazásának gyakorlati tapasztalatai a precíziós kukoricatermesztésben.

In: Prega Science 2020 : Scientific Conference on Precision Agriculture and Agro-Informatics, [Agroinform Média Kft.], [Budapest], 1-4, 2021.

Magyar nyelvű absztrakt kiadványok (1)

11. **Horváth, É.**, Illés, Á., Duzs, L., Bojtor, C., Széles, A.: A N ellátottság hatása különböző genotípusú kukoricahibridek klorofilltartalmára eltérő évjáratban.

In: XXIII. Tavasz Szél Konferencia 2020: Nemzetközi Multidiszciplináris Konferencia.

Absztrakt kötet I. Szerk.: Barna Boglárka Johanna, Kovács Petra, Molnár Dóra, Pató Viktória Lilla, Doktoranduszok Országos Szövetsége, Budapest, 39-40, 2020. ISBN: 9786155586705

További közlemények

Magyar nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (3)

12. Tamás, A., Radócz, L., **Horváth, É.**, Zagyai, P., Ragán, P.: A termesztéstechnológiai tényezők hatása a kukorica (*Zea mays* L.) terméseredményeire polifaktorális tartamkísérletben.

Növénytermelés. 71 (1), 67-80, 2022. ISSN: 0546-8191.

13. Széles, A., **Horváth, É.**, Huzsvai, L.: A vetésidő, az időjárás és a kukoricaszem fehérje- és olajtartalma közötti kapcsolat eltérő genotípusú kukorica hibrideknél.

Növénytermelés. 69 (3), 115-137, 2020. ISSN: 0546-8191.





14. Zsigrai, G., Bojtó, C., **Horváth, É.**, Juhász, C.: Különböző ökológiai K- és Mn-lombtrágya készítmények hatásának összehasonlító vizsgálata a Tokaji Borvidéken: - klorofill fluoreszcencia és NDVI vizsgálatok eredményei.
Szőlő-levél 10 (4), 40-60, 2020.

Idegen nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (2)

15. Huzsvai, L., Fejér, P., Illés, Á., Bojtó, C., Bojtó, C., **Horváth, É.**, Demeter, C.: Analysis of sweet corn nutritional values using multivariate statistical methods.
Agrártud. Közl. 1, 103-108, 2021. ISSN: 1587-1282.
DOI: <http://dx.doi.org/10.34101/ACTAAGRAR/1/8587>

16. Rácz, D., Duzs, L., **Horváth, É.**, Zagy, P., Széles, A.: The impact of different soil temperatures on the nitrogen stabilizer efficiency in maize (*Zea mays* L.).
Növénytermelés. 70 (3), 113-115, 2021. ISSN: 0546-8191.

Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (3)

17. Rácz, D., Szőke, L., Tóth, B., Kovács, B., **Horváth, É.**, Zagy, P., Duzs, L., Széles, A.: Examination of the Productivity and Physiological Responses of Maize (*Zea mays* L.) to Nitrapyrin and Foliar Fertilizer Treatments.
Plants-Basel. 10 (11), 1-19, 2021. ISSN: 2223-7747.
DOI: <https://doi.org/10.3390/plants10112426>
IF: 3.935 (2020)
18. Bojtó, C., Illés, Á., **Horváth, É.**, Nagy, J., Marton, L. C.: Hybridspecific nutrient interactions and their role in maize yield quality.
Agron. Res. 19 (4), 1698-1710, 2021. ISSN: 1406-894X.
DOI: <https://doi.org/10.15159/ar.21.148>
19. Rácz, D., Gila, B., **Horváth, É.**, Illés, Á., Széles, A.: The efficiency of nitrogen stabilizer at different soil temperatures on the physiological development and productivity of maize (*Zea mays* L.).
Agron. Res. 19 (4), 1888-1900, 2021. ISSN: 1406-894X.
DOI: <https://doi.org/10.15159/AR.21.146>

Magyar nyelvű absztrakt kiadványok (2)

20. Illés, Á., **Horváth, É.**, Duzs, L., Bojtó, C., Nagy, J.: Cianobaktérium lombtrágyakezelés hatása a kukorica szemtermésének mennyiségére, makro és mikroelem tartalmára.
In: XXIII. Tavasz Szél Konferencia 2020: Nemzetközi Multidiszciplináris Konferencia
Absztrakt kötet I.. Szerk.: Barna Boglárka Johanna, Kovács Petra, Molnár Dóra, Pató Viktória
Lilla, Doktoranduszok Országos Szövetsége, Budapest, 41, 2020. ISBN: 9786155588705





21. Bojtor, C., Illés, Á., **Horváth, É.**, Duzs, L., Nagy, J., Marton, L. C.: Eltérő nitrogénellátottság hatása a kukorica hibridek kezdeti fejlődésének mikroelemfelvételi dinamikájára.
In: XXIII. Tavasz Szél Konferencia 2020: Nemzetközi Multidiszciplináris Konferencia.
Absztrakt kötet I., Szerk.: Barna Boglárka Johanna, Kovács Petra, Molnár Dóra, Pató Viktória
Lilla, Doktoranduszok Országos Szövetsége, Budapest, 28, 2020. ISBN: 9786155586705

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora: 4,856

**A közlő folyóiratok összesített impakt faktora (az értekezés alapjául szolgáló közleményekre):
0,921**

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

Debrecen, 2022.04.29.



12. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Szeretnék köszönetet mondani témavezetőmnek, **Dr. habil. Kakuszi-Széles Adrienn** intézetvezetőnek, aki lehetőséget biztosított számomra és mindvégig támogatott a doktori kutatásom során. Hálával tartozom önzetlen támogatásáért és a disszertációm elkészítésében nyújtott segítségéért.

Ezúton szeretnék köszönetet mondani **Dr. Nagy János** professzor úrnak, aki bátorító szavaival, iránymutatásaival támogatott munkám során.

Szeretném kifejezni köszönetemet *Széles Sándornénak*, a PhD éveim alatt nyújtott segítségéért, fáradozásáért.

Köszönettel tartozom a Látóképi Növénytermesztési Kísérleti Telep igazgatójának *Dr. Vad Attila Miklósnak*, *Török Tamás* telepvezetőnek és valamennyi munkatársuknak.

Köszönettel tartozom a *Földhasznosítási, Műszaki, Precíziós és Területfejlesztési Intézet valamennyi dolgozójának*, akik a kutatásom alatt segítséget nyújtottak és támogatták munkámat.

Szeretném kifejezni köszönetemet és hálámat *családomnak*, akik az évek során mindvégig mellettem álltak és támogattak.

13. NYILATKOZAT

NYILATKOZAT

Ezen értekezést a Debreceni Egyetem Kerpely Kálmán Doktori Iskola keretében készítettem, a Debreceni Egyetem doktori (Ph.D.) fokozatának elnyerése céljából.

Debrecen, 2022.....

.....
a jelölt aláírása

14. NYILATKOZAT

NYILATKOZAT

Tanúsítom, hogy doktorjelölt 20.....-20.....között a fent megnevezett Doktori Iskola keretében irányítással/irányításunkkal végezte munkáját. Az értekezésben foglalt eredményekhez a jelölt önálló alkotó tevékenységével meghatározóan hozzájárult, az értekezés a jelölt önálló munkája. Az értekezés elfogadását javasolom/javasoljuk.

Debrecen, 2022.....

.....
a témavezető(k) aláírása

15. MELLÉKLETEK

1. melléklet: A kukorica hibridek SPAD értékének összevont varianciaanalízis eredménye a kezelések (műtrágyázás, öntözés, fenofázis, hibridek és évek) átlagában

Debrecen, (2018-2020)

Tényezők	SS	DF	F
Ismétlés	50,0	1,0	3,9*
Hiba	16454,3	1289,0	
Év	2097,4	2,0	82,2***
Hiba	16454,3	1289,0	
Öntözés	158,4	1,0	12,4***
Hiba	16454,3	1289,0	
NPK	12634,6	6,0	165,0***
Hiba	16454,3	1289,0	
Hibrid	509,4	2,0	20,0***
Hiba	16454,3	1289,0	
Fenofázis	33083,9	6,0	432,0***
Hiba	16454,3	1289,0	
Év * Öntözés	107,0	2,0	4,2**
Hiba	16454,3	1289,0	
Év * NPK	1993,8	12,0	13,0***
Hiba	16454,3	1289,0	
Év * Hibrid	39,8	4,0	0,8 ^{nsz}
Hiba	16454,3	1289,0	
Év * Fenofázis	2608,1	4,0	51,1***
Hiba	16454,3	1289,0	
Öntözés * NPK	215,7	6,0	2,8**
Hiba	16454,3	1289,0	
Öntözés * Hibrid	21,3	2,0	0,8 ^{nsz}
Hiba	16454,3	1289,0	
Öntözés * Fenofázis	70,1	6,0	0,9 ^{nsz}
Hiba	16454,3	1289,0	
NPK * Hibrid	144,8	12,0	0,9 ^{nsz}
Hiba	16454,3	1289,0	
NPK * Fenofázis	4282,3	36,0	9,3***
Hiba	16454,3	1289,0	
Hibrid * Fenofázis	310,1	12,0	2,0**
Hiba	16454,3	1289,0	

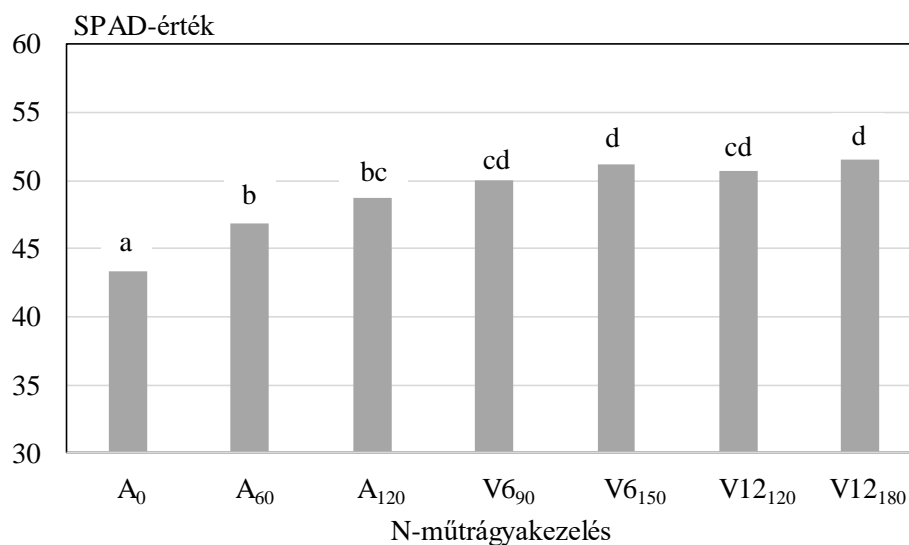
***p<0,001, **p<0,01, *p<0,05, nsz= nem szignifikáns

2. melléklet: A kukorica hibridek SPAD értékének összevont varianciaanalízis eredménye a kezelések (műtrágyázás, hibridek, fenofázisok és az évek) átlagában, nem öntözött változat Debrecen (2018-2020)

Tényezők	SS	DF	F
Ismétlés	408,2	1,0	32,4***
Hiba	7608,9	604,0	
Év	817,5	2,0	32,45***
Hiba	7608,9	604,0	
NPK	7719,4	6,0	102,1***
Hiba	7608,9	604,0	
Fenofázis	16217,2	6,0	214,6***
Hiba	7608,9	604,0	
Hibrid	287,6	2,0	11,4***
Hiba	7608,9	604,0	
Év * NPK	1612,8	12,0	10,7***
Hiba	7608,9	604,0	
Év * Fenofázis	974,2	4,0	19,3***
Hiba	7608,9	604,0	
Év * Hibrid	105,9	4,0	2,1 ^{nsz}
Hiba	7608,9	604,0	
NPK * Fenofázis	2017,9	36,0	4,5***
Hiba	7608,9	604,0	
NPK * Hibrid	209,4	12,0	1,4 ^{nsz}
Hiba	7608,9	604,0	
Fenofázis * Hibrid	192,6	12,0	1,3 ^{nsz}
Hiba	7608,9	604,0	

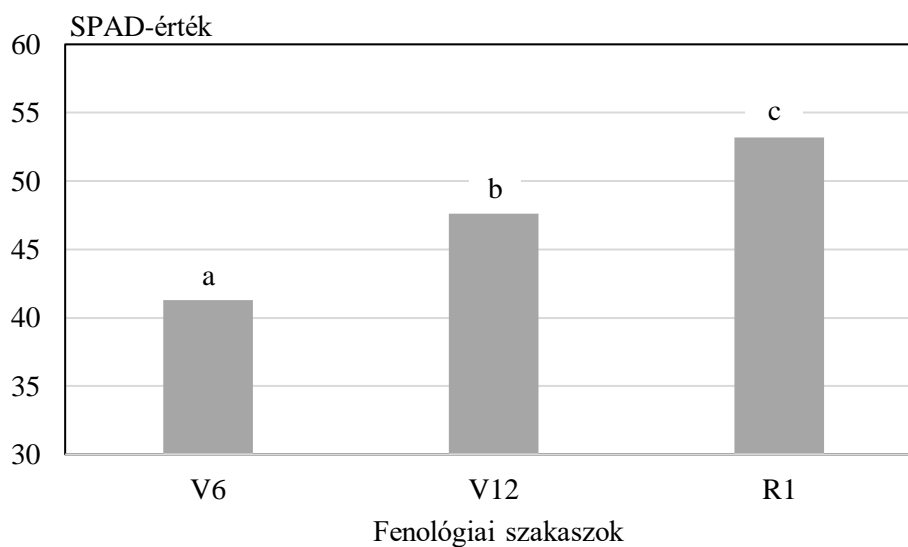
***p<0,001, nsz= nem szignifikáns

3. melléklet: A műtrágyázás hatása a kukoricahibridek SPAD értékére a kezelések átlagában, nem öntözött változat, (Debrecen, 2018-2020)



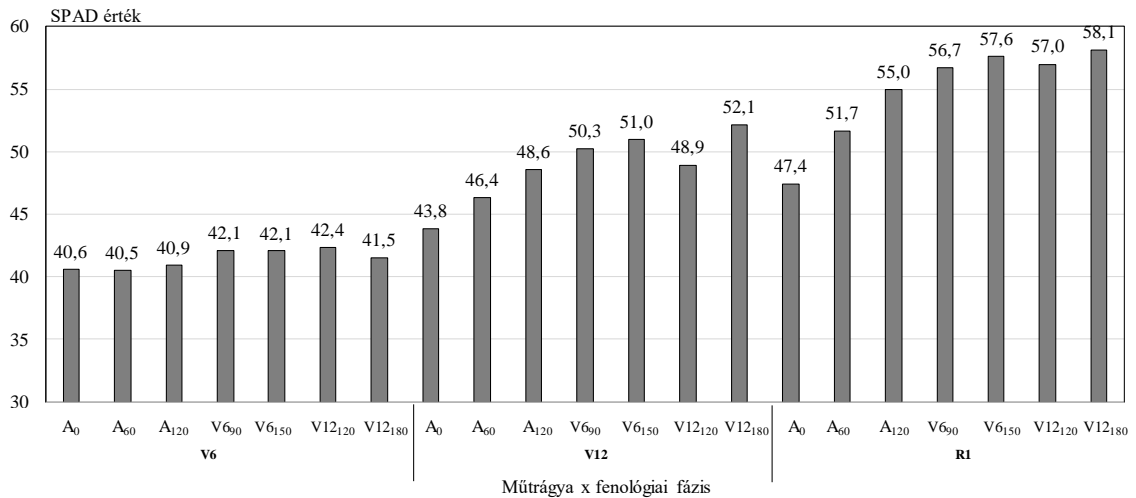
Megjegyzés: A különböző betűvel jelzett SPAD értékek szignifikánsan különböznek egymástól a Duncan tesztalapján, $p < 0,05$ valószínűségi szinten.

4. melléklet: A fenológiai fázisok hatása a kukorica SPAD értékére a kezelések átlagában, nem öntözött változat, (Debrecen, 2018-2020)

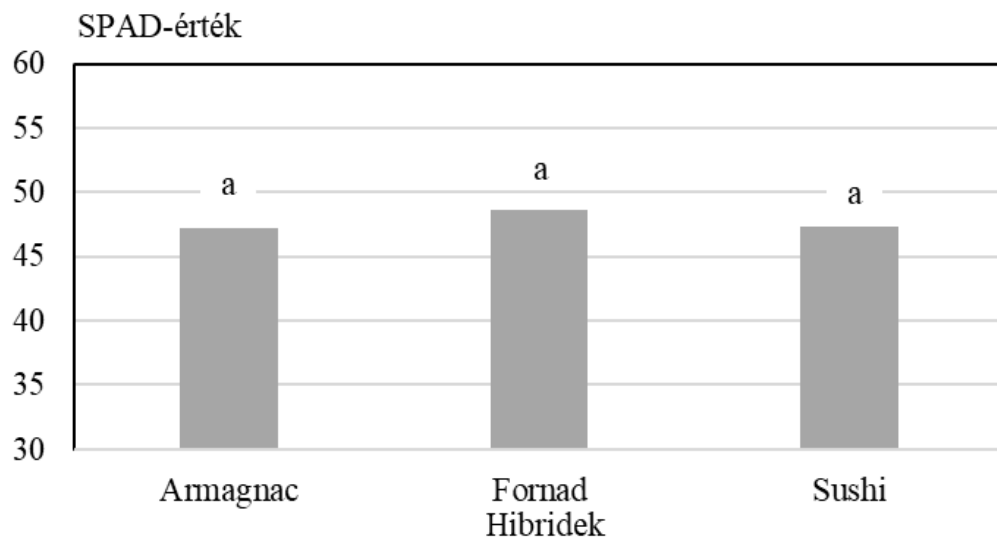


Megjegyzés: A különböző betűvel jelzett SPAD értékek szignifikánsan különböznek egymástól a Duncan tesztalapján, $p < 0,05$ valószínűségi szinten.

5. melléklet: A műtrágyázás és a fenológiai fázisok hatása a kukorica SPAD értékére, nem öntözött változat (Debrecen, 2018-2020)

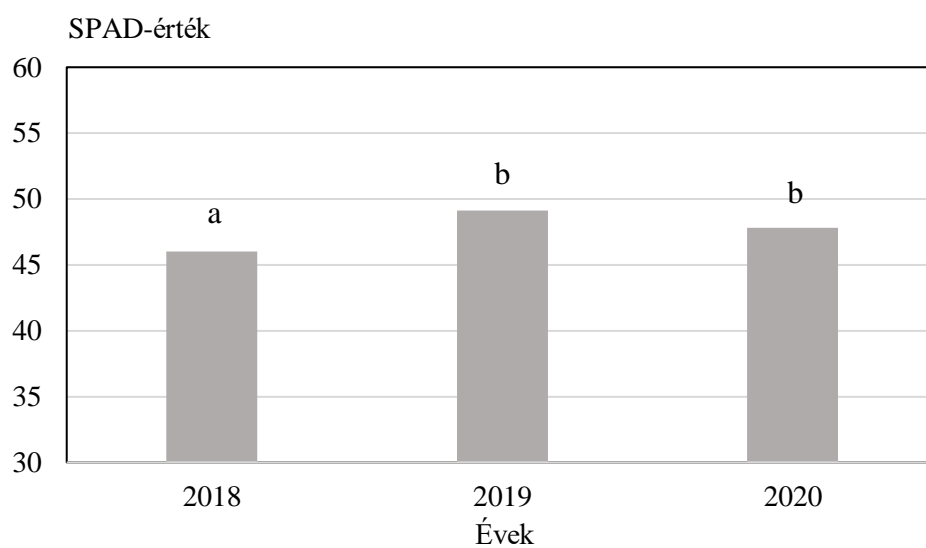


6. melléklet: A kukorica hibridek hatása a SPAD értékére a kezelések átlagában, nem öntözött változat (Debrecen, 2018-2020)



Megjegyzés: A különböző betűvel jelzett SPAD értékek szignifikánsan különböznek egymástól a Duncan teszt alapján, $p < 0,05$ valószínűségi szinten.

7. melléklet: Az évjárat hatása a kukorica hibridek SPAD értékére a kezelések átlagában, nem öntözött változat (Debrecen, 2018-2020)



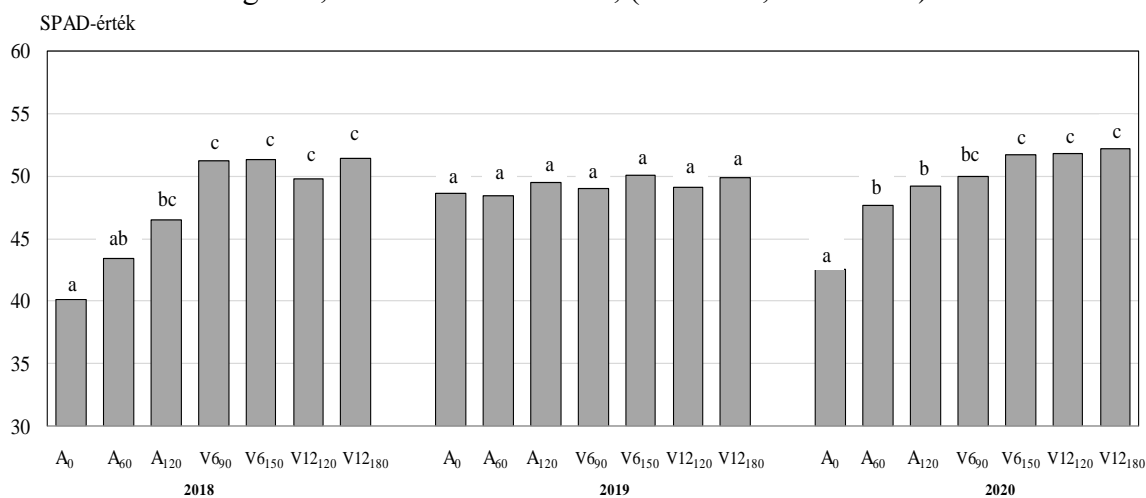
Megjegyzés: A különböző betűvel jelzett SPAD értékek szignifikánsan különböznek egymástól a Duncan teszt alapján, $p < 0,05$ valószínűségi szinten.

8. melléklet: A kukorica hibridek SPAD értékének évenkénti összevont varianciaanalízis eredménye, nem öntözött változat (Debrecen 2018-2020)

Tényezők	2018			2019			2020		
	SS	DF	F	SS	DF	F	SS	DF	F
Ismétlés	213,2	1,0	4,02 ^{nsz}	100,3	1,0	3,9 ^{nsz}	42,4	1,0	0,6 ^{nsz}
Hiba	48,1	0,9		42,4	1,6		574,0	7,8	
NPK	3756,4	6,0	175,9***	54,6	6,0	1,6 ^{nsz}	5897,8	6,0	15,4***
Hiba	21,4	6,0		34,8	6,0		392,2	6,0	
Hibrid	16,6	2,0	2,3 ^{nsz}	9,3	2,0	0,32 ^{nsz}	450,1	2,0	107,3***
Hiba	76,6	20,8		36,5	2,5		17,2	8,2	
Fenofázis	5494,6	2,0	33,8**	4938,2	2,0	93,8***	7214,3	6,0	44,8***
Hiba	173,6	2,1		59,3	2,3		174,5	6,5	
NPK * Hibrid	359,0	12,0	1,6 ^{nsz}	94,1	12,0	0,7 ^{nsz}	178,1	12,0	1,9**
Hiba	2068,7	112,0		1206,5	112,0		2185,9	288,0	
NPK * Fenofázis	1360,8	12,0	6,1***	114,3	12,0	0,9 ^{nsz}	1211,5	36,0	4,4***
Hiba	2068,7	112,0		1206,5	112,0		2185,9	288,0	
NPK * Ismétlés	21,4	6,0	0,2 ^{nsz}	34,8	6,0	0,5 ^{nsz}	392,2	6,0	8,6***
Hiba	2068,7	112,0		1206,5	112,0		2185,9	288,0	
Hibrid * Fenofázis	115,7	4,0	1,6 ^{nsz}	37,1	4,0	0,9 ^{nsz}	143,1	12,0	1,6 ^{nsz}
Hiba	2068,7	112,0		1206,5	112,0		2185,9	288,0	
Hibrid * Ismétlés	2,5	2,0	0,1 ^{nsz}	30,6	2,0	1,4 ^{nsz}	2,4	2,0	0,2 ^{nsz}
Hiba	2068,7	112,0		1206,5	112,0		2185,9	288,0	
Fenofázis * Ismétlés	183,3	2,0	4,9***	57,7	2,0	2,7 ^{nsz}	179,7	6,0	3,9***
Hiba	2068,7	112,0		1206,5	112,0		2185,9	288,0	

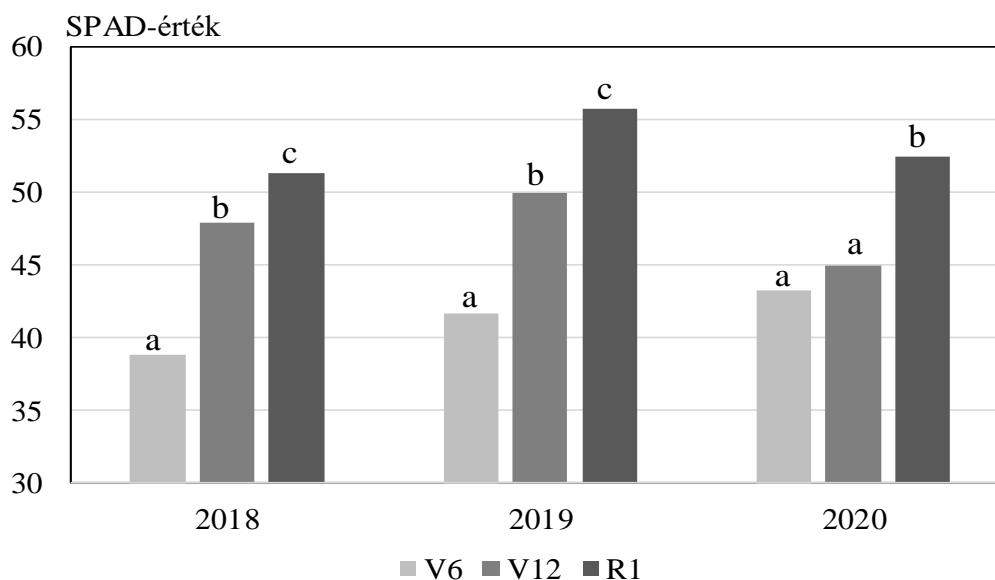
***p<0,001, **p<0,01, nsz= nem szignifikáns

9. melléklet: Az évjárat és az N-műtrágyázás hatása a kukorica SPAD értékére a hibridek átlagában, nem öntözött változat, (Debrecen, 2018-2020)



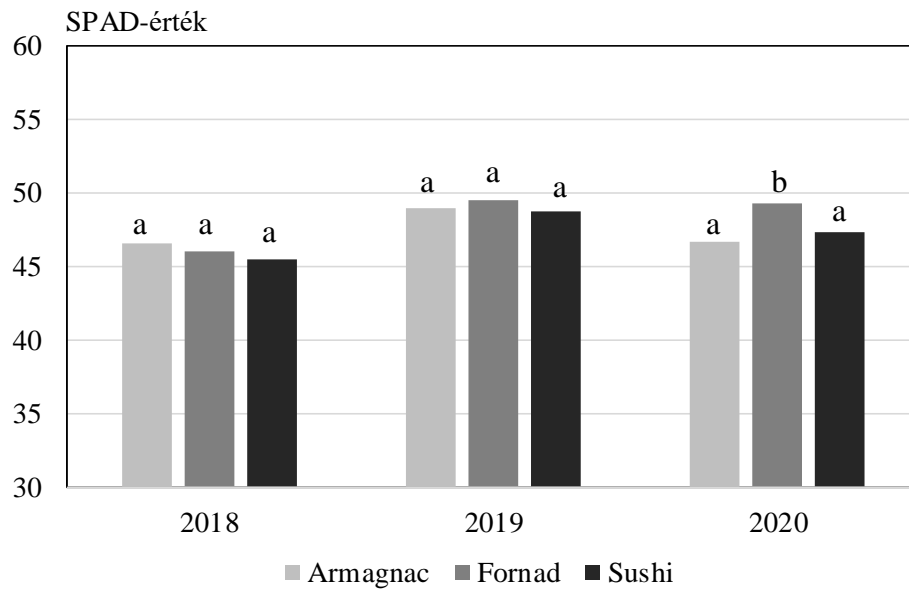
Megjegyzés: A különböző betűvel jelzett SPAD értékek szignifikánsan különböznek egymástól a Duncan tesztalapján, $p < 0,05$ valószínűségi szinten.

10. melléklet: Az évjárat és a fenofázis hatása a kukorica SPAD értékére a N-műtrágyázás átlagában, nem öntözött változat, (Debrecen, 2018-2020)



Megjegyzés: A különböző betűvel jelzett SPAD értékek szignifikánsan különböznek egymástól a Duncan tesztalapján, $p < 0,05$ valószínűségi szinten.

11. melléklet: Az évjárat és a hibridek hatása a kukorica SPAD értékére a N-műtrágyázás átlagában, nem öntözött változat (Debrecen, 2018-2020)



Megjegyzés: A különböző betűvel jelzett SPAD értékek szignifikánsan különböznek egymástól a Duncan tesztalapján, $p < 0,05$ valószínűségi szinten.

12. melléklet: Az alap- és fejtrágyázás és a fenológiai szakaszok hatása a különböző kukorica hibridek SPAD értékére, különböző évjáratokban, nem öntözött változat (Debrecen, 2018-2020)

Műtrágya- kezelés	Évek								
	2018			2019			2020		
	fenológiai fázisok								
	Armagnac hibrid								
	V6	V12	R1	V6	V12	R1	V6	V12	R1
A ₀	38,9ab	40,6a	44,3a	42,4a	49,1a	52,6a	43,1ab	40,1a	45,2a
A ₆₀	30,5a	47,3ab	44,6a	42,3a	48,0a	55,8ab	44,8bc	42,9ab	49,9ab
A ₁₂₀	43,1b	49,0ab	48,8ab	40,3a	51,0a	59,0b	41,3a	44,4bc	54,2bc
V ₆₉₀	44,7b	55,8b	60,7bc	41,5a	47,4a	54,2ab	43,4abc	47,1cd	53,9bc
V ₆₁₅₀	42,6b	53,2ab	62,2c	43,2a	52,0a	58,9b	44,4abc	45,3bcd	53,4bc
V ₁₂₁₂₀	42,5b	49,5ab	58,3bc	41,2a	50,0a	58,0ab	44,0abc	45,5bcd	55,3bc
V ₁₂₁₈₀	36,1ab	58,4b	58,8bc	43,8a	51,6a	52,5a	46,3c	48,6d	57,4c
Átlag	39,8	50,5	54,0	42,1	49,9	55,9	43,9	44,8	52,8
	Fornad hibrid								
A ₀	35,0a	42,7a	41,2a	41,1a	49,5a	57,7a	42,4a	41,6a	48,2a
A ₆₀	34,7a	46,1a	51,4bc	44,1a	49,7a	53,3a	43,7ab	46,9b	55,8ab
A ₁₂₀	36,8a	45,7a	48,6ab	43,8a	50,3a	56,3a	41,1a	46,6b	59,0b
V ₆₉₀	42,7a	48,2ab	62,8d	41,8a	52,0a	58,8a	45,1ab	48,9b	56,7ab
V ₆₁₅₀	37,3a	53,1abc	62,1d	41,5a	54,1a	54,4a	45,6ab	47,8b	57,8b
V ₁₂₁₂₀	40,5a	57,1bc	59,6cd	41,9a	44,2a	57,2a	44,2ab	51,1b	58,7b
V ₁₂₁₈₀	37,5a	59,0c	61,0d	41,3a	50,4a	57,6a	47,7b	50,3b	61,3b
Átlag	37,8	50,3	55,2	42,2	50,0	56,5	44,3	47,6	56,8
	Sushi hibrid								
A ₀	39,0a	39,2a	40,4a	42,6a	49,9a	52,8a	41,0a	41,7a	44,7a
A ₆₀	41,6a	45,7abc	49,3b	40,4a	48,2a	54,4a	42,8a	42,4a	50,4a
A ₁₂₀	40,3a	53,1cd	53,5bc	38,6a	49,3a	57,4a	42,9a	47,9a	57,9a
V ₆₉₀	36,9a	54,9d	54,2bc	39,1a	50,8a	55,4a	43,8a	47,3a	53,8a
V ₆₁₅₀	38,6a	55,3d	57,2bc	41,3a	50,8a	54,8a	43,9a	47,1a	57,5a
V ₁₂₁₂₀	41,2a	44,1ab	55,1bc	41,6a	52,1a	56,1a	44,1a	47,0a	54,8a
V ₁₂₁₈₀	41,3a	50,9bcd	60,3c	39,1a	52,5a	60,5a	40,8a	47,5a	53,6a
Átlag	39,8	49,0	52,9	40,4	50,5	55,9	42,8	45,8	53,2

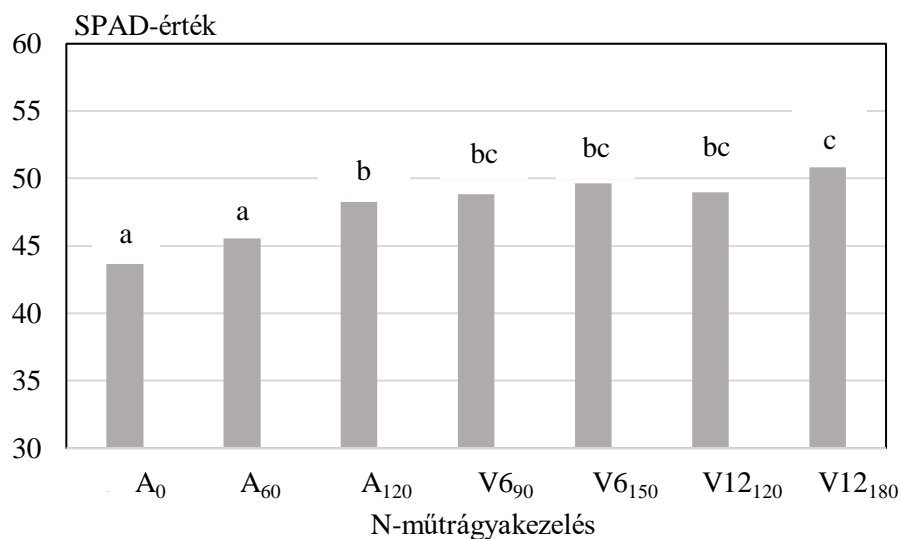
Megjegyzés: Az oszlopokon belül különböző betűvel jelzett SPAD értékek szignifikánsan különböznek egymástól a Duncan tesztalapján, $p < 0,05$ valószínűségi szinten.

13. melléklet: A kukorica hibridek SPAD értékének összevont varianciaanalízis eredménye a kezelések (műtrágyázás, hibridek, fenofázisok és évek) átlagában, öntözött változatban Debrecen (2018-2020)

Tényezők	SS	Df	F
Ismétlés	104,1	1,0	9,07**
Hiba	6933,7	604,0	
Év	1386,9	2,0	60,4***
Hiba	6933,7	604,0	
NPK	5130,8	6,0	74,5***
Hiba	6933,7	604,0	
Fenofázis	16936,8	6,0	245,9***
Hiba	6933,7	604,0	
Hibrid	243,1	2,0	10,6***
Hiba	6933,7	604,0	
Év * NPK	650,5	12,0	4,7***
Hiba	6933,7	604,0	
Év * Fenofázis	1736,3	4,0	37,8***
Hiba	6933,7	604,0	
Év * Hibrid	23,1	4,0	0,5 ^{nsz}
Hiba	6933,7	604,0	
NPK * Fenofázis	2855,5	36,0	6,9***
Hiba	6933,7	604,0	
NPK * Hibrid	157,2	12,0	1,141364 ^{nsz}
Hiba	6933,7	604,0	
Fenofázis * Hibrid	223,1	12,0	1,6 ^{nsz}
Hiba	6933,7	604,0	

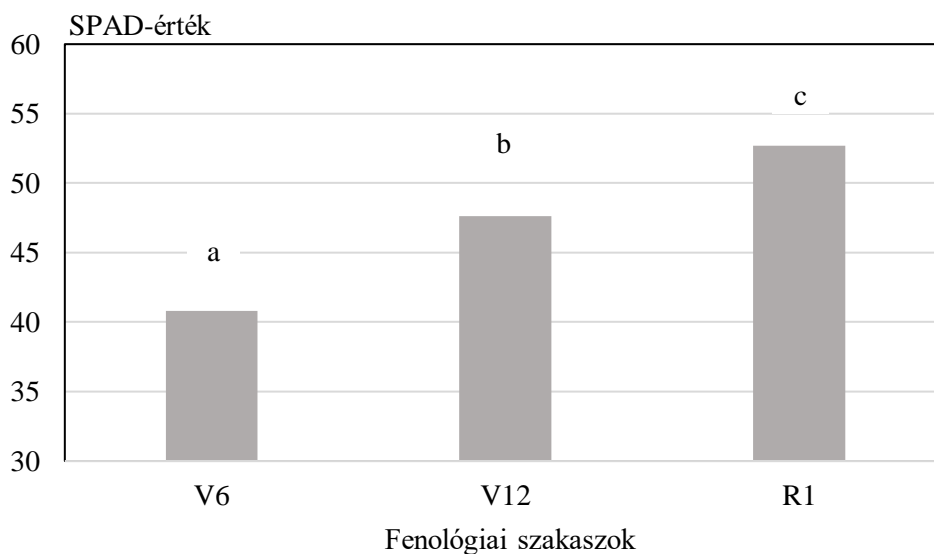
***p<0,001, **p<0,01, nsz= nem szignifikáns

14. melléklet: A műtrágyázás hatása a kukoricahibridek SPAD értékére a kezelések átlagában, öntözött változat, (Debrecen, 2018-2020)



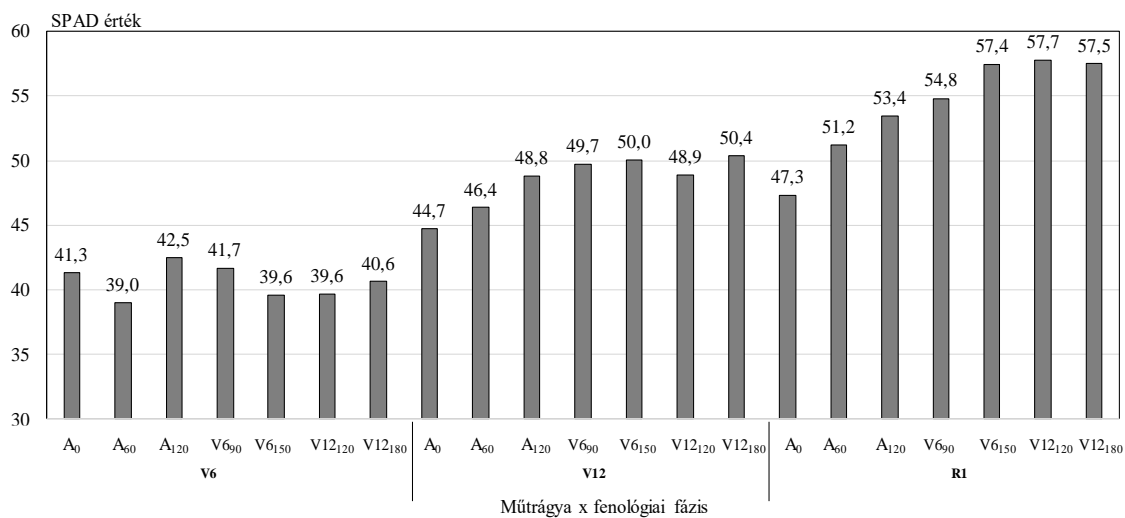
Megjegyzés: A különböző betűvel jelzett SPAD értékek szignifikánsan különböznek egymástól a Duncan tesztalapján, $p < 0,05$ valószínűségi szinten.

15. melléklet: A fenológiai fázisok hatása a kukorica SPAD értékére a kezelések átlagában, öntözött változat (Debrecen, 2018-2020)

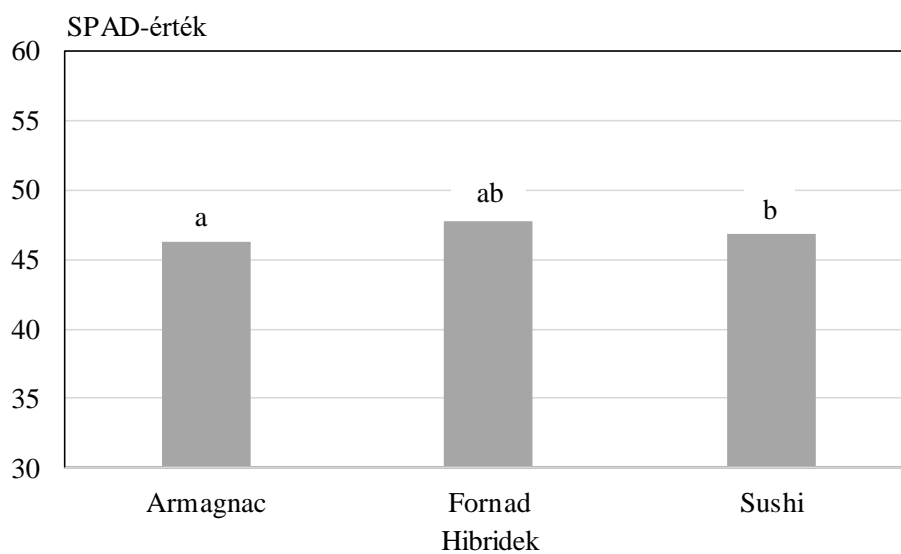


Megjegyzés: A különböző betűvel jelzett SPAD értékek szignifikánsan különböznek egymástól a Duncan tesztalapján, $p < 0,05$ valószínűségi szinten.

16. melléklet: A műtrágyázás és a fenológiai fázisok hatása a kukorica SPAD értékére öntözött kezelésben (Debrecen, 2018-2020)

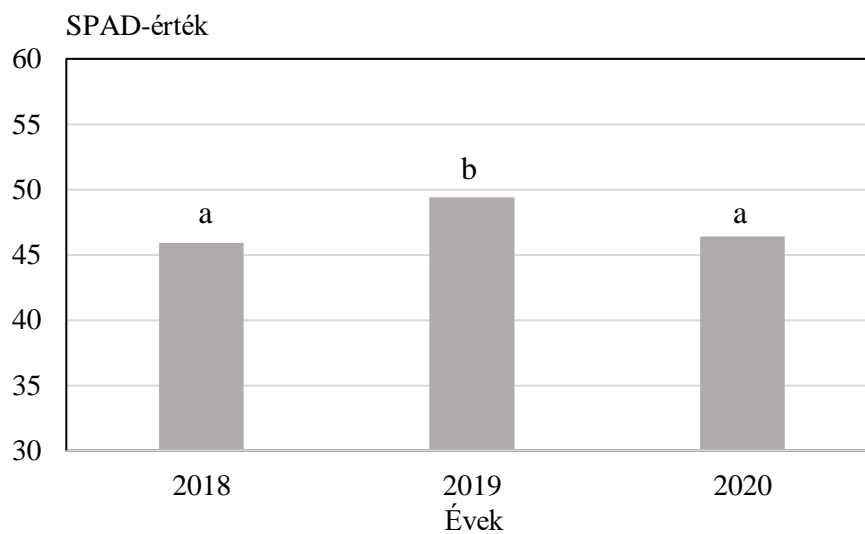


17. melléklet: A kukoricahibridek hatása a SPAD értékére a kezelések átlagában, öntözött változat (Debrecen, 2018-2020)



Megjegyzés: A különböző betűvel jelzett SPAD értékek szignifikánsan különböznek egymástól a Duncan tesztalapján, $p < 0,05$ valószínűségi szinten.

18. melléklet: Az évjárat hatása a kukorica hibridek SPAD értékére a kezelések átlagában, öntözött változat (Debrecen, 2018-2020)



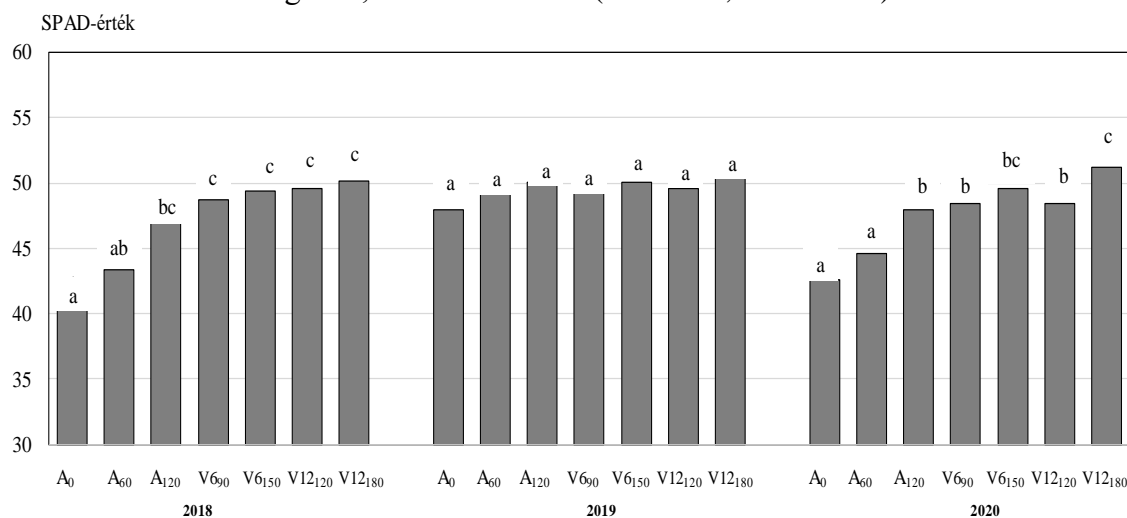
Megjegyzés: A különböző betűvel jelzett SPAD értékek szignifikánsan különböznek egymástól a Duncan tesztalapján, $p < 0,05$ valószínűségi szinten.

19. melléklet: A kukorica hibridek SPAD értékének évenkénti összevont varianciaanalízis eredménye, öntözött változat (Debrecen 2018-2020)

Tényezők	2018			2019			2020		
	SS	DF	F	SS	DF	F	SS	DF	F
Ismétlés	47,2	1,0	2,7 ^{nsz}	3,3	1,0	0,5 ^{nsz}	733876,7	1,0	7244,4 ^{***}
Hiba	25,3	1,4		2,0	0,3		101,3	1,0	
NPK	1964,1	6,0	9,8 ^{***}	165,5	6,0	7,3 ^{**}	3781,8	6,0	18,4 ^{***}
Hiba	200,7	6,0		22,6	6,0		206,0	6,0	
Hibrid	119,6	2,0	8,5 ^{**}	65,5	2,0	1,9 ^{nsz}	171,1	2,0	3,1 ^{nsz}
Hiba	31,3	4,5		37,9	2,3		61,3	2,2	
Fenofázis	6527,5	2,0	272,9 ^{***}	5272,1	2,0	1475,8 ^{***}	8186,1	6,0	124,9 ^{***}
Hiba	36,8	3,1		25,6	14,3		83,1	7,6	
NPK * Hibrid	159,4	12,0	0,8 ^{nsz}	3,3	1,0	0,5 ^{nsz}	101,3	1,0	1,9 ^{nsz}
Hiba	1858,0	112,0		2,0	0,3		283,2	5,3	
NPK * Fenofázis	1692,8	12,0	8,5 ^{***}	85,1	12,0	0,9 ^{nsz}	134,5	12,0	1,3 ^{nsz}
Hiba	1858,0	112,0		906,7	112,0		2516,7	288,0	
NPK * Ismétlés	200,7	6,0	2,0 ^{nsz}	384,1	12,0	3,9 ^{***}	1471,2	36,0	4,7 ^{***}
Hiba	1858,0	112,0		906,7	112,0		2516,7	288,0	
Hibrid * Fenofázis	57,1	4,0	0,9 ^{nsz}	22,6	6,0	0,5 ^{nsz}	206,0	6,0	3,9 ^{***}
Hiba	1858,0	112,0		906,7	112,0		2516,7	288,0	
Hibrid * Ismétlés	10,9	2,0	0,3 ^{nsz}	34,7	4,0	1,1 ^{nsz}	190,8	12,0	1,8 [*]
Hiba	1858,0	112,0		906,7	112,0		2516,7	288,0	
Fenofázis *	22,4	2,0	0,7 ^{nsz}	35,5	2,0	2,2 ^{nsz}	62,4	2,0	3,6 ^{**}
Ismétlés									
Hiba	1858,0	112,0		906,7	112,0		2516,7	288,0	

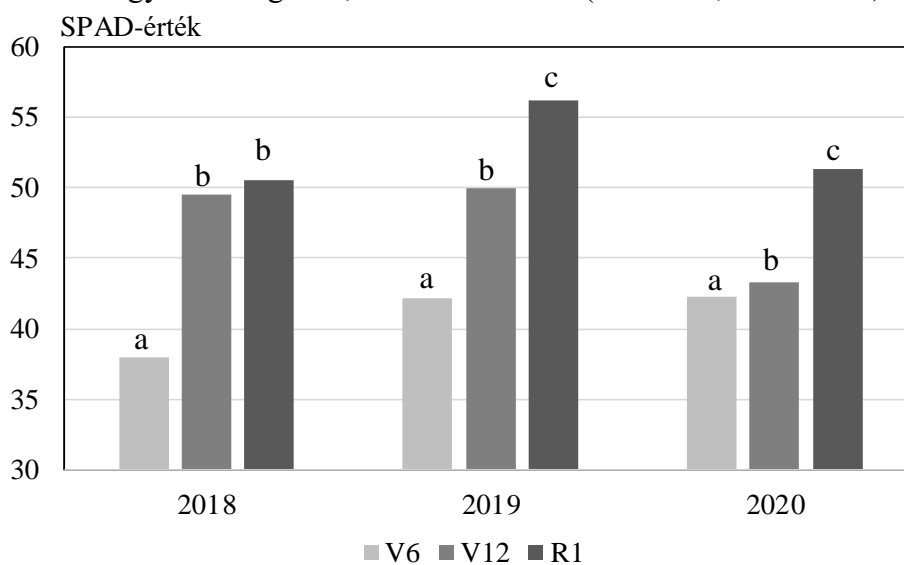
***p<0,001, **p<0,01, nsz= nem szignifikáns

20. melléklet: Az évjárat és az N-műtrágyázás hatása a kukorica SPAD értékére a hibridek átlagában, öntözött változat (Debrecen, 2018-2020)



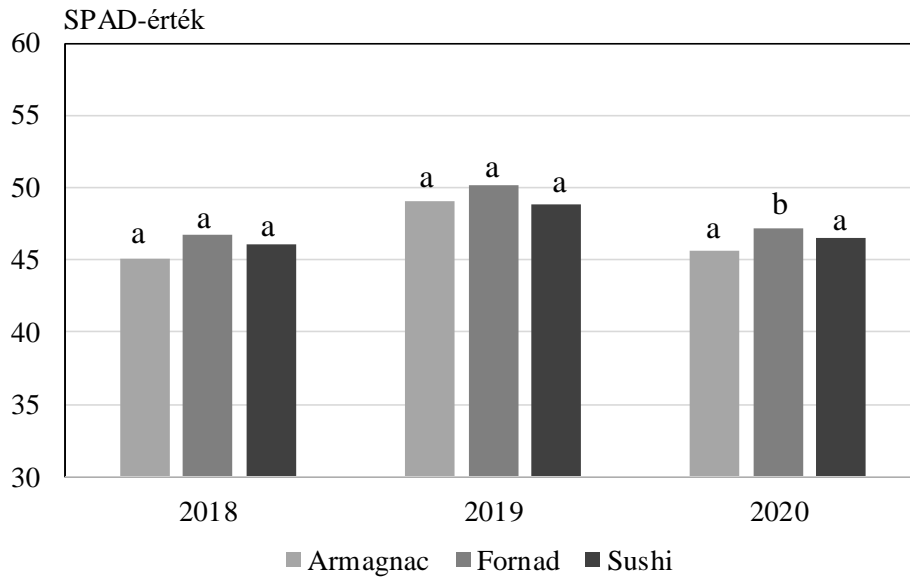
Megjegyzés: A különböző betűvel jelzett SPAD értékek szignifikánsan különböznek egymástól a Duncan teszt alapján, $p < 0,05$ valószínűségi szinten.

21. melléklet: Az évjárat és a fenofázis hatása a kukorica SPAD értékére a N-műtrágyázás átlagában, öntözött változat (Debrecen, 2018-2020)



Megjegyzés: A különböző betűvel jelzett SPAD értékek szignifikánsan különböznek egymástól a Duncan teszt alapján, $p < 0,05$ valószínűségi szinten.

22. melléklet: Az évjárat és a hibridek hatása a kukorica SPAD értékére a N-műtrágyázás átlagában, öntözött változat (Debrecen, 2018-2020)



Megjegyzés: A különböző betűvel jelzett SPAD értékek szignifikánsan különböznek egymástól a Duncan tesztalapján, $p < 0,05$ valószínűségi szinten.

23. melléklet: Az alap- és fejtrágyázás és a fenológiai szakaszok hatása a különböző kukorica hibridek SPAD értékére, különböző évjáratokban, öntözött változat (Debrecen, 2018-2020)

Műtrágya- kezelés	Évek								
	2018			2019			2020		
	fenológiai fázisok								
	Armagnac hibrid								
	V6	V12	R1	V6	V12	R1	V6	V12	R1
A ₀	41,7c	43,1a	41,2a	41,5ab	48,9a	51,9a	42,1ab	40,9a	46,9a
A ₆₀	28,4a	49,0a	48,1ab	43,3ab	48,8a	58,7a	39,3a	40,4a	49,6ab
A ₁₂₀	37,7bc	46,9a	49,4ab	46,2b	49,6a	54,7a	44,3b	45,4a	53,8ab
V ₆₉₀	39,8c	48,0a	54,9bc	44,2ab	50,2a	55,0a	44,2b	45,0a	52,7ab
V ₆₁₅₀	31,5ab	53,5a	55,2bc	43,0ab	50,8a	57,4a	41,5ab	39,6a	55,5b
V ₁₂₁₂₀	37,8bc	49,0a	60,6c	37,5a	51,8a	56,9a	39,4a	43,1a	54,0ab
V ₁₂₁₈₀	42,9c	53,9a	54,0bc	40,9ab	50,8a	58,9a	41,2ab	44,4a	53,9ab
Átlag	37,1	49,1	51,9	42,4	50,1	56,2	41,7	42,7	52,3
	Fornad hibrid								
A ₀	36,9ab	42,8a	43,8a	42,4ab	48,5a	54,0a	42,9bc	40,8a	47,3a
A ₆₀	38,8ab	46,9a	46,1ab	45,3b	51,3ab	57,3ab	38,7a	40,4a	47,1a
A ₁₂₀	40,8b	54,4b	54,4bc	46,5b	49,9ab	60,6b	44,9ab	46,8ab	54,8b
V ₆₉₀	34,8a	59,1b	56,6c	44,0ab	53,3a	55,9ab	45,5ab	45,8ab	52,1ab
V ₆₁₅₀	37,5ab	55,5b	60,9c	41,2ab	51,5ab	61,0b	45,3ab	46,6ab	54,2ab
V ₁₂₁₂₀	40,0b	55,6b	56,0c	38,2a	49,6ab	61,7b	40,4ab	44,2ab	58,6b
V ₁₂₁₈₀	38,3ab	57,2b	58,0c	43,1ab	49,8ab	60,1b	43,9b	48,4b	56,5b
Átlag	38,2	53,1	53,7	43,0	50,6	58,7	37,4	44,7	52,9
	Sushi hibrid								
A ₀	39,6a	45,7a	41,8a	42,0a	50,4a	52,4a	42,6ab	41,7a	46,5a
A ₆₀	35,3a	49,3ab	48,6b	41,8a	47,7a	56,1a	40,2a	43,6ab	49,1ab
A ₁₂₀	39,1a	52,1ab	49,1b	42,0a	46,6a	54,9ab	40,6ab	47,8b	49,2ab
V ₆₉₀	38,6a	49,8ab	56,5c	39,4a	50,9a	57,9ab	44,6b	45,1ab	51,7abc
V ₆₁₅₀	35,4a	55,3b	60,1c	40,2a	51,6a	53,8ab	41,1ab	45,8ab	59,0c
V ₁₂₁₂₀	37,5a	52,3ab	57,5c	42,3a	50,0a	58,6ab	43,7ab	44,3ab	55,9bc
V ₁₂₁₈₀	36,1a	53,9ab	57,5c	38,6a	51,8a	62,1b	40,9ab	43,2ab	56,5bc
Átlag	37,4	51,2	53,0	40,9	49,9	56,5	42,0	44,5	52,6

Megjegyzés: A különböző betűvel jelzett SPAD értékek szignifikánsan különböznek egymástól a Duncan tesztalapján, $p < 0,05$ valószínűségi szinten.

24. melléklet: A kukorica hibridek SPAD értékének évenkénti összevont varianciaanalízis eredménye (Debrecen, 2018-2020)

Tényezők	2018			2019			2020		
	SS	DF	F	SS	DF	F	SS	DF	F
Ismétlés	29,9	1,0	0,1 ^{nsz}	70,0	1,0	1,6 ^{nsz}	1522704,0	1,0	240974,3 ^{***}
Hiba	325,4	1,5		45,0	1,0		6,3	1,0	
NPK	5535,6	6,0	53,7 ^{***}	174,0	6,0	11,4 ^{***}	9388,4	6,0	120,1 ^{***}
Hiba	103,1	6,0		15,3	6,0		78,2	6,0	
Öntözés	19,4	1,0	0,1 ^{nsz}	20,2	1,0	0,5 ^{nsz}	504,9	1,0	2,4 ^{nsz}
Hiba	182,9	1,0		44,7	1,1		209,2	1,0	
Hibrid	51,3	2,0	5,2 ^{**}	61,1	2,0	2,9 ^{nsz}	572,2	2,0	17,9 ^{**}
Hiba	37,4	7,6		27,7	2,6		38,2	2,4	
Fenofázis	11921,7	2,0	81,9 ^{***}	10198,4	2,0	336,9 ^{***}	15289,8	6,0	280,3 ^{***}
Hiba	155,7	2,1		36,2	2,4		75,3	8,3	
NPK * Öntözés	184,9	6,0	1,8 ^{nsz}	70,0	1,0	1,6 ^{nsz}	6,3	1,0	0,0 ^{nsz}
Hiba	4493,5	262,0		45,0	1,0		236,3	1,1	
NPK* Hibrid	264,4	12,0	1,3 ^{nsz}	46,1	6,0	0,8 ^{nsz}	291,2	6,0	5,0 ^{***}
Hiba	4493,5	262,0		2423,2	262,0		6281,1	650,0	
NPK* Fenofázis	2961,9	12,0	14,4 ^{***}	135,8	12,0	1,2 ^{nsz}	146,7	12,0	1,3 ^{nsz}
Hiba	4493,5	262,0		2423,2	262,0		6281,1	650,0	
NPK* Ismétlés	103,1	6,0	1,0 ^{nsz}	347,7	12,0	3,1 ^{***}	2129,5	36,0	6,1 ^{***}
Hiba	4493,5	262,0		2423,2	262,0		6281,1	650,0	
Öntözés* Hibrid	79,0	2,0	2,3 ^{nsz}	15,3	6,0	0,3 ^{nsz}	78,2	6,0	1,3 ^{nsz}
Hiba	4493,5	262,0		2423,2	262,0		6281,1	650,0	
Öntözés* Fenofázis	102,9	2,0	3,0 ^{nsz}	5,7	2,0	0,3 ^{nsz}	58,3	2,0	3,0 [*]
Hiba	4493,5	262,0		2423,2	262,0		6281,1	650,0	
Öntözés* Ismétlés	204,2	1,0	11,9 ^{***}	3,7	2,0	0,2 ^{nsz}	66,0	6,0	1,1 ^{nsz}
Hiba	4493,5	262,0		2423,2	262,0		6281,1	650,0	

***p<0,001, **p<0,01, nsz= nem szignifikáns

25. melléklet: A kukorica hibridek termésének összevont varianciaanalízis eredménye a kezelések (évjárat, műtrágyázás, öntözés, és hibridek) átlagában Debrecen (2018-2020)

Tényezők	SS	DF	F
Ismétlés	28,0	1,0	26,1***
Hiba	1453,7	1353,0	
Év	332,6	2,0	154,8***
Hiba	1453,7	1353,0	
Öntözés	43,0	1,0	40,0***
Hiba	1453,7	1353,0	
NPK	8631,4	6,0	1338,9***
Hiba	1453,7	1353,0	
Hibrid	110,1	2,0	51,2***
Hiba	1453,7	1353,0	
Év * Öntözés	25,9	2,0	12,0***
Hiba	1453,7	1353,0	
Év * NPK	416,2	12,0	32,3***
Hiba	1453,7	1353,0	
Év * Hibrid	54,8	4,0	12,8***
Hiba	1453,7	1353,0	
Öntözés * NPK	77,3	6,0	11,9***
Hiba	1453,7	1353,0	
Öntözés * Hibrid	6,0	2,0	2,7 ^{nsz}
Hiba	1453,7	1353,0	
NPK * Hibrid	127,8	1,0	9,9***
Hiba	1453,7	1353,0	

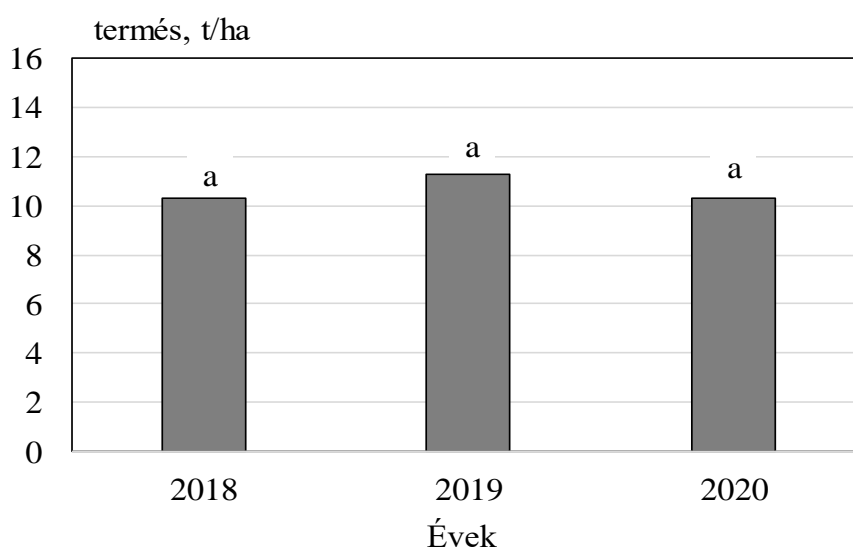
***p<0,001, nsz= nem szignifikáns

26. melléklet: A kukorica hibridek termésének összevont varianciaanalízis eredménye, a kezelések (műtrágyázás, hibridek és évek) átlagában, nem öntözött változat Debrecen (2018-2020)

Tényezők	SS	DF	F
Ismétlés	25,6	1,0	13,5***
Hiba	231,1	122,0	
Év	7,0	2,0	1,8nsz
Hiba	231,1	122,0	
NPK	833,3	6,0	73,3***
Hiba	231,1	122,0	
Hibrid	20,5	2,0	5,4***
Hiba	231,1	122,0	
Év * NPK	98,0	12,0	4,3***
Hiba	231,1	122,0	
Év * Hibrid	9,3	4,0	1,2nsz
Hiba	231,1	122,0	
NPK * Hibrid	25,6	12,0	1,1nsz
Hiba	231,1	122,0	

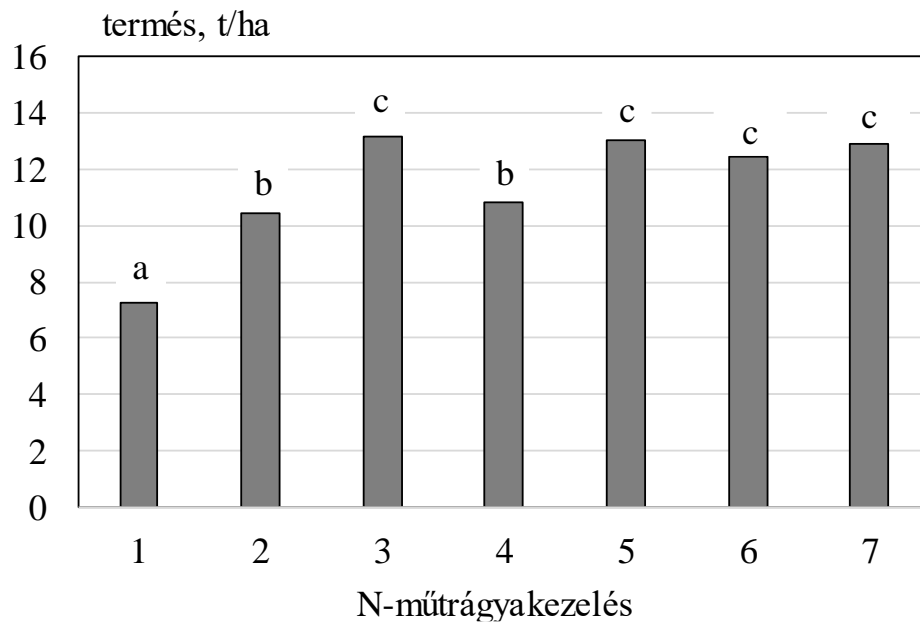
*** $p < 0,001$, nsz= nem szignifikáns

27. melléklet: Az évjárat hatása a kukorica hibridek termésére a kezelések átlagában, nem öntözött változat, (Debrecen, 2018-2020)



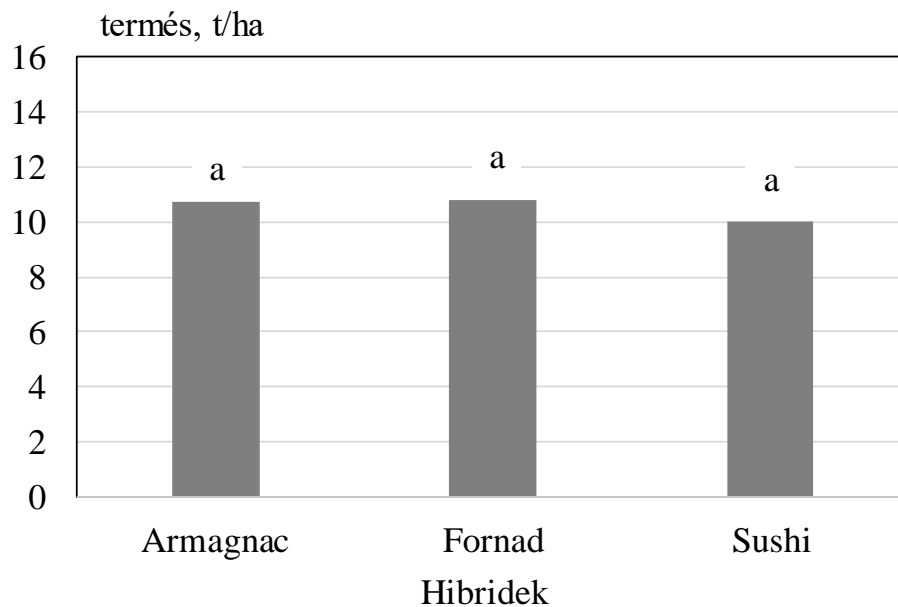
Megjegyzés: Az azonos betűvel jelzett termés értékek szignifikánsan nem különböznek egymástól a Duncan tesztalapján, $p < 0,05$ valószínűségi szinten.

28. melléklet: A műtrágyázás hatása a kukoricahibridek termésére a kezelések átlagában, nem öntözött változat, (Debrecen, 2018-2020)



Megjegyzés: A különböző betűvel jelzett termés értékek szignifikánsan különböznek egymástól a Duncan teszt alapján, $p < 0,05$ valószínűségi szinten.

29. melléklet: A kukoricahibridek termése a kezelések átlagában, nem öntözött változat (Debrecen, 2018-2020)



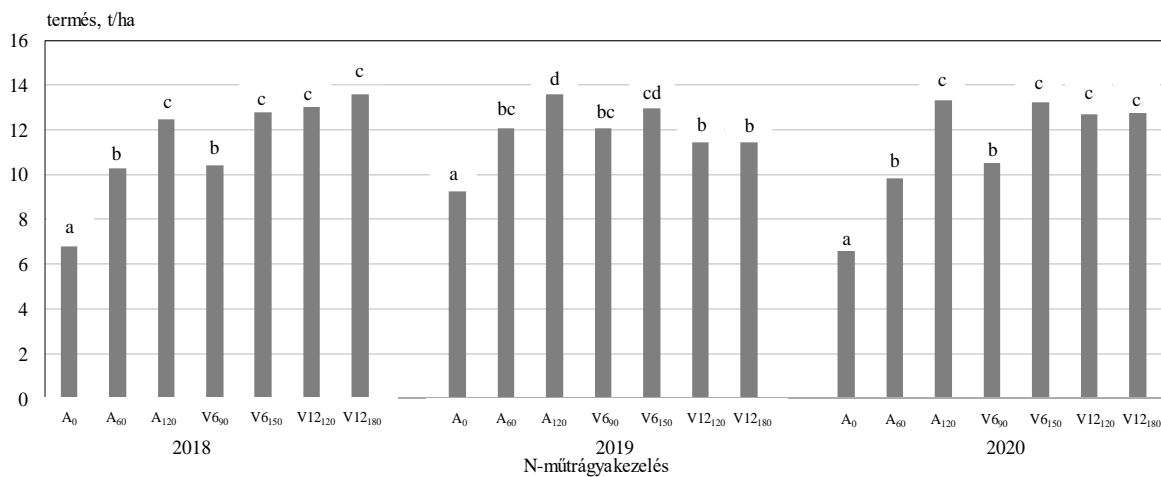
Megjegyzés: Az azonos betűvel jelzett termés értékek szignifikánsan nem különböznek egymástól a Duncan teszt alapján, $p < 0,05$ valószínűségi szinten.

30. melléklet: A kukorica hibridek termésének évenkénti összevont varianciaanalízis eredménye, nem öntözött változat (Debrecen 2018-2020)

Tényező	2018			2019			2020		
	SS	DF	F	SS	DF	F	SS	DF	F
Ismétlés	86,6	1,0	38,5***	21,0	1,0	24,8***	3,8	1,0	4,2*
Hiba	315,3	140,0		118,8	140,0		322,8	356,0	
NPK	1104,6	6,0	81,7***	391,1	6,0	76,8***	3029,1	6,0	556,8***
Hiba	315,3	140,0		118,8	140,0		322,8	356,0	
Hibrid	3,1	2,0	0,7 ^{nsz}	45,5	2,0	26,8***	60,5	2,0	33,4***
Hiba	315,3	140,0		118,8	140,0		322,8	356,0	
NPK * Hibrid	74,3	12,0	2,8 ^{nsz}	32,4	12,0	3,2***	136,0	12,0	12,5***
Hiba	315,3	140,0		118,8	140,0		322,8	356,0	

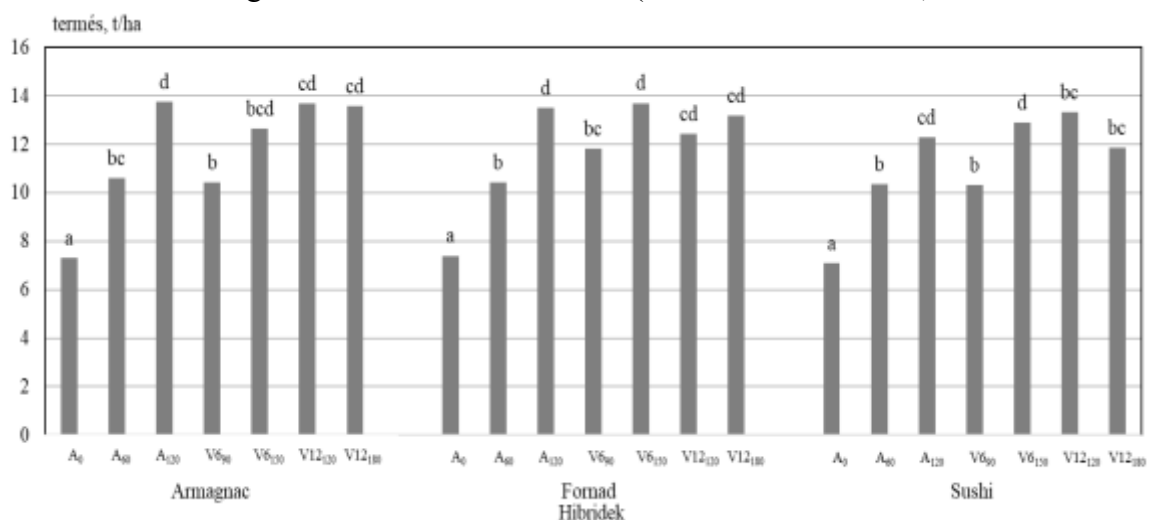
***p<0,001, *p<0,05%, nsz=nem szignifikáns

31. melléklet: Az évjárat és az N-műtrágyázás hatása a kukorica termésére a hibridek átlagában, nem öntözött változat, (Debrecen, 2018-2020)



Megjegyzés: A különböző betűvel jelzett termés értékek szignifikánsan különböznek egymástól a Duncan teszt alapján, $p < 0,05$ valószínűségi szinten

32. melléklet: Az évjárat és a hibridek hatása a kukorica termésére a N-műtrágyázás átlagában, nem öntözött változat, (Debrecen, 2018-2020)



Megjegyzés: Az azonos betűvel jelzett termés értékek szignifikánsan nem különböznek egymástól a Duncan teszt alapján, $p < 0,05$ valószínűségi szinten.

33. melléklet: Az évjárat és a műtrágyázás hatása az eltérő genotípusú hibridek termésére, nem öntözött változat (Debrecen, 2018-2020)

Hibridek	Évek	Termés, t/ha						
		Műtrágyakezelések						
		A ₀	A ₆₀	A ₁₂₀	V ₆₉₀	V ₆₁₅₀	V ₁₂₁₂₀	V ₁₂₁₈₀
Armagnac	2018	6,84a	10,46ab	13,48ab	9,73ab	12,03ab	14,25b	14,83b
	2019	9,70a	12,97b	14,53b	13,01b	12,81b	12,67b	12,04ab
	2020	6,50a	9,63b	13,55c	9,62b	12,82c	13,88c	13,72c
Fornad	2018	7,11a	10,02abc	12,70bcd	9,77ab	13,11d	13,61d	12,94cd
	2019	9,16a	12,12ab	12,71b	11,81ab	14,02b	11,03ab	12,23b
	2020	6,77a	9,85b	14,19c	12,68c	13,82c	12,55c	13,70c
Sushi	2018	6,41a	10,34b	11,30bc	11,71bc	13,17c	11,41bc	12,95c
	2019	8,91a	11,16bc	13,53d	11,33bc	12,06cd	10,57abc	10,11ab
	2020	6,65a	9,99bc	12,17cd	9,31b	13,11d	11,60cd	12,14cd

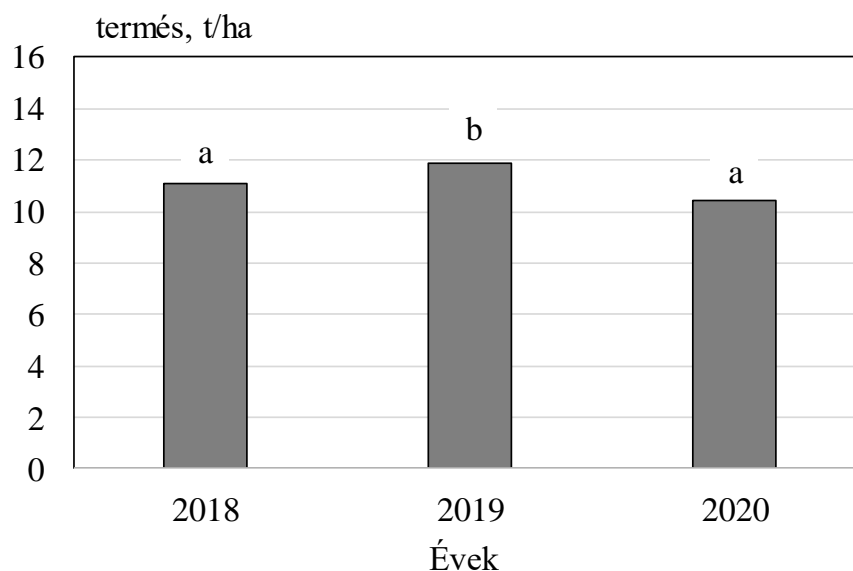
Megjegyzés: Az azonos betűvel jelzett termés értékek szignifikánsan nem különböznek egymástól a Duncan teszt alapján, $p < 0,05$ valószínűségi szinten

34. melléklet: Kukoricahibridek termésének összevont varianciaanalízis eredménye a kezelések (műtrágyázás, hibridek és évek) átlagában, öntözött változat Debrecen (2018-2020)

Tényezők	SS	DF	F
Ismétlés	0,0	1,0	0,1 ^{nsz}
Hiba	92,6	122,0	
Év	32,8	2,0	21,7***
Hiba	92,6	122,0	
NPK	957,1	6,0	210,0***
Hiba	92,6	122,0	
Hibrid	15,1	2,0	9,9***
Hiba	92,6	122,0	
Év * NPK	31,9	12,0	3,5***
Hiba	92,6	122,0	
Év * Hibrid	7,3	4,0	2,4 ^{nsz}
Hiba	92,6	122,0	
NPK * Hibrid	10,3	12,0	1,1 ^{nsz}
Hiba	92,6	122,0	

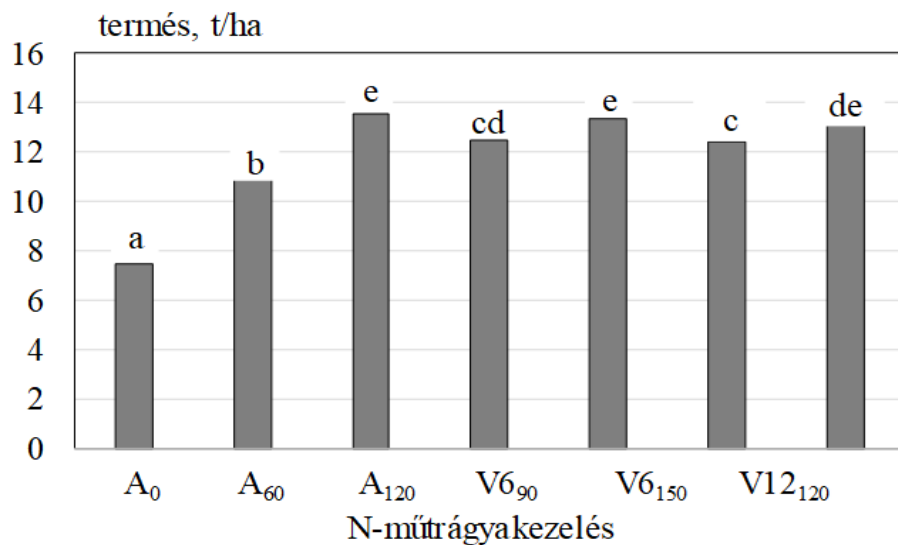
***p<0,001, nsz= nem szignifikáns

35. melléklet: Az évjárat hatása a kukoricahibridek termésére a kezelések átlagában, öntözött változat (Debrecen, 2018-2020)



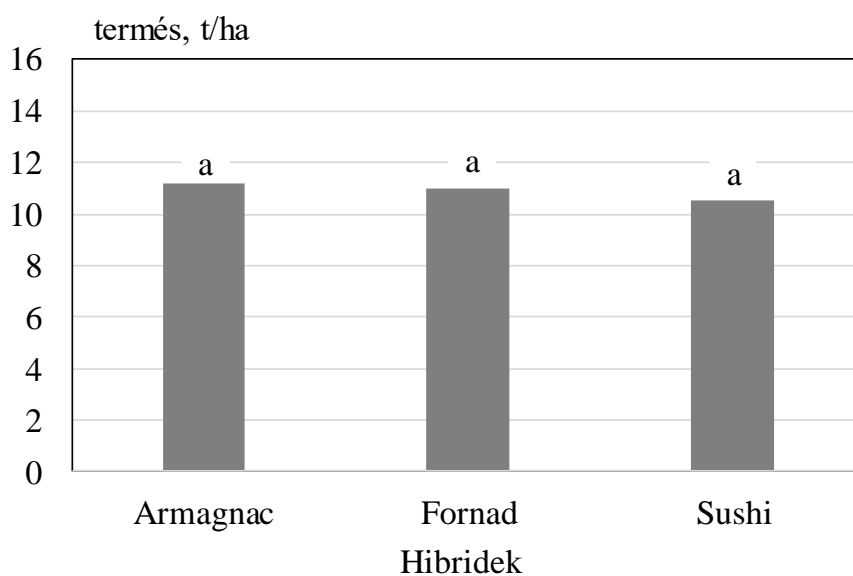
Megjegyzés: A különböző betűvel jelzett termés értékek szignifikánsan különböznek egymástól a Duncan teszt alapján, $p < 0,05$ valószínűségi szinten

36. melléklet: A műtrágyázás hatása a kukoricahibridek termésére a kezelések átlagában, öntözött változatban (Debrecen, 2018-2020)



Megjegyzés: A különböző betűvel jelzett termés értékek szignifikánsan különböznek egymástól a Duncan teszt alapján, $p < 0,05$ valószínűségi szinten.

37. melléklet: A kukoricahibridek termésére a kezelések átlagában, öntözött változatban (Debrecen, 2018-2020)



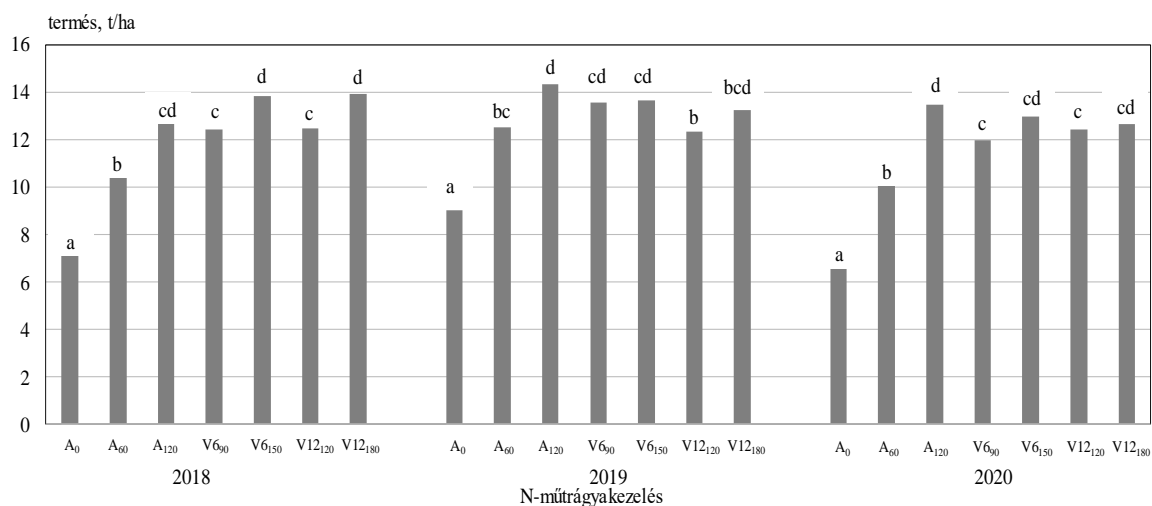
Megjegyzés: Az azonos betűvel jelzett SPAD értékek szignifikánsan nem különböznek egymástól a Duncan teszt alapján, $p < 0,05$ valószínűségi szinten.

38. melléklet: A kukoricahibridek terméseredményének évenkénti összevont varianciaanalízis eredménye, öntözött változat (Debrecen, 2018-2020)

Tényezők	2018			2019			2020		
	SS	DF	F	SS	DF	F	SS	DF	F
Ismétlés	0,1	1,0	0,1 ^{nsz}	0	1,0	0,03 ^{nsz}	0,6	1,0	1,5 ^{nsz}
Hiba	78,1	14,0		101,8	140,0		151	356,0	
NPK	998,1	6,0	298,3***	702,5	6,0	161,1***	2954,7	6,0	1161,2** *
Hiba	78,1	140,0		101,8	140,0		151	356,0	
Hibrid	37,8	2,0	33,9***	10	2,0	6,9***	28,7	2,0	33,9***
Hiba	78,1	140,0		101,8	140,0		151	356,0	
NPK * Hibrid	16,4	12,0	2,5***	23,1	12,0	2,6***	57,5	12,0	11,3***
Hiba	78,1	140,0		101,8	140,0		151	356,0	

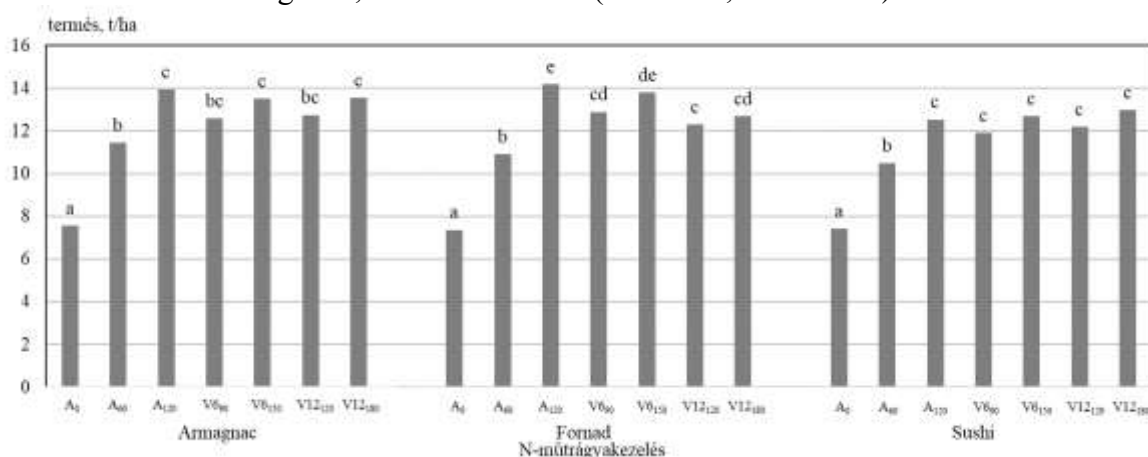
***p<0,001, nsz= nem szignifikáns

39. melléklet: Az évjárat és az N-műtrágyázás hatása a kukorica termésére a hibridek átlagában, öntözött változat, (Debrecen, 2018-2020)



Megjegyzés: A különböző betűvel jelzett termés értékek szignifikánsan különböznek egymástól a Duncan teszt alapján, $p < 0,05$ valószínűségi szinten.

40. melléklet: Az évjárat és a hibridek hatása a kukorica termésére a N-mátrágyázás átlagában, öntözött változat (Debrecen, 2018-2020)



Megjegyzés: Az azonos betűvel jelzett termés értékek szignifikánsan nem különböznek egymástól a Duncan teszt alapján, $p < 0,05$ valószínűségi szinten.

41. melléklet: Az évjárat és a műtrágyázás hatása az eltérő genotípusú hibridek termésére, öntözött változat (Debrecen, 2018-2020)

Hibridek	Évek	Termés, t/ha						
		Műtrágyakezelések						
		A ₀	A ₆₀	A ₁₂₀	V ₆₉₀	V ₆₁₅₀	V ₁₂₁₂₀	V ₁₂₁₈₀
Armagnac	2018	8,28a	12,41b	13,44b	13,23b	14,02b	13,44b	14,63b
	2019	9,28a	13,01b	14,73b	14,10b	13,76b	12,21b	14,11b
	2020	6,51a	10,34b	13,78d	11,65bc	13,20cd	12,67cd	12,85cd
Fornad	2018	7,60a	10,17b	13,16cd	12,13c	13,76d	12,08c	13,04cd
	2019	8,60a	11,96b	14,82d	13,32bcd	14,21cd	12,39bc	13,41bcd
	2020	6,73a	10,74b	14,33d	13,02cd	13,61cd	12,32bc	12,20bc
Sushi	2018	7,48a	10,18b	12,21c	11,96c	13,77d	11,85c	14,04d
	2019	9,18a	12,60bcd	13,48d	13,25cd	13,00bcd	12,37bc	12,23b
	2020	6,63a	9,71b	12,26c	11,31c	12,10c	12,25c	12,84c

Megjegyzés: Az azonos betűvel jelzett termés értékek szignifikánsan nem különböznek egymástól a Duncan teszt alapján, $p < 0,05$ valószínűségi szinten.

42. melléklet: A kukoricahibridek terméseredményének évenkénti összevont varianciaanalízis eredménye (Debrecen, 2018-2020)

Tényezők	2018			2019			2020		
	SS	DF	F	SS	DF	F	SS	DF	F
Ismétlés	53,1	1,0	0,9 nsz	19,7	1,0	1,4 nsz	0,6	1,0	0,0 nsz
Hiba	143,9	2,3		36,6	2,6		165,1	7,9	
NPK	2067,4	6,0	26,0***	1053,3	6,0	36,9***	5926,8	6,0	57,5***
Hiba	79,5	6,0		28,6	6,0		103,2	6,0	
Hibrid	37,0	2,0	1,5 nsz	54,7	2,0	10,1 nsz	116,4	2,0	18,3*
Hiba	25,8	2,1		5,9	2,2		6,7	2,1	
Öntözés	30,9	1,0	0,8 nsz	48,6	1,0	5,7 nsz	2,9	1,0	0,9 nsz
Hiba	39,6	1,0		8,8	1,0		3,5	1,1	
NPK * Hibrid	56,8	12,0	4,2***	33,5	12,0	3,8***	140,7	12,0	20,2***
Hiba	318,9	284,0		207,9	284,0		416,2	716,0	
NPK * Öntözés	35,3	6,0	5,2***	40,3	6,0	9,2***	56,9	6,0	16,3***
Hiba	318,9	284,0		207,9	284,0		416,2	716,0	
NPK * Ismétlés	79,5	6,0	11,8***	28,6	6,0	6,5***	103,2	6,0	29,6***
Hiba	318,9	284,0		207,9	284,0		416,2	716,0	
Hibrid* Öntözés	10,3	2,0	4,6***	7,2	2,0	4,9***	3,2	2,0	2,7 nsz
Hiba	318,9	284,0		207,9	284,0		416,2	716,0	
Hibrid * Ismétlés	28,9	2,0	12,9***	6,1	2,0	4,1**	7,2	2,0	6,2***
Hiba	318,9	284,0		207,9	284,0		416,2	716,0	
Öntözés*Ismétlés	45,5	1,0	40,5***	9,8	1,0	13,4***	3,7	1,0	6,4***
Hiba	318,9	284,0		207,9	284,0		416,2	716,0	

***p<0,001, *p<0,05%, nsz= nem szignifikáns

43. melléklet: A különböző genotípusú kukorica hibridek termésének összevont varianciaanalízis eredménye (Debrecen 2018-2020)

Tényezők	Sushi			Fornad			Armagnac		
	SS	DF	F	SS	DF	F	SS	DF	F
Ismétlés	0,9	1,0	1,9 ^{nsz}	11,2	1,0	13,8***	46,0	1,0	29,2***
Hiba	206,8	437,0		354,1	437,0		688,3	437,0	
Év	109,6	2,0	115,8***	57,5	2,0	35,5***	220,4	2,0	69,9***
Hiba	206,8	437,0		354,1	437,0		688,3	437,0	
Öntözés	25,1	1,0	53,0***	3,3	1,0	4,1*	20,6	1,0	13,1***
Hiba	206,8	437,0		354,1	437,0		688,3	437,0	
NPK	2287,7	6,0	805,8***	3236,3	6,0	665,6***	3235,2	6,0	342,3***
Hiba	206,8	437,0		354,1	437,0		688,3	437,0	
Év * Öntözés	11,1	2,0	11,8***	8,3	2,0	5,1***	21,1	2,0	6,7***
Hiba	206,8	437,0		354,1	437,0		688,3	437,0	
Év * NPK	174,6	12,0	30,8***	145,0	12,0	14,9***	199,8	12,0	10,6***
Hiba	206,8	437,0		354,1	437,0		688,3	437,0	
Öntözést* NPK	35,9	6,0	12,6***	24,4	6,0	5,0***	73,5	6,0	7,7***
Hiba	206,8	437,0		354,1	437,0		688,3	437,0	

***p<0,001, *p<0,05, nsz= nem szignifikáns

44.melléklet: A kukorica hibridek fehérjetartalmának összevont varianciaanalízis eredménye a kezelések (évek, hibridek, műtrágyázás és öntözés) átlagában Debrecen, (2018-2020)

Tényezők	SS	DF	F
Ismétlés	0,4	1,0	2,2 ^{nsz}
Hiba	47,0	273,0	
Év	341,0	2,0	991,3***
Hiba	47,0	273,0	
NPK	148,0	6,0	143,4***
Hiba	47,0	273,0	
Öntözés	0,6	1,0	3,2 ^{nsz}
Hiba	47,0	273,0	
Hibrid	18,0	2,0	52,3***
Hiba	47,0	273,0	
Év*NPK	9,3	12,0	4,5***
Hiba	47,0	273,0	
Év*Öntözés	0,7	2,0	1,9 ^{nsz}
Hiba	47,0	273,0	
Év*Hibrid	2,4	4,0	3,4**
Hiba	47,0	273,0	
NPK*Öntözés	2,3	6,0	2,2*
Hiba	47,0	273,0	
NPK*Hibrid	4,6	12,0	2,2**
Hiba	47,0	273,0	
Öntözés*Hibrid	0,1	2,0	0,3 ^{nsz}
Hiba	47,0	273,0	

***P=0,1%, **P=1%, *P=5%, nsz= nem szignifikáns

45. melléklet: A kukorica hibridek fehérjetartalmának összevont varianciaanalízis eredménye, a kezelések (műtrágyázás, hibridek és évek) átlagában, nem öntözött változat Debrecen (2018-2020)

Tényezők	SS	DF	F
Ismétlés	0,0	1,0	0,0nsz
Hiba	2,3	3,2	
Hibrid	7,4	2,0	16,2**
Hiba	0,6	2,6	
NPK	78,9	6,0	34,1***
Hiba	2,3	6,0	
Év	169,6	2,0	157,8***
Hiba	1,2	2,2	
Hibrid * NPK	3,1	12,0	1,3 nsz
Hiba	22,2	112,0	
Hibrid * Év	1,4	4,0	1,8 nsz
Hiba	22,2	112,0	
Hibrid * Ismétlés	0,5	2,0	1,7 nsz
Hiba	22,2	112,0	
NPK * Év	6,5	12,0	2,7***
Hiba	22,2	112,0	
NPK * Ismétlés	2,3	6,0	1,9 nsz
Hiba	22,2	112,0	
Év * Ismétlés	1,2	2,0	2,9 nsz
Hiba	22,2	112,0	

***P=0,1%, **P=1%, nsz= nem szignifikáns

46. melléklet: Kukoricahibridek fehérjetartalmának összevont varianciaanalízis eredménye
a kezelések (műtrágyázás, hibridek és évek) átlagában, öntözött változat
Debrecen (2018-2020)

Tényezők	SS	DF	F
Ismétlés	0,7	1,0	1,0 nsz
Hiba	2,8	3,9	
Hibrid	8,9	2,0	79,2***
Hiba	0,2	4,0	
NPK	71,4	6,0	26,1***
Hiba	2,7	6,0	
Év	155,1	2,0	162,9***
Hiba	1,0	2,1	
Hibrid * NPK	3,0	12,0	2,1**
Hiba	13,2	112,0	
Hibrid * Év	1,1	4,0	2,3 nsz
Hiba	13,2	112,0	
Hibrid * Ismétlés	0,1	2,0	0,4 nsz
Hiba	13,2	112,0	
NPK * Év	4,4	12,0	3,1***
Hiba	13,2	112,0	
NPK * Ismétlés	2,7	6,0	3,8***
Hiba	13,2	112,0	
Év * Ismétlés	1,1	2,0	4,5***
Hiba	13,2	112,0	

***P=0,1%, **P=1%, nsz= nem szignifikáns

47. melléklet: A kukorica hibridek fehérjetartalmának évenkénti összevont varianciaanalízis eredménye, nem öntözött változat (Debrecen 2018-2020)

Tényezők	2018			2019			2020		
	SS	DF	F	SS	DF	F	SS	DF	F
Ismétlés	0,3	1,0	3,4 nsz	0,8	1,0	2,8 nsz	0,1	1,0	0,6 nsz
Hiba	0,1	0,7		0,9	2,8		0,1	0,6	
Hibrid	3,7	2,0	14,4**	1,4	2,0	8,8**	3,1	2,0	6,5 nsz
Hiba	0,4	3,4		0,4	5,4		0,6	2,6	
NPK	37,4	6,0	37,2***	35,9	6,0	12,5***	12,1	6,0	25,2***
Hiba	1,0	6,0		2,9	6,0		0,5	6,0	
Hibrid * NPK	3,8	12,0	1,4 nsz	2,0	12,0	0,7 nsz	1,4	12,0	0,6 nsz
Hiba	5,2	24,0		5,4	24,0		5,0	24,0	
Hibrid * Ismétlés	0,2	2,0	0,5 nsz	0,1	2,0	0,2 nsz	0,5	2,0	1,2 nsz
Hiba	5,2	24,0		5,4	24,0		5,0	24,0	
NPK * Ismétlés	1,0	6,0	0,8 nsz	2,9	6,0	2,1 nsz	0,5	6,0	0,4 nsz
Hiba	5,2	24,0		5,4	24,0		5,0	24,0	

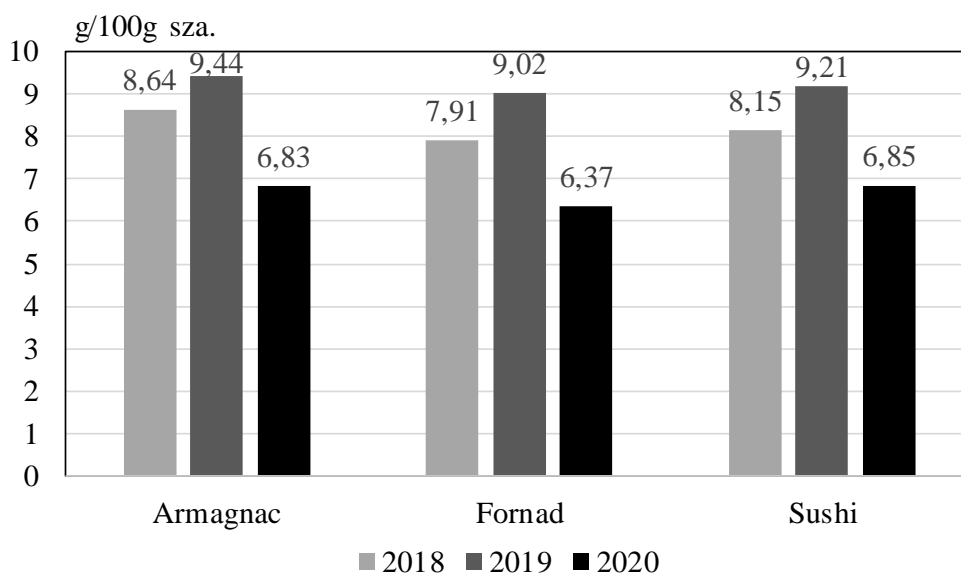
***p<0,001, **P=1%, nsz= nem szignifikáns

48. melléklet: A kukorica hibridek fehérjetartalmának évenkénti összevont varianciaanalízis eredménye, öntözött változat (Debrecen, 2018-2020)

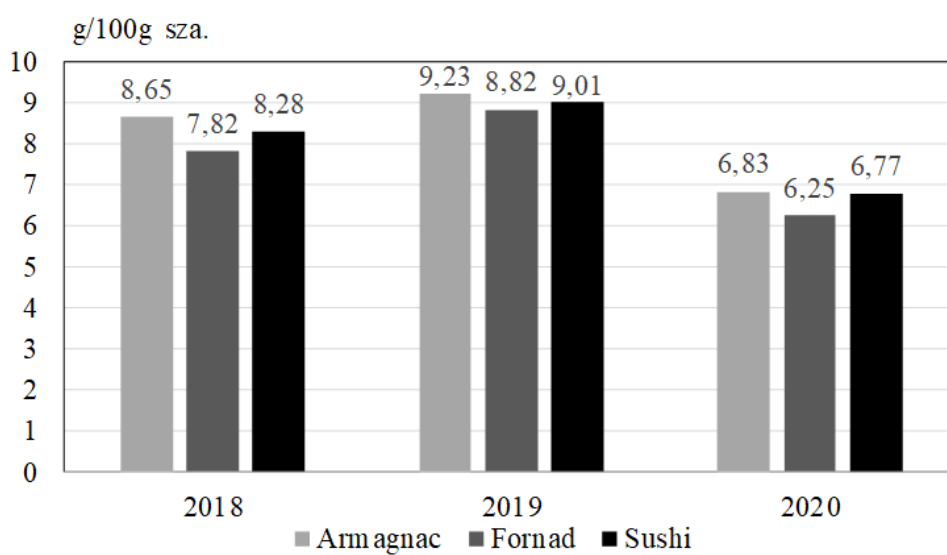
Tényezők	2018			2019			2020		
	SS	DF	F	SS	DF	F	SS	DF	F
Ismétlés	0,8	1,0	4,7 ^{nsz}	0,7	1,0	3,7 ^{nsz}	0,1	1,0	1,6 ^{nsz}
Hiba	0,6	3,6		0,5	2,5		0,1	1,1	
Hibrid	5,4	2,0	31,9***	1,0	2,0	4,4 ^{nsz}	3,6	2,0	75,9***
Hiba	0,3	2,9		0,4	3,4		0,2	9,5	
NPK	38,3	6,0	30,6***	25,9	6,0	14,9***	11,6	6,0	14,9***
Hiba	1,3	6,0		1,7	6,0		0,8	6,0	
Hibrid * NPK	2,9	12,0	2,2*	1,3	12,0	0,5 ^{nsz}	1,1	12,0	0,9 ^{nsz}
Hiba	2,6	24,0		4,7	24,0		2,3	24,0	
Hibrid * Ismétlés	0,2	2,0	0,8 ^{nsz}	0,2	2,0	0,5 ^{nsz}	0,0	2,0	0,1 ^{nsz}
Hiba	2,6	24,0		4,7	24,0		2,3	24,0	
NPK * Ismétlés	1,3	6,0	1,9 ^{nsz}	1,7	6,0	1,5 ^{nsz}	0,8	6,0	1,4 ^{nsz}
Hiba	2,6	24,0		4,7	24,0		2,3	24,0	

***P=0,1%, *P=5%, nsz= nem szignifikáns

49. melléklet: Kukoricahibridek fehérjetartalmának alakulása évenként a műtrágyakezelések átlagában, nem öntözött változatban (Debrecen, 2018-2020)



50. melléklet: Kukoricahibridek fehérjetartalmának alakulása évenként a műtrágyakezelések átlagában, öntözött változatban (Debrecen, 2018-2020)



51. melléklet: Az évjárat és a műtrágyázás hatása az eltérő genotípusú hibridek fehérjetartalmára nem öntözött változat (Debrecen, 2018-2020)

Műtrágya- kezelés	Hibridek								
	Armagnac			Fornad			Sushi		
	fehérjetartalom, g/100g sza.								
	2018	2019	2020	2018	2019	2020	2018	2019	2020
A ₀	7,89a	8,36a	6,09a	7,03a	7,94a	5,93a	6,92a	8,15a	6,20a
A ₆₀	7,80a	9,21b	7,13a	7,35a	9,41ab	6,09a	7,36a	8,73ab	6,51ab
A ₁₂₀	8,89ab	10,05bc	7,09a	7,82ab	8,81ab	6,71c	8,49b	9,35bc	6,75abc
V ₆₉₀	9,73b	10,24c	7,12a	9,17c	9,30ab	6,41b	8,54b	9,87cd	7,12bcd
V ₆₁₅₀	9,44b	10,21c	7,31a	8,58bc	9,93b	6,68c	9,47bc	10,22d	7,61d
V ₁₂₁₂₀	9,08b	10,24c	7,25a	8,75bc	9,92b	6,71c	9,11c	10,22d	7,44cd
V ₁₂₁₈₀	9,19b	9,98bc	7,32a	8,46bc	9,95b	6,90c	9,57c	10,01cd	7,66d

Megjegyzés: Az oszlopon belül különböző kisbetűkkel jelzett értékek szignifikánsan eltérnek azonos vízviszonyok mellett végzett különböző műtrágyakezelésektől ($p < 0,05$).

52. melléklet: Az évjárat és a műtrágyázás hatása az eltérő genotípusú hibridek fehérjetartalmára, öntözött változat (Debrecen, 2018-2020)

Műtrágya- kezelés	Hibridek								
	Armagnac			Fornad			Sushi		
	fehérjetartalom, g/100g sza.								
	2018	2019	2020	2018	2019	2020	2018	2019	2020
A ₀	7,77a	8,47a	6,36a	6,89a	7,85a	5,79a	6,89a	8,03a	6,06a
A ₆₀	8,43ab	9,34a	6,46a	7,39a	8,60ab	5,96ab	7,91b	8,71a	6,47ab
A ₁₂₀	8,94bc	9,86a	7,02ab	8,38b	9,17bc	6,61bc	9,23c	9,55b	7,39c
V ₆₉₀	9,01bc	9,07a	7,17ab	8,30b	9,19bc	6,27abc	8,43b	9,44b	6,60b
V ₆₁₅₀	9,75c	9,93a	7,55b	8,72b	9,56c	6,60bc	9,24c	9,81b	7,49c
V ₁₂₁₂₀	9,18bc	9,66a	7,11ab	8,22b	9,37bc	6,61bc	9,42c	9,62b	7,35c
V ₁₂₁₈₀	9,20bc	9,80a	7,11ab	8,72b	9,92c	6,82c	9,65c	9,86b	7,42c

Megjegyzés: Az oszlopon belül különböző kisbetűkkel jelzett értékek szignifikánsan eltérnek azonos vízviszonyok mellett végzett különböző műtrágyakezelésektől ($p < 0,05$).

53. melléklet: A kukorica hibridek fehérjetartalmának évenkénti összevont varianciaanalízis eredménye (Debrecen, 2018-2020)

Tényezők	2018			2019			2020		
	SS	DF	F	SS	DF	F	SS	DF	F
Ismétlés	1,0	1,0	4,5 ^{nsz}	0,0	1,0	0,0 ^{nsz}	0,0	1,0	0,0 ^{nsz}
Hiba	0,5	2,1		2,3	1,3		0,2	0,8	
Hibrid	8,9	2,0	27,1 ^{**}	2,4	2,0	10,4 ^{**}	6,7	2,0	29,9 ^{***}
Hiba	0,4	2,6		0,4	3,4		0,3	2,9	
NPK	73,6	6,0	43,1 ^{***}	60,3	6,0	20,6 ^{***}	23,3	6,0	30,1 ^{***}
Hiba	1,7	6,0		2,9	6,0		0,8	6,0	
Öntözés	0,1	1,0	0,7 ^{nsz}	1,4	1,0	0,9 ^{nsz}	0,1	1,0	0,6 ^{nsz}
Hiba	0,1	1,8		1,7	1,0		0,3	1,2	
Hibrid * NPK	5,5	12,0	3,3 ^{***}	0,0	1,0	0,0 ^{nsz}	1,4	12,0	0,8 ^{nsz}
Hiba	9,5	68,0		2,3	1,3		9,2	68,0	
Hibrid * Öntözés	0,2	2,0	0,8 ^{nsz}	2,0	12,0	0,9 ^{nsz}	0,1	2,0	0,3 ^{nsz}
Hiba	9,5	68,0		13,3	68,0		9,2	68,0	
Hibrid * Ismétlés	0,3	2,0	1,2 ^{nsz}	0,0	2,0	0,0 ^{nsz}	0,2	2,0	0,8 ^{nsz}
Hiba	9,5	68,0		13,3	68,0		9,2	68,0	
NPK * Öntözés	2,1	6,0	2,5 ^{**}	0,2	2,0	0,5 ^{nsz}	0,4	6,0	0,5 ^{nsz}
Hiba	9,5	68,0		13,3	68,0		9,2	68,0	
NPK * Ismétlés	1,7	6,0	2,0 ^{nsz}	1,5	6,0	1,7 ^{nsz}	0,8	6,0	0,9 ^{nsz}
Hiba	9,5	68,0		13,3	68,0		9,2	68,0	
Öntözés * Ismétlés	0,1	1,0	0,5 ^{nsz}	2,9	6,0	2,5 ^{**}	0,3	1,0	2,1 ^{nsz}
Hiba	9,5	68,0		13,3	68,0		9,2	68,0	

***P=0,1%, **P=1%, nsz= nem szignifikáns

54. melléklet: A kukoricahibridek keményítőtartalmának összevont varianciaanalízis eredménye (évek, hibridek, műtrágyázás és öntözés) Debrecen, 2018-2020

Tényezők	SS	DF	F
Ismétlés	6,5	1,0	8,0***
Hiba	219,2	273,0	
Év	2015,9	2,0	1255,1***
Hiba	219,2	273,0	
Öntözés	4,8	1,0	6,0**
Hiba	219,2	273,0	
NPK	35,2	6,0	7,3***
Hiba	219,2	273,0	
Hibrid	196,9	2,0	122,6***
Hiba	219,2	273,0	
Év * Öntözés	0,8	2,0	0,5nsz
Hiba	219,2	273,0	
Év * NPK	83,5	12,0	8,7***
Hiba	219,2	273,0	
Év * Hibrid	23,0	4,0	7,2***
Hiba	219,2	273,0	
Öntözés * NPK	4,4	6,0	0,9nsz
Hiba	219,2	273,0	
Öntözés * Hibrid	3,5	2,0	2,16nsz
Hiba	219,2	273,0	
NPK * Hibrid	8,5	12,0	0,9nsz
Hiba	219,2	273,0	

***P=0,1%, **P=1%, nsz= nem szignifikáns

55. melléklet: A kukorica hibridek keményítő tartalmának összevont varianciaanalízis eredménye, a kezelések (műtrágyázás, hibridek és évek) átlagában, nem öntözött változat Debrecen (2018-2020)

Tényezők	SS	DF	F
Ismétlés	2,3	1,0	1,6 ^{nsz}
Hiba	1,6	1,1	
Év	1009,2	2,0	533,5***
Hiba	2,5	2,7	
Hibrid	76,2	2,0	20,5**
Hiba	4,3	2,3	
NPK	19,4	6,0	7,5***
Hiba	2,6	6,0	
Ismétlés	2,3	1,0	1,6 ^{nsz}
Hiba	1,6	1,1	
Év * Hibrid	11,4	4,0	3,1**
Hiba	103,6	112,0	
Év * NPK	35,6	12,0	3,2***
Hiba	103,6	112,0	
Év * Ismétlés	1,9	2,0	1,0 ^{nsz}
Hiba	103,6	112,0	
Hibrid * NPK	11,4	12,0	1,0 ^{nsz}
Hiba	103,6	112,0	
Hibrid * Ismétlés	4,0	2,0	2,2 ^{nsz}
Hiba	103,6	112,0	
NPK * Ismétlés	2,6	6,0	0,5 ^{nsz}
Hiba	103,6	112,0	

***P=0,1%, **P=1%, nsz= nem szignifikáns

56. melléklet: Kukoricahibridek keményítőtartalmának összevont varianciaanalízis eredménye a kezelések (műtrágyázás, hibridek és évek) átlagában, öntözött változat Debrecen (2018-2020)

Tényezők	SS	DF	F
Ismétlés	4,9	1,0	1,9 ^{nsz}
Hiba	4,5	1,7	
Év	964,2	2,0	169,4***
Hiba	6,1	2,1	
Hibrid	102,3	2,0	162,7***
Hiba	1,3	4,2	
NPK	20,2	6,0	3,9 ^{nsz}
Hiba	5,1	6,0	
Ismétlés	4,9	1,0	1,8 ^{nsz}
Hiba	4,5	1,7	
Év * Hibrid	14,1	4,0	5,1***
Hiba	77,9	112,0	
Év * NPK	56,5	12,0	6,8***
Hiba	77,9	112,0	
Év * Ismétlés	6,4	2,0	4,6***
Hiba	77,9	112,0	
Hibrid * NPK	3,3	12,0	0,4 ^{nsz}
Hiba	77,9	112,0	
Hibrid * Ismétlés	0,5	2,0	0,4 ^{nsz}
Hiba	77,9	112,0	
NPK * Ismétlés	5,1	6,0	1,2 ^{nsz}
Hiba	77,9	112,0	

***P=0,1%, nsz= nem szignifikáns

57. melléklet: A kukorica hibridek keményítőtartalmának évenkénti összevont varianciaanalízis eredménye, nem öntözött változat (Debrecen 2018-2020)

Tényezők	2018			2019			2020		
	SS	DF	F	SS	DF	F	SS	DF	F
Ismétlés	3,2	1,0	4,0 ^{nsz}	0,4	1,0	.	7,0	1,0	5,9 ^{nsz}
Hiba	2,8	3,5		.	.(d)		3,5	3,0	
Hibrid	68,8	2,0	60,4 ^{***}	9,9	2,0	14,9 ^{***}	40,8	2,0	26,1 ^{***}
Hiba	1,3	2,4		1,5	4,5		2,2	2,8	
NPK	20,9	6,0	6,1 ^{**}	37,6	6,0	17,6 ^{***}	18,1	6,0	2,27 ^{nsz}
Hiba	3,4	6,0		2,1	6,0		8,0	6,0	
Hibrid * NPK	7,3	12,0	1,9 ^{nsz}	5,8	12,0	0,6 ^{nsz}	7,0	1,0	5,9 ^{nsz}
Hiba	7,6	24,0		19,5	24,0		3,5	3,0	
Hibrid * Ismétlés	1,2	2,0	1,9 ^{nsz}	0,5	2,0	0,3 ^{nsz}	8,6	12,0	0,8 ^{nsz}
Hiba	7,6	24,0		19,5	24,0		21,1	24,0	
NPK * Ismétlés	3,4	6,0	1,8 ^{nsz}	2,1	6,0	0,4 ^{nsz}	1,5	2,0	0,87 ^{nsz}
Hiba	7,6	24,0		19,5	24,0		21,1	24,0	

***P=0,1%, **P=1%, nsz= nem szignifikáns

58. melléklet: A kukorica hibridek keményítő tartalmának évenkénti összevont varianciaanalízis eredménye, öntözött változat (Debrecen, 2018-2020)

Tényezők	2018			2019			2020		
	SS	DF	F	SS	DF	F	SS	DF	F
Ismétlés	0,0	1,0	0,0 ^{nsz}	241985,5	1,0	300330,4***	3,2	1,0	10,0 ^{nsz}
Hiba	0,0	0,2		0,8	1,0		0,0	0,1	
Hibrid	51,3	2,0	41,9***	6,5	2,0	9,2*	30,9	2,0	9,1 ^{nsz}
Hiba	1,6	2,7		1,2	3,4		5,2	3,1	
NPK	21,6	6,0	33,2***	26,3	6,0	10,5***	7,0	6,0	1,4 ^{nsz}
Hiba	0,7	6,0		2,5	6,0		4,9	6,0	
Hibrid * NPK	7,2	12,0	1,0 ^{nsz}	1,5	12,0	0,2 ^{nsz}	14,7	12,0	0,5 ^{nsz}
Hiba	14,3	24,0		14,4	24,0		56,4	24,0	
Hibrid * Ismétlés	1,2	2,0	1,0 ^{nsz}	0,6	2,0	0,5 ^{nsz}	3,2	2,0	0,7 ^{nsz}
Hiba	14,3	24,0		14,4	24,0		56,4	24,0	
NPK * Ismétlés	0,7	6,0	0,2 ^{nsz}	2,5	6,0	0,7 ^{nsz}	4,9	6,0	0,3 ^{nsz}
Hiba	14,3	24,0		14,4	24,0		56,4	24,0	

***P=0,1%, *P=5%, nsz= nem szignifikáns

59. melléklet: Az évjárat és a műtrágyázás hatása az eltérő genotípusú hibridek keményítőtartalmára, nem öntözött változat (Debrecen, 2018-2020)

Műtrágya- kezelés	Keményítőtartalom, g/100g sza.								
	Hibridek								
	Armagnac			Fornad			Sushi		
	2018	2019	2020	2018	2019	2020	2018	2019	2020
A ₀	75,97a	73,83b	78,40a	76,61a	73,79b	78,68a	74,24b	72,27a	76,07a
A ₆₀	77,37b	72,67a	76,70a	75,69a	74,15b	79,02a	73,71ab	71,81a	77,07ab
A ₁₂₀	75,74a	71,86a	80,24a	75,83a	72,90ab	79,41a	73,31ab	72,25a	77,88b
V ₆₉₀	74,97a	71,74ab	79,04a	74,80a	71,67a	80,14a	73,13ab	71,21a	77,43b
V ₆₁₅₀	74,97a	71,43ab	78,73a	75,36a	71,89a	79,40a	72,17a	70,68a	77,12ab
V ₁₂₁₂₀	75,10a	71,56ab	79,23a	74,99a	71,62a	79,65a	72,61ab	70,93a	77,74b
V ₁₂₁₈₀	75,68a	71,97ab	78,95a	75,55a	71,88a	79,70a	72,20a	70,80a	77,04ab

Megjegyzés: Az oszlopon belül különböző kisbetűkkel jelzett értékek szignifikánsan eltérnek azonos vízviszonyok mellett végzett különböző műtrágyakezeléseknél ($p < 0,05$).

60. melléklet: Az évjárat és a műtrágyázás hatása az eltérő genotípusú hibridek keményítőtartalmára, öntözött változat (Debrecen, 2018-2020)

Műtrágya- kezelés	Keményítőtartalom, g/100g sza.								
	Hibridek								
	Armagnac			Fornad			Sushi		
	2018	2019	2020	2018	2019	2020	2018	2019	2020
A ₀	76,49b	73,52b	78,77a	76,48b	73,68c	78,28a	74,93b	72,74a	77,85a
A ₆₀	75,82ab	72,39ab	79,42ab	76,37ab	73,25bc	79,07a	74,02ab	72,34a	77,40a
A ₁₂₀	75,32ab	71,98a	79,70ab	75,10a	72,62abc	77,87a	74,00ab	71,41a	77,88a
V ₆₉₀	75,37ab	72,26ab	78,90a	75,80ab	72,67abc	79,67a	73,50ab	71,96a	77,38a
V ₆₁₅₀	74,60a	71,71a	78,91a	75,18ab	72,15a	80,78a	72,69a	70,75a	77,28a
V ₁₂₁₂₀	75,77ab	72,34ab	79,87ab	76,44b	72,19ab	79,37a	72,39a	71,61a	77,43a
V ₁₂₁₈₀	75,58ab	71,75a	80,24b	75,41ab	71,68a	79,94a	72,83a	71,11a	78,04a

Megjegyzés: Az oszlopon belül különböző kisbetűkkel jelzett értékek szignifikánsan eltérnek azonos vízviszonyok mellett végzett különböző műtrágyakezeléseknél ($p < 0,05$).

61. melléklet: A kukorica hibridek keményítőtartalmának évenkénti összevont varianciaanalízis eredménye (Debrecen, 2018-2020)

Tényezők	2018			2019			2020		
	SS	DF	F	SS	DF	F	SS	DF	F
Ismétlés	1,5	1,0	0,99 ^{nsz}	0,0	1,0	0,0 ^{nsz}	9,8	1,0	.
Hiba	1,3	0,8		0,7	0,6		.	(e)	
Hibrid	118,8	2,0	128,5 ^{***}	16,2	2,0	56,1 ^{***}	69,1	2,0	68,6 ^{***}
Hiba	1,3	2,7		1,4	9,4		2,8	5,6	
NPK	40,3	6,0	23,1 ^{***}	60,6	6,0	16,9 ^{***}	17,8	6,0	2,9 ^{nsz}
Hiba	1,7	6,0		3,6	6,0		6,0	6,0	
Öntözés	0,9	1,0	0,5 ^{nsz}	0,6	1,0	0,4 ^{nsz}	2,2	1,0	6,1 ^{nsz}
Hiba	1,9	1,1		1,7	1,1		1,9	5,3	
Hibrid * NPK	8,0	12,0	1,4 ^{nsz}	5,0	12,0	0,7 ^{nsz}	12,6	12,0	0,7 ^{nsz}
Hiba	32,3	68,0		38,3	68,0		99,2	68,0	
Hibrid * Öntözés	1,1	2,0	1,1 ^{nsz}	0,4	2,0	0,4 ^{nsz}	4,5	2,0	1,5 ^{nsz}
Hiba	32,3	68,0		38,3	68,0		99,2	68,0	
Hibrid * Ismétlés	0,9	2,0	0,9 ^{nsz}	0,2	2,0	0,1 ^{nsz}	0,7	2,0	0,2 ^{nsz}
Hiba	32,3	68,0		38,3	68,0		99,2	68,0	
NPK * Öntözés	2,3	6,0	0,8 ^{nsz}	3,3	6,0	0,9 ^{nsz}	7,4	6,0	0,8 ^{nsz}
Hiba	32,3	68,0		38,3	68,0		99,2	68,0	
NPK * Ismétlés	1,7	6,0	0,6 ^{nsz}	3,6	6,0	1,064 ^{nsz}	6,0	6,0	0,7 ^{nsz}
Hiba	32,3	68,0		38,3	68,0		99,2	68,0	
Öntözés * Ismétlés	1,9	1,0	4,0*	1,7	1,0	3,086 ^{nsz}	0,2	1,0	0,1 ^{nsz}
Hiba	32,3	68,0		38,3	68,0		99,2	68,0	

***P=0,1%, *P=5%, nsz= nem szignifikáns

62. melléklet: A kukoricahibridek olajtartalmának összevont varianciaanalízis eredménye a kezelések (évek, hibridek, műtrágyázás és öntözés) átlagában Debrecen, (2018-2020)

Tényezők	SS	DF	F
Ismétlés	6,1	1,0	0,9 ^{nsz}
Hiba	1749,4	273,0	
Év	111,8	2,0	8,7***
Hiba	1749,4	273,0	
Öntözés	4,0	1,0	0,7 ^{nsz}
Hiba	1749,4	273,0	
NPK	13,6	6,0	0,4 ^{nsz}
Hiba	1749,4	273,0	
Hibrid	42,8	2,0	3,3*
Hiba	1749,4	273,0	
Év * Öntözés	13,1	2,0	1,0 ^{nsz}
Hiba	1749,4	273,0	
Év * NPK	20,4	12,0	0,3 ^{nsz}
Hiba	1749,4	273,0	
Év * Hibrid	27,4	4,0	1,0 ^{nsz}
Hiba	1749,4	273,0	
Öntözés * NPK	12,1	6,0	0,3 ^{nsz}
Hiba	1749,4	273,0	
Öntözés * Hibrid	11,3	2,0	0,9 ^{nsz}
Hiba	1749,4	273,0	
NPK * Hibrid	25,7	12,0	0,3 ^{nsz}
Hiba	1749,4	273,0	

***P=0,1%, *P=5%, nsz= nem szignifikáns

63. melléklet: A kukorica hibridek olajtartalmának összevont varianciaanalízis eredménye, a kezelések (műtrágyázás, hibridek és évek) átlagában, nem öntözött változat Debrecen (2018-2020)

Tényezők	SS	DF	F
Ismétlés	0,2	1,0	3,7 ^{nsz}
Hiba	0,1	1,5	
Év	36,6	2,0	1435,6***
Hiba	0,1	5,2	
Hibrid	5,6	2,0	49,6***
Hiba	0,1	2,4	
NPK	0,4	6,0	1,1 ^{nsz}
Hiba	0,3	6,0	
Év * Hibrid	0,4	4,0	2,9**
Hiba	3,9	112,0	
Év * NPK	0,8	12,0	1,9**
Hiba	3,9	112,0	
Év * Ismétlés	0,0	2,0	0,3 ^{nsz}
Hiba	3,9	112,0	
Hibrid * NPK	0,7	12,0	1,7 ^{nsz}
Hiba	3,9	112,0	
Hibrid * Ismétlés	0,1	2,0	1,7 ^{nsz}
Hiba	3,9	112,0	
NPK * Ismétlés	0,3	6,0	1,5 ^{nsz}
Hiba	3,9	112,0	

***P=0,1%, **P=1%, nsz= nem szignifikáns

64. táblázat: Kukoricahibridek olajtartalmának összevont varianciaanalízis eredménye a kezelések (műtrágyázás, hibridek és évek) átlagában, öntözött változat Debrecen (2018-2020)

Tényezők	SS	DF	F
Ismétlés	0,3	1,0	3,9 ^{nsz}
Hiba	0,1	1,4	
Év	34,0	2,0	185,4***
Hiba	0,2	2,2	
Hibrid	4,0	2,0	75,3***
Hiba	0,1	2,9	
NPK	0,1	6,0	0,6 ^{nsz}
Hiba	0,1	6,0	
Év * Hibrid	0,3	4,0	2,1 ^{nsz}
Hiba	3,8	112,0	
Év * NPK	1,1	12,0	2,6***
Hiba	3,8	112,0	
Év * Ismétlés	0,2	2,0	2,9 ^{nsz}
Hiba	3,8	112,0	
Hibrid * NPK	0,6	12,0	1,5 ^{nsz}
Hiba	3,8	112,0	
Hibrid * Ismétlés	0,1	2,0	0,8 ^{nsz}
Hiba	3,8	112,0	
NPK * Ismétlés	0,1	6,0	0,7 ^{nsz}
Hiba	3,8	112,0	

***P=0,1%, nsz= nem szignifikáns

65. melléklet: A kukorica hibridek olajtartalmának évenkénti összevont varianciaanalízis eredménye, nem öntözött változat (Debrecen 2018-2020)

Tényezők	2018			2019			2020		
	SS	DF	F	SS	DF	F	SS	DF	F
Ismétlés	0,0	1,0	0,3 ^{nsz}	0,1	1,0	1,9 ^{nsz}	0,1	1,0	2,1 ^{nsz}
Hiba	0,1	2,1		0,2	2,6		0,1	2,1	
Hibrid	2,1	2,0	16,7*	1,0	2,0	10,1 ^{nsz}	2,8	2,0	68,3***
Hiba	0,1	2,2		0,1	2,5		0,1	4,0	
NPK	0,2	6,0	1,6 ^{nsz}	0,5	6,0	1,6 ^{nsz}	0,5	6,0	1,4 ^{nsz}
Hiba	0,1	6,0		0,3	6,0		0,4	6,0	
Hibrid * NPK	0,1	12,0	0,5	0,7	12,0	1,4 ^{nsz}	0,8	12,0	1,5 ^{nsz}
Hiba	0,5	24,0		0,9	24,0		1,0	24,0	
Hibrid * Ismétlés	0,1	2,0	3,5*	0,1	2,0	1,3 ^{nsz}	0,0	2,0	0,4 ^{nsz}
Hiba	0,5	24,0		0,9	24,0		1,0	24,0	
NPK * Ismétlés	0,1	6,0	0,9 ^{nsz}	0,3	6,0	1,3 ^{nsz}	0,4	6,0	1,4 ^{nsz}
Hiba	0,5	24,0		0,9	24,0		1,0	24,0	

***P=0,1%, *P=5%, nsz= nem szignifikáns

66. melléklet: A kukorica hibridek olajtartalmának évenkénti összevont varianciaanalízis eredménye, öntözött változat (Debrecen, 2018-2020)

Tényezők	2018			2019			2020		
	SS	DF	F	SS	DF	F	SS	DF	F
Ismétlés	0,0	1,0	.	0,0	1,0	6,3 ^{nsz}	0,5	1,0	4,9 ^{nsz}
Hiba	.	.(d)		0,0	0,3		0,1	1,5	
Hibrid	1,7	2,0	76,9***	0,7	2,0	82,9***	2,0	2,0	8,7 ^{nsz}
Hiba	0,1	4,9		0,0	12,1		0,3	2,3	
NPK	0,1	6,0	2,9 ^{nsz}	0,2	6,0	1,5 ^{nsz}	0,9	6,0	3,7 ^{nsz}
Hiba	0,0	6,0		0,1	6,0		0,2	6,0	
Hibrid * NPK	0,3	12,0	0,8 ^{nsz}	0,3	12,0	1,6 ^{nsz}	0,7	12,0	1,0 ^{nsz}
Hiba	0,7	24,0		0,4	24,0		1,5	24,0	
Hibrid * Ismétlés	0,0	2,0	0,3 ^{nsz}	0,0	2,0	0,1 ^{nsz}	0,3	2,0	2,0 ^{nsz}
Hiba	0,7	24,0		0,4	24,0		1,5	24,0	
NPK * Ismétlés	0,0	6,0	0,2 ^{nsz}	0,1	6,0	0,9 ^{nsz}	0,2	6,0	0,6 ^{nsz}
Hiba	0,7	24,0		0,4	24,0		1,5	24,0	

***P=0,1%, nsz= nem szignifikáns

67. melléklet: Az évjárat és a műtrágyázás hatása az eltérő genotípusú hibridek olajtartalmára, nem öntözött változat (Debrecen, 2018-2020)

Műtrágya- kezelés	Olajtartalom g/100g sza.								
	Hibridek								
	Armagnac			Fornad			Sushi		
	2018	2019	2020	2018	2019	2020	2018	2019	2020
A ₀	4,54a	4,85a	3,61a	4,73a	4,91a	4,06ab	5,04a	5,20a	4,21ab
A ₆₀	4,51a	4,79a	3,42a	4,84a	5,58b	4,07ab	5,01a	5,16a	4,52b
A ₁₂₀	4,65a	4,93a	3,58a	4,85a	5,00ab	3,98ab	5,08a	5,06a	3,98ab
V ₆₉₀	4,46a	4,85a	3,46a	4,70a	5,10ab	3,69a	5,02a	5,17a	3,99ab
V ₆₁₅₀	4,45a	4,80a	3,31a	4,90a	5,02ab	4,11b	5,02a	5,17a	3,80a
V ₁₂₁₂₀	4,51a	4,73a	3,50a	5,01a	4,90a	3,85ab	5,13a	5,05a	3,98ab
V ₁₂₁₈₀	4,71a	4,66a	3,67a	4,84a	4,74a	3,73a	5,13a	5,18a	4,04ab

Megjegyzés: Az oszlopon belül különböző kisbetűkkel jelzett értékek szignifikánsan eltérnek azonos vízviszonyok mellett végzett különböző műtrágyakezeléseknél ($p < 0,05$).

68. melléklet: Az évjárat és a műtrágyázás hatása az eltérő genotípusú hibridek olajtartalmára, öntözött változat (Debrecen, 2018-2020)

Műtrágya- kezelés	Olajtartalom g/100g sza.								
	Hibridek								
	Armagnac			Fornad			Sushi		
	2018	2019	2020	2018	2019	2020	2018	2019	2020
A ₀	4,52a	4,58a	3,57ab	4,78a	4,90ab	4,17b	4,99ab	5,12a	4,14a
A ₆₀	4,63a	4,73b	3,56ab	4,60a	4,90ab	4,00ab	5,02ab	5,15a	4,23a
A ₁₂₀	4,61a	4,84b	3,62ab	4,71a	4,88ab	3,58ab	5,20b	4,98a	4,05a
V ₆₉₀	4,74a	4,71ab	3,53ab	4,73a	4,77a	3,90ab	4,85a	5,05a	3,95a
V ₆₁₅₀	4,67a	4,84b	3,51ab	4,86a	5,02ab	3,26a	5,14ab	5,11a	3,98a
V ₁₂₁₂₀	4,47a	4,71ab	3,61b	4,72a	4,87ab	3,95ab	5,08ab	4,93a	4,12a
V ₁₂₁₈₀	4,48a	4,84b	3,34a	4,68a	5,11b	3,88ab	5,03ab	4,99a	3,98a

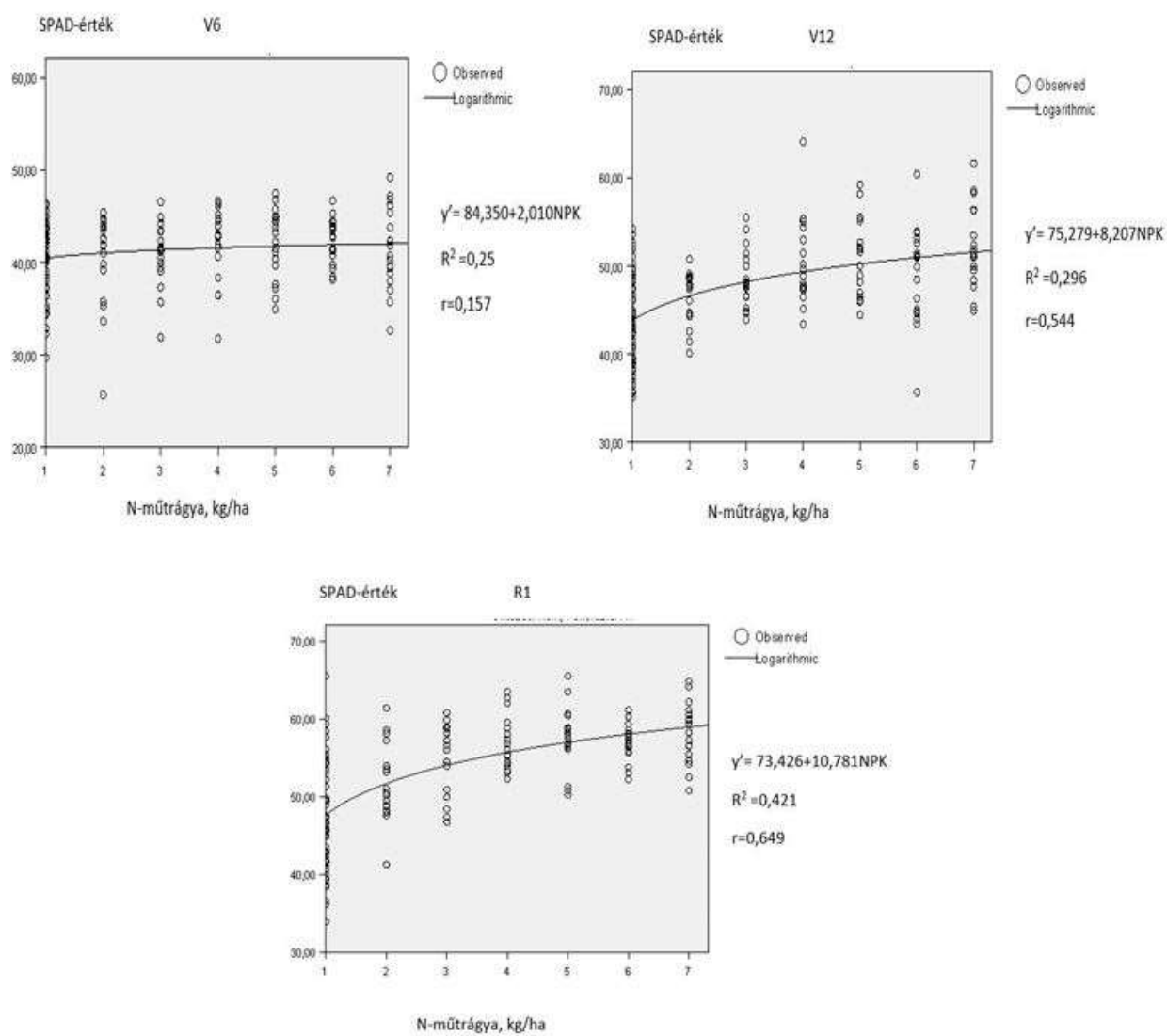
Megjegyzés: Az oszlopon belül különböző kisbetűkkel jelzett értékek szignifikánsan eltérnek azonos vízviszonyok mellett végzett különböző műtrágyakezeléseknél ($p < 0,05$).

69. melléklet: A kukorica hibridek olajtartalmának évenkénti összevont varianciaanalízis eredménye (Debrecen, 2018-2020)

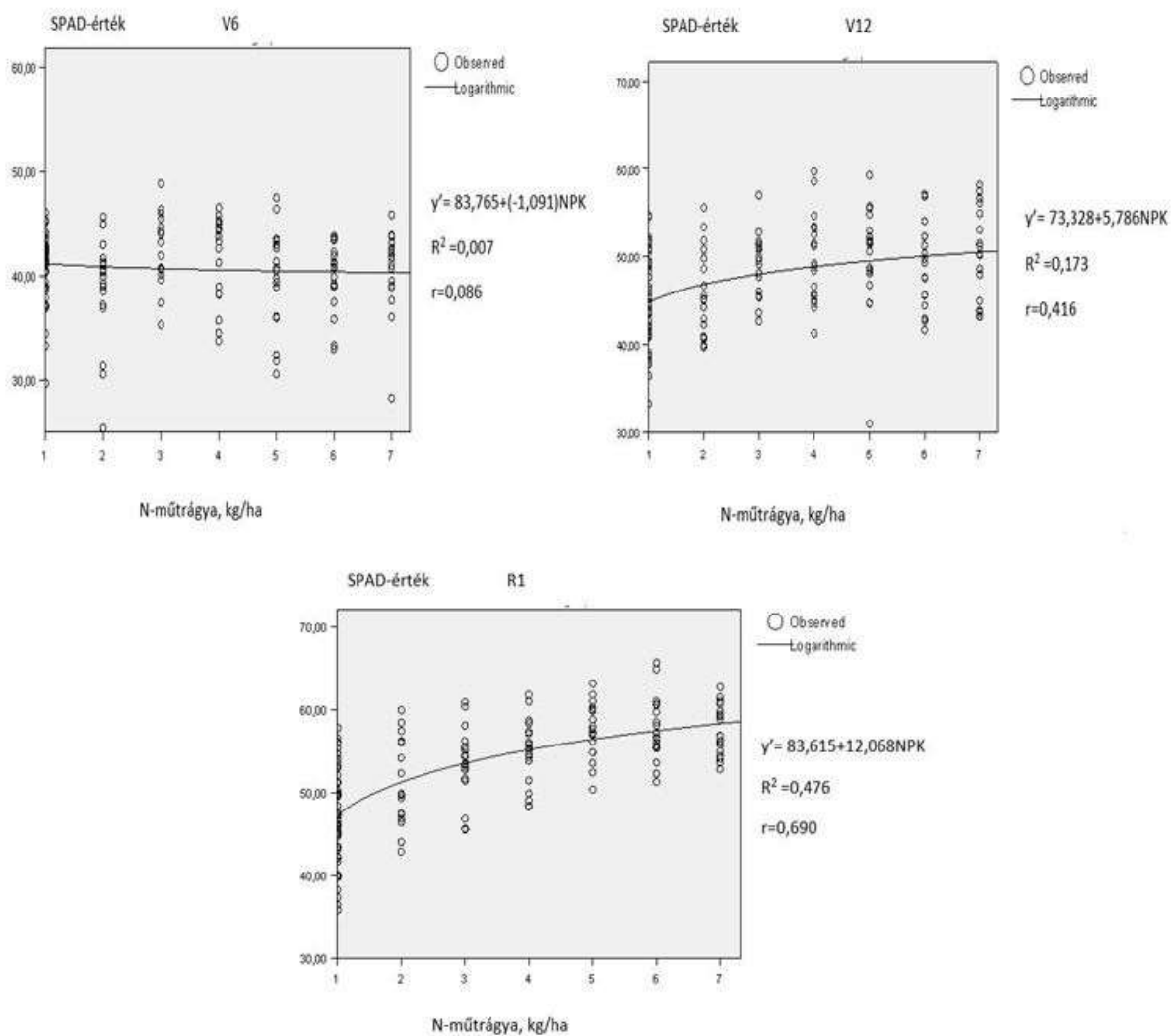
Tényezők	2018			2019			2020		
	SS	DF	F	SS	DF	F	SS	DF	F
Ismétlés	0,0	1,0	0,0 ^{nsz}	0,0	1,0	0,2 ^{nsz}	0,1	1,0	0,2 ^{nsz}
Hiba	0,1	1,1		0,1	1,2		0,5	1,0	
Hibrid	3,7	2,0	42,4 ^{***}	1,6	2,0	30,7 ^{***}	4,8	2,0	79,8 ^{***}
Hiba	0,1	2,3		0,1	2,9		0,1	3,8	
NPK	0,2	6,0	2,2 ^{nsz}	0,3	6,0	1,3 ^{nsz}	1,2	6,0	2,4 ^{nsz}
Hiba	0,1	6,0		0,2	6,0		0,5	6,0	
Öntözés	0,0	1,0	0,55 ^{nsz}	0,2	1,0	2,9 ^{nsz}	0,0	1,0	0,0 ^{nsz}
Hiba	0,0	1,2		0,1	1,1		0,5	1,0	
Hibrid * NPK	0,1	12,0	0,5 ^{nsz}	0,4	12,0	1,1 ^{nsz}	0,4	12,0	0,6 ^{nsz}
Hiba	1,6	68,0		2,1	68,0		4,0	68,0	
Hibrid * Öntözés	0,0	2,0	0,8 ^{nsz}	0,0	2,0	0,0 ^{nsz}	0,0	2,0	0,3 ^{nsz}
Hiba	1,6	68,0		2,1	68,0		4,0	68,0	
Hibrid * Ismétlés	0,1	2,0	1,9 ^{nsz}	0,1	2,0	0,8 ^{nsz}	0,1	2,0	0,4 ^{nsz}
Hiba	1,6	68,0		2,1	68,0		4,0	68,0	
NPK * Öntözés	0,2	6,0	1,1 ^{nsz}	0,3	6,0	1,6 ^{nsz}	0,2	6,0	0,6 ^{nsz}
Hiba	1,6	68,0		2,1	68,0		4,0	68,0	
NPK * Ismétlés	0,1	6,0	0,5 ^{nsz}	0,2	6,0	1,3 ^{nsz}	0,5	6,0	1,4 ^{nsz}
Hiba	1,6	68,0		2,1	68,0		4,0	68,0	
Öntözés * Ismétlés	0,0	1,0	1,9 ^{nsz}	0,1	1,0	2,5 ^{nsz}	0,5	1,0	9,2 ^{***}
Hiba	1,6	68,0		2,1	68,0		4,0	68,0	

***P=0,1%, nsz= nem szignifikáns

70. melléklet: A műtrágyázás és SPAD között összefüggés, logaritmus regressziós eredménye, nem öntözött változat (Debrecen 2018-2020)



71. melléklet: A műtrágyázás és SPAD közötti összefüggés, logaritmus regressziós eredménye, öntözött változat (Debrecen 2018-2020)

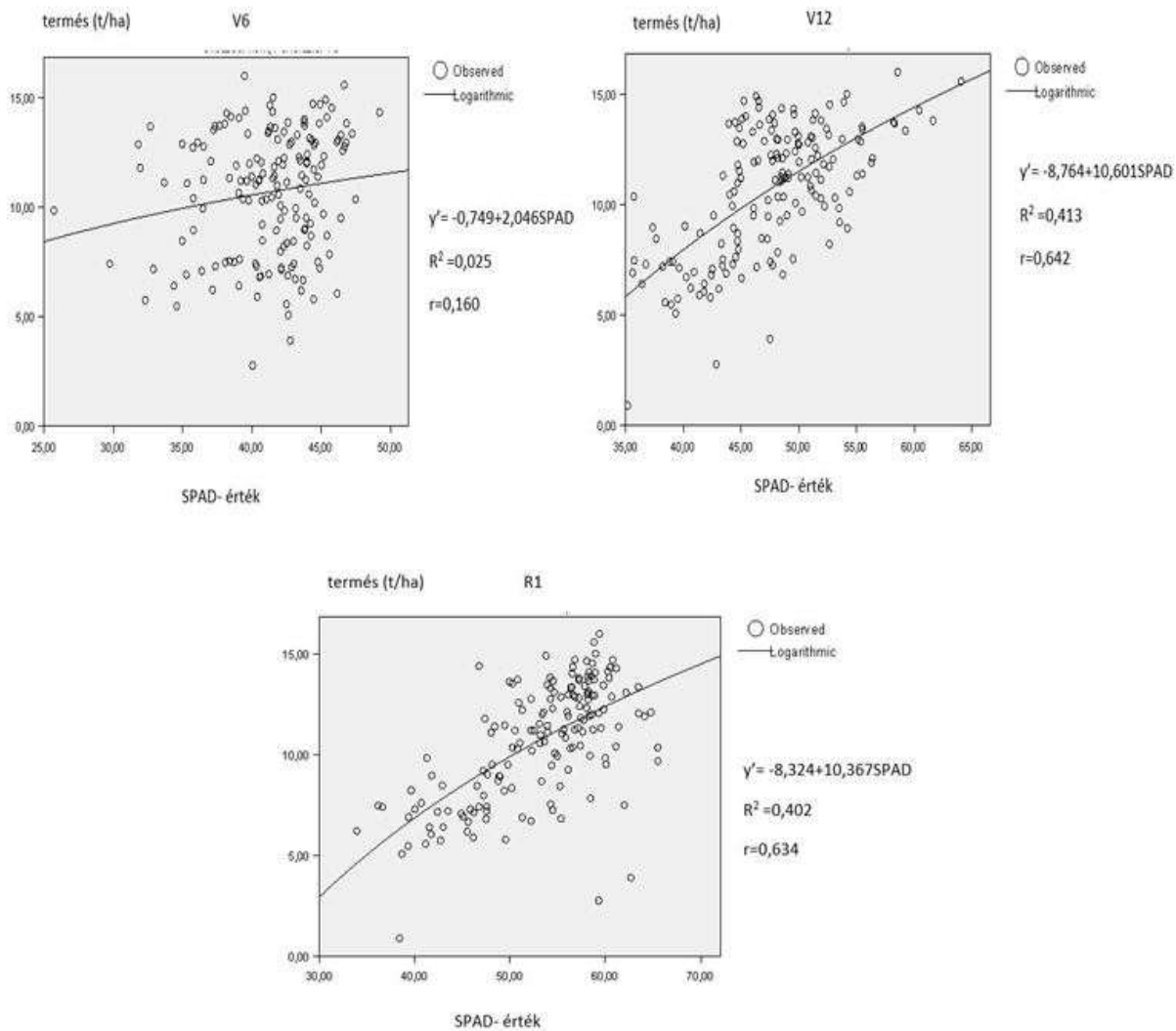


72. melléklet: A műtrágya és SPAD érték összefüggése, eltérő évjáratban nem öntözött és öntözött változat (Debrecen 2018-2020)

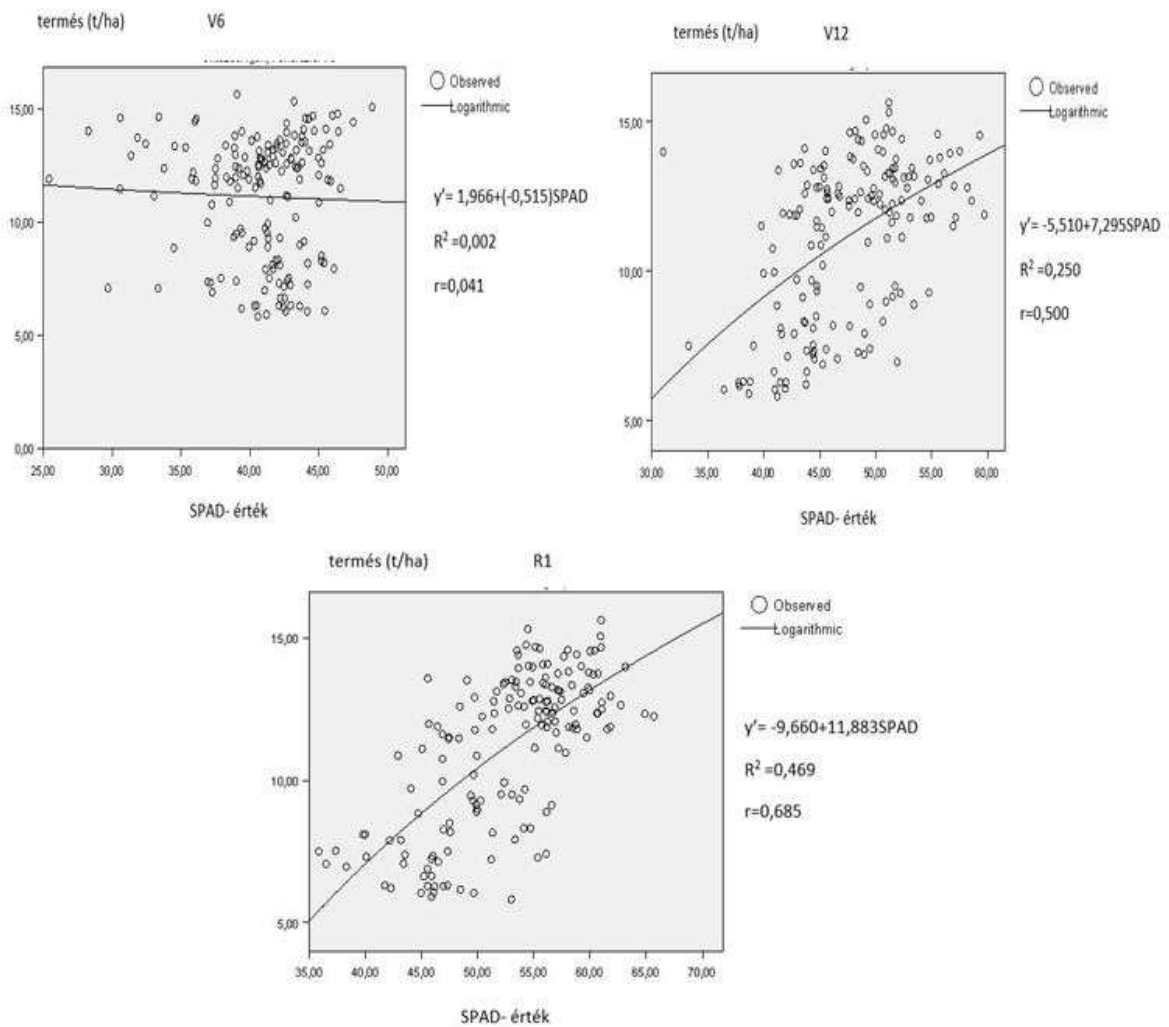
Évek	Hibridek	A SPAD érték és a műtrágya összefüggése					
		Fenológiai szakaszok					
		V6		V12		R1	
		r	R ²	r	R ²	r	R ²
		nem öntözött változat					
2018	Armagnac	0,220	0,048 ^{nsz}	0,759	0,576 ^{***}	0,781	0,610 ^{***}
	Fornad	0,479	0,230 [*]	0,788	0,622 ^{***}	0,890	0,792 ^{***}
	Sushi	0,102	0,10 ^{nsz}	0,693	0,480 ^{***}	0,913	0,834 ^{***}
2019	Armagnac	0,008	0,000 ^{nsz}	0,303	0,092 ^{nsz}	0,425	0,180 ^{nsz}
	Fornad	0,063	0,004 ^{nsz}	0,024	0,001 ^{nsz}	0,053	0,003 ^{nsz}
	Sushi	0,388	0,151 ^{nsz}	0,634	0,133 ^{nsz}	0,454	0,206 ^{nsz}
2020	Armagnac	0,364	0,132 ^{nsz}	0,874	0,764 ^{***}	0,870	0,756 ^{***}
	Fornad	0,558	0,311 ^{**}	0,883	0,779 ^{***}	0,793	0,629 ^{***}
	Sushi	0,301	0,091 ^{nsz}	0,751	0,564 ^{***}	0,791	0,626 ^{***}
		öntözött változat					
2018	Armagnac	0,190	0,036 ^{nsz}	0,572	0,327 ^{***}	0,857	0,735 ^{***}
	Fornad	0,209	0,044 ^{nsz}	0,898	0,806 ^{***}	0,843	0,711 ^{***}
	Sushi	0,239	0,057 ^{nsz}	0,696	0,484 ^{***}	0,928	0,860 ^{***}
2019	Armagnac	0,079	0,006 ^{nsz}	0,366	0,134 ^{nsz}	0,591	0,349 ^{***}
	Fornad	0,154	0,024 ^{nsz}	0,419	0,175 ^{nsz}	0,729	0,531 ^{***}
	Sushi	0,316	0,100 ^{nsz}	0,101	0,010 ^{nsz}	0,654	0,428 ^{***}
2020	Armagnac	0,095	0,009 ^{nsz}	0,264	0,070 ^{nsz}	0,766	0,587 ^{***}
	Fornad	0,174	0,030 ^{nsz}	0,672	0,452 ^{***}	0,789	0,623 ^{***}
	Sushi	0,47	0,002 ^{nsz}	0,464	0,215 ^{nsz}	0,769	0,591 ^{***}

***P=0,1%, **P=1%, *P=5%, nsz= nem szignifikáns

73. melléklet: SPAD érték és termés közötti összefüggés, logaritmus regressziós eredménye, nem öntözött változat, V6, V12 és R1 fenofázis (Debrecen 2018-2020)



74. melléklet: SPAD érték és termés közötti összefüggés, logaritmus regressziós eredménye, öntözött változat, V6, V12 és R1 fenofázis (Debrecen 2018-2020)

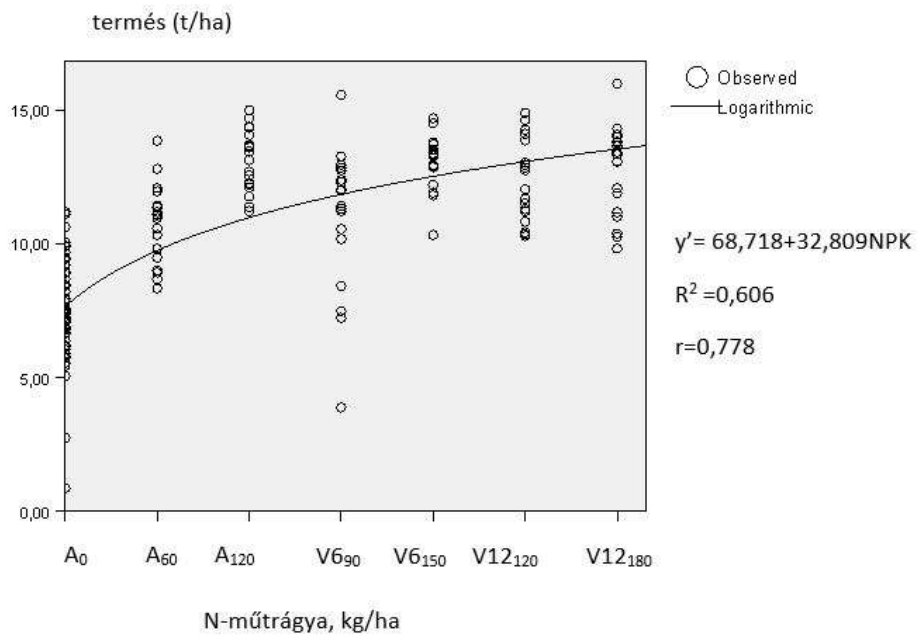


75. melléklet: A SPAD érték és a kukoricahibridek termésének összefüggése, eltérő évjáratban, nem öntözött és öntözött változat (Debrecen 2018-2020)

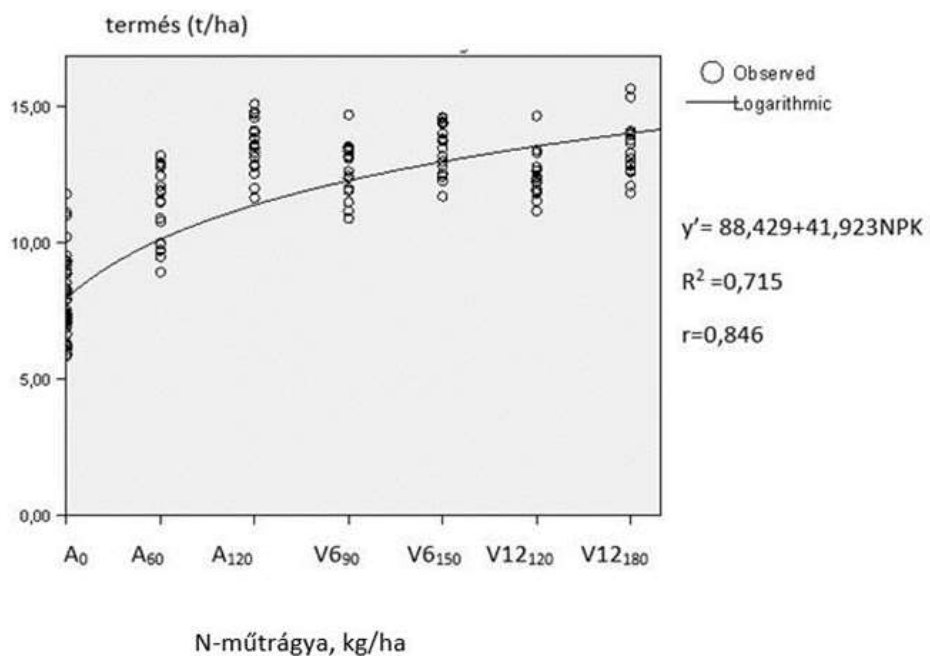
Évek	Hibridek	A SPAD érték és a kukoricahibridek termésének összefüggése					
		Fenológiai szakaszok					
		V6		V12		R1	
		r	R ²	r	R ²	r	R ²
		nem öntözött változat					
2018	Armagnac	0,128	0,016 ^{nsz}	0,701	0,491 ^{***}	0,309	0,095 ^{nsz}
	Fornad	0,264	0,070 ^{nsz}	0,773	0,597 ^{***}	0,739	0,546 ^{***}
	Sushi	0,096	0,009 ^{nsz}	0,774	0,600 ^{***}	0,818	0,669 ^{***}
2019	Armagnac	0,114	0,013 ^{nsz}	0,171	0,029 ^{nsz}	0,743	0,552 ^{***}
	Fornad	0,377	0,142 ^{nsz}	0,338	0,115 ^{nsz}	0,017	0,000 ^{nsz}
	Sushi	0,405	0,164 ^{nsz}	0,017	0,000 ^{nsz}	0,323	0,104 ^{nsz}
2020	Armagnac	0,196	0,038 ^{nsz}	0,690	0,476 ^{***}	0,784	0,615 ^{***}
	Fornad	0,449	0,202 ^{nsz}	0,828	0,686 ^{***}	0,868	0,754 ^{***}
	Sushi	0,409	0,168 ^{nsz}	0,806	0,650 ^{***}	0,863	0,744 ^{***}
		öntözött változat					
2018	Armagnac	0,326	0,106 ^{nsz}	0,631	0,398 ^{***}	0,812	0,659 ^{***}
	Fornad	0,231	0,054 ^{nsz}	0,856	0,733 ^{***}	0,822	0,676 ^{***}
	Sushi	0,265	0,070 ^{nsz}	0,621	0,386 ^{***}	0,865	0,747 ^{***}
2019	Armagnac	0,200	0,040 ^{nsz}	0,298	0,089 ^{nsz}	0,474	0,225 [*]
	Fornad	0,082	0,007 ^{nsz}	0,436	0,190 ^{nsz}	0,740	0,548 ^{***}
	Sushi	0,198	0,039 ^{nsz}	0,126	0,016 ^{nsz}	0,522	0,272 ^{**}
2020	Armagnac	0,045	0,002 ^{nsz}	0,232	0,054 ^{nsz}	0,752	0,566 ^{***}
	Fornad	0,262	0,068 ^{nsz}	0,691	0,477 ^{***}	0,736	0,541 ^{***}
	Sushi	0,061	0,004 ^{nsz}	0,673	0,453 ^{***}	0,683	0,467 ^{***}

***P=0,1%, **P=1%, *P=5%, nsz= nem szignifikáns

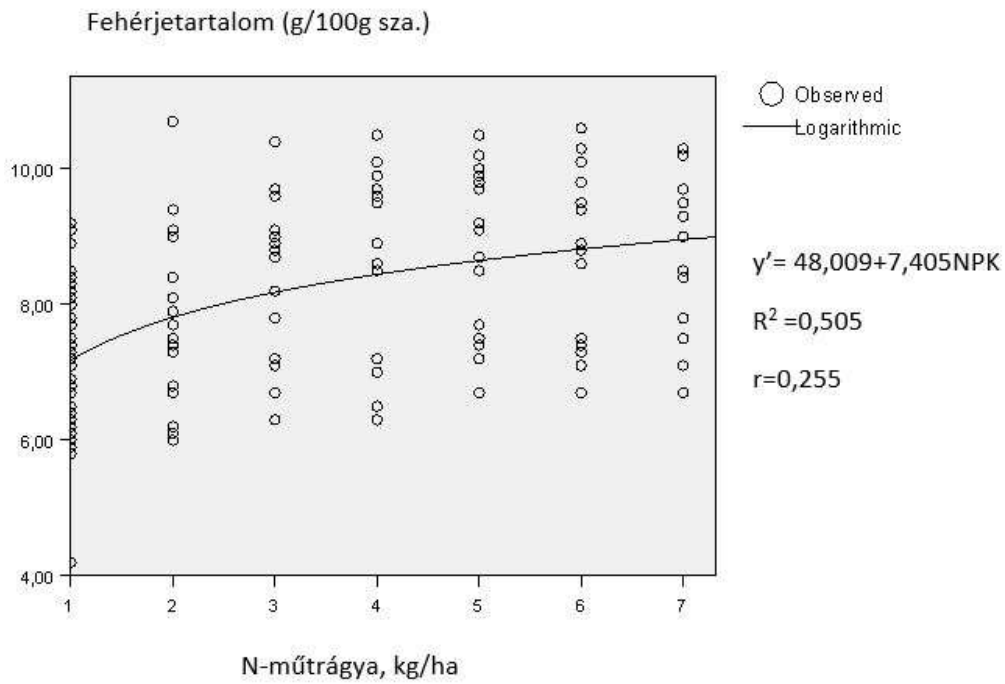
76. melléklet: A műtrágyázás és termés közötti összefüggés, logaritmikus regressziós eredménye, nem öntözött változat (Debrecen 2018-2020)



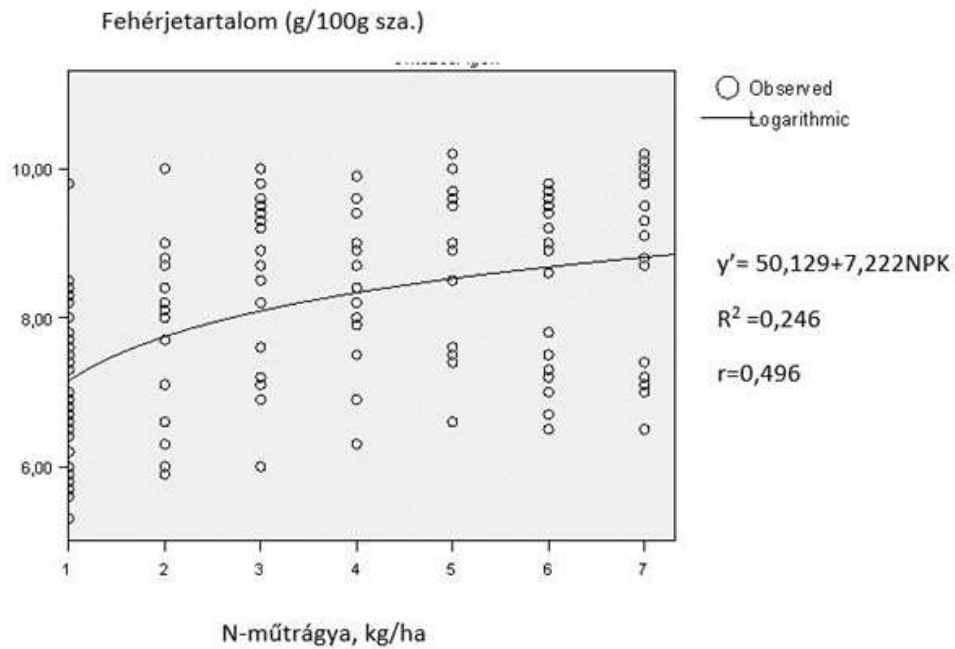
77. melléklet: A műtrágyázás és termés közötti összefüggés, logaritmikus regressziós eredménye, öntözött változat (Debrecen 2018-2020)



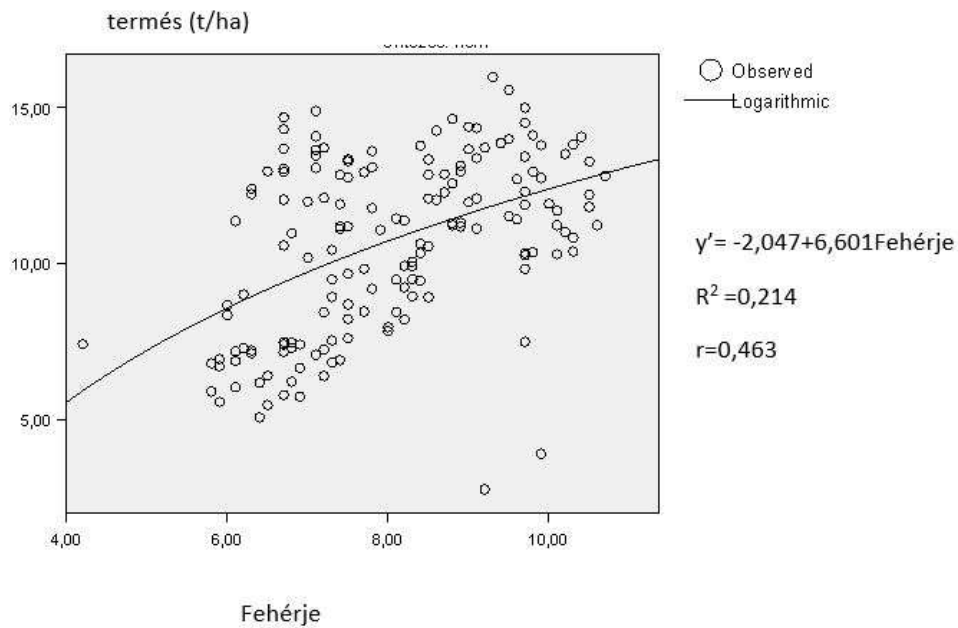
78. melléklet: A kukoricaszem fehérjetartalma és műtrágya közötti összefüggés, logaritmus regressziós eredménye, nem öntözött változat (Debrecen 2018-2020)



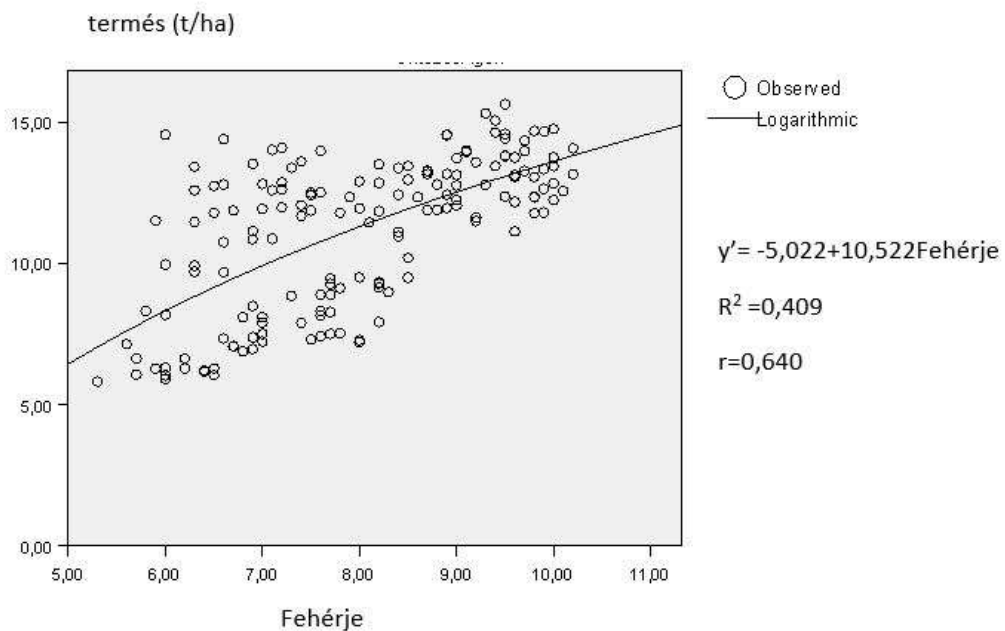
79. ábra: A kukoricaszem fehérjetartalma és műtrágya közötti összefüggés, logaritmus regressziós eredménye, öntözött változat (Debrecen 2018-2020)



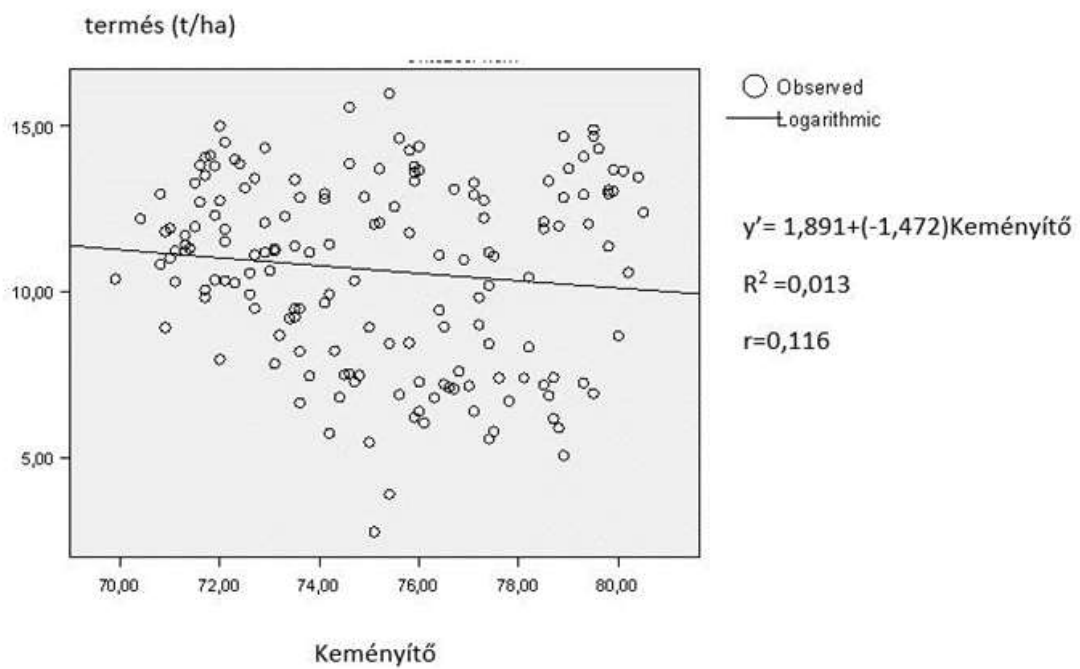
80. melléklet: A kukoricaszem fehérjetartalma és termés közötti összefüggés, logaritmikus regressziós eredménye, nem öntözött változat (Debrecen 2018-2020)



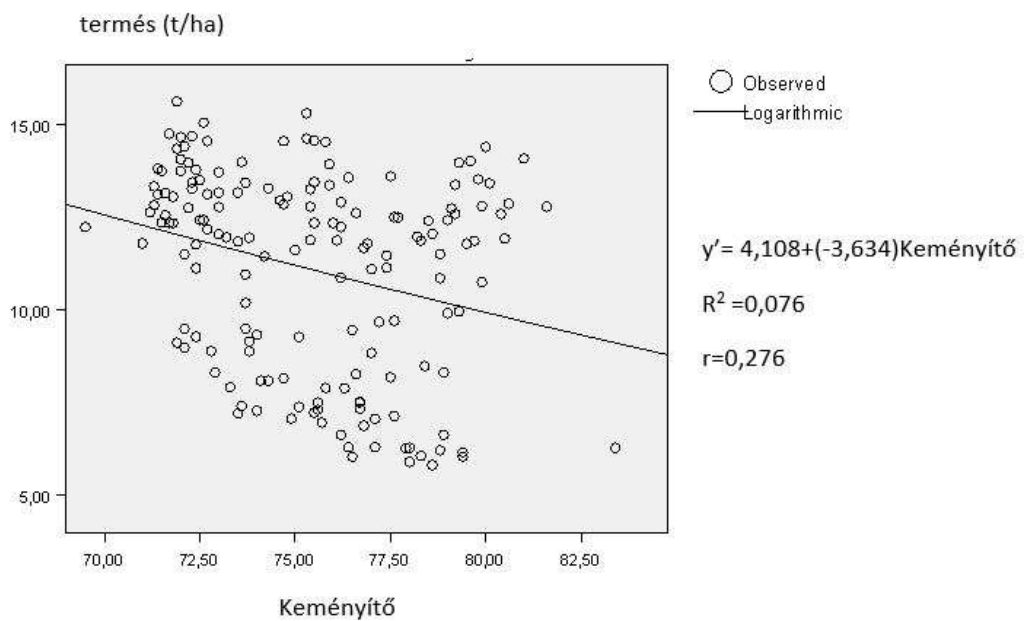
81. melléklet: A kukoricaszem fehérjetartalma és termés közötti összefüggés, logaritmikus regressziós eredménye, öntözött változat (Debrecen 2018-2020)



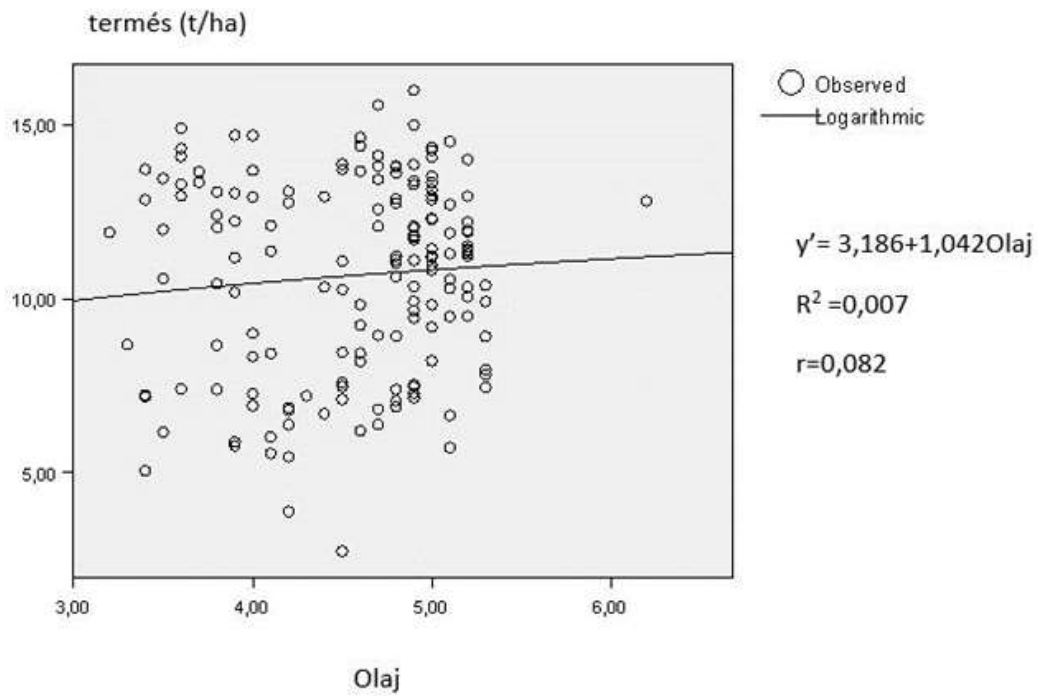
82. melléklet: A kukoricaszem keményítőtartalma és termés közötti összefüggés, logaritmus regressziós eredménye, nem öntözött változat (Debrecen 2018-2020)



83. melléklet: A kukoricaszem keményítőtartalma és termés közötti összefüggés, logaritmus regressziós eredménye, öntözött változat (Debrecen 2018-2020)



84. melléklet: A kukoricaszem olajtartalma és termés közötti összefüggés, logaritmus regressziós eredménye, nem öntözött változat (Debrecen 2018-2020)



85. melléklet: A kukoricaszem olajtartalma és termés közötti összefüggés, logaritmus regressziós eredménye, nem öntözött változat (Debrecen 2018-2020)

