

DEBRECENI EGYETEM

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

Doktori Iskola vezető:

Prof. Dr. Holb Imre
egyetemi tanár, az MTA doktora

Témavezetők:

Dr. Kutasy Erika Tünde PhD
egyetemi docens

Dr. Vad Attila Miklós PhD
tudományos főmunkatárs

**KÜLÖNBÖZŐ KUKORICA HIBRIDEK EGYES BIOLÓGIAI
JELLEMZŐINEK, PRODUKTIVITÁSÁNAK ÉS TERMÉS-
MINŐSÉGÉNEK VIZSGÁLATA ELTÉRŐ ÁLLOMÁNYSŰRŰSÉG
ÉS VÍZELLÁTOTTSÁG MELLETT**

Készítette:

Virág István Csaba
doktorjelölt

Debrecen
2024

**KÜLÖNBÖZŐ KUKORICA HIBRIDEK EGYES BIOLÓGIAI
JELLEMZŐINEK, PRODUKTIVITÁSÁNAK ÉS
TERMÉSMINŐSÉGÉNEK VIZSGÁLATA ELTÉRŐ
ÁLLOMÁNSÚRÚSÉG ÉS VÍZELLÁTOTTSÁG MELLETT**

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

Írta: Virág István Csaba okleveles agrármérnök

Készült a Debreceni Egyetem Kerpely Kálmán doktori iskolája
(Növénytermesztési- és kertészeti tudományok programja) keretében

Témavezetők: Dr. Kutasy Erika Tünde

Dr. Vad Attila Miklós

Az értekezés bírálói:

Név	Tudományos fokozat	Aláírás
Dr.
Dr.

A bírálóbizottság:

Név	Tudományos fokozat	Aláírás
elnök: Dr.
tagok: Dr.
Dr.
Dr.
Dr.

Az értekezés védésének időpontja: 20...

Tartalomjegyzék

1. BEVEZETÉS	5
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	8
2.1. Kukorica származása, jelentősége	8
2.2. Kukorica tőszámsűrítetősége	9
2.3. A kukorica beltartalma.....	11
2.4. A kukorica termésképző elemei.....	11
2.5. Az öntözés.....	12
2.5.1. Az öntözés jelentősége.....	12
2.5.2. A talajok szerepe az öntözésben	14
2.6. A növényállomány fejlődésének műszeres monitorozása.	14
2.6.1. Klorofill tartalom mérés.....	14
2.6.2. Levélterület index	16
2.6.3. Normalizált vegetációs index megállapítás	17
2.7. A tényleges és potenciális evapotranszpiráció arányának értékelése.....	19
3. ANYAG ÉS MÓDSZER	20
3.1. A kísérleti terület talajadottságai	20
3.2. A vizsgálati évek időjárásának értékelése	21
3.2.1. A 2018/2019 tenyészév időjárásának értékelése	22
3.2.2. A 2019/2020 tenyészév időjárásának értékelése	23
3.2.3. A 2020/2021 tenyészév időjárásának értékelése	24
3.3. A szántóföldi kísérlet körülményei	25
3.4. A kísérletben vizsgált kukorica hibridek jellemzői	27
3.5. A mintavétel és a számítások módszere	27
3.6. Az eredmények értékelésének módszertana	30
4. EREDMÉNYEK	31
4.1. Vízellátás és állománysűrűség hatásának értékelése a kukorica hibridek fejlődésére, produktivására és minőségére 2019-ben.....	31
4.1.1. A kukoricaállományok vízellátottságának változása a 2019-ben.....	31

4.1.2	Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukorica hibridek relatív klorofilltartalmának változására 2019-ben	33
4.1.3	Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukorica hibridek Normalizált Differenciált Vegetatív Indexének változására 2019-ben.....	34
4.1.4	Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukorica hibridek levélterületének változására 2019-ben	36
4.1.5	Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukorica hibridek termésképző elemeire 2019-ben	37
4.1.6	Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukorica hibridek termésére 2019-ben	44
4.1.7	Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukorica hibridek minőségére 2019-ben	46
4.1.8.	A vizsgált tényezők közötti kölcsönhatások vizsgálata Pearson-féle korreláció analízissel 2019-ben.....	51
4.2.	Vízellátás és állománysűrűség hatásának értékelése a kukorica hibridek fejlődésére, produktivására és minőségére 2020-ban	53
4.2.1.	A kukoricaállományok vízellátottságának változása a 2020-ban.....	53
4.2.2	Állománysűrűség hatása a kukorica hibridek relatív klorofilltartalmának változására 2020-ban	54
4.2.3	Állománysűrűség hatása a kukorica hibridek Normalizált Differenciált Vegetatív Indexének változására 2020-ban	55
4.2.4	Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukorica hibridek levélterületének változására 2020-ban	56
4.2.5	Állománysűrűség hatása a kukorica hibridek termésére 2020-ban	57
4.2.6	Állománysűrűség hatása a kukorica hibridek minőségére 2020-ban.....	58
4.2.7.	A vizsgált tényezők közötti kölcsönhatások vizsgálata Pearson-féle korreláció analízissel 2020-ban.....	61
4.3.	Vízellátás és állománysűrűség hatásának értékelése a kukorica hibridek fejlődésére, produktivására és minőségére 2021-ben	61
4.3.1.	A kukoricaállományok vízellátottságának változása a 2021-ben.....	61
4.3.2	Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukorica hibridek relatív klorofilltartalmának változására 2021-ben	63

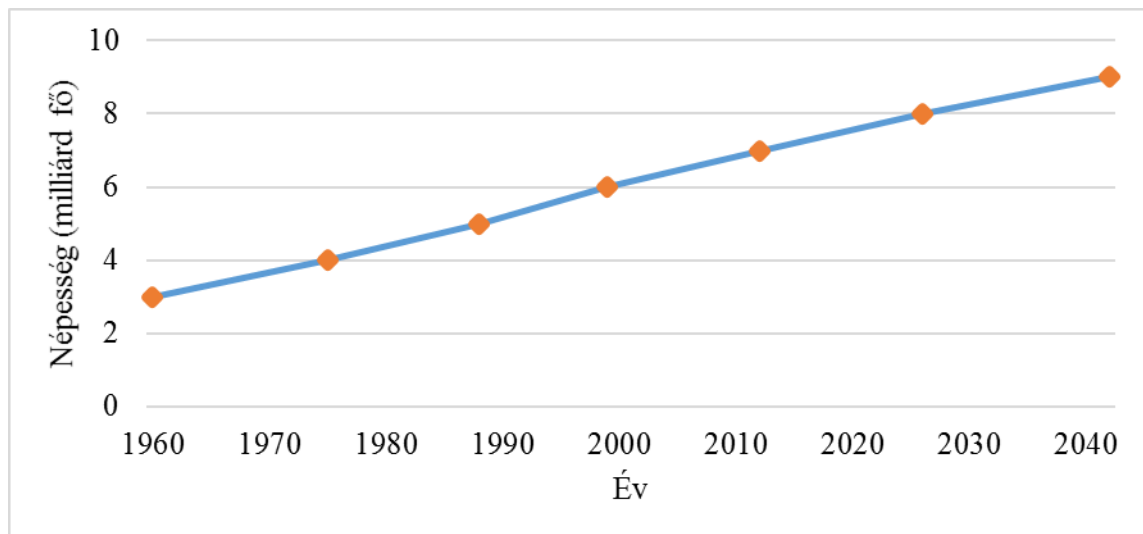
4.3.3	Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukorica hibridek Normalizált Differenciált Vegetatív Indexének változására 2021-ben.....	65
4.3.4	Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukorica hibridek levélterületének változására 2021-ben	66
4.3.5	Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukorica hibridek termésképző elemeire 2021-ben	68
4.3.6	Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukorica hibridek termésére 2021-ben	75
4.3.7	Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukorica hibridek minőségére 2021-ben	77
4.3.8.	A vizsgált tényezők közötti kölcsönhatások vizsgálata Pearson-féle korreláció analízissel 2021-ben.....	81
4.4.	Vízellátás és állománysűrűség hatásának értékelése a kukorica hibridek fejlődésére, produktivására és minőségére 2019 és 2021-ben.....	83
4.4.1	Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukorica hibridek relatív klorofilltartalmának változására 2019 és 2021-ben	83
4.4.2	Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukorica hibridek Normalizált Differenciált Vegetatív Indexének változására 2019 és 2021-ben	85
4.4.3	Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukorica hibridek levélterületének változására 2019-ben és 2021-ben	87
4.4.4	Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukorica hibridek termésképző elemeire 2019 és 2021-ben	88
4.4.5	Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukorica hibridek termésére 2019 és 2021-ben	95
4.4.6	Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukorica hibridek minőségére 2019 és 2021-ben	98
4.4.7	Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukorica hibridek egységnyi termésének eléréséhez felhasznált vízmennyiségre	102
5.	KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK.....	107
6.	ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK.....	109
7.	GYAKORLATBAN ALKALMAZHATÓ EREDMÉNYEK	110
8.	ÖSSZEFOGLALÁS.....	111

9. SUMMARY	114
10. IRODALOMJEGYZÉK	117
11. PUBLIKÁCIÓK AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN	130
12. NYILATKOZATOK	134
13. MELLÉKLETEK	135
13.1. Pearson-féle korreláció számítás eredményei.....	135
13.2. Ábrák jegyzéke	140
13.3. Táblázatok jegyzéke	146
13.4. Mellékletek jegyzéke	148
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	149

1. BEVEZETÉS

A mezőgazdasági termelés a világ népességének növekedésével egyre nagyobb kihívások elé néz. Az élelmiszer-ellátás biztonságának és a fenntartható mezőgazdasági fejlődésnek az elérése érdekében a termelés hatékonyságának növelése kulcsfontosságú.

Korábbi prognózisok szerint (1. ábra) a Föld népessége 2025-ben fogja elérni a 8 milliárd főt, azonban az ENSZ 2022-es jelentése szerint, már 2022-re elértük ezt az értéket. O’SULLIVAN (2023) szerint a tényleges növekedés minden korábbi becslést meghaladó mértékű.



1. ábra Föld népességének alakulása 1950-2050 (Forrás: U.S. Census Bureau. International Database)

A népesség növekedésével együtt a fogyasztás is növekedni fog, és ennek következtében fontos, hogy a termelt növényeink hozama az igények emelkedésével lépést tartson. A termőterületek aránya különböző okok miatt kedvezőtlen irányba változik, így fontos, hogy a mezőgazdasági termelők és a kutatók együttműködésével olyan megoldásokat találjunk, amelyek lehetővé teszi a hatékony és fenntartható mezőgazdasági termelést a jövőben is.

A kukorica az egyik legfontosabb és legelterjedtebb kultúrnövény, mely világszerte széles körben termesztett. A kukoricatermesztésnek azonban számos problémával kell szembenéznie, ideértve az éghajlatváltozást, a vízhiányt, a tápanyaghiányt, valamint a kártevőkkel és a betegségekkel szembeni küzdelmet. A fenntartható kukoricatermesztés során kiváló minőségű, az élelmiszer- és takarmánybiztonsági követelményeknek megfelelő termékek előállítását a cél a környezetvédelmi szempontok figyelembevételével. Ennek megvalósításához agronómiailag és ökonómiailag hatékony,

hibridspecifikus termesztéstechnológiát kell alkalmaznunk. A gyors genetikai előrehaladás (a hibridek genetikai anyagának gyors fejlődése), az állandóan változó hibridportfólió elengedhetetlenül szükségessé teszi a termesztéstechnológiai vizsgálatokat, valamint az egyes genotípusok közötti különbségek feltárására irányuló kísérleteket, többek között az optimális állománysűrűség meghatározása érdekében.

Az utóbbi években a klimatikus feltételek is egyre kedvezőtlenebb irányba fordultak: az átlagos csapadékelátottságú évek száma csökkent, míg az aszályos évek száma egyre növekszik, ráadásul a csapadékeloszlás is egyre hektikusabb képet mutat. Az aszályos évek gyakoriságának növekedése miatt egyre nagyobb hangsúlyt kap az öntözés. Az egyik legfontosabb tényező, ami hatással van a kukorica fotoszintézisére, az a vízellátottság. Az öntözött területeken jellemzően magasabb termés hozam érhető el, mint az öntözés nélküli területeken. Ennek oka, hogy az öntözés javítja a növény vízellátását, ami lehetővé teszi a fotoszintetikus folyamatok hatékonyabb működését, továbbá az öntözés segíti a növény szerves anyagcseréjét, ami javítja a kukorica hektáronkénti keményítő és fehérje hozamát. Az öntözés lehetővé teszi a növények számára, hogy az adott fenofázisnak megfelelő mennyiségű vizet kapjanak, ami javítja a termés minőségét és mennyiségét. Ez indokolja a hibridek öntözési reakciójának vizsgálatát. Az öntözés azonban nem csak pozitív hatásokkal jár, hanem számos olyan kihívással is szembe kell néznünk, mint például a vízforrások korlátozott rendelkezésre állása, a magas költségek és a környezeti hatások.

A kukorica fotoszintézisének hatékonyságát erősen befolyásolják a környezeti fényviszonyok. Az állománysűrűség a termést nagymértékben meghatározó tényező, azonban az egyes genotípusok tőszámsűrítetősége igen eltérő lehet. Az optimális tőszámot jelentősen befolyásolja a hibridek genetikai tulajdonsága, a tenyészideje, a termőhelyi adottság, az évjárat hatása, illetve a víz- és a tápanyagellátás mértéke. Ha a fenti tényezők megfelelőek, akkor a tőszám további sűrítésének a fényviszonyok szabnak határt, hiszen amellet, hogy a nagyobb tőszámnak a vízigénye is nagyobb, az önárnyékolás mértéke is nő.

A kutatók számos olyan módszert dolgoztak ki, amelyek lehetővé teszik a mezőgazdasági termelés hatékonyságának értékelését/minősítését, valamint javítását. Az egyik ilyen módszer a növényi klorofilltartalom és a vegetációs index mérése. A növényi klorofilltartalom és a vegetációs index fontos jelzők a növények állapotának meghatározására és az öntözés hatékonyságának értékelésére.

A kutatási eredmények azt mutatják, hogy a levélterület nagysága is szorosan összefügg a kukorica növekedésével és a termés mennyiségével. Emellett a levélterület mértékének alapján becsülhető a növény fotoszintetikus kapacitása és a vízhasználat hatékonysága is. Ezért a levélterület mérése fontos tényező a kukoricatermelés hatékonyságának javításában.

Ez a dolgozat olyan vizsgálatokat mutat be, amelyek célja a vízellátottság, a talaj vízgazdálkodása, valamint a kukorica fejlődése, termésképző elemei, produktivitása és minőségi paraméterei közötti kapcsolatrendszer feltárása. Kutatásaim során 3 éven keresztül (2019-2020-2021) vizsgáltam a termesztés hatékonyságát kukorica kultúrában öntözött és öntözetlen körülmények között, négy különböző hibrid és tőszám esetében. A vizsgálatok a kukorica növények relatív klorofilltartalmára, levélterületére, vegetációs indexére, termés mennyiségére és minőségére összpontosítanak. A kísérletben eltérő genetikai háttérű, de azonos éréscsoportba tartozó hibrideket teszteltünk. Vizsgáljuk a különböző hibridek agronómiai tulajdonságait, stressz érzékenységüket, öntözési reakcióját, továbbá a termésképző elemek változását.

A vizsgálat, a kísérlet célja:

- A vizsgált évjáratok termésmennyiségre és minőségre gyakorolt hatásainak elemzése.
- A vízellátottság termésmennyiségre és -minőségre gyakorolt hatásainak értékelése.
- Az állománysűrűség termésmennyiségre gyakorolt hatásainak vizsgálata
- A tényezők közötti kölcsönhatások feltárása, számszerűsítése.

Az eredményeink termelésbe történő integrálásával a mezőgazdasági gazdálkodók minőségi és mennyiségi javulást érhetnek el a kukorica terméshozamában és termésbiztonságában.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. Kukorica származása, jelentősége

Kukorica őshazájának az amerikai kontinenst tekintjük, ősi elterjedési területét MENYHÉRT (1985) Mexikóváros környékére lokalizálja az archeológiai feltárások által igazolt 80 000 éves kukoricapollenek alapján. Kolumbusz Kristóf 1493-ban hozta be Spanyolországba, és hamarosan elterjedt az egész Európai kontinensen, mivel a korábbi gabonafélékkel szemben a kukorica szinte mentes volt a kártevőktől és kórokozóktól, valamint magas terméshozamának köszönhetően széles körben felhasználható volt.

Az új világ felfedezése után a kukorica Amerika legjelentősebb kincse lett, mivel gazdasági szempontból az akkori ismert gabonaféléket is felülmúlta termőképességében. Magyarországra a 16. század végén, az 1590-es években érkezett meg Olaszországból vagy Dalmáciából, és népies neve "tengeri" innen eredeztethető. A törökök közvetítésével azonban Erdélyen keresztül is érkezett kukorica hazánkba, innen másik népies neve a "török búza", amint azt az 1610-es évekből származó írásos feljegyzések is tanúsítják. Kolumbusz útja után egy évszázaddal már Kínában is elkezdtek termesztetni a kukoricát, amely mára a világ egyik legfontosabb növényévé vált, nagy terméshozama és széleskörű felhasználhatósága miatt. Azonban a kukorica pontos eredete továbbra sem ismert. Az azték, maja és inka civilizációk egyaránt termesztették, és mire az új világot felfedezték már az amerikai kontinens jó részén elterjedt volt (SURÁNYI et al., 2014). Neves kutatók, mint HARSBERGER (1893), WEATHERWAX (1918), MANGELSDORF és REEVES (1938) foglalkoztak a kukorica eredetével, azonban COLLINS (1919) és COLLINS és KEMPTON (1920) elmélete a teosintével és hibridizációval kapcsolatban új irányt szabott a kutatásoknak. Az őselőd beazonosítására az előzetes feltételezéseket (BEADLE, 1939; GALINAT, 1985; és ILTIS, 1983) izoenzimes tanulmányokkal DOEBLEY (1990) megerősítette. NAGY (2007) a kukorica mai alakját egy sor katasztrófális morfológiai transzmutációból eredezteti, ami kialakította a nyolc soros csőstruktúrát.

A kukoricánál, ahogy már a legtöbb gabonafélénél is, anter- és szövettenyészetek vizsgálatának hatékonysága elérte azt a technológiai szintet, hogy felhasználhatóvá váljanak a nemesítési programokban. Mára számos új, genetikai manipulációval előállított fajta került a piacra (PEPÓ és TÓTH, 2002).

Mindemellett a genetikai vizsgálatok hatékonysága és felhasználhatósága is teret nyer az új kukorica hibridek előállításában, PEPÓ (2006) szerint a DNS-alapú un. fingerprinting

technológiák közül az AFLP módszer eddig a leghatékonyabb módszernek a különböző genotípusok közötti genetikai hasonlóságok és különbségek összehasonlításában.

GUO et al. (2023) munkájuk során széleskörű genom asszociációs vizsgálattal (GWAS) 61 jelentős egy nukleotidos-polimorfizmus markert (SNP) és 29 jelölt gént azonosítottak, melyek közül a kukorica levélerek számát szabályozó Zm00001d018081 és a középső erezet területét szabályozó Zm00001d027998 jelölésű gén segítséget jelenthet a kukorica levélerek öröklődési folyamatának genetikai mechanizmusának mélyreható elemzésében. A genotípusok tulajdonságainak ismerete, s ennek megfelelően a legkedvezőbb fajta kiválasztása (a termőterület jellemző stresszfactoraihoz igazodva) nagymértékben meghatározhatja a termesztés hatékonyságát (SZÉLES et al., 2019).

ZSUBORI et al. (2002) is rávilágít a genetikai kutatások jelentőségére a kukorica termesztésében. Munkájukban elemzik, hogy a növény magassága - mint nem minőségi jellemző - pozitív korrelációban áll a szárazanyaghozammal, a szemterméssel, valamint a szármadaradvány mennyiségével.

Magyarországon a kukorica vetésterülete 973 ezer hektár volt 2020-ban (KSH, 2021), ami 5,3%-kal kevesebb, mint az előző évben (1,03 millió hektár), azonban a terméseredmények kedvezőbben alakultak 2020-ban (8,6 t ha⁻¹), mint 2019-ben (6,9 t ha⁻¹). A kukorica vetésterületének nagysága hazai viszonylatban is jelentős, és gazdasági jelentősége is kiemelkedő.

2.2. Kukorica tőszámsűrítetősége

A kutatók már régóta felismerték a genetikai háttér jelentőségét, mivel a megfelelő genotípus megválasztása fontos része a termelésnek. A hibridek különböző agrotechnikai kezelésekre és időjárási viszonyokra másként reagálnak (VÁRALLYAY, 1988; MARTON és SZUNDY, 1990; VARGA, 1990; SZÉLES et al., 2019). A szárazságtűrő képesség fokozása a nemesítés fő irányvonalai közé tartozik (AGARIE et al., 1995; SULLIVAN, 1971; SULLIVAN és ROSS, 1979), KIRK (1994), BOYER (1996) és BERZY et al. (2015). Az állománysűrűség fontossága már az őshazájában, a kukorica korai termesztésében is megmutatkozott. Ekkor a termesztéstechnológiája igen kezdetleges volt, igazi földművelés az indiánok részéről tulajdonképpen nem is történt. NAGY (2007) az inkák, maják és aztékok által használt 3,5 m – 0,45 m közötti sor- és tőtávolságra hívja fel a figyelmet. A vetést fészekszerűen végezték el, amibe egy fél halat ástak, felismerve annak termésre gyakorolt jótékony hatását.

SÁRVÁRI (1982) vizsgálta a modern hibridek optimális tenyészterületét, és megállapította, hogy az addigi 0,49 m²-ről 0,13-0,21 m²-re csökkent az évek során. A tőszámot csak egy határig lehet növelni, mert egy bizonyos állománysűrűség felett már termésdepressziót okoz. A tőszámmal foglalkozó tanulmányok száma jelentős, mivel 1995-től a tőszámsűrűség a nemesítés fő irányvonalába került. (SÁRVÁRI, 1995; NAGY, 1996; SZABÓ-KOZÁR, 1998; SÁRVÁRI et al., 2002). Az új hibridek optimális tőszámát hosszas kísérletezések során állapítják meg a gyakorlat számára.

A tőszám növelésének befolyásoló erejét, továbbá a termésmaximumok optimalizálását sok külföldi és hazai kutató is vizsgálta és többször ellentétes eredményre jutottak a sortávolság tekintetében. LUTZ et al. (1971), NAGY (1983), PINTÉR és KOROM (1982), PORTER et al. (1997), WIDDICOMBE és THELEN (2002), SHAPIRO és WORTMANN (2006), GÖZÜBENLI (2010), TÓTIN és PEPÓ (2018) termésnövekedést tapasztaltak, ezzel szemben GIESBRECHT (1969), JOHNSON et al. (1998), FARNHAM (2001), MA et al. (2018) kutatásaiban a hozam nem növekedett. A sűrűbb állományok aszályra való érzékenysége megnő, állapítja meg SÁRVÁRI (2008) és SZÉLL et al. (2013), ezért figyelmüket az egyedre jellemző nagy termőképességű kukorica hibridekre irányítják, mivel ezek a genotípusok alacsonyabb tőszámon is jó hozamokat tudnak elérni. SÁRVÁRI et al. (2001, 2002), SÁRVÁRI (2005, 2006), valamint PÁLOVICS és SÁRVÁRI (2006) a kutatásaikban az egyedi produkció csökkenését figyelték meg. Ennek elsődleges okozója véleményük szerint a tőszámsűrítés által bekövetkezett tenyészterület csökkenésből eredő fény- és vízellátottsági probléma. A túlsűrítés termelésre vetített káros hatását MAGASSY és NAGY 1984-ben hamar felismerte, mivel így a termés mennyisége nagy szórásokat mutatott az évjáratok hatása miatt. Rövid tenyészidejű genotípusok használatát, továbbá emelt tőszámon történő vetést javasol BERZSENYI és TOKATLIDIS (2012) ezzel növelve a terméseredményt. PEPÓ (2012) véleménye szerint az egyenletes állománysűrűség és az ezzel járó egyenletes tenyészterület biztosításával mérsékelhető a termésingadozás. Az egyöntetű tenyészterület és állománysűrűség nehézségeinek megoldásában az öntözés az egyik fő elem SZÉLL et al. (2012) szerint. BERZSENYI et al. (2011) a 30 éves kutatásukra alapozva kijelenti, hogy a genetikai előrehaladás miatt az optimális tőszámok jelentősen megnöttek, de ezzel párhuzamosan a meddő csövek és dőlt egyedek száma is megnőtt. PEPÓ et al. (2016) szerint mindezen jelenségek figyelembevételével hibridspecifikusan, az adott termőhely talajtípusával, a víz- és tápanyagellátással összhangban kell megtervezni a növény termesztéstechnológiáját a megfelelő termésstabilitás elérésének

érdekében. Ezt támasztja alá SIPOS (2009) is, aki kísérletében megállapította, hogy a termés szemnedvességtartalmát a hibridek megválasztása jelentősen befolyásolja.

2.3. A kukorica beltartalma

RÁTONYI et al. (2012) rávilágít, hogy a Magyarországon termesztett kukoricahibridek között jelentős különbségek vannak. A termesztési célt figyelembe véve kell a hibrideket megválasztani az adott termőterületre. Igaz ez az egyre nagyobb figyelmet kapó bioetanol gyártás esetében is a kukorica keményítőtartalmának amilóz összetevője és a rezisztens keményítő tartalma fokozott figyelembevételével. Ugyanakkor az időjárási stresszfaktorok hatását hibridspecifikus tápanyagellátással lehetséges csökkenteni (SZÉLES et al., 2019). A kukorica minőségi paraméterei genetikailag meghatározottak, de az agrotechnikai és környezeti hatások IZSÁKI (2006a, 2006b) szerint képesek befolyásolni a kukorica fehérje- és keményítőtartalmát, melyek átlagosan, 8-10% és 70-72% közötti értékeket vesznek fel. Elsősorban a biológiai alapok határozzák meg a terméshozamot, valamint a keményítő mennyiségét (SIPOS, 2009) és milyenségét is, mint a magas amilopektin tartalmú *Zea mays varietas ceratina* (WAXY kukorica) (SHUQIN et al., 2012). Azonban agrotechnikai módszerekkel indirekt és direkt módon is tudjuk befolyásolni a kukorica keményítőtartalmát. PEPÓ (2017) szerint, indirekt elemeknek tekinthetőek például az öntözés és a vetéstechnológia, direkt elemnek pedig példaként a betakarítás ideje nevezhető. SONG és JIN (2020) kutatásában a kukorica hozama csökkent a tápanyag-kijuttatás mérséklésének hatására, emellett a szemtermés növekedése jelentősebb volt magas nitrogén- és foszfátbevitel mellett (ZHANG et al., 2022). A nitrogén ugyanis nélkülözhetetlen szerepet játszik az aminosavak előállításában, így növelheti a kukorica fehérjetartalmát és a szemtermés mennyiségét. A kukorica tápanyag-gazdálkodását befolyásolja a talaj tápanyag-ellátottsága, a genotípusok produktivitása és tápanyagreakciója, a növények növekedési feltételei termőhelyek, fenológiai fázisok és évjáratok függvényében egyaránt (LIU J. et al., 2021; LIU B. et al., 2022; LIU Z. et al., 2022.)

2.4. A kukorica termésképző elemei

Az alkalmazott agrotechnikai elemek befolyásolják az egyébként genetikailag determinált sorok számát a kukoricacsövön. (SÁRVÁRI és BOROS, 2010; PEPÓ, 2009). A vizsgált hibridek az optimális tőszám feletti növényesűrűség esetén a csövek hosszának megrövidülésével reagáltak TOLLENAAR és munkatársai (1997) és SÁRVÁRI (1982, 1995) publikációi alapján, szárazabb évjáratok esetében pedig SÁRVÁRI (2008) azt

tapasztalta, hogy a meddő csövek aránya is megnőtt - a cső rövidülésén túl - azonos tápanyagszintek mellett. A tápanyagellátás jelentősen képes befolyásolni negatív irányba a sorok és a soronkénti szemek számát is, mivel SANGOI és SALVADOR (1996) és SANGOI (2000), SÁRVÁRI (2001, 2005) és SÁRVÁRI et al. (2006) az optimális tápanyag szint alatt mind a két mutató tekintetében csökkenést tapasztaltak. A magas tőszám elősegíti a hektáronként elért teljes szárazanyag termelést és csökkenti a morzsolási indexet, ezáltal az optimális tőszám TOLLENAAR (1989) szerint a kettő kompromisszuma, amit az elérhető termésmaximalizálás szempontjából hozunk meg.

2.5. Az öntözés

2.5.1. Az öntözés jelentősége

A kukoricatermesztést korlátozó tényezők közül a víz az egyik olyan elem, amely jelenléte elengedhetetlen a termesztésben. A korai kutatások is foglalkoztak már az öntözés jelentőségével. CLAASSEN és SHAW (1970) 53%-os terméskiesést tapasztaltak az aszály miatt, ugyanis hiába van optimális mennyiségű tápanyag a talajban, a növény nem tudja hasznosítani a vízhiány következtében (OLSON, 1972).

SALIFU (2017) kísérletében megfigyelte, hogy a vízhiány miatt a növény magassága, a negyediktől a hetedik internódiumok hosszán keresztül csökkent és az első nyolc, tizenegy levél hossza, szélessége, fotoszintetizáló felülete és fotoszintetikus aktivitása szignifikánsan csökkent. Továbbá a talaj víztartalmának 40-50%-os csökkenésekor a cső hossza, átmérője, a csövenkénti sorok száma és a szemek száma is jelentősen csökkent.

CSETE et al. (1974) az öntözés költségét az öntözött és öntözetlen területek hozamával hasonlította össze, így a többlet értékeket, mint profitot szembe lehetett állítani az öntözés extra költségeivel. A vizet, mint erőforrást vizsgálta CASTLE (1987), vagyis a földhöz, a munkához, műtrágyához hasonlóan kell gazdaságilag kezelni. SZABÓ és ÁKOZÁR (1998) kutatása alapján a talaj 30-40 cm-es mélységéig történő beáztatása szükséges a hatékony termeléshez, mivel a kukorica a vízigényes növények közé tartozik; RADICS (2007) írása alapján 1 kg szárazanyag előállításához 300-400 l vizet használ fel. SÁRVÁRI (2013) 26 év átlagát vizsgálva, az öntözést műtrágyázással kiegészítve 4,5 tonnával növelte a termés mennyiségét, de csak a műtrágyázás öntözés nélküli hozamnövelő hatása 1 t ha^{-1} volt. FEJÉR et al. (2022) kutatásában a kukorica keményítőtartalmára a tenyészidő alatt lehullott csapadék jelentős, szignifikáns hatással volt a hőmérséklet mellett. Ugyanerre a megállapításra jutott BUTTS-WILMSMEYER et al. (2019), akik munkásságukban hangsúlyozzák a hőmérséklet, a csapadék és a talaj

víz tartalmának jelentőségét a kukoricaszemek minőségére és összetételére. Ugyanakkor a szentelítődés különböző szakaszaiban fellépő hőstressz csökkenti a keményítőtartalmat és a szemek tömegét (LU et al., 2013).

BRAMDEO és RÁTONYI (2020c) kutatásában megállapította, hogy a kedvezőtlen időjárási körülmények hatása részben csökkenthető az öntözött parcellákban alacsonyabb tőszám, kevesebb kijuttatott műtrágya, valamint a megfelelő talajművelési gyakorlat alkalmazásával. Példaként említve ilyen a sávos talajművelés a hagyományos szántással szemben BLANKA et al. (2013).

Az országosan növekvő csapadékhiány veszélyezteti leginkább a kukoricatermesztés eredményességét, melyet NAGY (1997) is megerősít az öntözés nélküli kukoricatermesztésben észlelt nagyfokú termésingadozások elemzésével. Tanulmányaiban FÜHRER et al. (2013) azt prognosztizálják az előrejelzések alapján, hogy fokozódni fognak az időjárási szélsőségek. A víz pótlása pedig elengedhetetlen CSAJBÓK (2019) szerint, ha a természetes csapadékmennyiség nem képes kielégíteni a kultúrnövény vízigényét. A kukorica vízigényét 450-550 mm-ben határozza meg SÁRVÁRI (2019), valamint a címerhányás és szentelítődés időszakát jelöli meg a legintenzívebb vízfelvételi időszaknak a kukorica tenyészideje során. Az öntözés okszerűségének fejlesztéséhez a big data alapú adatelemzéssel SULYOK (2020) a napi többszöri műszeres méréseket, s az így nyert adatokat felhasználva a növény aktuális állapotának megfelelően és szükséges mértékig történő öntözést szorgalmazza. TAMÁS et al. (2022) polifaktoriális kísérletében kimutatta, hogy a tervszerű öntözés hatása, a megfelelő talajművelési módok kiválasztása, a hibridenkénti eltérő tőszámok és a nitrogén dózisek szoros összefüggésben vannak a különböző genotípusú hibridek terméseredményeivel. BRAMDEO és RÁTONYI (2020a) a 2015-ös és 2016-os évet vizsgálva a nagyobb dózisú műtrágya hatásának elmaradását a csapadékhiány időjárással magyarázta.

BERZSENYI és GYŐRFFY (1997) kísérletükben megállapították, hogy a szükséges tápanyagokat teljes egészében NPK-műtrágya formájában kijuttatva jobb terméseredmények érhetőek el. Ugyanakkor az évjárathatás jól jellemezhető a szárazanyag produkció dinamikájával és a levélterület eltérő szezon dinamikájával MICSKEI et al. (2009) szerint, amivel elsősorban a csapadékhiány jelentős terméslimitáló hatására mutatott rá.

2.5.2. A talajok szerepe az öntözésben

A szántóföldi növénytermesztésben a talaj olyan közvetítő közeg, amely nem csak életteret ad a kukoricának, hanem tápanyagot, és vizet is szolgáltat. NAGY 1997-ben megállapította, hogy öntözést alkalmazva a Dekalb 524 SC kukorica hibrid esetében az évenkénti műtrágyareakció javult, a termésingadozás pedig csökkent. Azonban akár negatív hatást is elérhetünk az öntözéssel, ha nem megfelelően választjuk meg a kijuttatandó vízmennyiséget, az öntözőberendezést, illetve ha nem a növény és talaj igényeinek megfelelően alkalmazzuk. Hosszú távon kémiaiilag, biológiailag és fizikailag is módosítjuk a talaj tulajdonságait, állapította meg SZABOLCS 1968-ban. BRAMDEO és RÁTONYI (2020b) megfogalmazta, hogy az eltérő talajművelési módok jelentősen befolyásolják a talaj nedvességtartalmát. A talajjellemzők és a környezet együttesen határozzák meg a talaj vízforgalmát. FERENCSEK és RÁTONYI (2014) szerint a kukorica termése aszályos időszakban szignifikánsan nagyobb volt sávos talajművelés és altalajlazítás alkalmazása esetén, mint az őszi mélyszántásnál. A talajművelési protokoll egyértelműen befolyásolta a talaj nedvességtartalmát is a művelt rétegben. Ezt az elméletet erősíti meg szintén FERENCSEK et al. (2014) Jász-Nagykun-Szolnok megyében végzett kísérletében, ahol mindkét vizsgálati évben a sávos talajművelésű terület műveletlen sávközében volt a legnagyobb talajnedvesség tartalom megfigyelhető a vetést megelőző időszakban, bár mindez nem befolyásolta a száraz időszakokban a talaj felső 10 centiméterének nedvességtartalmát.

Minél jobb egy talaj termőképessége, annál szembetűnőbb az öntözés jótékony hatása. Az öntözés a talaj művelhetőségére, annak energiaszükségletére is hatással van VÁRALLYAY (2001) tanulmánya szerint. PALKOVITS és KOLTAI (2014) szerint a talaj vízháztartását a természetes flóra és a termesztett növényeken kívül a talaj levegőhő- és tápanyaggyordálkodása is befolyásolja. A vízfelhasználás hatékonyságának növelését szorgalmazza BOZÁN et al. (2018), amit a vízháztartás szabályozással javasolnak megoldani. Hazánkban az öntözést 3 fő talajtípuson végzik: csernozjom, réti öntés talaj és barna erdőtalajokon NÉBIH (2020).

2.6. A növényállomány fejlődésének műszeres monitorozása.

2.6.1. Klorofill tartalom mérés

A klorofill kiemelkedő szerepéről számos tudományos cikk szól, nem csoda, hisz a növények számára elengedhetetlen az energiaelőállításban. Ezen kívül a klorofill

mennyisége számos más növényi folyamatot is befolyásolhat. GITELSON et al. (2002) tanulmánya szerint a klorofill mennyiségének meghatározása segíthet a növények egészségi állapotának felmérésében és az esetleges betegségek korai felismerésében. Más kutatások azt mutatják, hogy a klorofill mennyisége szoros összefüggésben áll a fotoszintézis sebességével és a növényi biomassza termeléssel (MOUSTAKAS et al., 2016; WU et al., 2017). A klorofill mennyiségének meghatározása a növények állapotának felmérésén túl fontos lehet az agrárgazdasági termelés szempontjából is. Egy tanulmány szerint a kukorica klorofill-tartalmának meghatározása segíthet a terméshozam előrejelzésében és a termelés optimalizálásában (JING et al., 2014). Több kutatást is olvashatunk a klorofilltartalom jelentőségéről a növények növekedése és fejlődése szempontjából (POUDYAL et al., 2016; ZHAO et al., 2017). Ezek az eredmények azt mutatják, hogy a klorofill mennyisége szorosan összefügg a növényi növekedéssel és fejlődéssel, ezért fontos szerepet játszik a növények egészségének és terméshozamának fenntartásában.

A klorofill tartalom meghatározza a növények nitrogéntápláltsági-indexét, ami alapján következtetni tudunk a növény aktuális és kritikus nitrogéntartalmának arányára. Korábban egy roncsolással járó eljárást használtak, amit azonban mára már javarészt felváltottak a helyszíni, gyors mérési módszerek. Ennek az új mérési technológiának a hasznosságát fejezte ki a kutatásában JUSTES et al. (1997), MANETAS et al. (1998) és HAWKINS et al. (2009) is. A fiziológiai állapota és a növény leveleinek klorofill tartalma összefüggést mutat CARTER (1994), SADRAS et al. (2000) és CAMILLA et al. (2016) kutatásaiban, mivel a természetes és antropogén stressz-tényezők hatással vannak a klorofill mennyiségére a levélben. CHUBACHI és munkatársai (1986) a Soil Plant Analysis Development (SPAD) mérőkészüléket Japánban fejlesztették ki, azzal a céllal, hogy non-destruktív módszerrel lehessen a rizs nitrogénellátottságát értékelni. Így született meg egy hordozható klorofillmérő eszköz, mely a kapott/mért eredmény zöldszínmérték alapján értékeli a növény nitrogénellátottságát, szükségét. (MARQUARD és TIPTON, 1987) rizsben, TURNER és JUND, (1991), PENG et al. (1993), JANAKI és THIYAGARAJAN, (2004), búzában REEVES et al. (1993), FOX et al. (1994), ARREGUI et al. (2006), FANG et al. (2018) FEKETE et al. (2020), kukoricában LIMA et al. (1985), PIEKIELEK et al. (1995), CHAPMAN és BARRETO (1997), RAJCAN et al. (1999), FANG et al. (2018) SPITKÓ et al. (2019), burgonyában JONGSCHAAP és BOOIJ. (2004), WU et al. (2007) GUOCHUN et al. (2021), palisza fűben (FLÁVIA et al., 2019), fás szárú kultúrákban pedig CHANG és ROBINSON (2003), BAUERLE et al.

(2004), PINKARD et al. (2006), ICHIE Et al. (2002) TREDER et al. (2022) is használták. YADAVA (1986) 14 növény családot vizsgált meg a műszerrel, majd a destruktív módszerrel is, így határozta meg a klorofill-a és klorofill-b területi koncentrációját az adatok összevetésével. A kutatásban szignifikáns összefüggést talált a két vizsgálati módszer között, melyet MARQUARD és TIPTON (1987) is megerősített kutatásában, amikor szignifikáns kapcsolatot állapítottak meg a SPAD klorofillmérő mért értékei és az acetonnal végzett spektrofotometriás klorofillmérés eredményei között.

A SPAD-ot a nitrogéntrágyázás hatékonyságának mérésére egy környezetbarát és non-destruktív, valamint gyors és a természet helyszínén használható, hatékony módszernek tartja YADAVA (1986), PIEKIELEK és FOX (1992), FEIL et al. (1997), BERZSENYI és LAP (2001), JUSTES et al. (1997), EDUWIN et al. (2021).

A N-trágyázás és a szemtermés között BERZSENYI és LAP (2003), PAKURÁR et al. (2003) és LI et al. (2020) is szoros lineáris összefüggést találtak. A hozamok növeléséhez és fenntartásához az intenzív trágyázás és az öntözés fontos tényező, de ezeken túlmenően a tápanyag hasznosulása, valamint annak mértéke kulcsfontosságú a termésstabilitás elérésében, amit a trágyázási kutatásaikban MANUEL et al. (2000), VÁNYINÉ et al. (2011), VÁNYINÉ és NAGY (2012), WASAYA et al. (2017) nélkülözhetetlen szegmensnek tartanak. Gazdasági szempontból a termés és egyúttal a jövedelem maximalizálása okán a megfelelő termesztési mód és tápanyagellátás megválasztása a kukorica termesztésében kulcsfontosságú. Az alkalmazott termesztési rendszer minden esetben hatással van a kukorica allometrikus növekedésére és a morzsolási arányra (WASAYA et al., 2017; SHI et al., 2016). A termesztési gyakorlat szignifikáns hatással van a kukorica leveleinek klorofilltartalmára és a fotoszintetikus aktivitására. A növény leveleinek klorofill tartalma összefüggésben van annak egészségi állapotával és így a várható terméssel is. A SPAD-értékek alkalmasak a klorofill tartalom gyors és szakszerű meghatározására (SOWIŃSKI és GŁĄB, 2018). DUZS et al. (2019a) megállapította, hogy a tápanyagellátás, és a talajművelés módja is szignifikánsan befolyásolja a kukorica mért SPAD-értékeit. Szántás alkalmazása mellett a nagyobb dózisban kijuttatott nitrogénadagok magasabb SPAD-értékeket eredményeztek.

2.6.2. Levélterület index

A levélterület fontos jellemző, amely alapján becsülhető a fotoszintetikus kapacitás, és így az előállítható biomassa mennyisége. A levélterület mértékének változása összefüggésben áll a növényi növekedési folyamatokkal és a termés mennyiségével is.

Az elmúlt években számos tudományos kutatás készült a kukorica levélterületének fontosságáról. HAMMER et al. (2009) azt vizsgálták, hogyan befolyásolja a levélterület nagysága a kukorica terméshozamát. A kutatók megállapították, hogy a nagyobb levélterületű növények nagyobb termést adtak, mint a kisebb levélterületűek, valamint, hogy a levélterület és hogy a növények termésmennyiségei között szignifikáns összefüggés voltak.

Egy másik tanulmány a vizsgálta a kukorica levélterületének kapcsolatát a fotoszintézis hatékonyságával és a vízhasználattal. A kutatás eredményei azt mutatták, hogy a nagyobb levélterületű növények nagyobb fotoszintetikus hatékonysággal rendelkeztek, és hogy hatékonyabban használták fel a rendelkezésre álló vizet is (SUN et al., 2021).

A fotoszintézis a növények levelében megy végbe, ezáltal a nagyobb levélterület nagyobb fotoszintetizáló felületet is jelent, ezért fontos megállapítani, hogy egy négyzetméternyi szántóföldi területre hány négyzetméter levélterület jut. A levélterület mérő segítségével megállapíthatjuk a levélterület indexet (LAI), melyet a biomassza mennyiség sérülés nélküli előzetes becslésére használt WEI et al. (2018), QI et al. (2020) pedig gyökéröntözés hatásosságának értékelésekor vizsgálta a levélterületi index változását.

2.6.3. Normalizált vegetációs index megállapítás

A Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) az egyik legelterjedtebb és legjelentősebb vegetációs index, amelyet távérzékelés során is alkalmaznak a növényzet egészségi állapotának, termékenységének és növekedési állapotának értékelésére. A növények fényelnyelő képességét a közeli infravörös fényvisszaverődés által mérjük az NDVI műszerrel. A növényzet lombjának reflexiójának mérése vörös, és közeli infravörös tartományokban és ezen adatokból a normalizált vegetációs index számításával képet kaphatunk annak növekedési kondíciójáról, a növényi biomasszáról és a termelékenység mintázatokról (RAGÁN et al., 2018).

Az NDVI értékei korrelálnak a fotoszintetikus aktivitással, a biomassza mennyiségével, valamint a vízfelvétel és vízhasznosítás hatékonyságával.

Több kutatás is kimutatta az NDVI fontosságát a mezőgazdasági termelés és a környezetvédelem szempontjából. Az NDVI felhasználása a precíziós mezőgazdaságban (precision agriculture) segíthet a termelőknek a termelési folyamatok optimalizálásában, mivel lehetővé teszi a növényzet állapotának és stressz szintjének időben történő felismerését.

A kukorica NDVI-dinamikája a fajták és hibridek átlagában szignifikáns korrelációt mutatott a terméshozammal, a vetést követő 90-105. napon TAMÁS et al. (2023)

kísérletében. Eredményeik szerint az R3 fenológiai állapotban mért NDVI-értékek alkalmasak a termés előrejelzésére, bár véleményük szerint pontosabb becslésre van lehetőség egy korábbi vegetatív szakaszban. Mindez azonban nagymértékben függ a termőhely környezeti tényezőitől és az alkalmazott agrotechnikától modell pontosságát illetően. DUZS et al. (2019b) tanulmányában megállapította, hogy a különböző fenológiai fázisok eltérő SPAD és NDVI értékeket mutatnak a kukorica esetében, és különösen a címerhányás időszakának adatai korrelálnak a termés mennyiségével. Szvázi földön MKHABELA et al. (2005) a kukorica korai termés mennyiségbecslésére használta, míg az Amerikai Egyesült Államokban WARDLOW és EGBERT (2008) vetések feltérképezését követően a kapott adatokból az öntözés biomasszatömegnövelő és termésnövelő hatását elemezték. DANILOV et al. (2023) szerint hiperspektrális vegetációs indexmutatók segítségével, a növényi objektumok – gyomnövények a szántóföldi növények között - mennyiségi spektrális jellemzőin alapuló megközelítéssel a herbicidek hatékony, lokális kijuttatási módszereinek újszerű kidolgozására van lehetőség. MARESMA et al. (2020) termésbecslés esetében a mérés időpontját fontos szempontnak tartják, hasonló megállapításra jutott MASELLI et al. (2020) is, de a párolgás előrejelzés és ezáltal az öntözés szükségességének idejének meghatározásában van fontos szerepe. RAGÁN et al. (2019) rávilágít arra, hogy a műszer a növényállomány fiatal korában nemcsak annak adatait veszi fel, hanem vele együtt a környező talajfelszínét és más növényeket is. Címerhányás idején a pollen levegőben való jelenléte befolyásolhatja a mérés pontosságát.

LIU et al. 2019-es kutatásuk során az NDVI-t használták a talajnedvesség becslésére és a vízhasznosítás hatékonyságának javítására a kukorica termesztése során. Az NDVI segítségével meg lehet állapítani - többek között - a vízhiány által okozott stressz szintjét, és ezzel a talaj nedvességtartalmának optimalizálásával lehet javítani a növények növekedését és termés hozamát.

Egy másik kutatásban, LIU és KOLLÉGÁI (2021) az NDVI-t használták a sárga rozsdá és a lizstharmit betegségeinek felismerésére a búza termesztése során. Az NDVI értékek változása lehetővé tette a kutatóknak, hogy időben felismerjék a növényi betegségeket, és így hatékonyabban kezeljék azokat, ami végül növelheti a termés hozamot és csökkentheti a környezeti terhelést.

Ezen példákon keresztül jól látható, hogy az NDVI fontos szerepet játszik a mezőgazdasági termelés optimalizálásában és a környezetvédelmi erőfeszítések

támogatásában. A távérzékelés hatékony eszköz a vegetáció heterogenitásának és a növényzet fejlődési dinamikájának valós idejű kimutatására

2.7. A tényleges és potenciális evapotranszpiráció arányának értékelése

A növényzet vízháztartásának teljeskörű jellemzéséhez elengedhetetlen, hogy ismerjük a talajban található nedvesség mennyiségét, dinamikáját. Az evapotranszpirációval értékelhetjük a talajfelszín, valamint a növényzet párolgását/párologtatását. Két gyakran alkalmazott mutatóval relevánsan lehet jellemezni, becsülni az előbb említett viszonyokat.

A tényleges evapotranszpiráció (TET) a talaj evaporációjának (párolgásának) és a növényzet transzpirációjának az összege. Mivel a TET erősen függ az adott terület növényzetétől, valamint a talaj tulajdonságaitól, ezért értéke régióként jelentős eltéréseket mutat. (BREUER, 2007)

A potenciális evapotranszpiráció (PET) pedig azt mutatja meg, hogy ha a víz nem lenne korlátozó tényező, akkor mennyi nedvesség tudna elpárologni. A PET értékeit szinte kizárólag az adott termésmennyiség eléréshez szükséges vízmennyiség becslésére használják (EAGLEMAN, 1967).

SZÁSZ (1988) és CSAJBÓK (1999) munkájában olvashatjuk, hogy a TET/PET aránya, habár a vízellátottság kifejezésére nem alkalmas, a vízhiány jellemzésére kiválóan használható. Amikor a TET/PET $<0,65-0,70$, akkor kedvezőtlennek tekinthetjük a talajban található talajnedvesség mennyiségét. Azok a napok, amikor ez az arány $0,50$ alá esik, vízstressznapoknak tekinthetőek.

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1. A kísérleti terület talajadottságai

A kísérlet helye: DE AKIT DTTI Látóképi Növénytermesztési Kísérleti Telep

Az 1983-ban kialakított kísérleti telep a Hajdúsági löszháton, Debrecentől 11 km távolságra, a 33-as főút 95-ös km szelvényénél található (É: 47°33'42"; K: 21° 27'02").

A kísérleti terület talaja kiváló minőségű, jó kultúrallapotú, löszön képződött alföldi mészlepedékes csernozjom (1. táblázat). A talaj fizikailag a középkötött vályog kategóriába sorolható (Arany-féle kötöttség 43,0-47,6). A humuszos réteg vastagsága 80-90 cm, 40-50 cm egyenletesen humuszosodott réteggel (humusztartalom 2,16-2,76%). 75 cm mélységig a talaj pH-ja (KCl) 6,36-6,58 között változik, míg a mélyebb rétegekben 7,27-7,36 közötti értékeket mérhetünk. A terület N-ellátottsága közepes, az össznitrogén tartalom 50 cm mélységig 0,12-0,15% közötti. A talaj kálium-szolgáltató képessége közepes és jó között változik (50 cm mélységig 173,6-239,8 mg kg⁻¹). A foszforellátottság a felső 25 cm-es rétegben jó (133,4 mg kg⁻¹), a mélyebb rétegekben kedvezőtlenebb (31,6-48 mg kg⁻¹).

1. táblázat: A kísérleti terület talajvizsgálati adatai (Debrecen, 2015)

	Talajréteg				
	0-25 cm	25-50 cm	50-75 cm	75-100 cm	100-130 cm
pH (KCl)	6,46	6,36	6,58	7,27	7,36
K_A	43,0	44,6	47,6	46,6	45,4
CaCO₃ (%)	0,00	0,00	0,00	10,25	12,75
Humusz (%)	2,76	2,16	1,52	0,90	0,59
Szerves C (%)	1,60	1,25	0,88	0,52	0,34
Össz N (%)	0,15	0,12	0,09	0,08	0,78
NO₃+NO₂ (mg kg⁻¹)	6,20	1,74	0,60	1,92	1,78
P₂O₅ (AL) (mg kg⁻¹)	133,4	48,0	40,4	39,8	31,6
K₂O (AL) (mg kg⁻¹)	239,8	173,6	123,0	93,6	78,0

K_A: Arany-féle kötöttség, AL: Ammónium-laktát oldható, Össz N%: Összes nitrogén Kjeldahl-módszerrel meghatározva

A talaj a csernozjom talajokra jellemző, kedvező vízgazdálkodási tulajdonságokkal rendelkezik (2. táblázat). A minimális vízkapacitás 33,3-46%, a holtvíztartalom 8,5-15,55% a 0-200 cm-es rétegben. A talaj nagy mennyiségű víz raktározására képes, a talajvíz 3-5 m mélyen található.

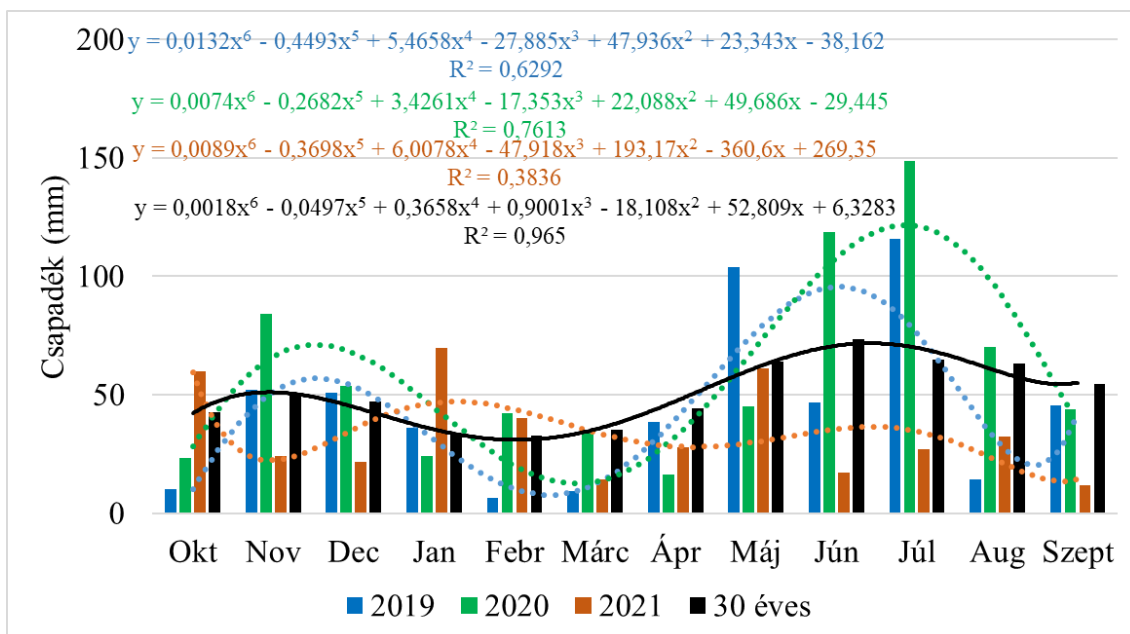
2. táblázat: A kísérleti terület talajának vízgazdálkodását jellemző mutatók (Debrecen, 2019)

Talajréteg	Térfogat-tömeg (g cm ⁻³)	Pórus-térfogat (P%)	Minimális vízkapacitás (VK _{min} %)	Holtvíz-tartalom (HV%)	hy
5-25 cm	1,46	45,0	33,3	15,55	2,72
27-33 cm	1,40	47,3	37,3	15,70	2,78
47-53 cm	1,23	53,6	38,3	14,75	2,76
72-78 cm	1,24	53,0	38,9	14,20	2,56
97-103 cm	1,26	52,6	40,6	11,13	2,17
122-128 cm	1,28	51,8	42,3	9,38	1,85
147-153 cm	1,25	52,8	44,6	9,03	1,78
197-203 cm	1,23	53,7	46,0	8,50	1,69

hy: Kuron-féle higroszkóposság

3.2. A vizsgálati évek időjárásának értékelése

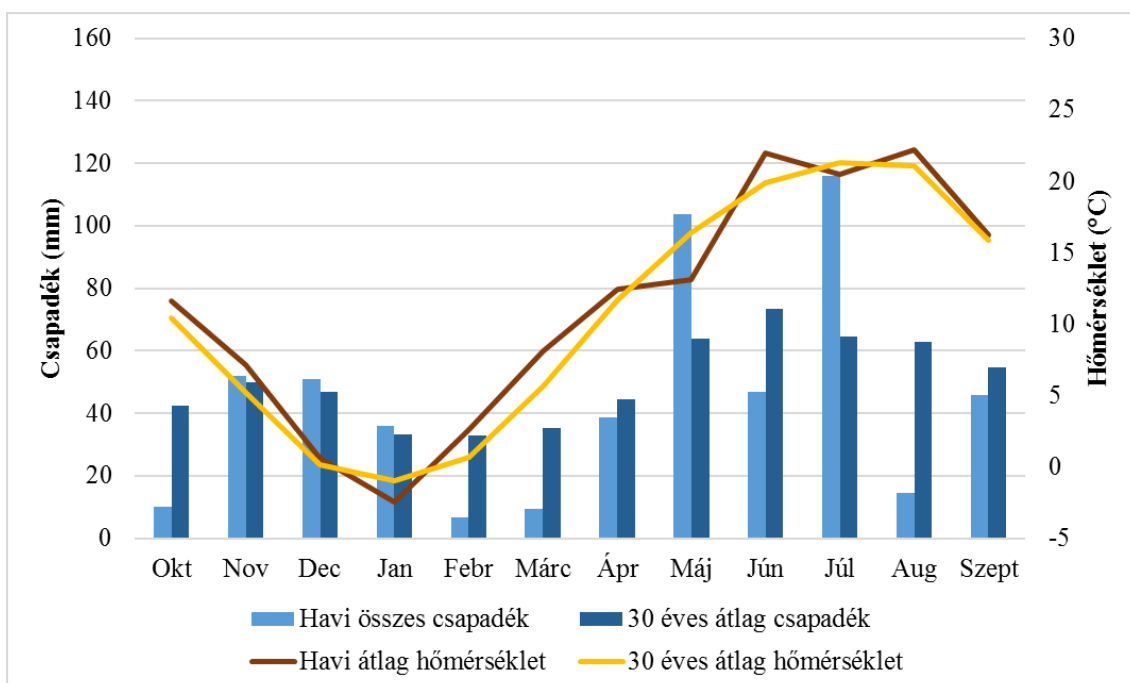
A kukorica fejlődése szempontjából nem csupán a tenyészidőszakban lehullott csapadék mennyisége meghatározó jelentőségű, hanem figyelembe kell vennünk az adott évet megelőző őszi-téli időszak hőmérsékleti és csapadékviszonyait is. A kísérleti terület természetes vízellátottsága a vizsgálati években jelentősen eltérően alakult, ami a kukoricaállományok fejlődését erőteljesen befolyásolta (2. ábra). 2020-ban a június-augusztus hónapok kedvező vízellátottsága miatt öntözésre nem volt szükség, ezért ebben az évjáratban az öntözés hatásának értékelésére nem volt lehetőségünk. A harminc éves átlaghoz viszonyítva a 2019 téli-tavaszi csapadék igen csekély volt, mivel májusig végig a 30 éves átlag alatt maradtak. Májusban már 103,7 mm csapadék hullott, júliusban pedig 115,9, ami 40-50 mm-el több csapadék hullott az átlaghoz képest, 2021-ben a tendencia hasonló volt májusig, azonban 2020. október és 2021. január kivételével végig a 30 éves átlag alatt maradt a csapadék mennyisége. 2020-as évben ezzel ellentétben a 2019. novemberében 35 mm-el több csapadék hullott az átlaghoz képest majd a tavaszi szárazabb periódus után egy csapadékban gazdag június (118.5 mm) majd egy a harminc éves átlaghoz képest 83,8mm-el több csapadék hullott. Összességében Debrecen Látókép 30 éves csapadékmennyisége 604,7 mm. A legszárazabb 2021-es évben 407,7 mm hullott 2020 októberétől 2021 szeptemberéig, ami 2019-es év átlagától is 130 mm-el kevesebb, ami szintén az átlagtól szárazabb volt. Azonban 2020-ban 704,6 mm hullott, ami már 100 mm-el több, a sok éves átlaghoz képest. A három vizsgált évből 2 aszályosnak és 1 átlagos-csapadékban gazdagnak tekinthető, bár a csapadék eloszlása kedvezőtlen volt.



2. ábra A kísérleti évek csapadékelátottsága a 30 éves átlaghoz (1981-2010) viszonyítva (Debrecen, 2018. október-2021. szeptember)

3.2.1. A 2018/2019 tenyészév időjárásának értékelése

A 2019-es év (3. ábra) a kukorica fejlődése szempontjából ellentmondásosan alakult, pozitív és negatív időszakok váltogatták egymást.



3. ábra A havi középhőmérséklet és a havi csapadék mennyisége a 30 éves átlaghoz (1981-2010) viszonyítva (Debrecen, 2018. október-2019. szeptember)

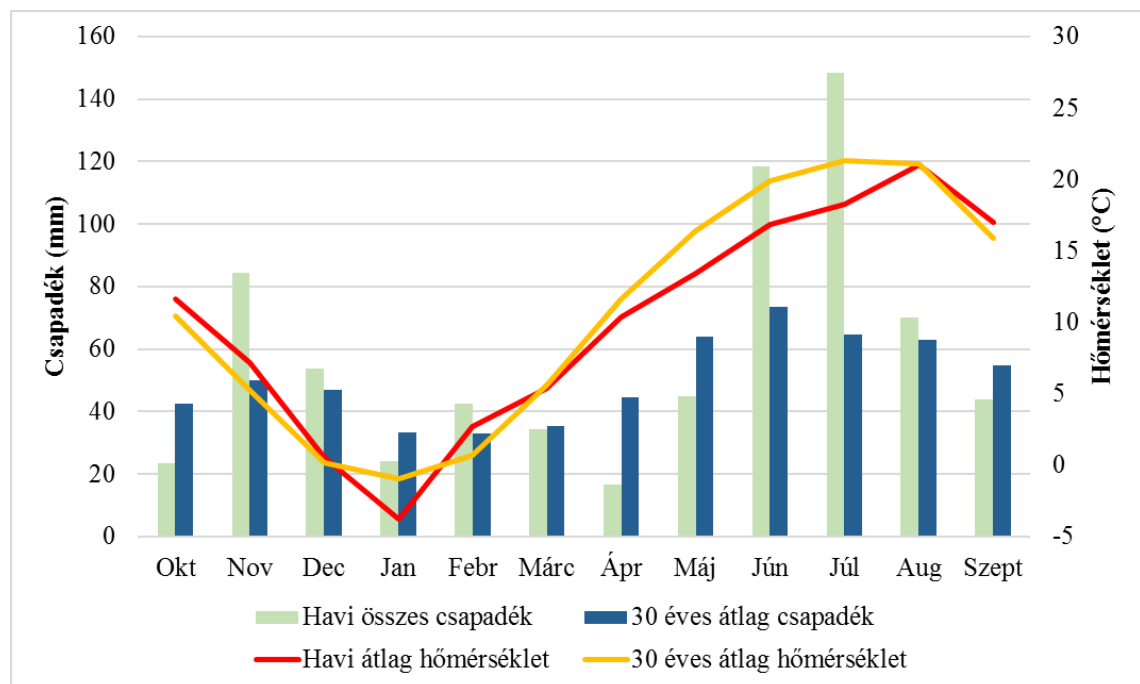
2018 őszén november végéig száraz és az átlagosnál melegebb időjárás uralkodott. 2019 tavaszára a talaj vízkészlete annak ellenére, hogy a téli hónapok csapadéka átlag körül

alakult, nem tudott teljes mértékben feltöltődni. Február, március és döntően az április is rendkívül száraz és az átlagoshoz (11,7 °C) képest lényegesen melegebb (12,43 °C) volt, ami a kukorica kelését és kezdeti fejlődését kedvezőtlenül befolyásolta. Szerencsére az április végén érkező csapadék megmentette az állományt. A májusi (103,7 mm) bőséges csapadék alacsony hőmérséklettel (13,07 °C) párosult, ezért pozitív hatása nem tudott kellő mértékben érvényesülni. A júniusi időjárás a kukorica vegetatív fejlődésének, a július pedig a generatív folyamatoknak (virágzás, termékenyülés, szemtelítődés kezdete) kedvezett. Augusztusban a száraz (14,4 mm), kánikulai meleg (22,18 °C) felgyorsította a biológiai érési folyamatokat, a levélleszáradást és a szemtermés vízleadását, ami szeptember közepére biológiai érettségi állapotot eredményezett.

A kedvező és kedvezőtlen időszakok váltakozása összességében átlagos vagy átlagosnál kicsit jobb kukoricatermést eredményezett.

3.2.2. A 2019/2020 tenyészév időjárásának értékelése

A 2020-as év egy, a megszokottól hűvösebb és csapadékosabb évjárat volt (4. ábra).



4. ábra A havi középhőmérséklet és a havi csapadék mennyisége a 30 éves átlaghoz (1981-2010) viszonyítva (Debrecen, 2019. október-2020. szeptember)

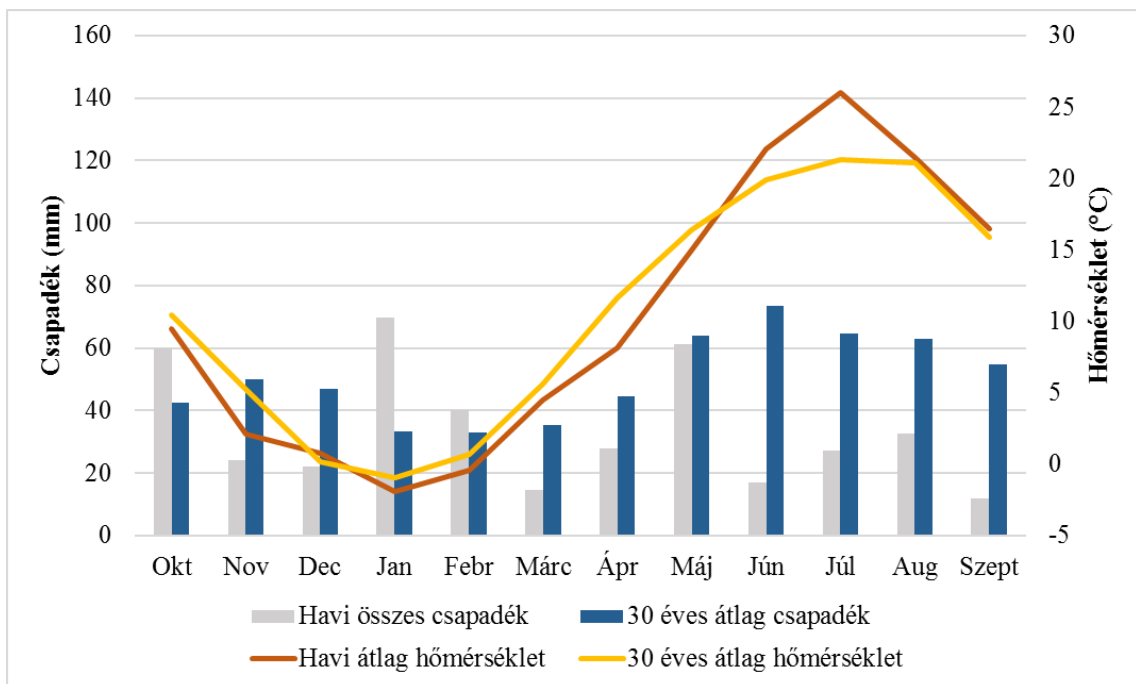
A 2019. év októberében (23,3 mm) folytatódott az átlagosnál (42,5 mm) szárazabb és melegebb (11,64 °C) időjárás, azonban novembertől kezdve a lehullott jelentős (84,3 mm) csapadékmennyiség a talaj vízkészletének gyarapodását segítette elő. Az enyhe novembert (7,16 °C) és decembert (0,57 °C) az átlagosnál (-1 °C) lényegesen hidegebb

január (-3,83 °C) követte. A márciusi átlagos időjárás segítette a talaj fokozatos felmelegedését, és a talajmunkák időbeni megkezdését is lehetővé tette, azonban a március végi-április száraz időjárás nem kedvezett a magágy előkészítési és a vetési munkáknak. A száraz és hűvös április hátráltatta a kukorica állomány kelését és kezdeti fejlődését. A május közepén érkező kiadós esők szüntették meg a hosszan tartó aszályt, ugyanakkor az alacsonyabb átlaghőmérséklet (13,44 °C) nem kedvezett a melegigényes kukoricának. A nyári hónapok vízellátása szokatlanul bőséges volt, de a hőmérsékleti értékek elmaradtak az átlagostól, ami miatt a kukorica vegetatív fejlődése lassúbb volt, az állományok július első felében érték el a generatív szakaszaikat. A júliusi időjárás alapvetően kedvezett a kukorica virágzásának, termékenyülésének és a korai szemfejlődésnek. A csapadékos (70 mm) és meleg (21,04 °C) augusztus kedvezett a szentelítődési folyamatoknak. A kukorica sokáig megtartotta az asszimilációs felületét, a levelek leszáradása csak a hónap végén kezdődött el. A szeptemberi szárazabb és melegebb időjárás felgyorsította a kukorica érését és vízleadását, így szeptember második felére az állományok elérték a biológiai érettséget. Összességében elmondható, hogy az átlagnál csapadékosabb évjáratnak köszönhetően kedvezőbb terméseredményeket értünk el.

3.2.3. A 2020/2021 tenyészév időjárásának értékelése

A 2020 októberében lehullott (60 mm) jelentős mennyiségű csapadék (5. ábra) hozzájárult a kísérleti terület talajának vízkészlet gyarapodásához. Novemberben (24,2 mm) és decemberben (21,9 mm) az átlagnál (49,9 mm, 47 mm) kevesebb csapadék hullott, azonban a január (69,8 mm) és a február (40,2 mm) kifejezetten csapadékos és hideg (-3,8 °C, 2,67 °C) volt. 2021 tavasza száraz és hűvös volt, ami nem kedvezett a kukorica fejlődésének. A május közepén (61,2 mm) érkezett az életmentő csapadék elősegítette az állomány vegetatív fejlődését. Júniustól kezdődően a nyári időszakban extrém meleg (22,06 °C) és száraz időjárás (17 mm) volt, azonban júniusban még a talajban tárolt vízkészlet segítette az állományok vegetatív fejlődését. A júliusi szárazság (27 mm) és hőség (26,02 °C) nem kedvezett a kukorica virágzásbiológiai és termékenyülési, majd a szentelítődési folyamatainak. Az augusztus hónapot is jellemző szárazság és meleg felgyorsította a kukorica érési folyamatait.

Összességében a 2020. év őszi-téli hónapjai növelték a talaj vízkészletét, amely részben ellensúlyozni tudta a 2021. év száraz tavaszi és száraz-extrém meleg nyári hónapjainak kedvezőtlen időjárás hatását.



5. ábra A havi középhőmérséklet és a havi csapadék mennyisége a 30 éves átlaghoz (1981-2010) viszonyítva (Debrecen, 2020. október-2021. szeptember)

3.3. A szántóföldi kísérlet körülményei

A látóképi kísérleti telepen 2019 és 2022 között állítottuk be a kisparcellás kukorica kísérletünket. A kísérletben négy ismétlésben, négy eltérő tőszámot beállítva vizsgáltuk száraz és öntözött viszonyok mellett négy kukorica hibrid fejlődését, levélterületének (LAI), klorofilltartalmának (SPAD), normalizált differenciált vegetációs indexének (NDVI) változását, termőképességét, termésalkotó elemeit és a szemtermés minőségét (fehérje- és keményítőtartalom). A tenyészidőben több alkalommal, 200 cm mélységből vett talajminták alapján megállapítottuk a talaj nedvességtartalmát.

Az agrotechnikai feltételek:

Parcellaméret: 1,52 x 10 m

A kísérlet 4 tőszámmal, 4 ismétlésben 3-3 sorban négy ismétléses strip-strip blokk elrendezésben lett elvetve. Minden parcellából két sor került betakarításra, a harmadik sor az évközi mintáknak szolgált alapul.

Az eltérő állománysűrűségtől (65-75-85-95 ezer tő ha⁻¹) eltekintve egységes agrotechnikát alkalmaztunk. A parcellák felénél címerhányás körüli időszakban két alkalommal 25-25 mm öntözővizet juttatunk ki (3. táblázat).

Elővetemény:

2019, 2021: kukorica

2020: szója

Tápanyagutánpótlás: őszezel 30 kg ha⁻¹ N, 72 kg ha⁻¹ P₂O₅ 72 kg ha⁻¹ K₂O, és tavasszal 135 kg ha⁻¹ N hatóanyagot juttatunk ki a kísérleti területre.

A vetés pneumatikus szemenkénti vetőgéppel történt a vetési időpontok: 2019.04.18; 2020.04.16; 2021.04.08.

3. táblázat: A kísérleti területen végzett talajmunkák és egyéb munkaműveletek

Dátum			Művelet	Megjegyzés
2018.09.14.	2019.10.14.	2020.10.25.	Műtrágyaszórás	NPK
	2019.10.14.	2020.10.25.	Tárcsa	
	2019.10.15.	2020.10.26.	Szántás	
2018.09.21.			Lazítás	
2018.10.13.			Szántóföldi kultivátor	
2019.03.04.	2020.03.27.	2021.03.12.	Kombinátor	
2019.04.08.	2020.04.08.	2021.03.29.	Műtrágyaszórás	N
2019.04.08.	2020.04.08.	2021.03.29.	Kombinátor	
2019.04.18.	2020.04.16.	2021.04.08.	Vetés	
2019.05.08.	2020.05.08.	2021.05.15.	Permetezés	Gyomszabályozás
2019.05.28.	2020.05.27.	2021.06.04.	Sorközművelő kultivátor	
2019.07.02.	-	2021.07.06.	Öntözés	25 mm
2019.07.15.	-	2021.07.30.	Öntözés	25 mm
2019.10.17.	2020.10.08.	2021.09.30.	Betakarítás	

Gyomszabályozás:

Dózis

Hatóanyag

90 g ha⁻¹

izoxaflutol

36 g ha⁻¹

tienkarbazon-metil

56 g ha⁻¹

ciproszulfamid

A betakarítást SAMPO Rosenlew SR 2010 parcellakombájnnal végeztem 2019.10.17; 2020.10.08.; 2021.09.30-án.

3.4. A kísérletben vizsgált kukorica hibridek jellemzői

A kísérletemben hasonló tenyészedejű kukorica hibrideket használtam: Kamária, KWS Kamparis, P9903, DKC4351.

A vizsgált hibridek rövid leírása:

Kamária: Zöldszáron érő, nagy stressztűrő képességű hibrid, melyre jellemző az erektív levélzet kezdeti fejlődési erélye kiváló, bár a fiatal állomány színe jellegzetesen világoszöld, FAO 370.

Kamparis: Zöldszáron érő, szinkronizált nő és hímivarú virágzás, FAO 350-400.

P9903: Magyarországi termesztési körülményekre nemesített, virágzás és szentelítődés idején jól tolerálja a magas hőmérsékletet, FAO 390.

DKC4351: Jól tűri a tőszámsűrítést, gyors vízleadású, jól adaptálódó hibrid, ezért kedvezőtlenebb feltételek mellett is sikeresen termesztethető, FAO 350.

3.5. A mintavétel és a számítások módszere

In situ növényfiziológiai, fejlődésdinamikai vizsgálatok:

A növényfiziológiai vizsgálatok idejét és BBCH szerinti fenológiai fázisát a 4. táblázat szemlélteti. A relatív klorofill tartalmat a Minolta SPAD 502 Plus, a Normalizált Vegetációs Indexet (NDVI) a Trimble Greenseeker kézi eszközzel, a levélterület indexet (LAI) pedig a LICOR LI-2000 Plant Canopy Analyzer nevű műszerrel mértem.

4. táblázat: Növényfiziológiai vizsgálatok időpontjai

Relatív klorofill tartalom (SPAD), Normalizált vegetációs index (NDVI) és a Levélterület index (LAI)			
2019	2020	2021	Fenológiai fázis
2019.06.14.	2020.06.09.	2021.06.10.	BBCH112
		2021.06.22.	BBCH32
2019.07.01.	2020.07.09.	2021.07.06.	BBCH61
2019.07.15.	2020.07.23.	2021.07.20.	BBCH67
2019.08.06.	2020.08.06.	2021.08.06.	BBCH71
2019.08.28.	2020.08.30.	2021.08.24.	BBCH81

Talajnedvesség vizsgálatok:

A kísérleti években évente több alkalommal (5. táblázat) a P9903 és a DKC4351 hibrid 65000 és 95000 tőszámú öntözött és öntözetlen parcelláiból talajmintát vettem.

5. táblázat: A talajmintavételek időpontjai

Kísérleti év			Fenofázis
2019	2020	2021	
2019.04.18.	2020.04.20.	2021.04.17.	BBCH01
2019.06.12.	2020.06.17.	2021.06.20.	BBCH32
2019.07.02.	2020.07.17.	2021.07.14.	BBCH61-67
2019.08.14.	2020.08.14.	2021.08.14.	BBCH97
2019.10.21.	2020.10.10.	2021.10.10.	BBCH99

A mintavétel 2 m mélységig történt Kobra talajmintavevő készülékkel, 20 cm-es szelvényenként. A talajnedvességet termogravimetriás módszerrel határoztam meg. 100 g nedves talajt helyeztem el szárítószekrényben, majd 105 °C-on szárítottam. 3 nap szárítást követően a talajokat 20 °C-ra visszahűlve lemértem, majd ezekből az adatokból határoztam meg a talaj nedvességtartalmát.

Termés minőség vizsgálata:

A betakarítással egy menetben 3 kg-os mintákat vettem, amiből a nedvesség- és beltartalmi paramétereket Pfeuffer Granolyser NIR gabona gyorsselemezővel mértem meg. Az ezerszemtömeget Pfeuffer Contador2 magszámlálóval és mérleg segítségével határoztam meg, a tömegét pedig a betakarításkori szemnedvességgel korrigáltam.

Termésképző elemek vizsgálata:

Betakarítás előtt a mintákat képző sorból 3 csövet letörtem. A csöveket csuhé levelektől megfosztva mérlegen lemértem, majd vonalzóval megmértem a cső hosszát. Egy sorban megszámláltam a szemeket, majd a csövet kettétörve a sorok számát is meghatároztam, a kiinduló sort alkoholos filccel megjelölve. A csöveket lemorzsoltam, majd lemértem a csutka tömegét és ebből megállapítottam a szemtömegét, illetve kiszámoltam a morzsolási arányt.

A potenciális evapotranszspiráció (PET) meghatározása

A klimatikus vízmérleg meghatározásához, az évjáratok hatásának értékelése érdekében kiszámoltuk a potenciális evapotranszspiráció értékét.

A potenciális evapotranszspirációt naponkénti számítással határoztam meg Szász Gábor módszerével, mely a víz párolgását döntő módon befolyásoló légköri elemeket és folyamatokat veszi figyelembe. (SZÁSZ, 1997):

$$PET = \beta \left[0,0054 (T + 21)^2 (1 - R)^{\frac{2}{3}} f(v) \right], \quad (\text{mm nap}^{-1})$$

A szükséges adatok:

T: napi középhőmérséklet (°C)

R: relatív páratartalom vagy a telítési hányad (e/E)

β : oázishatás tényezője

$f(v)$: a szélesebbesség hatásfüggvénye

Hazánk területére e formula alkalmazása javasolható, mivel a kidolgozása és validálása, hitelesítése hazai adatokra alapozott.

A tényleges evapotranszspiráció (TET) meghatározása

A számítási módszer figyelembe veszi a légkör vízfelvevő képességét, a talaj nedvességtartását és a növényzet hatását (ANTAL, 1969).

$$TET = \frac{w + b}{1 + b} \cdot w \cdot PET \quad [\text{mm nap}^{-1}],$$

ahol w = a relatív talajnedvesség tartalom a gyökérszónában (mm)

b = a növényzet hatását figyelembe vevő faktor, a fontosabb szántóföldi növények esetében meghatározásra került

PET = a potenciális evapotranszspiráció napi értéke (mm nap⁻¹)

A w értékének kiszámítása:

$$w = \frac{NT - HV}{VK \text{ min} - HV}$$

ahol NT = a talaj aktuális nedvességtartalma az adott rétegben (mm)

HV = a talaj holtvíztartalma az adott rétegben (mm)

VK_{min} = a talaj minimális vízkapacitása az adott rétegben (mm)

A számítás kezdetekor 20 cm-es réteggel számoltam, és 14 naponként növeltem 20 cm-rel a gyökérzóna mélységét, egészen 1 méterig.

3.6. Az eredmények értékelésének módszertana

Az adatok feldolgozásához az IBM-SPSS 26.0 statisztikai programcsomagban található varianciaanalízist (General Linear Model, GLM), lineáris és másodfokú regresszióanalízist, és Pearson-féle korrelációs számítást alkalmaztam. Az SzD_{5%} értékek kiszámítása SVÁB (1981) módszerével történt.

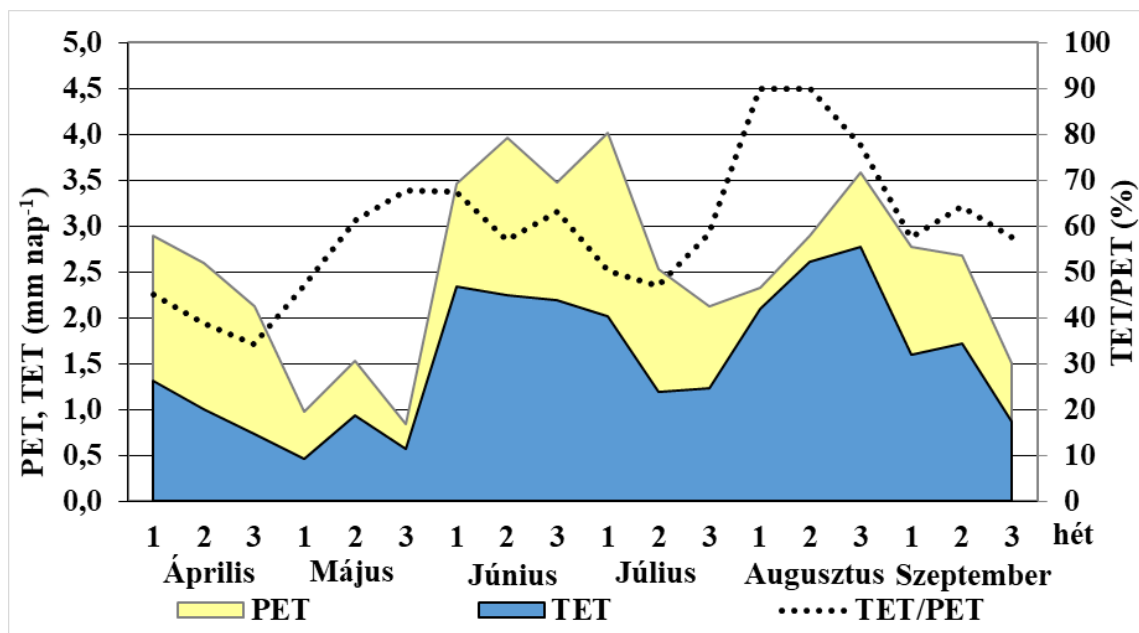
4. EREDMÉNYEK

4.1. Vízellátás és állománysűrűség hatásának értékelése a kukoricahibridek fejlődésére, produktivására és minőségére 2019-ben

4.1.1. A kukoricaállományok vízellátottságának változása a 2019-ben

4.1.1.1 Párolgási adatok elemzése 2019-ben

Egy adott terület vízellátottságának értékeléséhez a csapadékadatok ismerete mellett a párolgási értékekre is szükség van. A potenciális és tényleges evapotranszpirációs értékeket vizsgálva az első kísérleti évünkben (6. ábra) megállapíthatjuk, hogy a kukorica számára különösen kedvezőtlen vízellátottságú volt a tenyészidőszak kezdete, valamint június hónap és július első dekádja.



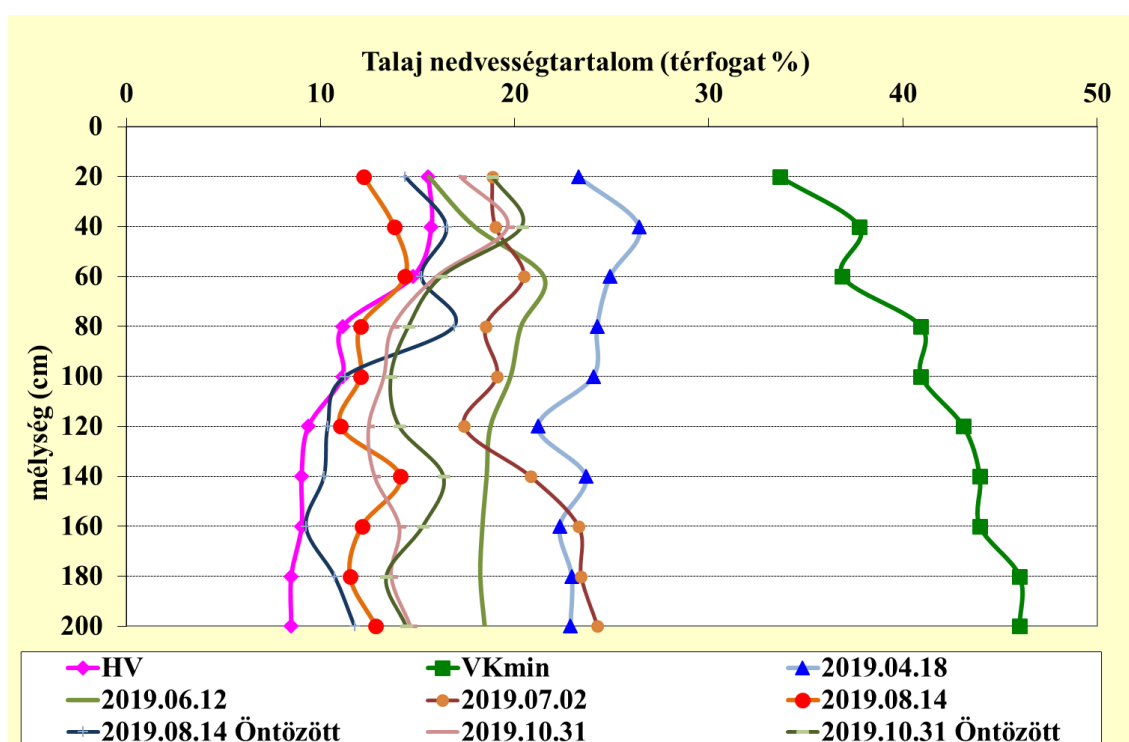
6. ábra A PET és TET becstelt értékei, illetve a TET és PET aránya kukoricában (Debrecen, 2019)

Április második-harmadik dekádjában a tényleges evapotranszpiráció értéke a potenciális párolgás 38,8-34,4%-át érte el. A májusban lehullott nagy mennyiségű csapadék hatására a TET/PET aránya 67,4-67,8%-ra javult, míg ez az arány ismét 47%-ra csökkent június végén és július elején. A mérési időpontok egy részében a növények láthatóan vízstressz állapotban voltak, melyet a mérések is igazoltak. A július második felében javuló vízellátás augusztus elején 90,0%-os TET/PET arányt eredményezett.

4.1.1.2 Talajnedvesség vizsgálatok eredményei 2019-ben

A talaj nedvességtartalma, vízgazdálkodási tulajdonságai alapvetően meghatározzák, hogy mennyi a növény által felhasználható víz mennyisége a rendelkezésre álló összes vízmennyiségből. A mély termőrétegű, jó vízgazdálkodási tulajdonságokkal rendelkező csernozjom talajok nagy mennyiségű víz tárolására képesek. Ilyen talajokon szükséges a 200 cm-es rétegben a nedvesség meghatározása és a vertikális nedvességprofil megismerése, mert a vízhiány a mélyebb talajrétegekben mutatkozik meg.

2019-ben az induló tavaszi nedvességekészlet a száraz február és március miatt kedvezőtlenül alakult, a vetés idején az talajnedvesség nem érte el a minimális vízkapacitás szintjét (7. ábra).



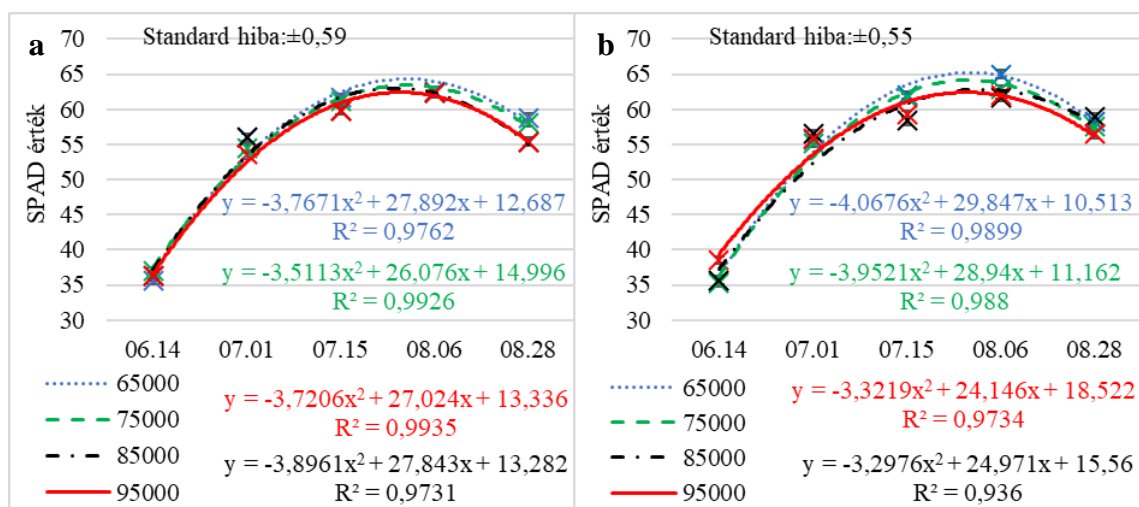
7. ábra A talaj nedvességtartalmának változása a kukoricaállományokban (Debrecen 2019)

Június elejére 20 cm-es mélységben a holtvíz tartalom szintjéig kiszáradt a talaj, de a mélyebb rétegekben lévő nedvességet a kukorica növények még hasznosítani tudták. A júniusi csapadéknak köszönhetően július elejére a 0-60 cm-es mélységben nőtt a növények számára elérhető víz mennyisége. 160 cm mélyen a talajnedvesség elérte a tavaszi induló nedvességszintet. Augusztus közepére az öntözetlen parcellákon a holtvíztartalom alá csökkent a talajban található vízmennyiség. Az öntözés pozitív hatása

80 cm-es mélységig volt kimutatható, a mélyebb rétegekben a nedvességszint az öntözetlen területekhez hasonló szinten volt.

4.1.2 Vizellátás és állománysűrűség hatása a kukorica hibridek relatív klorofilltartalmának változására 2019-ben

2019-ben a kukorica vegetációs időszakában öt alkalommal mértük a levelek relatív klorofill tartalmát (8. ábra). Vizsgáltuk az eltérő állománysűrűség és a levelek relatív klorofill tartalma közötti összefüggéseket öntözés nélküli és öntözött állományokban.

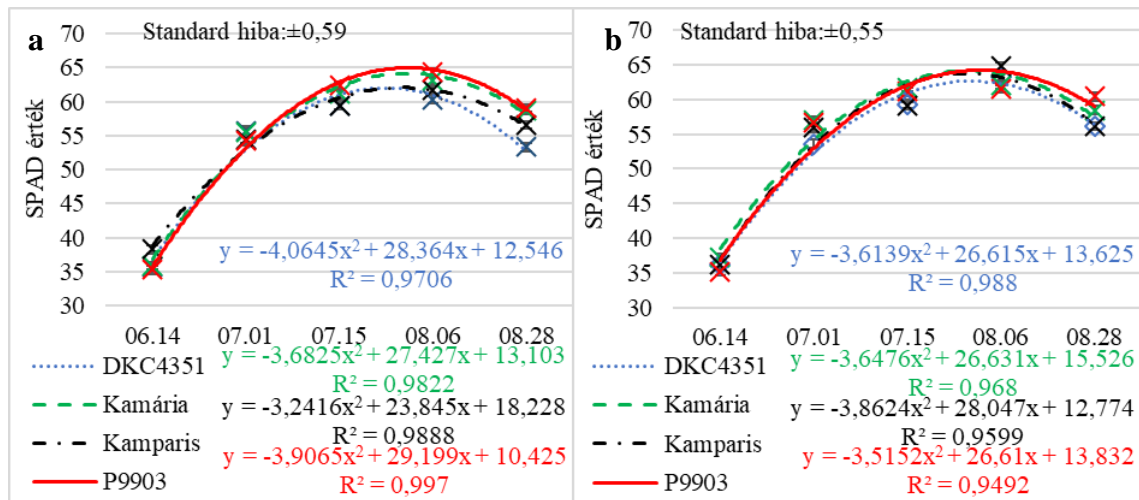


8. ábra Állománysűrűség (tő ha⁻¹) hatása a relatív klorofilltartalom változására eltérő vízellátás mellett (Debrecen, 2019) (a: öntözetlen, b: öntözött) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)

Az genotípusok átlagában vizsgálva öntözött és öntözetlen parcellákban egyaránt a legnagyobb SPAD értékeket a virágzás végén-szemfejlődés elején (BBCH 67-71) mértük (8. ábra). A SPAD értékeket jelentősen nem befolyásolta az állománysűrűség. Az öntözés hatására mutatkozott egy kicsit nagyobb eltérés a mért legnagyobb értékek között, azonban az összefüggés nem volt szignifikáns. Legnagyobb SPAD értékeket 65 ezer tő ha⁻¹ állománysűrűségnél, míg legkisebb értékeket 95 ezer tő ha⁻¹ állománysűrűségnél mértünk. Az öntözött parcellákban mért értékek a viaszérés időszakában (BBCH 81) meghaladták az öntözetlen állományban mért SPAD értékeket.

A genotípusok közötti eltérések öntözetlen kezelésnél kicsit kifejezettebbek voltak (9. ábra). A virágzás végétől kezdve a DKC4351 hibrid esetében alacsonyabb SPAD értékeket mértünk, míg a P9903 hibrid leveleinek relatív klorofilltartalma meghaladta a

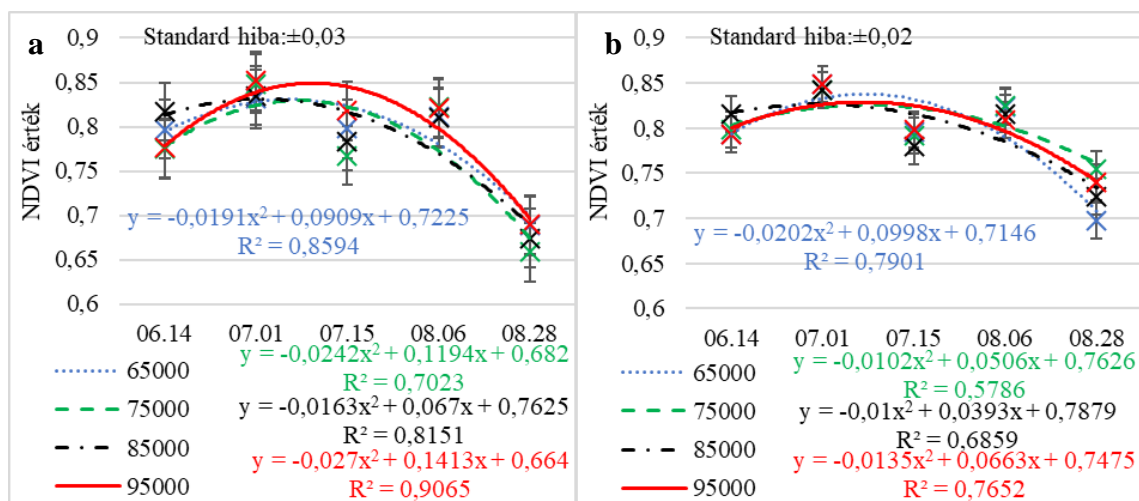
többi genotípusnál mért értékeket. A Kamparis esetében szintén kissé alacsonyabb értékeket mértünk mindkét vízellátási változatban.



9. ábra Genotípus hatása a relatív klorofilltartalom változására eltérő vízellátás mellett (Debrecen, 2019) (a: öntözetlen, b: öntözött) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)

4.1.3 Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukorica hibridek Normalizált Differenciált Vegetatív Indexének változására 2019-ben

A relatív klorofill tartalom mérésekkel párhuzamosan mértük az állományok normalizált vegetációs indexét is. A vízellátás NDVI értékekre gyakorolt hatását vizsgálva (10. ábra) a SPAD értékekhez képest jelentősebb eltérést tapasztaltunk.

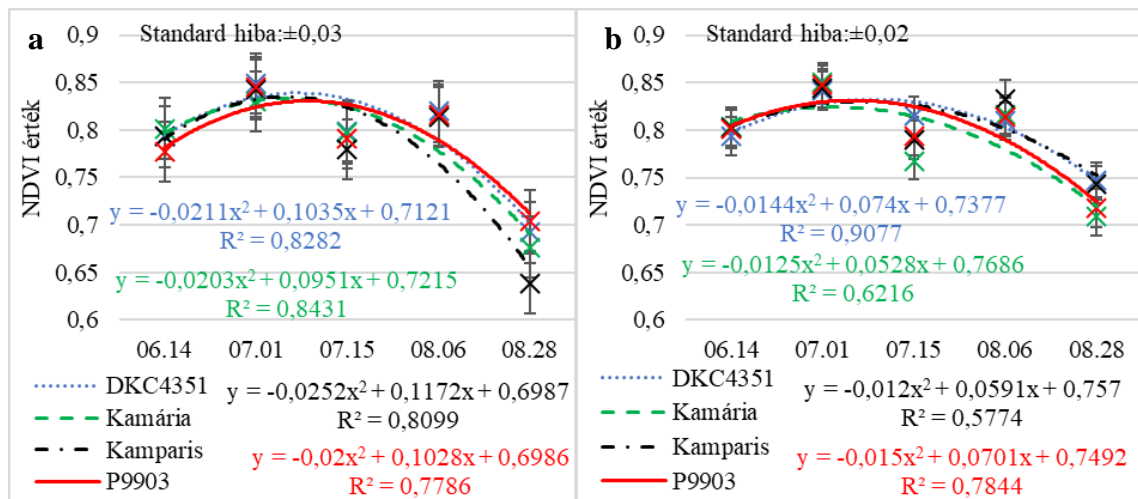


10. ábra Állománysűrűség (tő ha^{-1}) hatása a Normalizált Vegetációs Index (NDVI) változására eltérő vízellátás mellett (Debrecen, 2019) (a: öntözetlen, b: öntözött) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)

Az öntözetlen parcellákban a viaszérés kezdetén (BBCH81), az utolsó mérés alkalmával mért értékek lényegesen alacsonyabbak voltak, míg az öntözés hatására az állományok tovább megőrizték a vegetációs felületüket.

Az eltérő állománysűrűségnél mért NDVI értékeket elemezve megállapíthattuk, hogy az öntözetlen körülmények között a 95 ezres tőszámnál kezdetben alacsonyabb, majd a virágzás időszakában már szignifikánsan magasabb értékeket mértünk, azonban a többi tőszám között szignifikáns eltérés nem mutatkozott. Öntözve a tőszámok változása nem befolyásolta érdemben az NDVI értékeket.

A genotípusok hatását is vizsgáltuk az NDVI értékekre (11. ábra), azonban a SPAD értékekhez hasonlóan jelentős különbséget itt sem tapasztaltunk.

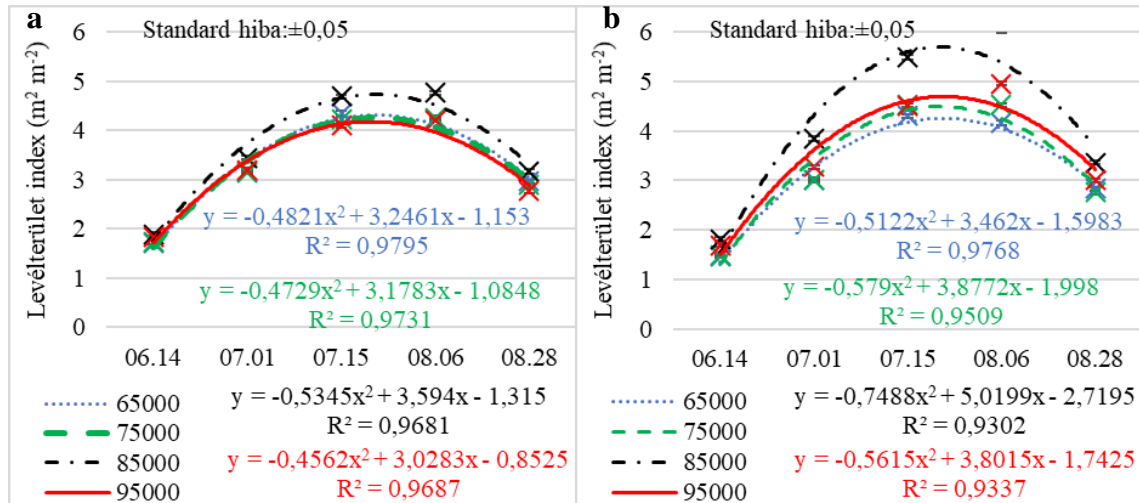


11. ábra Genotípus hatása a Normalizált Vegetációs Index (NDVI) változására eltérő vízellátás mellett (Debrecen, 2019) (a: öntözetlen, b: öntözött) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)

Öntözés nélkül a 95 ezer tő ha⁻¹ állománysűrűségnél legnagyobb NDVI értékeket a P9903 hibridnél mértünk. Az öntözetlen parcellákban mért értékek az utolsó mérés alkalmával jelentősen alacsonyabbak voltak, ezzel szemben az öntözés hatására egy laposabb görbét láthatunk az ábrán, vagyis egyenletesebb és tovább zöld állományt eredményezett a jobb vízellátás. Öntözetlen körülmények között a Kamparis esetében az NDVI értékek az utolsó mérés alkalmával szignifikánsan alacsonyabbak voltak, azonban a többi tőszám között számottevő eltérés nem mutatkozott. Öntözve a hibridek közötti különbségek még kevésbé voltak tapasztalhatók.

4.1.4 Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukorica hibridek levélfelületének változására 2019-ben

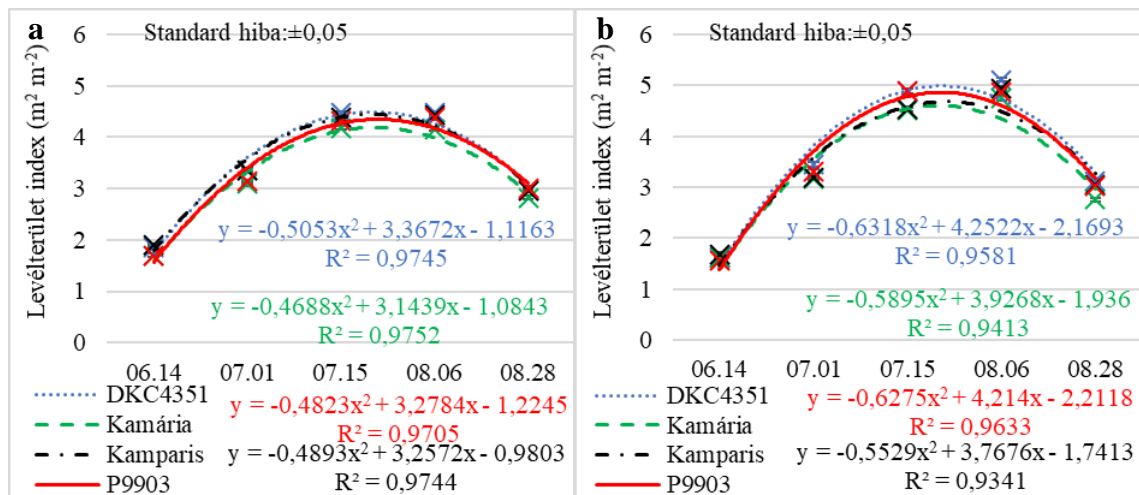
Az öntözés levélfelületre gyakorolt hatása meghaladta a SPAD és NDVI értékekre gyakorolt hatását az eltérő állománysűrűségnél (12. ábra).



12. ábra Állománysűrűség (tő ha⁻¹) hatása a levélfelület index (LAI) változására eltérő vízellátás mellett (Debrecen, 2019) (a: öntöztelen, b: öntözött) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)

A 85 ezres tőszám szignifikánsan magasabb levélfelületet eredményezett öntöztelen és öntözött körülmények között is. Az öntözés hatására július 15-én (BBCH67) még csak a 85 ezres tőszámon rögzítettünk nagyobb értékeket, azonban augusztus 6-ára (BBCH71) már a többi állománysűrűségnél is szignifikánsan nagyobb értéket kaptunk az öntöztelenhez képest.

A genotípusok között jelentős eltérést nem tapasztaltunk, az öntözés pozitív hatása valamennyi hibrid esetében kimutatható volt (13. ábra). A július 15-i (BBCH67 virágzás vége) és augusztus 6-ai (BBCH71 szemfejlődés kezdete) mérésnél már szignifikánsan nagyobb értékeket mértünk az öntöztelenhez képest.



13. ábra Genotípus hatása a levélterület változására eltérő vízellátás mellett (Debrecen, 2019) (a: öntöztelen, b: öntözött) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)

4.1.5 Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukoricahibridek termésképző elemeire 2019-ben

A betakarítás előtt vett csőmintákat feldolgozva vizsgáltuk a kezelések kukorica termésképző elemeire (csőenkénti szemtömeg, morzsolási arány, csőhossz) gyakorolt hatását.

Az öntöztelen körülmények között mért adatok alapján a Kamária volt az, amelyik átlagosan a legtöbb szemet hozta csőenként, bár a különbség nem volt szignifikáns a P9903 és a Kamparis hibridekkel összehasonlítva (6. táblázat). A legkisebb csőenkénti szemtömeget a DKC4351 hibrid esetében mértük, szignifikánsan kevesebbet a Kamária szemtömegénél. A csőenkénti szemtömeg az öntözés hatására a hibridek többségénél emelkedett, a Kamária hibrid esetében viszont gyakorlatilag azonos értékeket mértünk az eltérő vízellátási változatokban. Az P9903 hibrid öntözési reakciója volt a legnagyobb, szignifikánsan több szemtermést produkált csőenként, mint a többi hibrid. A Kamária, a DKC4351 és a Kamparis szignifikánsan nem tértek el egymástól, ami azt jelzi, hogy az öntözés hatására a hibridek közötti különbségek kisebbek lettek.

A hibridek átlagában is megvizsgáltam a csőenkénti szemtömeget és a 65-75-95 ezres tőszámon öntöztelen körülmények között szignifikáns eltérést nem találtam, 85 ezer tő ha⁻¹ állománysűrűségnél azonban szignifikánsan alacsonyabb értékeket mértünk (540,12 g cső⁻¹). Öntözött körülmények között nem találtam szignifikáns eltéréseket sem a 65-75 ezer, sem a 75-95 ezer tőszám között, azonban a 85 ezres állománysűrűségnél mért eredmények most is szignifikánsan alacsonyabbak voltak.

6. táblázat: Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukorica hibridek csövenkénti szemtömegére (Debrecen 2019)

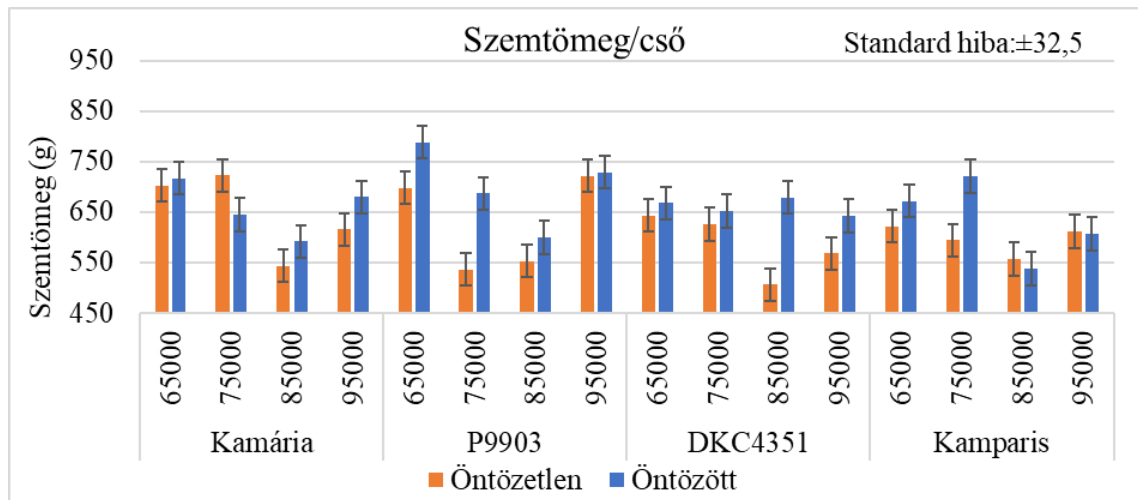
Csövenkénti szemtömeg (g)						
Vízellátás	Hibrid	Tőszám				Tőszámok átlaga
		65 ezer	75 ezer	85 ezer	95 ezer	
Öntözetlen	DKC 4351	643,75	626,43	506,53	568,13	586,21 B
	Kamária	703,23	722,68	543,40	615,62	646,23 A
	Kamparis	621,75	594,28	557,03	611,93	596,24 AB
	P 9903	698,50	536,53	553,53	721,70	627,56 AB
	Hibridek átlaga	666,81 a	619,98 a	540,12 b	629,34 a	614,06
Öntözött	DKC 4351	667,85	652,13	679,53c	642,80	660,58 B
	Kamária	717,25	645,33	591,65c	679,95	658,54 B
	Kamparis	672,20	721,35	538,33c	607,13	634,75 B
	P 9903	788,70	686,98	600,28c	729,20	701,29 A
	Hibridek átlaga	711,50 a	676,44 ab	602,44 c	664,77 b	663,79
Öntözés*Hibrid átlaga		689,15 a	648,21 a	571,28 b	647,06 a	638,93

(A különböző vízellátásnál, oszloponként pirossal az eltérő nagy betűk a hibridek közötti szignifikáns eltérést, az eltérő kisbetűk pedig a tőszámok közötti szignifikáns eltérést jelzik $p=5\%$ -os szinten.)

A kisebb állománysűrűség mind öntözetlen, mind öntözött viszonyok között nagyobb csövenkénti szemtömeget eredményezett, ami 85 ezres tőszámig csökkent, ahol mind öntözött, mind pedig öntözetlen körülmények között a szignifikánsan alacsonyabb szemtömeget detektáltunk. A 95 ezres tőszámnál mindkét vízellátási változatban tapasztalt nagyobb szemtömeget logikus magyarázatot nem találtunk, ebben az esetben más, számunkra ismeretlen tényező befolyásolhatta az eredményt. A 14. ábrán a hibridek tőszámreakciójában lévő eltérések láthatók. Öntözetlen körülmények között a hibridek többsége alacsonyabb tőszámokon, 65 ezer és 75 ezer között, hozta a nagyobb szemtömeget csövenként. A legkisebb szemtömeget az 85 ezres állománysűrűségnél mértük.

Az öntözött körülmények nagyobb különbséget tapasztaltunk a hibridek között. A P9903 a legjobb teljesítményt 65 ezres és 95 ezres tőszámokon nyújtotta (788,7 g és 729,2 g).

P9903 és a Kamparis hibridnél a 75 ezres, míg a DKC4351 hibridnél 85 ezres tőszámnál volt a legnagyobb az öntözés hatása.



14. ábra Vizellátás és állománysűrítés hatása a kukorica hibridek csőenkénti szemtömegére (Debrecen 2019) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)

A morzsolási arány (7. táblázat) a teljes csőtömegből a szemek arányát fejezi ki.

7. táblázat: Vizellátás és állománysűrűség hatása a kukorica hibridek morzsolási arányára (Debrecen 2019)

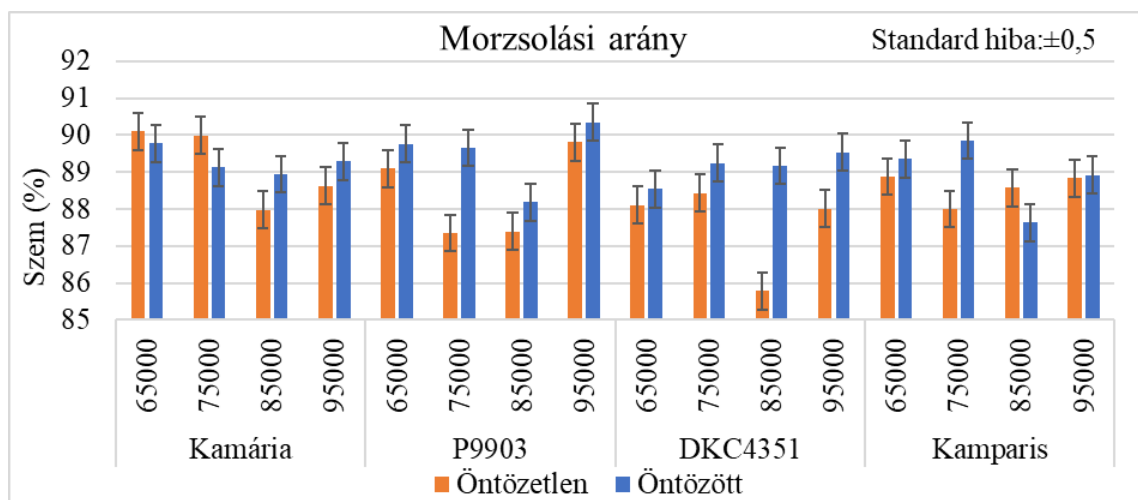
Morzsolási arány (%)						
Vizellátás	Hibrid	Tőszám				Tőszámok átlaga
		65 ezer	75 ezer	85 ezer	95 ezer	
Öntözetlen	DKC 4351	88,10	88,44	85,79	88,01	87,58 ^B
	Kamária	90,10	89,99	87,98	88,62	89,17 ^A
	Kamparis	88,88	88,00	88,57	88,83	88,57 ^A
	P 9903	89,09	87,35	87,39	89,82	88,41 ^{AB}
	Hibridek átlaga	89,05 ^a	88,45 ^a	87,43 ^b	88,82 ^a	88,44
Öntözött	DKC 4351	88,55	89,25	89,17	89,53	89,13 ^{AB}
	Kamária	89,77	89,12	88,94	89,29	89,28 ^{AB}
	Kamparis	89,35	89,85	87,63	88,92	88,94 ^B
	P 9903	89,76	89,66	88,18	90,35	89,49 ^A
	Hibridek átlaga	89,36 ^a	89,47 ^a	88,48 ^b	89,52 ^a	89,21
Öntözés*Hibrid átlaga		89,20 ^a	88,96 ^a	87,96 ^b	89,17 ^a	88,82

(A különböző vizellátásnál, oszloponként pirossal az eltérő nagy betűk a hibridek közötti szignifikáns eltérést, az eltérő kisbetűk pedig a tőszámok közötti szignifikáns eltérést jelzik p= 5%-os szinten.)

A Kamária, Kamparis és a P9903 hibridek esetében a morzsolási arány hasonló volt, de a DKC4351 esetében a szemek aránya kisebb volt a teljes csőtömeghez képest. Az öntözés hatására a legkedvezőbbben a P9903 morzsolási aránya (89,49%) változott, de szignifikánsan csak a Kamparisénál (88,94%) volt nagyobb. Az öntözés hatására a morzsolási arány eltérő mértékben, de valamennyi hibridnél javult.

Vízellátástól függetlenül a 85 ezres tőszámon számoltunk igazolhatóan kisebb morzsolási arányt, míg a 65-75-95 ezer tő ha⁻¹ tőszámon eltérést nem találtunk.

A vizsgált hibridek morzsolási arányának változását a kezelések hatására a 15. ábrán láthatjuk. Az öntözés szinte minden esetben javította a morzsolási arányt. Öntözés nélküli körülmények között a 65 és 75 ezres tőszámnál különösen kedvező morzsolási aránnyal rendelkezett a Kamária hibrid, azonban az öntözés hatására nem, vagy csak kisebb mértékben javult a szemek aránya. Öntözés hatására a P9903 és a Kamparis esetében 75 ezres, míg a DKC4251 hibridnél a 85 ezres tőszámon tapasztaltuk.



15. ábra Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukoricahibridek morzsolási arányára (Debrecen 2019) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)

2019-ben az öntözés nélküli kezelésekben a vizsgált hibridek csöveinek mérete között szignifikáns eltérést nem tapasztaltunk (8. táblázat). Az öntözés minden genotípusnál a csövek méretének növekedésével járt, azonban a P9903 (20,02 cm) esetében a csövek mérete statisztikailag igazolhatóan is nagyobb volt, mint a DKC4351 és a Kamparis csőhosszúsága.

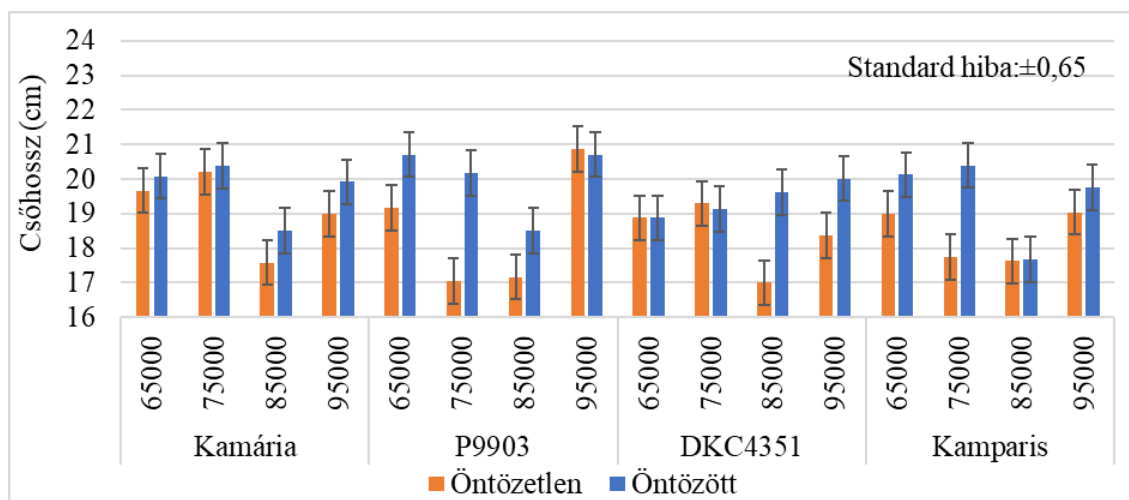
A morzsolási arányhoz hasonlóan, vízellátástól függetlenül a 85 ezres tőszámon mértünk igazolhatóan kisebb csőhosszúságot, míg a 65-75-95 ezer tő ha⁻¹ tőszámon eltérést nem találtunk.

8. táblázat: Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukoricahibridek csőhosszára (Debrecen 2019)

		Csőhossz (cm)				
Vízellátás	Hibrid	Tőszám				Tőszámok átlaga
		65 ezer	75 ezer	85 ezer	95 ezer	
Öntözetlen	DKC 4351	18,88	19,29	17,00	18,38	18,39 ^A
	Kamária	19,67	20,21	17,58	19,00	19,11 ^A
	Kamparis	19,00	17,75	17,63	19,04	18,35 ^A
	P 9903	19,17	17,04	17,17	20,88	18,56 ^A
	Hibridek átlaga	19,18 ^a	18,57 ^a	17,34 ^b	19,32 ^a	18,60
Öntözött	DKC 4351	18,88	19,13	19,63	20,02	19,41 ^B
	Kamária	20,08	20,38	18,50	19,92	19,72 ^{AB}
	Kamparis	20,13	20,39	17,67	19,76	19,49 ^B
	P 9903	20,71	20,18	18,50	20,71	20,02 ^A
	Hibridek átlaga	19,95 ^a	20,02 ^a	18,57 ^b	20,10 ^a	19,66
Öntözés*Hibrid átlaga		19,56 ^a	19,56 ^a	19,29 ^a	17,96 ^b	19,71

(A különböző vízellátásnál, oszloponként pirossal az eltérő nagy betűk a hibridek közötti szignifikáns eltérést, az eltérő kisbetűk pedig a tőszámok közötti szignifikáns eltérést jelzik $p=5\%$ -os szinten.)

A hibridek csőveinek hosszúságának változását eltérő állománysűrűségnél értékelve (16. ábra) a Kamária csőmérete volt a legkedvezőbb az öntözés nélküli parcellákon, 65-75 ezres tőszámánál (19,67 cm, 20,21 cm. A nagyobb tőszámokon csak a P9903 hozott hosszabb csöveket (20,88 cm).



16. ábra Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukoricahibridek csőhosszára (Debrecen, 2019) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)

Szignifikáns eltérés nem volt megfigyelhető a DKC4351 85 ezres (17 cm), a P9903 75-85 ezres (17,04 cm-17,17 cm), a Kamária 85 ezres (17,58 cm), a Kamparis 75-85 ezres (17,75 cm-17,63 cm) állománysűrűségi szinteken. A legrövidebb csövek szinte minden esetben a 85 ezres állománysűrűségénél fejlődtek.

Az öntözés hatására az összes hibrid képes volt növelni a cső hosszúságát valamennyi tőszámon. A Pioneer9903 és a Kamparis öntözési reakciója 75 ezres, míg a DKC4351 hibridé 85 ezres tőszámon volt kiemelkedő.

A termésképző elemek és a produktivitás közötti összefüggések feltárása érdekében Pearson-féle korrelációs számítást végeztünk, külön értékelve az összefüggéseket az öntözés nélküli (9. táblázat) és az öntözött (10. táblázat) kezelésekben. A termést az egyes kukoricacsövek mérete mellett a csövek száma is meghatározza, ezért nem tekinthető ellentmondásnak, hogy a termésképző elemek és a termés között egyik vízellátási változatban sem találtunk összefüggést, kivéve az öntözött állományokban: a cső hosszúsága és a termés mennyisége ($r=0,282$), valamint a sorban a szemek száma és a termés ($r=0,259$) között $p=5\%$ -os szinten kimutatható gyenge pozitív kapcsolatot.

9. táblázat: A termés és a termésképző elemek közötti összefüggés vizsgálata Pearson-féle korreláció analízissel az öntözetlen állományban (Debrecen, 2019)

2019 Öntözetlen	Csőenkénti szemtömeg	Morzsolási arány	Csőhossz	Sorok száma	Sorban a szemek száma	Termés t ha ⁻¹
Tőszám	-0,232	-0,124	-0,048	-0,368**	0,060	0,265*
Csőenkénti szemtömeg		0,901**	0,842**	0,376**	0,646**	0,088
Morzsolási arány			0,794**	0,372**	0,634**	0,091
Csőhossz				0,269*	0,715**	0,163
Sorok száma					-0,078	-0,157
Sorban a szemek száma						0,155
**Korreláció szignifikáns $p=1\%$ szinten						
*Korreláció szignifikáns $p=5\%$ szinten						

Öntözés nélküli kezelésekben (9. táblázat) a tőszám és a sorok száma közt közepesen erős szignifikáns negatív összefüggést ($r=-0,368$), míg a terméssel pozitív összefüggést ($r=0,265$) találtam. A csőenkénti szemtömeg a morzsolási aránnyal, és a cső hosszával

szoros pozitív, a sorok számával és a sorban a szemek számával közepes pozitív összefüggést mutatott. A morzsolási arány a cső hosszával, a sorok számával és a sorban a szemek számával is szignifikáns pozitív kapcsolatban volt. A cső hossza a sorok számával és a sorban a szemek számával is szignifikánsan pozitív összefüggésben volt.

10. táblázat: A termés és a termésképző elemek közötti összefüggés vizsgálata Pearson-féle korreláció analízissel az öntözött állományban (Debrecen, 2019)

2019 Öntözött	Csőenkénti szemtömeg	Morzsolási arány	Csőhossz	Sorok száma	Sorban a szemek száma	Termés t ha ⁻¹
Tőszám	-0,315*	-0,066	-0,103	-0,059	-0,229	0,120
Csőenkénti szemtömeg		0,832**	0,713**	0,144	0,433**	0,145
Morzsolási arány			0,710**	0,236	0,513**	0,141
Csőhossz				0,141	0,365**	0,282*
Sorok száma					-0,209	-0,197
Sorban a szemek száma						0,259*
**Korreláció szignifikáns $p=1\%$ szinten						
*Korreláció szignifikáns $p=5\%$ szinten						

Szignifikáns közepes erősségű negatív összefüggést találtam a tőszám és a csőenkénti szemtömeg között ($r=-0,315$), mivel az állománysűrűség növekedése a csövek méretének csökkenésével járt együtt. $P=1\%$ -os szinten szignifikáns, szoros összefüggést találtunk a morzsolási arány és a szemsúly ($r=0,832$), valamint a csőhossz és a csőenkénti szemtömeg ($r=0,713$), és közepesen szoros összefüggést az egy sorban található szemek száma és a csőenkénti szemtömeg ($r=0,433$) között. A morzsolási arány szignifikánsan pozitív összefüggést mutat a cső hosszával és a sorban a szemek számával is.

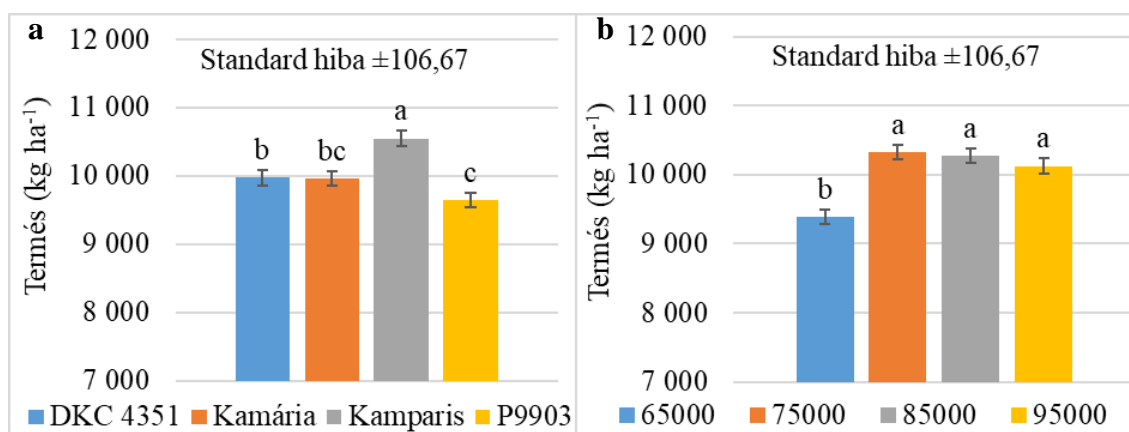
Megvizsgáltuk a termésképző elemek és a kukorica termése közötti összefüggéseket az eltérő vízellátású kezeléseket együtt értékelve (11. táblázat). Gyenge negatív összefüggést igazoltunk az állománysűrűség és a csőenkénti szemtömeg ($r=-0,258$, $p=1\%$) valamint a sorok száma között ($r=-0,217$, $p=5\%$). A tőszám és a termés között gyenge pozitív kapcsolatot ($r=0,188$, $p=5\%$) mutattunk ki. A termés és csőhossz ($r=0,259$, $p=1\%$) és a termés és a sorban a szemek száma ($r=0,262$, $p=1\%$) közötti gyenge pozitív összefüggés szintén igazolható volt.

11. táblázat: A termés és a termésképző elemek közötti összefüggés vizsgálata Pearson-féle korreláció analízissel az öntözött és öntözés nélküli kezelések átlagában (Debrecen, 2019)

2019	Csőenkénti szemtömeg	Morzsolási arány	Csőhossz	Sorok száma	Sorban a szemek száma	Termés t ha ⁻¹
Tőszám	-0,258**	-0,095	-0,062	-0,217*	-0,079	0,188*
Csőenkénti szemtömeg		0,876**	0,808**	0,297**	0,588**	0,170
Morzsolási arány			0,796**	0,337**	0,610**	0,166
Csőhossz				0,247**	0,615**	0,259**
Sorok száma					-0,093	-0,141
Sorban a szemek száma						0,262**
**Korreláció szignifikáns p=1% szinten						
*Korreláció szignifikáns p=5% szinten						

4.1.6 Vizellátás és állománysűrűség hatása a kukorica hibridek termésére 2019-ben

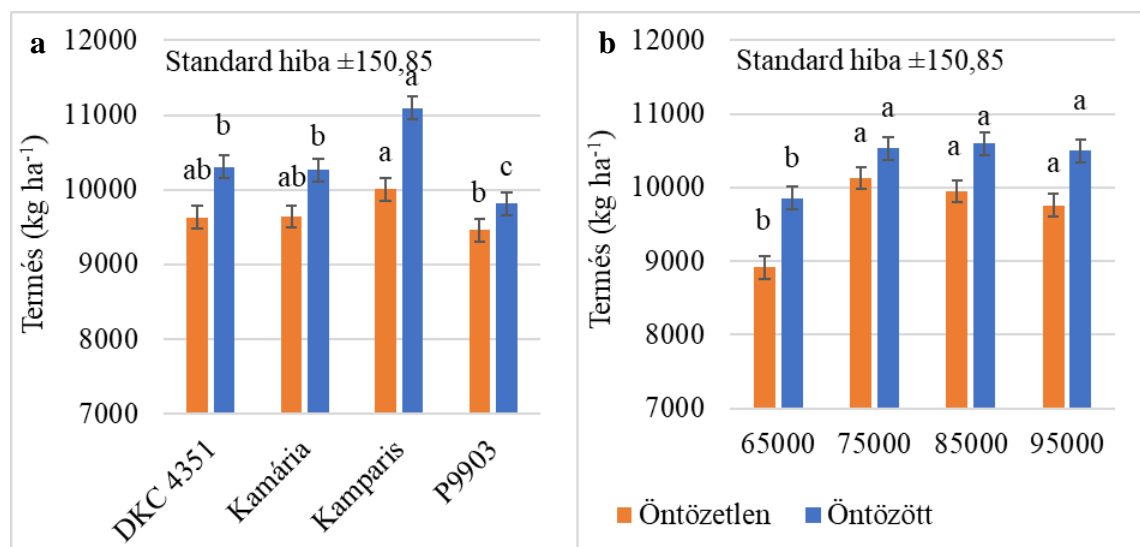
A 2019-ben a Kamparis terméseredménye (10550 kg ha⁻¹) a kezelések átlagában szignifikánsan meghaladta a másik három hibridét (17. ábra).



17. ábra Genotípus (a) és állománysűrűség (b) hatása a kukorica termésére (Debrecen 2019) (Kezelésenként az eltérő betűk a hibridek (17.a) vagy a tőszámok (17.b) közötti szignifikáns differenciát jelzik p= 5% szinten.) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)

A DKC 4351 (9971,94 kg ha⁻¹) és a Kamária (9954,69 kg ha⁻¹) termése között eltérést nem találtunk. A P9903 termése (9640 kg ha⁻¹) volt a legalacsonyabb. A vizsgált

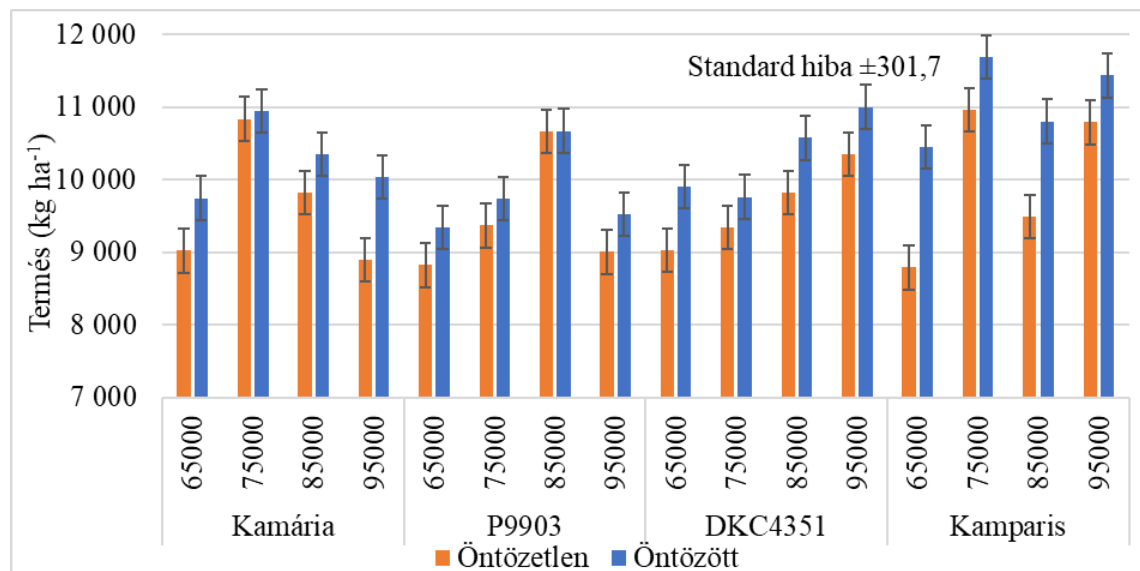
tőszámok közül igazolhatóan a legalacsonyabb termést a 65 ezres állománysűrűségeknél kaptuk (9385,63 kg ha⁻¹), míg a 75-85-95 ezres tőszámon szinte azonos eredményt értünk el. Az eltérő vízellátás mellett elért terméseredményeket a 18. ábrán láthatjuk. 2019-ben mindkét vízellátási változatban a legjobb termést a Kamparis (10008,75 kg ha⁻¹) hozta, azonban ez öntözés nélkül szignifikánsan csak a P9903-tól (9463,75 kg ha⁻¹) tért el. Az öntözés hatására a termés minden hibrid esetében nőtt, azonban a terméstöbblet a Kamparis hibridnél (1083,75 kg ha⁻¹) volt a legnagyobb. A DKC4351 (10308,75 kg ha⁻¹) termése szignifikáns eltérést nem mutatott a Kamária (10267,50 kg ha⁻¹) hibridtől. Az öntözött parcellákon is a P9903 (9816,25 kg ha⁻¹) termése volt a legalacsonyabb. Az öntözés hatására a genotípusok közötti eltérések kifejezettebbek voltak. Minden tőszám esetében növekedett a termés az öntözés hatására és a tőszámok közötti eltérés csökkent, azonban a 65 ezres tőszámnál elért termés még így is szignifikánsan alacsonyabb volt.



18. ábra Genotípus (a) és állománysűrűség (b) hatása a kukorica termésére eltérő vízellátás mellett (Debrecen 2019) (Kezelésként az eltérő betűk a hibridek (18.a) vagy a tőszámok (18.b) közötti szignifikáns differenciát jelzik $p=5\%$ szinten.) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)

A vizsgált genotípusok tőszámreakcióját értékelve (19. ábra) megállapítottuk, hogy öntözetlen körülmények között a hibridek termése nem mutatott szignifikáns eltérést egymástól a 65 ezres tőszámon, míg öntözve a hibridek eltérő öntözési reakciójának köszönhetően kissé nagyobb különbséget tapasztaltunk. A vízellátási feltételek javulására a Kamparis reagált legkedvezőbben. A 75 ezres állománysűrűség jobban kedvezett a Kamária és a Kamparis hibrideknek, míg az 85 ezres tőszámsűrűség már a P9903-nak

volt optimális (10660 kg ha⁻¹). A legnagyobb tőszámsűrűségnél ismét a Kamparis és a DKC4351 hibridek voltak a legjobbak. Az öntözés hatására a termés a legtöbb tőszámon és a legtöbb hibrid esetében növekedett. A Kamparis minden tőszámon többet termelt, mint a többi hibrid. Az öntözésre a legkisebb mértékben a P9903 reagált, a termése minden tőszámon növekedett, de csak kis mértékben.



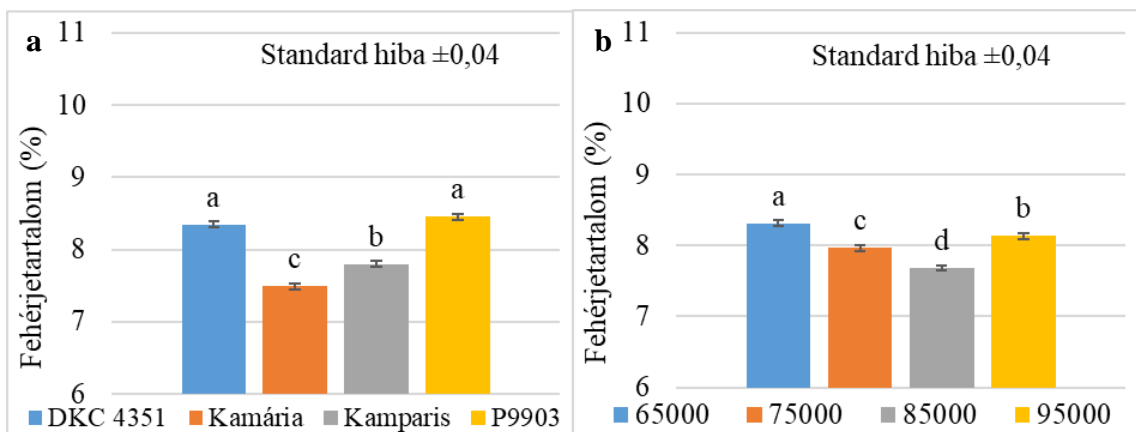
19. ábra Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukorica hibridek termésére (Debrecen 2019) (A hibasávok a standard hibát jelölik.)

4.1.7 Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukorica hibridek minőségére 2019-ben

A termés mennyisége mellett a szemtermés minősége is meghatározó fontosságú a kukoricatermesztésben. Megvizsgáltuk a vízellátás és állománysűrűség kukorica fehérje és keményítő tartalmára gyakorolt hatását a vizsgált évjáratokban.

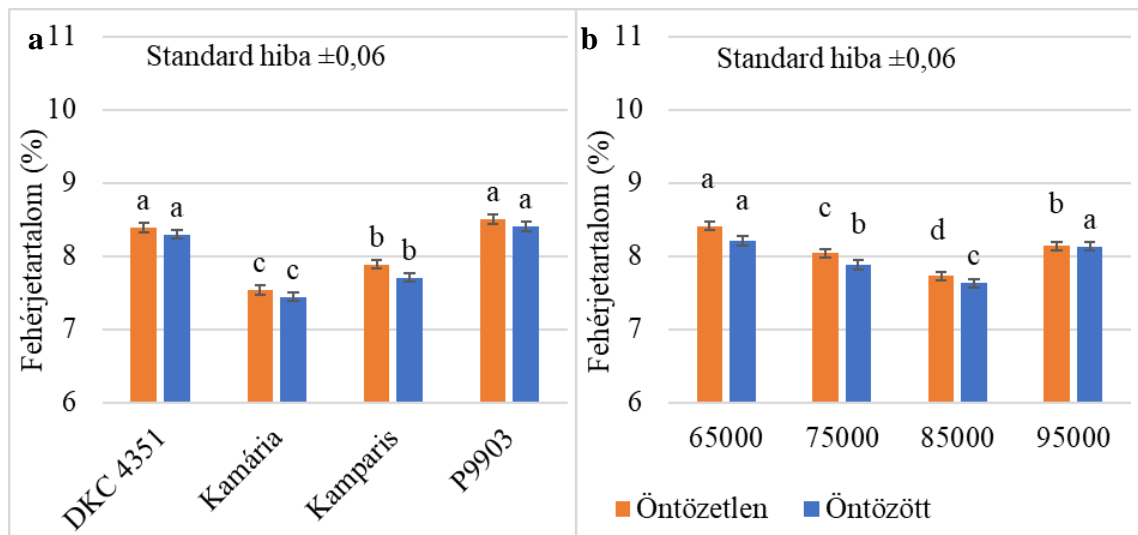
4.1.7.1 Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukorica hibridek fehérjetartalmára 2019-ben

A kukorica hibridek fehérjetartalmát a kezelések átlagában értékelve (20/a ábra) 2019-ben a vizsgált hibridek közül a P9903 (8,46%) és a DKC4351 (8,35%) fehérjetartalma szignifikánsan magasabb volt a másik két vizsgált hibridtől. A Kamária 7,49%-os fehérjetartalma még a Kamparisétól (7,8%) is statisztikailag igazolhatóan alacsonyabb volt.



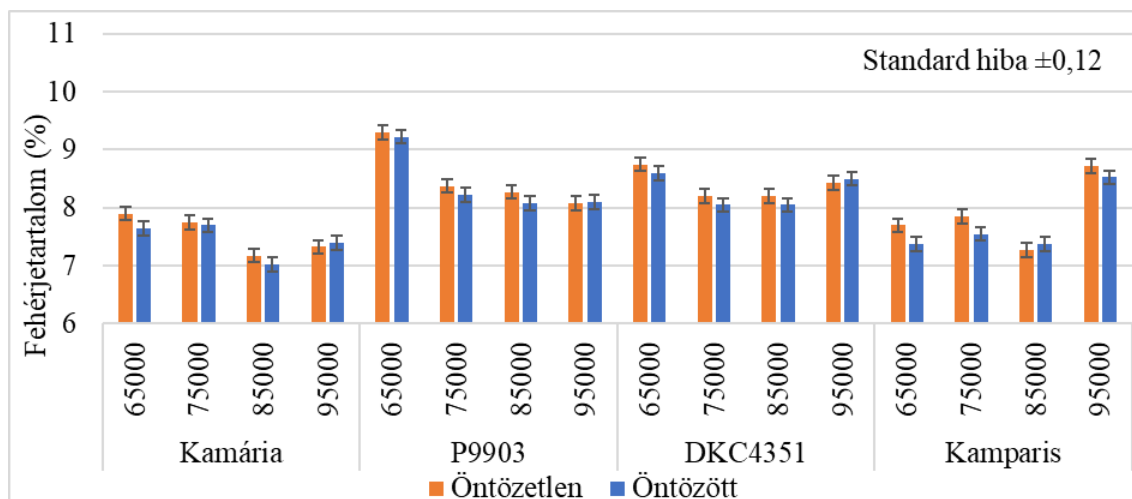
20. ábra Genotípus (a) és állománysűrűség (b) hatása a kukorica fehérjetartalmára (Debrecen 2019) (Kezelésenként az eltérő betűk a hibridek (20.a) vagy a tőszámok (20.b) közötti szignifikáns differenciát jelzik $p=5\%$ szinten.) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)

2019-ben a hibridek átlagában vizsgálva az állománysűrűség hatását a szemtermés fehérjetartalmára (20/b ábra) megállapíthattuk, hogy a kukorica beltartalmát nagymértékben befolyásolta a tőszám. A 65 ezres állománysűrűségnél mértük a legmagasabb (8,31%), fehérjetartalmat, majd a tőszám növelésével szignifikánsan csökkent a szem fehérjetartalma (7,96 és 7,68%). A 95 ezres tőszámnál értük el a második legmagasabb fehérjetartalmat (8,13%), azonban 2019-ben a 95 ezres tőszámnál mindig konzekvensen kedvezőbb eredményt kaptunk, mint az adott állománysűrűségnél várható lett volna, véleményem szerint itt is más, nem ismert tényező befolyásolta az eredményt. Az öntözött és öntözés nélküli parcellákban elért eredményeket összehasonlítva (21. ábra), öntözés hatására minden esetben kissé alacsonyabb fehérjetartalmat mértünk. A korábban, öntözött és öntözetlen parcellák átlagában kapott összefüggések megmaradtak, a hibridek fehérjetartalma között mindkét vízellátási változatban szignifikáns különbségeket mértünk. Ugyanezt tapasztaltuk az állománysűrűség hatását vizsgálva is, annyi eltéréssel, hogy az öntözés hatására a 65 ezres (8,41%) és 95 ezres (8,14%) tőszám között szignifikáns eltérést már nem tapasztaltam. A 95 ezres tőszámnál az öntözött állományok fehérjetartalma gyakorlatilag azonos volt az öntözetlen parcellákban mért eredményekkel.



21. ábra Genotípus (a) és állománysűrűség (b) hatása a kukorica fehérjetartalmára eltérő vízellátás mellett (Debrecen 2019) (Kezelésként az eltérő betűk a hibridek (21.a) vagy a tőszámok (21.b) közötti szignifikáns differenciát jelzik $p=5\%$ szinten.) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)

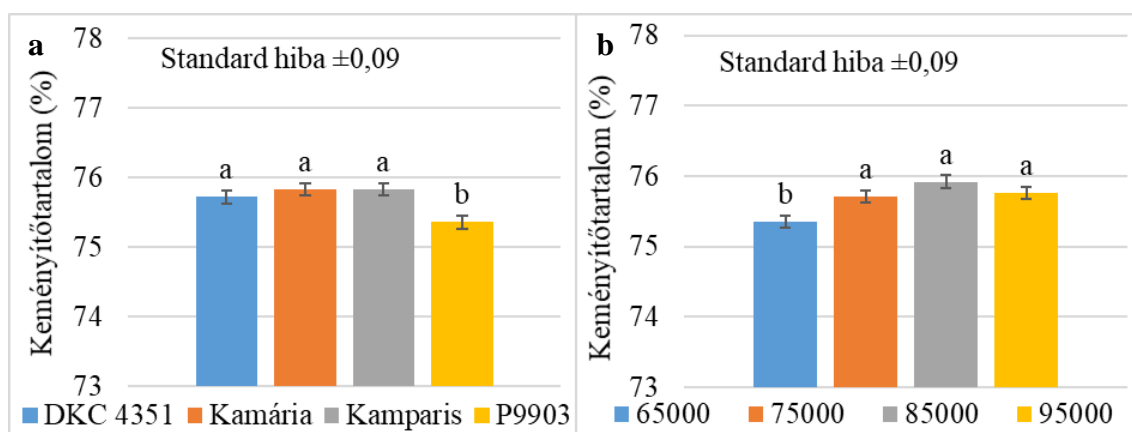
A vizsgált genotípusok fehérjetartalmának változását az állománysűrítés hatására a 22. ábrán láthatjuk. A teljes kísérletben legmagasabb fehérjetartalmat a P9903 hibridnél a 65 ezres tőszámnál (száraz: 9,3%, öntözött: 9,23%) mértük. A P9903-as hibrid fehérjetartalma a 75 és 85 ezres állománysűrűségnél is meghaladta a többi hibridét, azonban a legsűrűbb állományban már a Kamparis és a DKC4351 is magasabb fehérjetartalmat ért el. Az öntözés negatív hatása a fehérjetartalomra 65 ezres állománysűrűségnél csak a Kamparis (száraz: 7,85%, öntözött: 7,79%) esetében volt szignifikáns. A 75 ezres tőszámnál a hibridek közötti eltérések csökkentek, mivel a Kamária és a Kamparis fehérjetartalma kis mértékben növekedett, míg a DKC4351 és a P9903 fehérjetartalma-eltérő mértékben-csökkent. Az 85 ezres tőszám további csökkenést eredményezett az összes hibrid esetében, bár a P9903 hibrid esetében ez a csökkenés szinte elhanyagolható volt. A 95 ezres állománysűrűség esetében a P9903 hibridet kivéve növekedés volt tapasztalható a fehérjetartalomban. A Kamparis fehérjetartalma ennél a sűrűségnél volt a legmagas (kezeletlen: 8,73%, öntözött: 8,53%).



22. ábra Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukorica hibridek fehérjetartalmára (Debrecen 2019) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)

4.1.7.2 Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukorica hibridek keményítőtartalmára 2019-ben

A genotípusok közötti eltérések a keményítőtartalom vonatkozásában nem voltak olyan kifejezetten, mint amit a fehérjetartalom szempontjából mértünk (23/a ábra). A DKC4351 (75,72%), a Kamária (75,83%) és a Kamparis (75,83%) keményítőtartalma között nem volt szignifikáns különbség, azonban a P9903 (75,36%) esetében igazolhatóan alacsonyabb értéket mértünk.

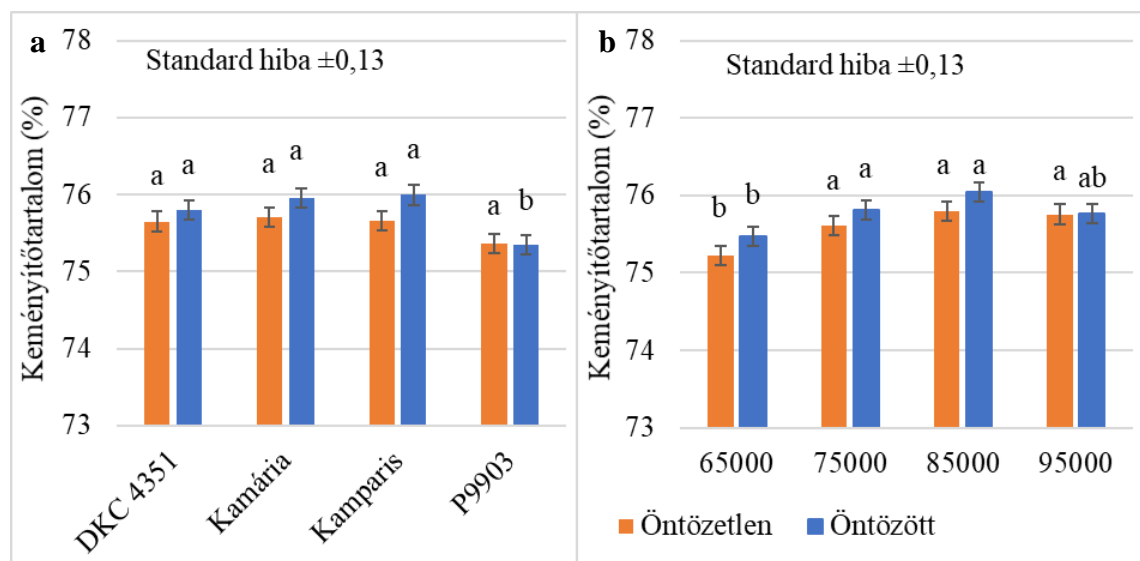


23. ábra Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukorica keményítőtartalmára (Debrecen 2019) (Kezelésenként az eltérő betűk a hibridek (23.a) vagy a tőszámok (23.b) közötti szignifikáns differenciát jelzik $p=5\%$ szinten.) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)

A 65 ezres (75,35%) és 75 ezres állománysűrűséget vizsgálva megállapíthattuk, hogy a tőszámsűrítés hatására a keményítőtartalom szignifikánsan növekedett, azonban a 75-

(75,71%), 85- (75,92%) és a 95 ezres (75,76%) állománysűrűségnél mért keményítőtartalmak között nem tapasztaltunk szignifikáns eltérést.

Öntözés hatására a fehérjetartalommal ellentétben a keményítőtartalom csekély mértékben növekedett a legtöbb hibrid esetében (24/a. ábra). Öntözés hiányában nem tapasztaltam szignifikáns eltérést a hibridek között, azonban az öntözött körülmények között a P9903 hibrid szignifikánsan eltért a többi hibridtől. Az öntözés hatásának vizsgálata során megállapítottam, hogy a keményítőtartalom a P9903 hibrid esetében nem növekedett.

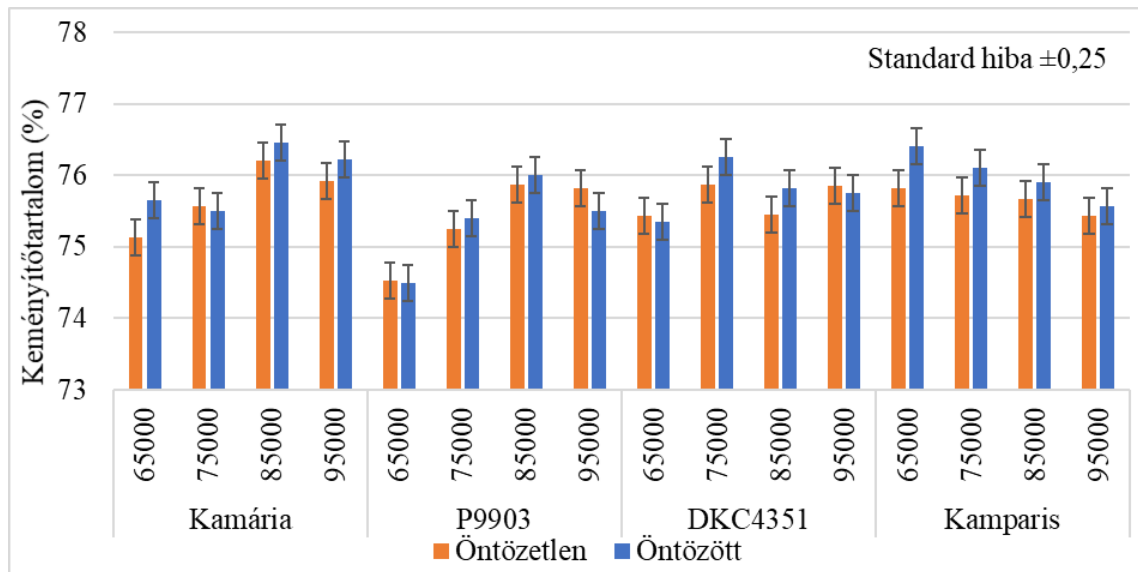


24. ábra Vízellátás hatása a kukorica keményítőtartalmára (Debrecen 2019) ((Kezelésként az eltérő betűk a hibridek (24.a) vagy a tőszámok (24.b) közötti szignifikáns differenciát jelzik $p=5\%$ szinten.) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)

Az állománysűrűség és az öntözés hatásának vizsgálata során ugyanazt tapasztaltam, mint a kétféle vízellátási változat átlagában értékelve az eredményeket. Az állománysűrítés hatására nőtt a keményítőtartalom, a legkisebb keményítőtartalmat a 65 ezer tő ha^{-1} (száraz: 75,23%; öntözött: 75,48%) eredményezte. A legmagasabb keményítőtartalmat az 85 ezres (száraz: 75,8%; öntözött: 76,04%) tőszám adta. Az állománysűrűség 75-85-95 ezres tőszáma között nem tapasztaltam szignifikáns eltérést, függetlenül a kezeléstől.

A hibridek tőszám- és öntözési reakcióját vizsgálva a keményítőtartalom vonatkozásában (25. ábra) megállapítottuk, hogy a P9903 hibrid keményítőtartalma jelentősen kisebb volt a 65 ezres tőszám esetében, mint a vizsgált genotípusok esetében bármelyik más állománysűrűségnél. A Kamparis hibridnél a többi genotípussal ellentétben a kisebb

tőszámnál nagyobb keményítőtartalmat mértünk. A DKC4351 számára a 75 ezres, míg a Kamária hibrid esetében pedig a 85 ezres tőszám bizonyult kedvezőnek.



25. ábra Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukoricahibridek keményítőtartalmára (Debrecen 2019) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)

4.1.8. A vizsgált tényezők közötti kölcsönhatások vizsgálata Pearson-féle korreláció analízissel 2019-ben

A kukoricaállományok fejlődését a tenyészidőszakban az eltérő fenológiai fázisokban (BBCH112, BBCH61, BBCH71, BBCH81) SPAD, LAI, és NDVI mérésekkel monitoroztuk. Pearson-féle korreláció analízissel kerestük az eltérő vízellátás és állománysűrűség kukorica növényfiziológiai paramétereire, termésére és minőségére gyakorolt hatása közötti kölcsönhatásokat öntözött és öntözés nélküli kezelésekben.

4.1.8.1. A Pearson-féle korreláció analízis eredménye öntözött kezelésekben

A Pearson-féle korreláció számítások alapján (1. melléklet) 2019-ben az öntözött állományokban a fejlődés különböző fázisaiban mért levélterület index értékek közepes erősségű pozitív kapcsolatban voltak a termés mennyiségével ($r=0,269-0,571$), azonban az összefüggés csak a kukorica 2 leveles állapotában (BBCH112) és a szemfejlődés kezdetén (BBCH71) volt $p=5\%$ szinten szignifikáns ($r=0,571$ és $r=0,499$). A levélterület és az állománysűrűség között szintén végig közepes erősségű pozitív összefüggés ($r=0,229-0,649$) volt, amely azonban csak a vegetációs időszak elején (BBCH112)

($r=0,649$, $p=1\%$ szinten) és a szemfejlődés kezdetén (BBCH71) ($r=0,550$, $p=5\%$) volt szignifikáns.

A szemfejlődés kezdetén (BBCH71) mért NDVI ($r=0,538$, $p=5\%$) a terméssel szintén szignifikáns, közepes erősségű pozitív összefüggésben volt, azonban ez a kapcsolat a többi mérési időpontban nem volt kimutatható. A vegetációs index és az állománysűrűség sem találtunk összefüggést.

Az utolsó mérési időpontban, a viaszérés kezdetén (BBCH81) rögzített SPAD értékek közepesen erős negatív összefüggésben voltak a termés eredménnyel ($r=-0,552$), a vegetációs időszak elején (BBCH112) mért SPAD értékek ($r=0,539$, $p=5\%$ szinten) pedig közepes pozitív kapcsolatban az állománysűrűséggel, azonban a többi mérési időpontban itt sem találtunk kapcsolatot.

A keményítő és a fehérjetartalom, valamint a termés és az állománysűrűség között nem volt szignifikáns kapcsolat. A szakirodalomból régóta ismert, a keményítő és fehérjetartalom közötti szoros negatív korrelációt a mi kísérleti eredményeink ($-0,811$, $p=1\%$) is igazolták.

4.1.8.2. A Pearson-féle korreláció analízis eredménye öntözés nélküli kezeléseken

2019-ben a nem öntözött állományokban az utolsó mérési időponttól eltekintve, a fejlődés különböző fázisaiban mért levélterület index értékek közepes erősségű pozitív kapcsolatban voltak a termés mennyiségével ($r=0,560-0,636$), és az összefüggés a virágzás kezdetén (BBCH61) $p=1\%$ szinten, míg a többi időpontban $p=5\%$ szinten szignifikáns is volt. A levélterület és az állománysűrűség között az öntözött állománnyal ellentétben nem találtunk korrelációt (2. melléklet).

A virágzás kezdetén (BBCH61) mért NDVI érték ($r=0,588$, $p=5\%$) a terméssel szignifikáns, közepes erősségű pozitív összefüggésben volt, azonban ez a kapcsolat a többi mérési időpontban nem volt kimutatható. A vegetációs index és az állománysűrűség között sem találtunk összefüggést.

A SPAD értékek öntözés nélküli állományban a terméssel és az állománysűrűséggel nem voltak összefüggésben.

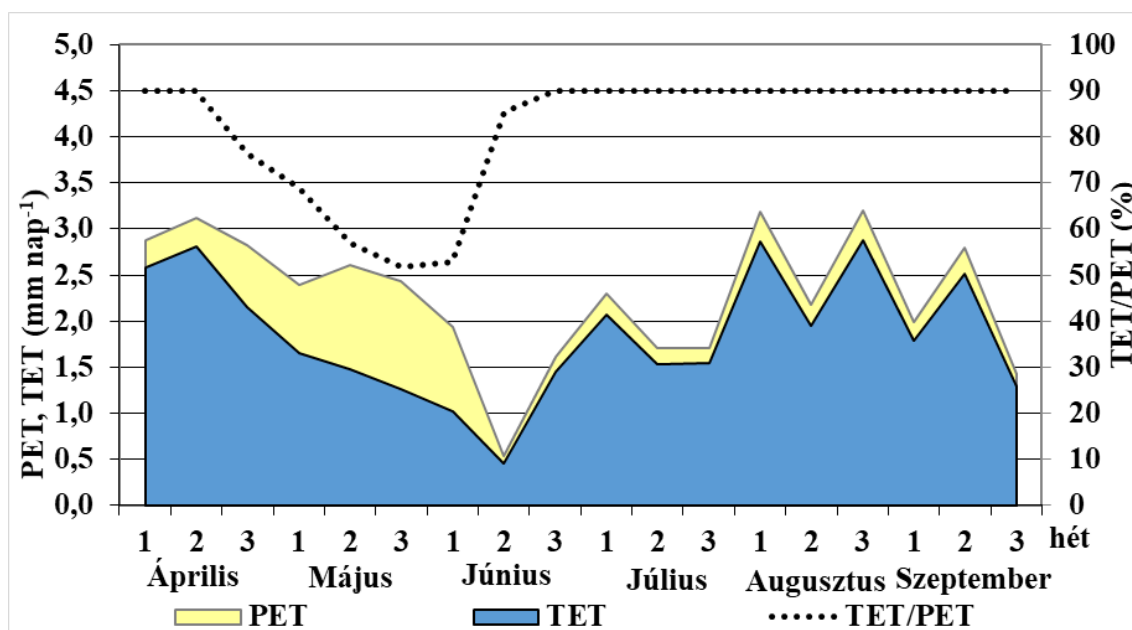
Az állománysűrűség és a szemtermés keményítő tartalma között $p=5\%$ -os szinten szignifikáns kapcsolatot ($r=0,517$) mutattunk ki. A keményítő és fehérjetartalom közötti negatív korrelációt ($r=-0,683$, $p=1\%$) az öntözés nélküli állományban is igazoltuk.

4.2. Vízellátás és állománysűrűség hatásának értékelése a kukoricahibridek fejlődésére, produktivására és minőségére 2020-ban

4.2.1. A kukoricaállományok vízellátottságának változása a 2020-ban

4.2.1.1 Párolgási adatok elemzése 2020-ban

Április második harmadik dekádjában a tényleges evapotranszpiráció értéke a potenciális párolgás 76,3%-át érte el (26. ábra). A májusban a kevés csapadék hatására a TET/PET aránya 51,9-52,7%-ra romlott. A június második felében javuló vízellátás június végén 90,0%-os TET/PET arányt eredményezett. A szokatlanul kedvező vízellátás hatására ez az arány teljesen szeptember végéig megmaradt. A mérési időpontok jelentős részében a növények láthatóan nem szenvedtek vízhiánytól, melyet a mérések is igazoltak.

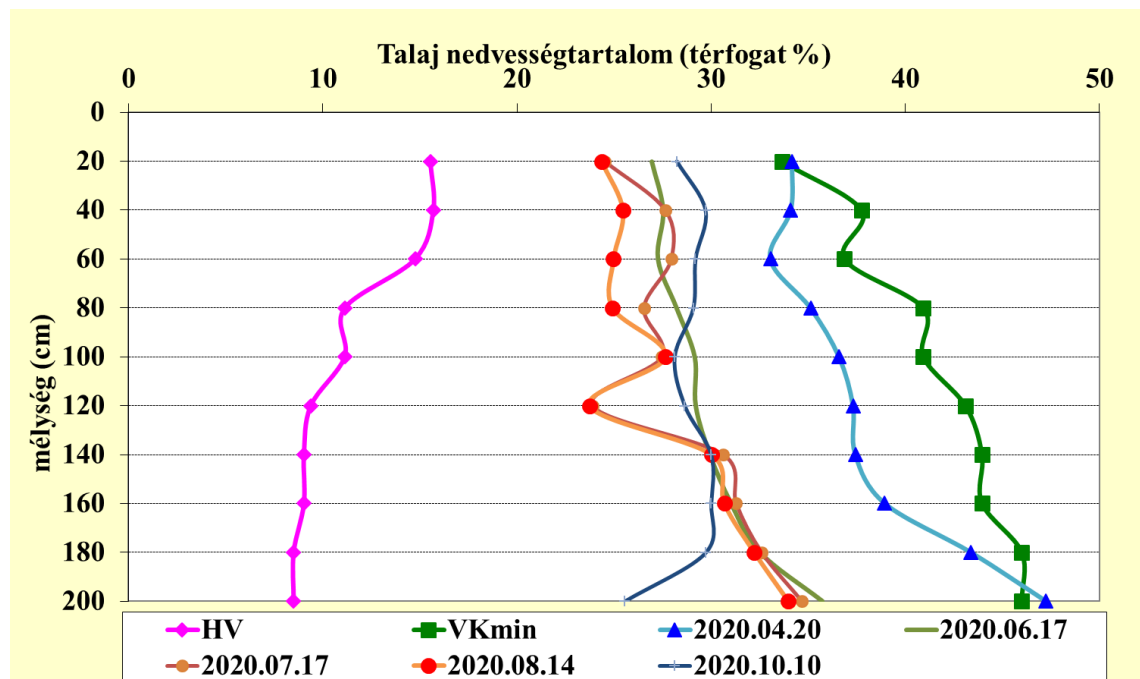


26. ábra A PET és TET becsült értékei, illetve a TET és PET aránya kukoricában (Debrecen 2020)

4.2.1.2 Talajnedvesség vizsgálatok eredményei 2020-ban

2020-ban az induló tavaszi nedvességekészlet a csapadékos tél után egy viszonylag csapadékos február és március miatt kedvezően alakult, a vetés idején a talajnedvesség

elérte a minimális vízkapacitás szintjét. Június elejére 20 cm-es mélységben a víztartalom csökkent, de a talaj ideális állapotban volt a kukorica növényeknek. A júniusi csapadéknak köszönhetően július elejére a 0-60 cm-es mélységben a növények számára elérhető víz mennyisége továbbra is nagyon kedvező volt. Augusztus közepére a parcellákon a 40-80 cm-es mélységben növekedett a talaj nedvessége. A mélyebb rétegekben a nedvességszint csupán az első és az utolsó mérés alkalmával tértek el egymástól markánsabban (27. ábra).

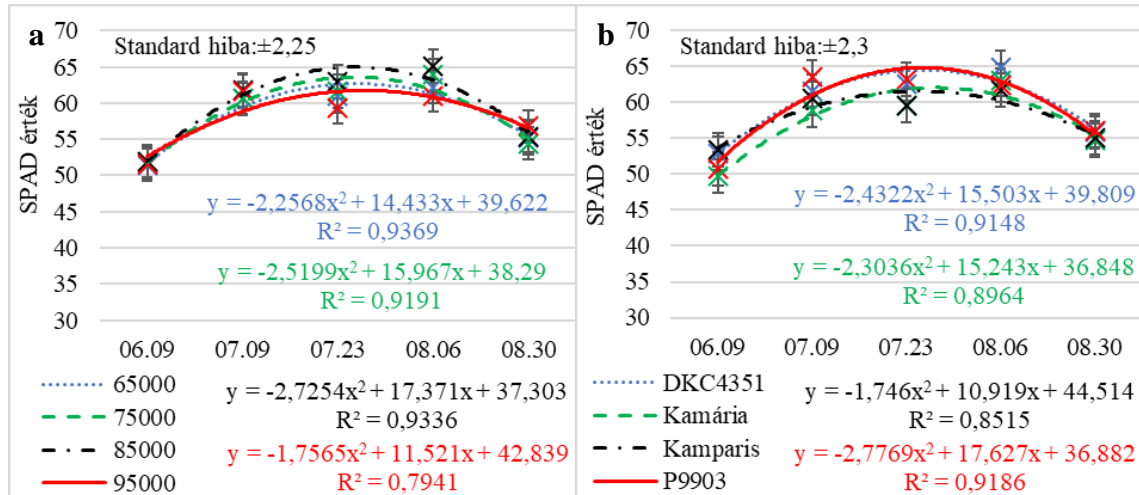


27. ábra A kukoricaállományok vízellátottságának változása (Debrecen 2020)

4.2.2 Állománysűrűség hatása a kukorica hibridek relatív klorofilltartalmának változására 2020-ban

A kedvező vízellátottságú 2020-as évben is vizsgáltuk az állománysűrűség és a genotípus hatását a SPAD értékek változására kukorica állományban (28. ábra). A legnagyobb SPAD értékeket az előző évhez hasonlóan virágzás-végén-szemfejlődés elején (BBCH 67-71) mértük. A SPAD értékeket szignifikánsan nem befolyásolta az állománysűrűség, de kissé nagyobb SPAD értékeket 85 000 tő ha⁻¹ állománysűrűségnél, míg a legkisebb értékeket 95 000 tő ha⁻¹ állománysűrűségnél mértük.

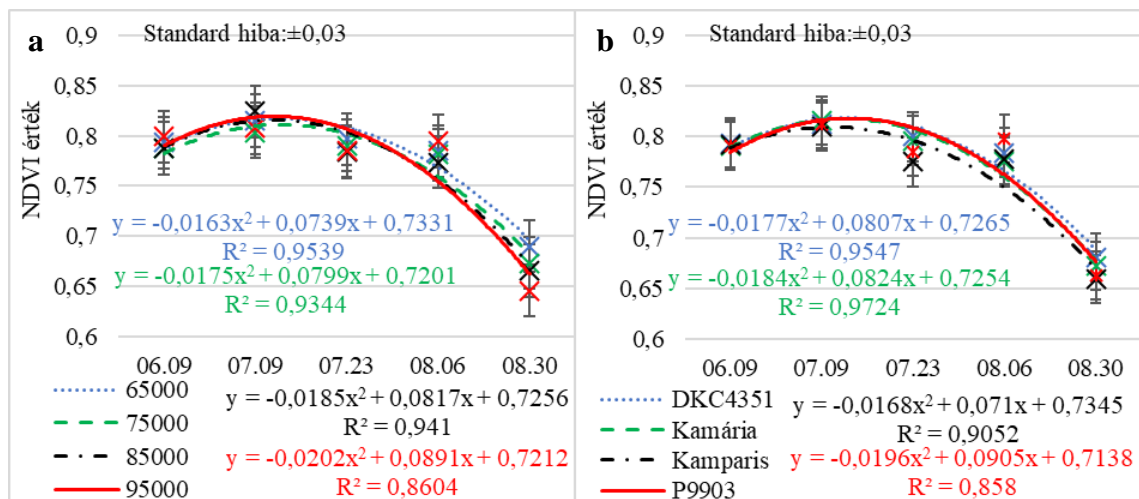
A genotípusok közötti különbségek sem voltak statisztikailag igazolhatók. A DKC4351 és a P9903 hibrid leveleinek relatív klorofilltartalma szinte azonos volt, és kissé meghaladta a többi genotípusnál mért értékeket.



28. ábra Állománysűrűség (a) és genotípus (b) hatása a relatív klorofilltartalom változására (Debrecen 2020) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)

4.2.3 Állománysűrűség hatása a kukorica hibridek Normalizált Differenciált Vegetatív Indexének változására 2020-ban

2020-ban a kukorica állományokban a legnagyobb NDVI értékeket az előző évhez korábbi fenofázisban, már a virágzás kezdetén (BBCH61) mértük (29. ábra).



29. ábra Állománysűrűség (a) és genotípus (b) hatása a Normalizált Vegetációs Index változására (Debrecen 2020) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)

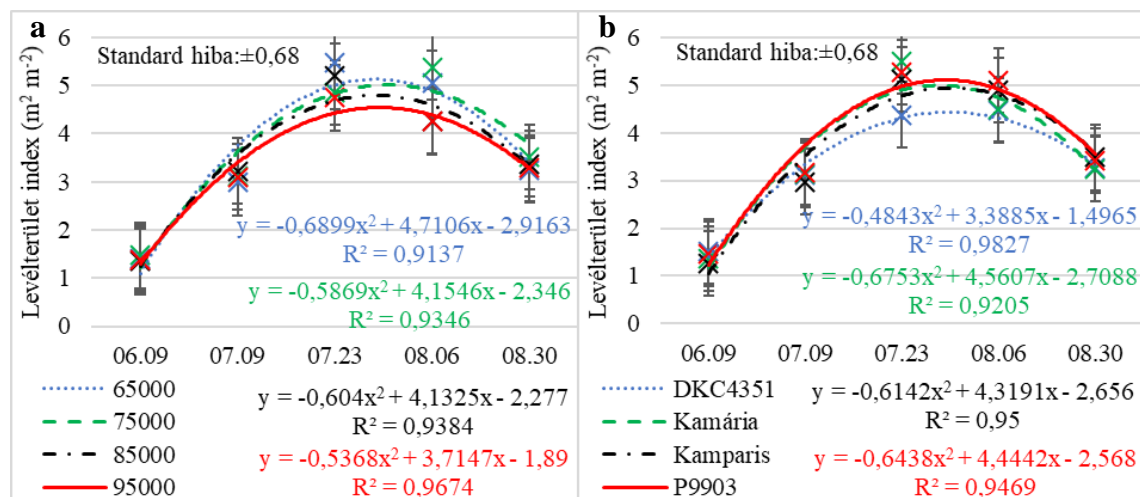
A szemtelítődés- viaszérés kezdetén (BBCH71-BBCH81), már jelentősen kisebb NDVI értékeket mértünk. A hibridek átlagában vizsgálva az eltérő állománysűrűségű parcellákban mért eredményeket, teljesen azonos tendenciát tapasztaltunk. Az igen kedvező természetes vízellátottságú évjáratban a kukoricaállományok vegetációs indexe teljesen egységesen alakult, sem a genotípusok, sem a tőszámok között nem tapasztaltunk eltérést.

Ha összehasonlítjuk a 2019-ben, öntözés nélküli és öntözött parcellákban (10. ábra és 11. ábra) és a 2020-ban, csapadékos évjáratban (29. ábra) mért értékeket, érdekes módon a 2020-as ábra tendenciájában nem a 2019-ben öntözött parcellákban, hanem az öntözés nélküli parcellákban kapott eredményeihez viszonyítva mutatkozik meg.

4.2.4 Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukorica hibridek levélterületének változására 2020-ban

2020-ban a 75 és 95 ezres tőszám mellett mért levélterületi értékek (30/a. ábra) között szignifikáns eltérést tapasztalhattunk az augusztus 6-ai mérés (szemtelítődés kezdete) alkalmával, viszont a többi tőszám esetében nem volt igazolható különbség.

A vizsgált genotípusok közül (30.b ábra) a DKC4351 hibrid szignifikánsan alacsonyabb levélterülettel rendelkezett a július 23-án (BBCH67 virágzás vége) a többi hibridhez képest, azonban a többi mérés alkalmával igazolható különbséget nem találtam.

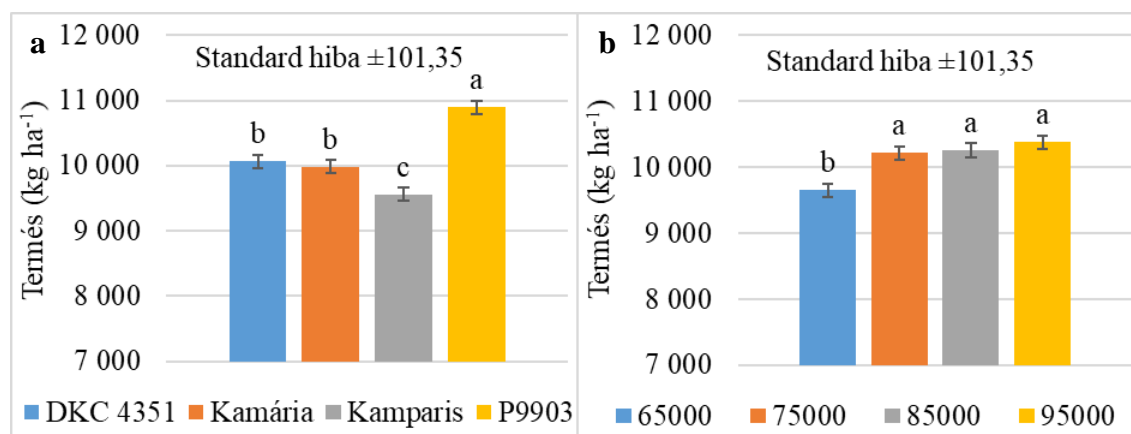


30. ábra Állománysűrűség (a) és genotípus (b) hatása a levélterület változására (Debrecen 2020) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)

4.2.5 Állománysűrűség hatása a kukorica hibridek termésére 2020-ban

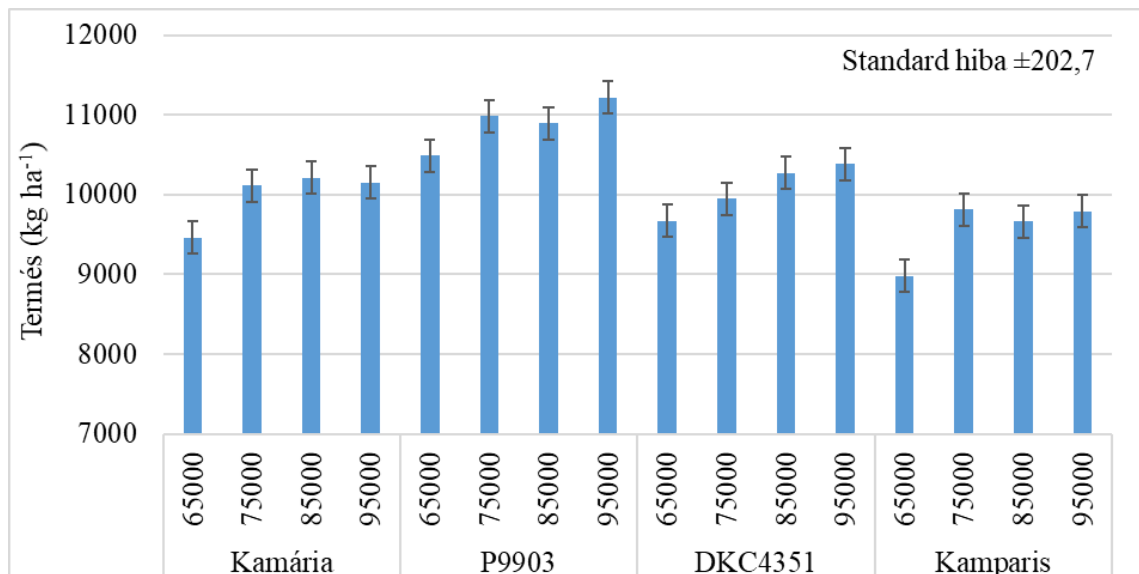
A jobb vízellátottságú 2020-as évben a hibridek terméshozama rendkívül kedvező volt, azonban a genotípusok közötti különbség az előző évitől eltérően alakult. A csapadékosabb évjárat a P9903 hibrid számára bizonyult a legkedvezőbbnek, 10894,38 kg ha⁻¹ termést ért el, ami jelentős eltérést volt a többi hibrid termésmennyiségéhez képest. A DKC4351 és a Kamária termése (10068,13 kg ha⁻¹ és 9983,44 kg ha⁻¹) most sem tért el egymástól szignifikánsan. A legalacsonyabb termést az előző évben legjobban szereplő Kamparis hibrid (9563,44 kg ha⁻¹) hozta.

A tőszámsűrítés hatása szintén a 2019-ben tapasztaltaknak megfelelően alakult. A kukorica termése a 65 ezres (9650,94 kg ha⁻¹) és a 75 ezres (10214,38 kg ha⁻¹) tőszám között szignifikáns termésnövekedést mutatott, azonban a 75 ezres (10214,38 kg ha⁻¹), 85 ezres (10260,63 kg ha⁻¹) és 95 ezres (10383,44 kg ha⁻¹) tőszámok között már nem volt tapasztalható eltérés (31. ábra).



31. ábra Genotípus (a) és állománysűrűség (b) hatása a kukorica termésére (Debrecen 2020) (Kezelésenként az eltérő betűk a hibridek (31.a) vagy a tőszámok (31.b) közötti szignifikáns differenciát jelzik $p = 5\%$ szinten.) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)

A hibridek tőszámreakcióját értékelve megállapítottuk, hogy a P9903 hibrid a 65 ezres tőszámon szignifikánsan a legmagasabb termést (10490 kg ha⁻¹) hozta. A P9903 esetében a tőszámok közötti eltérések lényegesen kisebbek voltak. A tőszám növelésével mindegyik hibrid tudta növelni a termését. A P9903 még tovább tudta növelni a termését a legmagasabb, 95 ezres tőszámon (11213,75 kg ha⁻¹) is, míg a többi hibrid már szignifikánsan nem mutatott eltérést a termés mennyiségében (32. ábra).

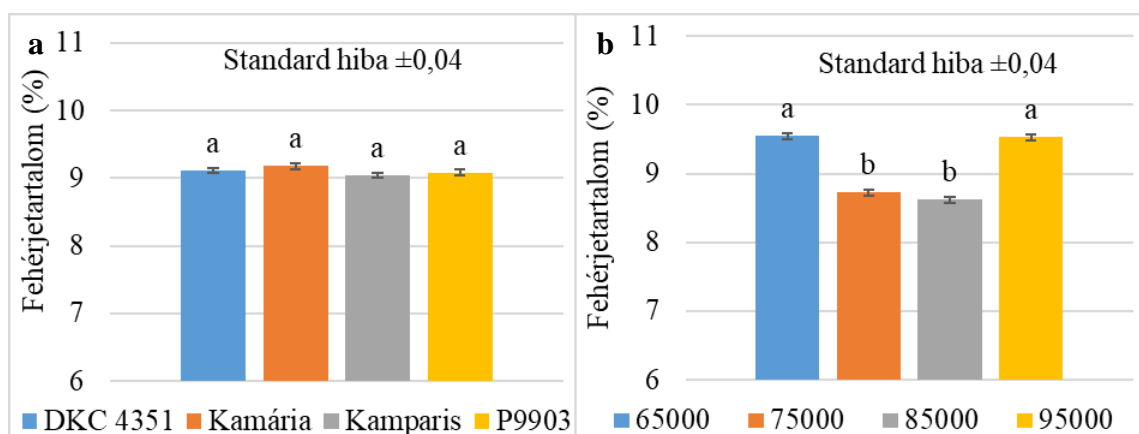


32. ábra Állománysűrűség hatása a kukorica hibridek termésére (Debrecen 2020) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)

4.2.6 Állománysűrűség hatása a kukorica hibridek minőségére 2020-ban

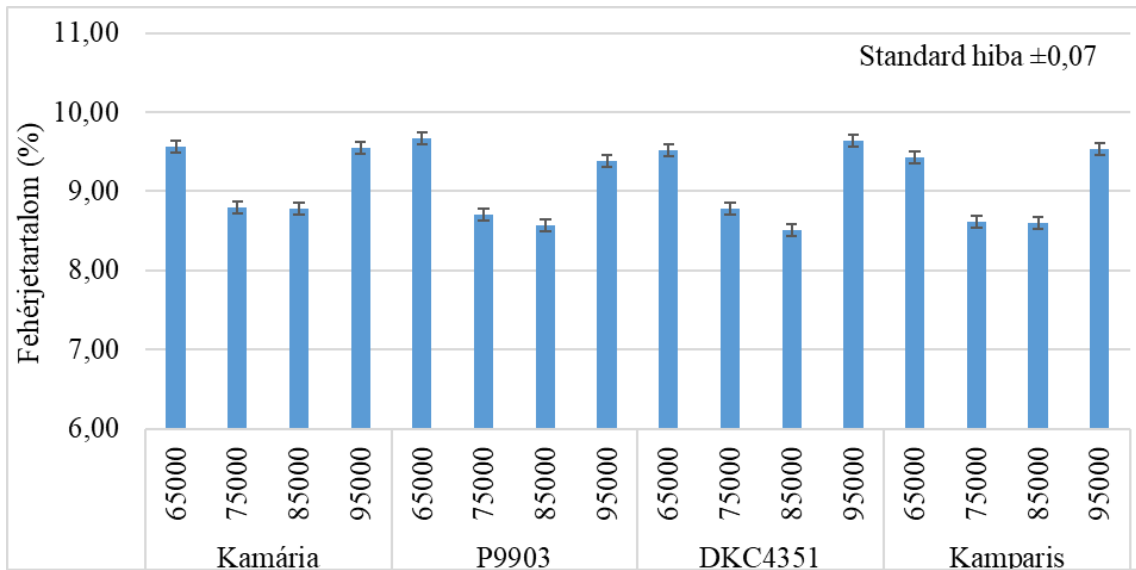
4.2.6.1 Állománysűrűség hatása a kukorica hibridek fehérjetartalmára 2020-ban

A vizsgált hibridek fehérjetartalma 2020-ban a kezelések átlagában szinte azonos volt (33/a. ábra), igazolható különbség nem volt tapasztalható közöttük. A 65 ezres (9,54%) és a 95 ezres (9,53%) tőszám között nem volt szignifikáns különbség a fehérjetartalom tekintetében. A 75 ezres (8,72%) és a 85 ezres (8,62%) állománysűrűségnél ugyancsak szinte azonos, a másik két tőszámnál szignifikánsan kisebb fehérjetartalmat mértünk (33/b. ábra 34. ábra).



33. ábra Genotípus (a) és állománysűrűség (b) hatása a kukorica fehérjetartalmára (Debrecen 2020) (Kezelésenként az eltérő betűk a hibridek (33.a) vagy a tőszámok (33.b) közötti szignifikáns differenciát jelzik $p = 5\%$ szinten.) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)

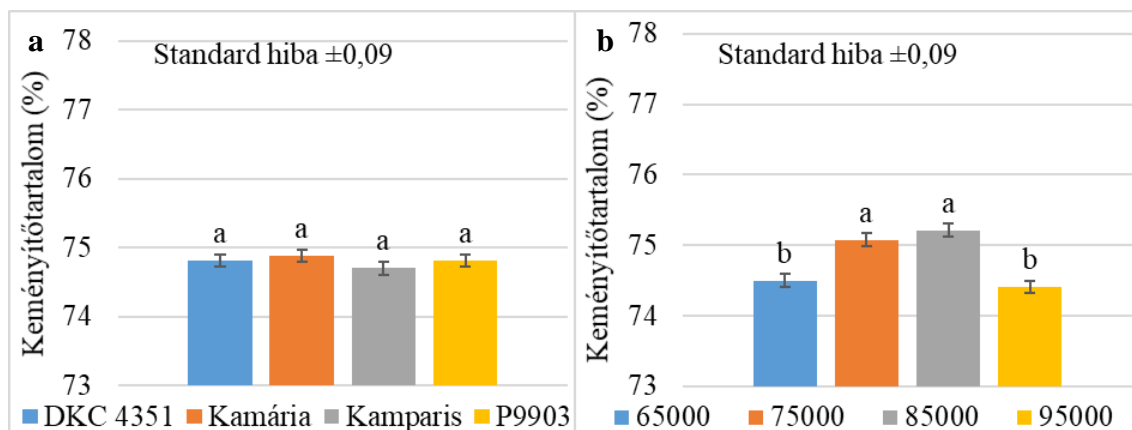
Az állománysűrűség hatását vizsgálva a vizsgált kukoricahibridek fehérjetartalmára (34. ábra) ugyanazt az eredményt kaptuk, mint a hibridek átlagában vizsgálva az állománysűrítés hatását. Minden genotípus esetében a legmagasabb fehérjetartalom a 65 ezres és a 95 ezres tőszámhoz volt köthető, míg a 75 és 85 ezres tőszámú állományoknál jelentősen kisebb fehérjetartalmat mértünk. A hibridek között az egyes tőszámok esetében jelentős eltérést nem tapasztaltunk.



34. ábra Állománysűrűség hatása a kukoricahibridek fehérjetartalmára (Debrecen 2020) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)

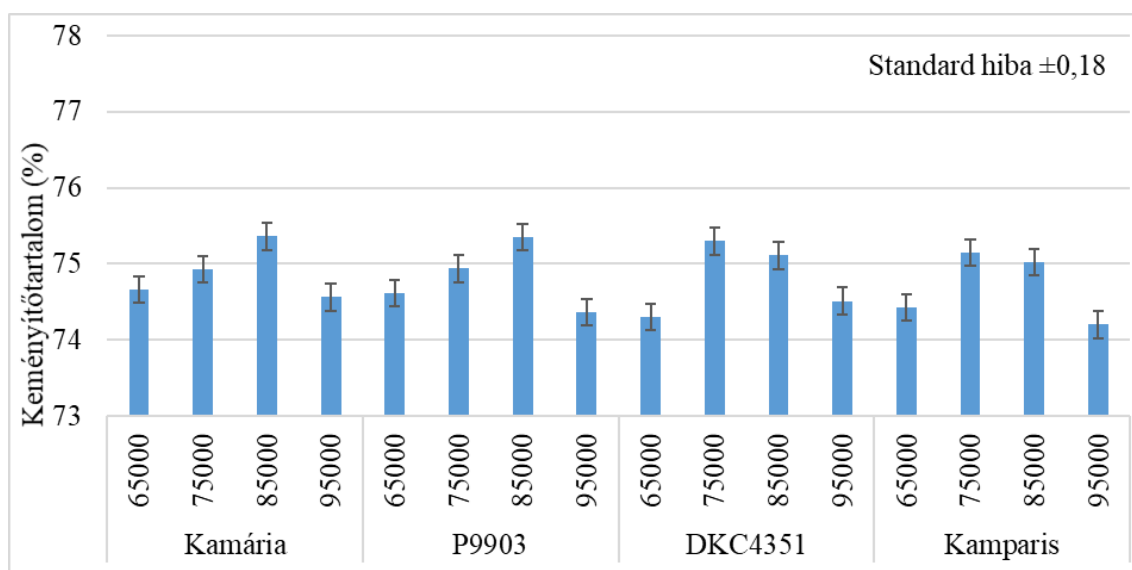
4.2.6.2 Állománysűrűség hatása a kukoricahibridek keményítőtartalmára 2020-ban

A vizsgált hibridek keményítőtartalma 2020-ban a kezelések átlagában nem volt szignifikánsan eltérő (35. ábra). Az állománysűrűség hatása a keményítőtartalomra pontosan a fehérjetartalommal ellentétesen alakult. A legmagasabb keményítőtartalmat a 85 ezres (75,21%) és a 75 ezres (75,08%) tőszámnál mértük, míg a 95 ezres (74,41%) és a 65 ezres (74,5%) állománysűrűségnél szinte azonos, a másik két tőszámnál szignifikánsan kisebb keményítőtartalmat mértünk.



35. ábra Genotípus (a) és állománysűrűség (b) hatása a kukorica keményítőtartalmára (Debrecen 2020) (Kezelésenként az eltérő betűk a hibridek (35.a) vagy a tőszámok (35.b) közötti szignifikáns differenciát jelzik $p= 5\%$ szinten.) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)

A DKC4351 és a Kamparis esetében a 75 ezres, míg a Kamária és a P9903 hibrideknél a 85 ezres állománysűrűség bizonyult leginkább kedvezőnek a keményítőtartalom szempontjából (36. ábra).



36. ábra Állománysűrűség hatása a kukorica hibridek keményítőtartalmára (Debrecen 2020) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)

4.2.7. A vizsgált tényezők közötti kölcsönhatások vizsgálata Pearson-féle korreláció analízissel 2020-ban

Az előző évjáráttól jelentősen eltérő, csapadékos 2020-as évben csekély összefüggést találtunk a fejlődés különböző fázisaiban mért levélterület index értékek és a termés között (3. melléklet). Csak a szemfejlődés kezdetén (BBCH71) mért levélterületi értékek és a termés között volt közepes erősségű pozitív kapcsolat ($r=0,627$, $p=1\%$), azonban a többi mérési időpontban nem találtunk korrelációt a LAI értékek és a termés között. A levélterület és az állománysűrűség között semmilyen összefüggés sem volt kimutatható. Az NDVI értékek esetében is kevés összefüggést találtunk a terméssel. Egyedül a vegetációs időszak kezdetén (BBCH112) mért NDVI értékek ($r=0,632$, $p=1\%$) álltak a terméssel szignifikáns, közepes erősségű pozitív összefüggésben, azonban ez a kapcsolat a többi mérési időpontban nem volt kimutatható. A vegetációs index és az állománysűrűség között sem találtunk összefüggést.

A SPAD értékek és a termés, valamint az állománysűrűség között sem volt kapcsolat.

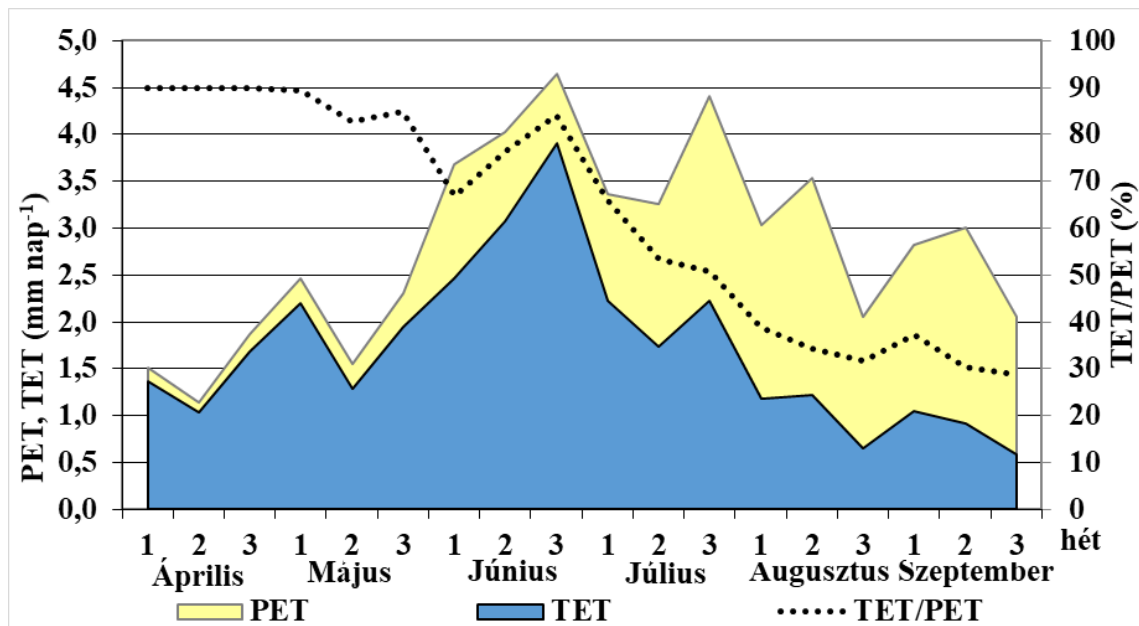
A keményítő és fehérjetartalom közötti szoros negatív korrelációt a szokatlanul csapadékos évjáratban is igazoltuk ($r=-0,868$, $p=1\%$).

4.3. Vízellátás és állománysűrűség hatásának értékelése a kukorica hibridek fejlődésére, produktivására és minőségére 2021-ben

4.3.1. A kukoricaállományok vízellátottságának változása a 2021-ben

4.3.1.1 Párolgási adatok elemzése 2021-ben

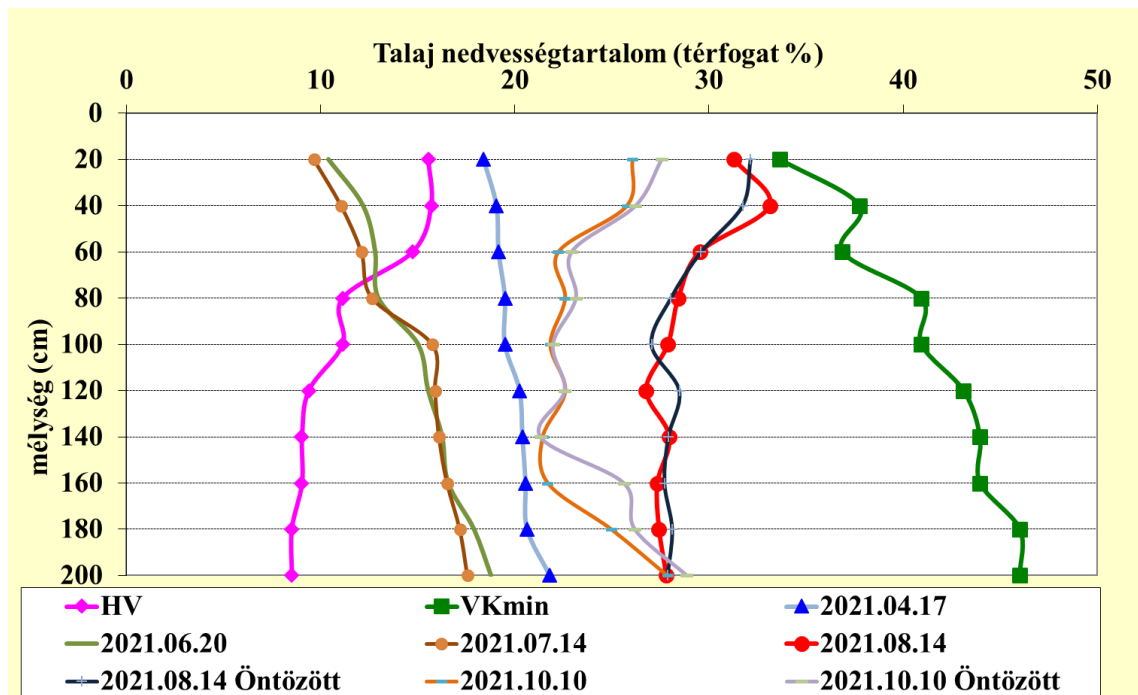
Április második harmadik dekádjában a tényleges evapotranszpiráció értéke a potenciális párolgás 90%-át érte el (37. ábra). A májusban lehullott csapadék hatására a TET/PET aránya 89,3-84,8%-ra csökkent, míg ez az arány ismét 84-66,1%-ra csökkent június végén és július elején. A mérési időpontok egy részében a növények láthatóan vízstressz állapotban voltak, melyet a mérések is igazoltak. A július második felében romló vízellátás augusztus elejére 53,4-50,7%-os TET/PET arányt eredményezett. Az augusztusban és szeptemberben folytatódó szárazság hatására a TET/PET arány tovább romlott, szeptember végére 28,8%-ra csökkent.



37. ábra A PET és TET becsült értékei, illetve a TET és PET aránya kukoricában (Debrecen 2021)

4.3.1.2 Talajnedvesség vizsgálatok eredményei 2021-ben

2021-ben az induló tavaszi nedvességekészlet a száraz február, március és április miatt kedvezőtlenül alakult, a vetés idején az talajnedvesség nem érte el a minimális vízkapacitás szintjét. Június elejére 60 cm-es mélységig a holtvíz tartalom szintjéig kiszáradt (38. ábra) a talaj, de a mélyebb rétegekben még találhattak nedvességet a kukorica növények. A júniusi csapadékhiánynak köszönhetően július elejére a 0-60 cm-es mélységben továbbra is holtvíztartalom alatt maradt a nedvességtartalom. Augusztus közepére az öntözetlen parcellákon a vízellátottság kedvezőbben alakult az előző két hónapban mért adatokhoz képest. Az öntözés pozitív hatása a legtöbbrétegben a nedvességszint az öntözetlen területekhez hasonló szinten voltak.

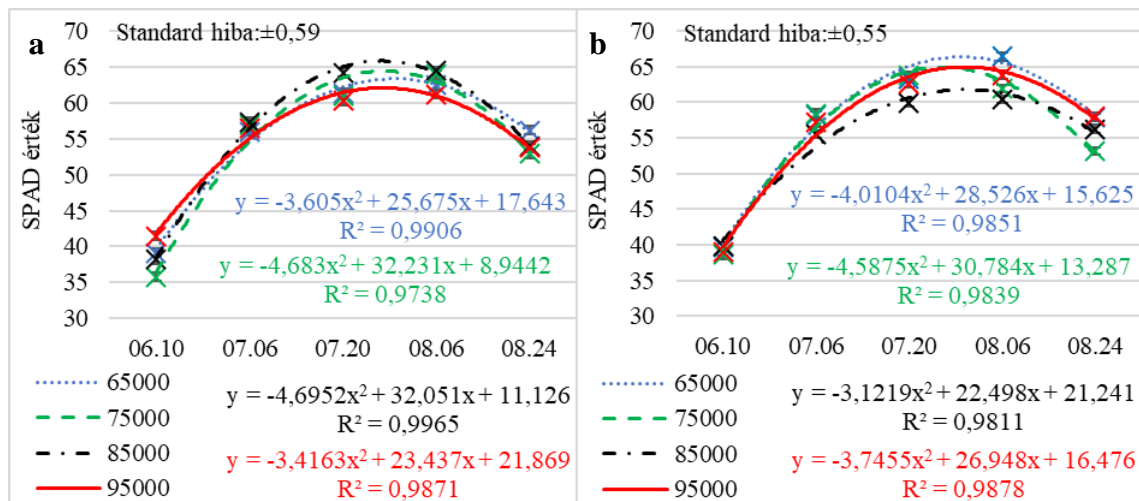


38. ábra A kukoricaállományok vízellátottságának változása a 2021-ben (Debrecen 2021)

4.3.2 *Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukorica hibridek relatív klorofilltartalmának változására 2021-ben*

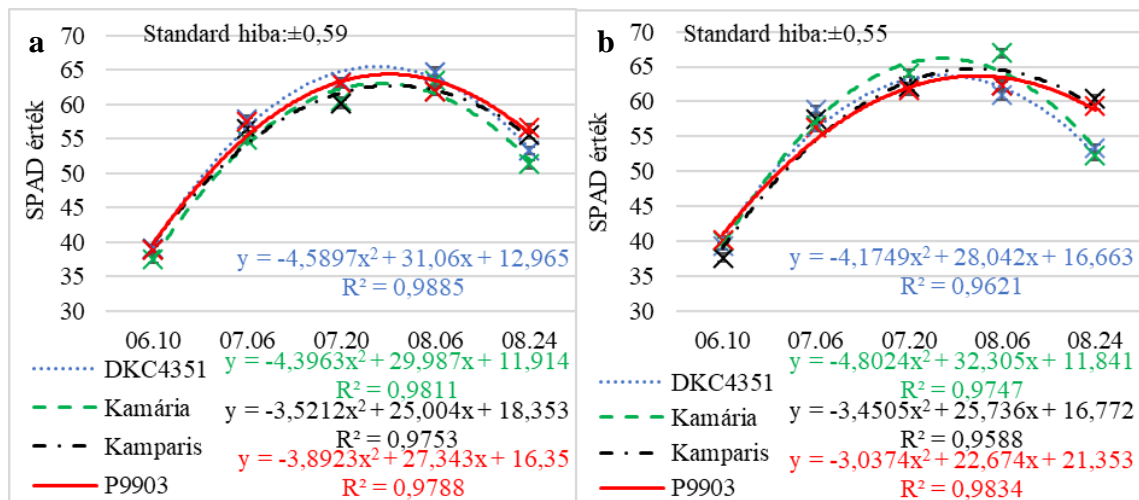
2021-ben a kukorica vegetációs időszakában a mérési időpontok jelentős részében a növények láthatóan vízstressz állapotban voltak, ezért ebben az évben ismét vizsgáltuk az öntözés hatását is.

Az genotípusok átlagában vizsgálva öntözött és öntözetlen parcellákban egyaránt a legnagyobb SPAD értékeket ebben az évben is a virágzás-végén-szemfejlődés elején (BBCH 67-71) mértük (39. ábra). A SPAD értékeket jelentősen nem befolyásolta az állománysűrűség. Az öntözés hatására mutatkozott egy kicsit nagyobb eltérés a mért legnagyobb értékek között, azonban az összefüggés nem volt szignifikáns. Az öntözés nélküli parcellákon, csakúgy, mint a csapadékos 2020-as évben, legnagyobb SPAD értékeket 85 ezer tő ha⁻¹, míg legkisebb értékeket 95 ezer tő ha⁻¹ állománysűrűségnél mértünk. Az öntözött parcellákban mért értékek a viaszérés időszakában (BBCH 81) meghaladták az öntözetlen állományban mért SPAD értékeket.



39. ábra Állománysűrűség hatása a relatív klorofilltartalom változására eltérő vízellátás mellett (Debrecen, 2021) (a: öntöztelen, b: öntözött) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)

A genotípusok relatív klorofilltartalmát összehasonlítva az öntöztelen parcellákon szinte teljesen azonos SPAD értékeket mértünk (40. ábra).

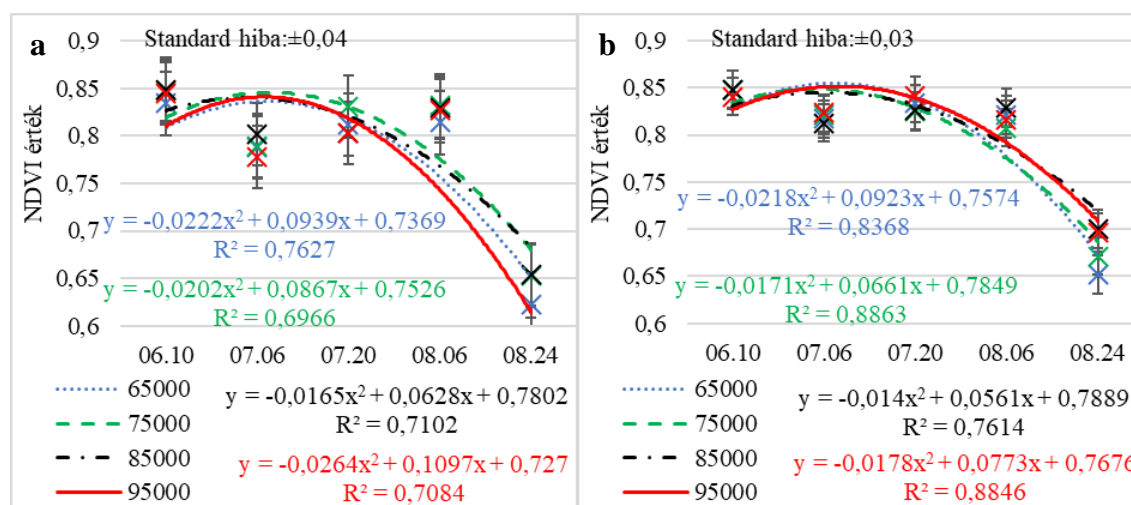


40. ábra Genotípus hatása a relatív klorofilltartalom változására eltérő vízellátás mellett (Debrecen, 2021) (a: öntöztelen, b: öntözött) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)

Szignifikáns eltérést az öntözött kezelésben sem találtunk, azonban a genotípusok közötti eltérések kicsit kifejezettebbek voltak. A virágzás idején a Kamária hibrid relatív klorofill tartalma volt magasabb, azonban a viaszérés kezdetén (BBCH81) a Kamparis és a P9903 hibridek esetében egyaránt magasabb SPAD értékeket mértünk, mint a DKC4351 és a Kamária esetében.

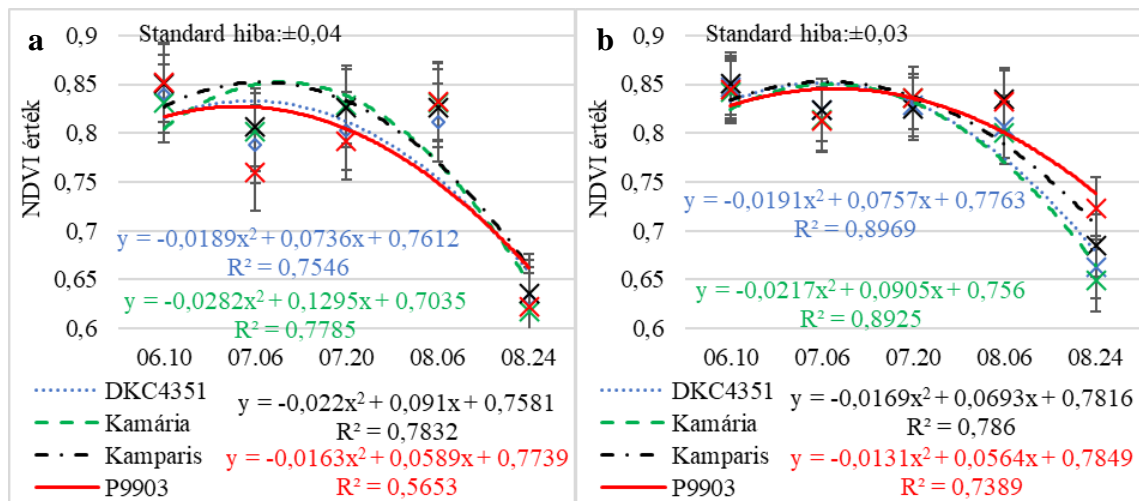
4.3.3 Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukorica hibridek Normalizált Differenciált Vegetatív Indexének változására 2021-ben

2021-ben a kukorica állományok az előző évhez hasonlóan már a virágzás kezdetére (BBCH61) elérték a maximális NDVI értéket mindkét vízellátási változatban (41. ábra). Az eltérő állománysűrűségeknél mért értékek között némi különbség a 4-5. mérésnél volt tapasztalható. Az eltérés az öntözetlen parcellákban kicsit kifejezettebb, míg kedvező vízellátásnál kevesebb volt. 2019-hez hasonlóan az öntözetlen parcellákban a viaszérés kezdetén (BBCH 81), az utolsó mérés alkalmával mért értékek jelentősen alacsonyabbak voltak, míg az öntözés hatására az állományok tovább megőrizték a vegetációs felületüket, azonban 2019-hez képest a korai viaszérés (BBCH81) idejére az öntözött parcellákon kisebb értékeket mértünk. Legkisebb vegetációs index értéket a viaszérés idejére öntözés nélkül a 95 ezres, míg öntözve 65 ezres tőszámánál mértünk. NDVI érték vonatkozásában öntözés nélkül a 75-85 ezres, öntözve a 85-95 ezres tőszám bizonyult kedvezőbbnek.



41. ábra Állománysűrűség hatása a Normalizált Vegetációs Index változására eltérő vízellátás mellett (Debrecen, 2021) (a: öntözetlen, b: öntözött) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)

A genotípusok közötti különbségeket a tőszámok átlagában vizsgálva (42. ábra), öntözés nélkül a vegetáció csúcsidejében elért maximális NDVI értékek között mutatkozott meg a genotípusok közötti különbség, azonban szemtelítődés-viaszérés kezdete idejére kiegyenlítődt az állomány.

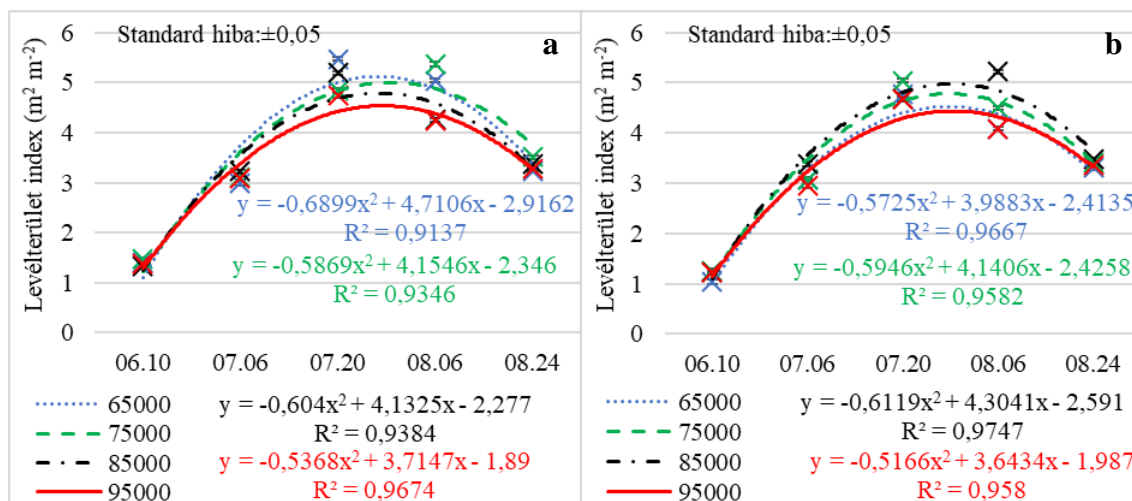


42. ábra Genotípus hatása a Normalizált Vegetációs Index változására eltérő vízellátás mellett (Debrecen, 2021) (a: öntözetlen, b: öntözött) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)

A Kamparis és a Kamária hibridek érték el nagyobb vegetációs index értéket, de a Kamária esetében az NDVI értékek az utolsó mérés alkalmával szignifikánsan alacsonyabb értéket mutattak. Ezzel ellentétben öntözve a maximális NDVI értékek hasonlóan alakultak mind a négy vizsgált hibridnél, viszont a P9903 esetében még a viaszérés kezdetén (BBCH81) is magasabb értékeket mértünk. A hibridek közötti különbség nem volt szignifikáns, de öntözve is a Kamária NDVI értéke volt a legkisebb a vegetációs időszak végén.

4.3.4 Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukoricahibridek levélterületének változására 2021-ben

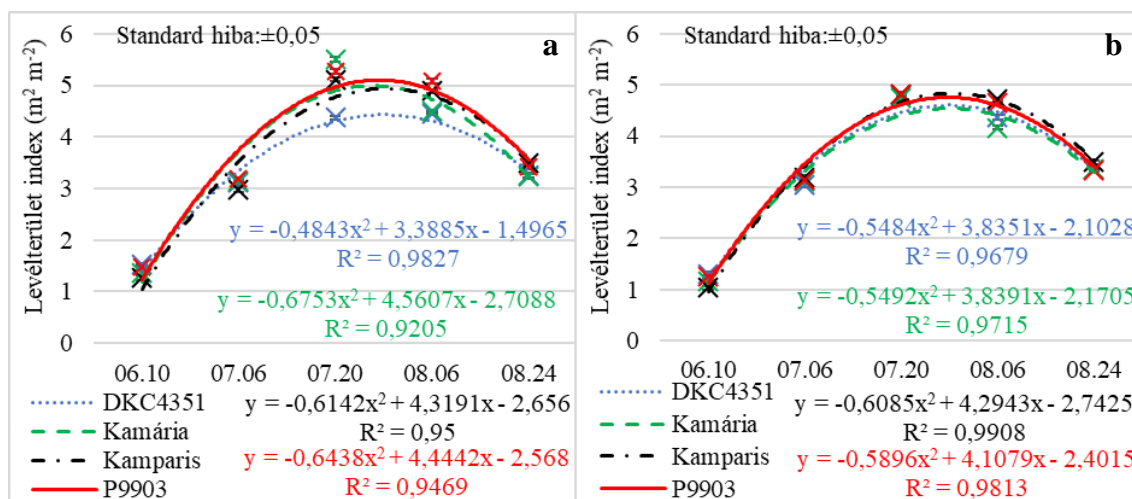
2021-ben mindkét vízellátási változatban a levélterületi értékek a 95 ezres tőszámon alakultak legkedvezőtlenebbül (43. ábra).



43. ábra Állománysűrűség hatása a levélterület változására eltérő vízellátás mellett (Debrecen, 2021) (a: öntöztelen, b: öntözött) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)

A 65 ezres és 75 ezres tőszám szignifikánsan magasabb levélterületet eredményezett öntöztelen körülmények között. Az öntözés hatására statisztikailag igazolhatóan nem növekedett a levélterület az állománysűrűség változásával. Öntözés nélkül a 65-75 ezres, míg öntözve a 85 ezres tőszám bizonyult kedvezőbbnek.

A genotípusok levélterület változása közötti különbségeket a 44. ábra szemlélteti:



44. ábra Genotípus hatása a levélterület változására eltérő vízellátás mellett (Debrecen, 2021) (a: öntöztelen, b: öntözött) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)

A DKC4351 szignifikánsan alacsonyabb maximális levélterületet ért el a július 20-ai mérésnél (BBCH67 virágzás vége) öntöztelen körülmények között, azonban a többi hibrid levélterület indexe hasonlóan alakult. Az öntözött állományokban a genotípusok közt szignifikáns különbség nem figyelhető meg.

4.3.5 Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukorica hibridek terméskepző elemeire 2021-ben

Öntözés nélkül a Kamparis hibrid csövenként mért szemtömeg értéke szignifikánsan meghaladta a többi hibrid csövenkénti szemtömegét. (12. táblázat). A csövenkénti szemtömeg az öntözés hatására a Kamária és a Kamparis hibridek esetében nem emelkedett. Ebben az évben is a P9903 hibrid öntözési reakciója volt a legnagyobb, szignifikánsan több szemtermést produkált csövenként, mint a DKC4351 vagy a Kamária hibrid.

12. táblázat: Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukorica hibridek csövenkénti szemtömegére (Debrecen 2021)

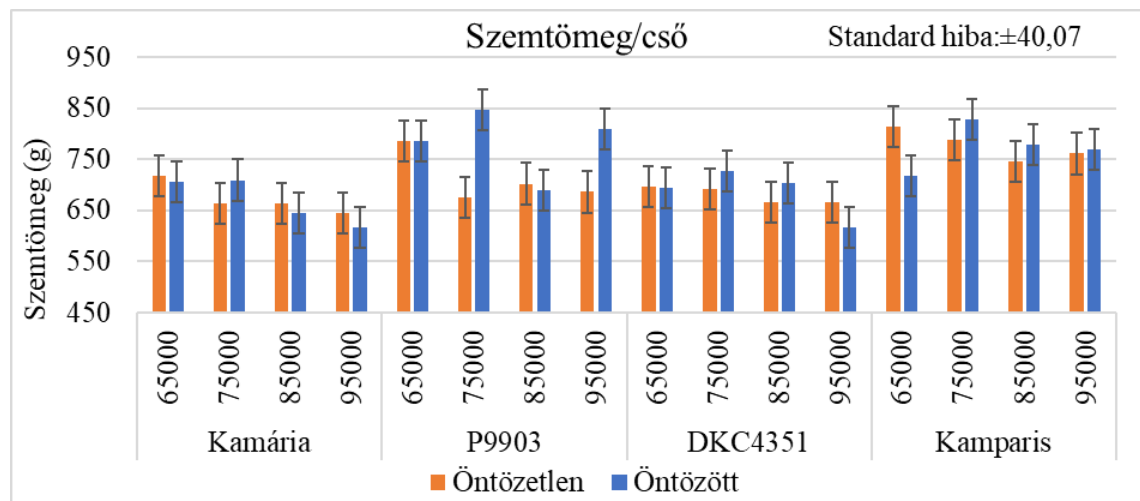
Csövenkénti szemtömeg (g)						
Vízellátás	Hibrid	Tőszám				Tőszámok átlaga
		65 ezer	75 ezer	85 ezer	95 ezer	
Öntözetlen	Kamária	717,73	663,73	662,80	644,48	672,18 ^B
	P9903	786,38	675,58	702,38	686,08	712,60 ^B
	DKC4351	695,73	692,60	665,15	666,08	679,89 ^B
	Kamparis	814,18	787,33	744,88	761,20	776,89 ^A
	Hibridek átlaga	753,50^a	704,81^{ab}	693,80^b	689,46^b	710,39
Öntözött	Kamária	705,98	709,48	645,33	615,85	669,16 ^B
	P9903	785,00	847,85	689,15	808,35	782,59 ^A
	DKC4351	693,90	726,48	703,15	617,62	685,29 ^B
	Kamparis	717,40	828,93	778,85	769,88	773,76 ^A
	Hibridek átlaga	725,57^{ab}	778,18^a	704,12^b	702,93^b	727,70
Öntözés*Hibrid átlaga		739,53^{ab}	741,49^a	698,96^b	696,19^b	719,04

(A különböző vízellátásnál, oszloponként pirossal az eltérő nagy betűk a hibridek közötti szignifikáns eltérést, az eltérő kisbetűk pedig a tőszámok közötti szignifikáns eltérést jelzik $p=5\%$ szinten.)

Az állománysűrűség és a terméskepző elemek közötti összefüggéseket vizsgálva (12. táblázat) megállapíthattuk, hogy az öntözés nélküli körülmények között a 65 ezres tőszámnál (753,50 g) sikerült a legmagasabb szemtömeget elérni, ami szignifikánsan nem tért el a 75 ezres tőszámnál (704,81 g) elért eredményétől. A szemtömeg a nagyobb állománysűrűségnél kisebb volt.

Az öntözés hatására a szemtömeg a 75-95 ezres tőszámnál emelkedett, azonban a növekedés inkább csak a 75 ezres állományban volt számottevő (778,18 g). A 85-95 ezres tőszámnál szignifikánsan kisebb szemtömeget mértünk. A 65 ezres és a 75 ezres tőszám között igazolható eltérést nem találtunk.

A genotípusok és a vízellátás együttes hatását értékelve a csövenkénti szemtömeg alakulására ugyanazt figyelhettük meg, mint az öntözött állományokban. A legnagyobb (741,49 g) csövenkénti szemtömeget a 75 ezres állománysűrűségnél mértük, azonban a 65 ezres és a 75 ezres állománysűrűségnél mért szemtömeg értékek szignifikánsan nem tértek el egymástól. A vizsgált genotípusok többségénél öntözés nélkül a tőszám növelésével kissé csökkent a csövenkénti szemtömeg. Az öntözés hatására nem változott jelentősen a szemtömeg jelentősen egyik vizsgált állománysűrűségnél sem (45. ábra).



45. ábra Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukorica hibridek csövenkénti szemtömegére (Debrecen 2021) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)

Egyedül a P9903 esetében a 75 ezres tőszámnál (+172,28 g), és a 95 ezres állománynál (+122,27 g) mértünk jelentősebb szemtömeg növekedést a kedvezőbb vízellátásnak köszönhetően. Az eltérés a hibridek tőszámreakciójában jól megfigyelhető volt. A Kamária és a DKC4351 hibrid a tőszámsűrítés hatására kisebb csövenkénti szemtömeget ért el. A P9903 (786,38 g) és a Kamparis (814,18 g) ért el az öntözés nélküli állományban 65 ezres állománysűrűségnél nagyobb szemtömeget. A legkedvezőbb értékeket a Kamparis hibridnél mértük, mivel magas kiindulási értékről (814,18 g) indult, és a legmagasabb tőszámnál is nagy szemtömeget (761,2 g) mértünk.

Az öntözés nélküli parcellákban a DKC4351 (87,37%) és a P9903 (86,93%) szignifikánsan nagyobb morzsolási arányt ért el, mint a Kamparis és a Kamária. Az

öntözés hibridenként eltérő mértékben, de a Kamparis kivételével javította a morzsolási arányt (13. táblázat). A Kamparis esetében a morzsolási arány az öntözött parcellákban megegyezett az öntözés nélkül elért eredménnyel.

13. táblázat: Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukoricahibridek morzsolási arányára (Debrecen 2021)

Morzsolási arány (%)						
Vízellátás	Hibrid	Tőszám				Tőszámok átlaga
		65 ezer	75 ezer	85 ezer	95 ezer	
Öntözetlen	Kamária	85,67	85,60	86,11	85,09	85,62 C
	P9903	85,37	86,48	87,92	87,96	86,93 AB
	DKC4351	87,25	87,04	86,87	88,31	87,37 A
	Kamparis	85,58	86,17	86,31	86,42	86,12 BC
	Hibridek átlaga	85,97 b	86,32 b	86,81 a	86,94 a	86,51
Öntözött	Kamária	86,70	87,05	87,10	86,77	86,91 B
	P9903	86,78	87,92	88,14	86,69	87,38 B
	DKC4351	87,93	88,27	88,02	88,13	88,09 A
	Kamparis	86,27	85,49	86,37	86,35	86,12 C
	Hibridek átlaga	86,92 b	87,18 ab	87,41 a	86,98 b	87,12
Öntözés*Hibrid átlaga		86,44 b	86,75 a	87,11 a	86,96 a	86,82

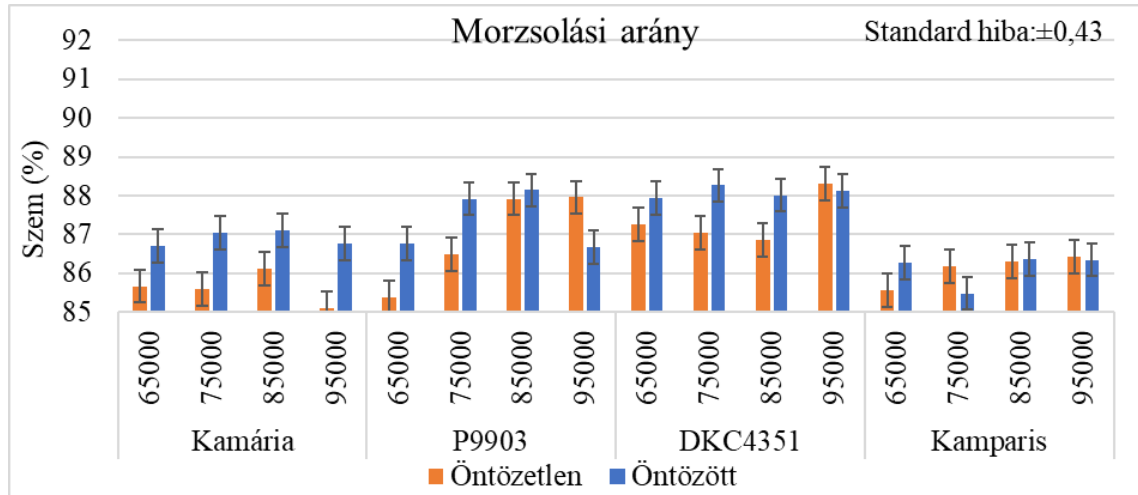
(A különböző vízellátásnál, oszloponként pirossal az eltérő nagy betűk a hibridek közötti szignifikáns eltérést, az eltérő kisbetűk pedig a tőszámok közötti szignifikáns eltérést jelzik $p=5\%$ szinten.)

Az öntözés nélküli parcellákban a hibridek átlagában vizsgálva az állománysűrűség hatását a morzsolási arány alakulására a 95 ezres állománysűrűség volt a legkedvezőbb (86,94%), azonban hasonló eredményt tapasztaltunk a 85 ezres állományban is (86,81%). Legkedvezőtlenebbnek a 65 ezres állománysűrűség bizonyult (85,97%).

Az öntözött parcellákban valamennyi tőszámnál a morzsolási arány javulását tapasztaltuk. Legjobb eredményt a 85 ezres tőszámnál (87,41%) mértünk, míg tovább sűrítve az állományt határozottan romlott a morzsolási arány (86,98%), ami szignifikánsan nem tért el a 65 ezres tőszámnál mért értéktől.

Összességében vízellátási változattól függetlenül a 2021-es évben a morzsolási arány a legkisebb és a legnagyobb állománysűrűségnél volt a legkevesebb, míg a 75 és 85 ezres állományban statisztikailag is igazolhatóan kedvezőbb eredményt (86,75 és 87,11%) értünk el.

A vizsgált hibridek egyedi reakcióját vizsgálva egyértelműen megállapítható, hogy a P9903 és a DKC4351 hibridek mindkét vízellátási változatban kedvezőbb morzsolási arányt mutattak, mint a másik két hibrid (46. ábra).



46. ábra Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukoricahibridek morzsolási arányára (Debrecen 2021) (A hibasávok a standard hibát jelölik.)

Az esetek többségében az öntözés hatására javult a morzsolási arány az eltérő állománysűrűségű állományokban, bár a 95 ezres tőszám a P9903, a DKC4351 és a Kamparis hibrideknél is kedvezőtlennek bizonyult. A Kamparis hibridnél csupán a 65 ezres tőszámnál volt pozitív hatás az öntözésnek a morzsolási arányra.

A csőhosszúságot is jelentősen és eltérő mértékben befolyásolja az állománysűrűség és a vízellátás a kukorica genotípusok esetében (14. táblázat).

Az öntözetlen körülmények között a P9903 esetében tapasztaltuk a leghosszabb csöveket (21,34 cm), amit a Kamparis hibrid közelített meg (20,45 cm). A Kamária és a DKC4351 szignifikánsan rövidebb csöveket hozott.

Az öntözés hatására a Kamparis kivételével nőtt a csövek hosszúsága. A P9903 csőhosszúsága öntözött körülmények között is szignifikánsan nagyobb volt a többi hibridnél, míg a legrövidebb csöveket kedvező vízellátás esetében is a DKC4351 hibridnél mértünk. Az öntözetlen körülmények között a 65 ezres tőszám volt az, amely a leghosszabb csöveket eredményezte (20,62 cm), azonban nem volt szignifikáns eltérés az eltérő állománysűrűségnél mért csőhosszúságok között. Az öntözés hatására a 75 ezres tőszám hozta a leghosszabb csöveket, amelyek szignifikánsan hosszabbak voltak, mint az összes többi tőszám esetében mért csőhosszúság. Az öntözött és öntözés nélküli parcellák

átlagában nézve az eredményeket, megállapíthattuk, hogy az állománysűrűség nem befolyásolta a csőhosszúságot.

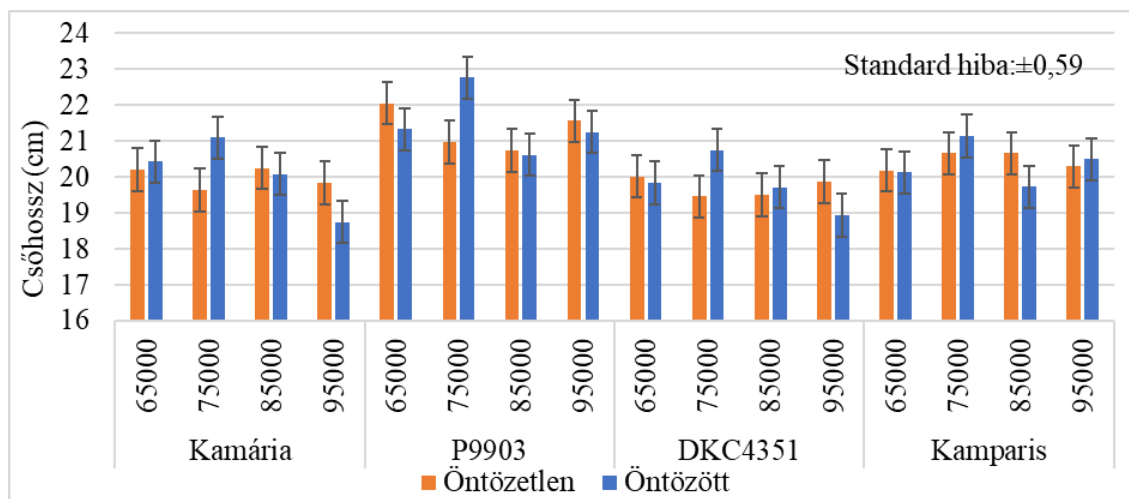
14. táblázat: Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukorica csőhosszúságára (Debrecen 2021)

Csőhossz (cm)						
Vízellátás	Hibrid	Tőszám				Tőszámok átlaga
		65 ezer	75 ezer	85 ezer	95 ezer	
Öntözetlen	Kamária	20,21	19,64	20,25	19,83	19,98 ^C
	P9903	22,06	20,98	20,74	21,57	21,34 ^A
	DKC4351	20,02	19,46	19,51	19,88	19,71 ^C
	Kamparis	20,18	20,67	20,67	20,29	20,45 ^B
	Hibridek átlaga	20,62^a	20,19^a	20,29^a	20,39^a	20,37
Öntözött	Kamária	20,43	21,10	20,08	18,75	20,09 ^{BC}
	P9903	21,33	22,77	20,62	21,25	21,49 ^A
	DKC4351	19,83	20,75	19,72	18,94	19,81 ^C
	Kamparis	20,13	21,14	19,73	20,50	20,38 ^B
	Hibridek átlaga	20,43^b	21,44^a	20,04^b	19,86^b	20,44
Öntözés*Hibrid átlaga		20,53^a	20,81^a	20,16^a	20,13^a	20,41

(A különböző vízellátásnál, oszloponként pirossal az eltérő nagy betűk a hibridek közötti szignifikáns eltérést, az eltérő kisbetűk pedig a tőszámok közötti szignifikáns eltérést jelzik $p=5\%$ szinten.)

Az öntözéstől függetlenül a Kamária, a P9903 és a DKC4361 csak a 75 ezres tőszámnál tudott szignifikánsan hosszabb csövet hozni (47. ábra). A legnagyobb állománysűrűségnél az öntözés hatására a Kamária és a DKC4351 is rövidebb csöveket produkált. Az eredmények alapján megállapítható, hogy a P9903 hozta a leghosszabb csöveket az összes tőszám kezelésétől függetlenül.

Pearson-féle korrelációanalízis segítségével kerestük a termésképző elemek és a termés között megállapítható összefüggéseket. Az öntözés nélküli parcellákban a tőszám gyenge negatív ($r=-0,264$; $p=5\%$) kapcsolatban volt a csövenkénti szemtömegegél és közepes pozitív ($r=0,321$; $p=1\%$) kapcsolatban volt a morzsolási aránnyal, de nem befolyásolta a termést statisztikailag igazolható mértékben (15. táblázat).



47. ábra Vízellátás és állománysűrítés hatása a kukoricahibridek csőhosszára (Debrecen 2021) (A hibasávok a standard hibát jelölik.)

15. táblázat: A termés és a termésképző elemek közötti összefüggés vizsgálata Pearson-féle korreláció analízissel az öntözetlen állományban (Debrecen, 2021)

2021 Öntözetlen	Csőenkénti szemtömeg	Morzsolási arány	Csőhossz	Sorok száma	Sorban a szemek száma	Termés t ha ⁻¹
Tőszám	-0,264*	0,321**	-0,051	0,095	-0,043	0,245
Csőenkénti szemtömeg		-0,170	0,609**	0,301*	0,363**	0,078
Morzsolási arány			-0,043	-0,049	0,271*	0,302*
Csőhossz				0,186	0,577**	0,187
Sorok száma					-0,048	-0,231
Sorban a szemek száma						0,138
**Korreláció szignifikáns p=1% szinten						
*Korreláció szignifikáns p=5% szinten						

Az öntözött állományban az állománysűrűség csupán a csőhosszt befolyásolta ($r=-0,250$; $p=5\%$) statisztikailag igazolhatóan (16. táblázat). Az állománysűrűség nem befolyásolta a terméseredményt. A termés és a termésképző elemek között nem tudunk kapcsolatot kimutatni.

16. táblázat: A termés és a termésképző elemek közötti összefüggés vizsgálata Pearson-féle korreláció analízissel az öntözött állományban (Debrecen, 2021)

2021 Öntözött	Csőenkénti szemtömeg	Morzsolási arány	Csőhossz	Sorok száma	Sorban a szemek száma	Termés t ha ⁻¹
Tőszám	-0,163	0,042	-0,250*	0,233	-0,124	0,120
Csőenkénti szemtömeg		-0,325**	0,743**	0,265*	0,676**	-0,106
Morzsolási arány			-0,129	0,116	0,084	0,193
Csőhossz				-0,060	0,773**	-0,194
Sorok száma					0,031	0,059
Sorban a szemek száma						-0,057
**Korreláció szignifikáns p=1% szinten						
*Korreláció szignifikáns p=5% szinten						

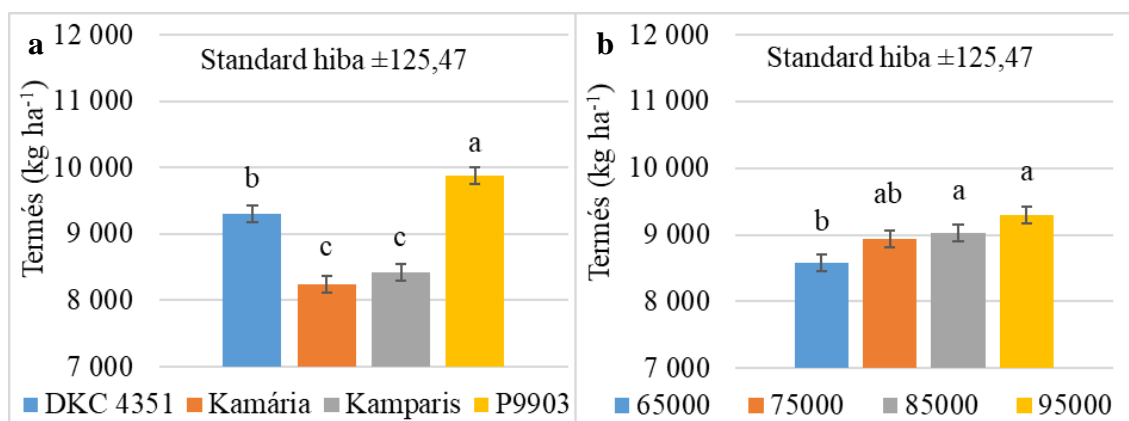
A termésképző elemek, az állománysűrűség és a termés közötti összefüggéseket az öntözött és öntözés nélküli parcellákban együttesen értékelve a Pearson-féle korreláció számítás eredményét a 17. táblázatban láthatjuk. Az állománysűrűség és a termés ($r=0,178$; $p=5\%$), valamint az állománysűrűség és a morzsolási arány ($r=0,179$; $p=5\%$) között gyenge pozitív kapcsolatot találtunk. A tőszám növekedésével párhuzamosan kis mértékben csökkent a csőenkénti szemtömeg ($r=-0,209$; $p=5\%$). Közepes pozitív korreláció ($r=0,306$; $p=1\%$) volt a termés és a morzsolási arány között.

17. táblázat: A termés és a termésképző elemek közötti összefüggés vizsgálata Pearson-féle korreláció analízissel az öntözött és öntözés nélküli kezelések átlagában (Debrecen, 2021)

2021	Csövenkénti szemtömeg	Morzsolási arány	Csőhossz	Sorok száma	Sorban a szemek száma	Termés t ha ⁻¹
Tőszám	-0,209*	0,179*	-0,156	0,166	-0,085	0,178*
Csövenkénti szemtömeg		-0,216*	0,683**	0,286**	0,535**	0,012
Morzsolási arány			-0,077	0,051	0,174	0,306**
Csőhossz				0,053	0,685**	0,003
Sorok száma					-0,004	-0,065
Sorban a szemek száma						0,044
**Korreláció szignifikáns p=1% szinten						
*Korreláció szignifikáns p=5% szinten						

4.3.6 Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukorica hibridek termésére 2021-ben

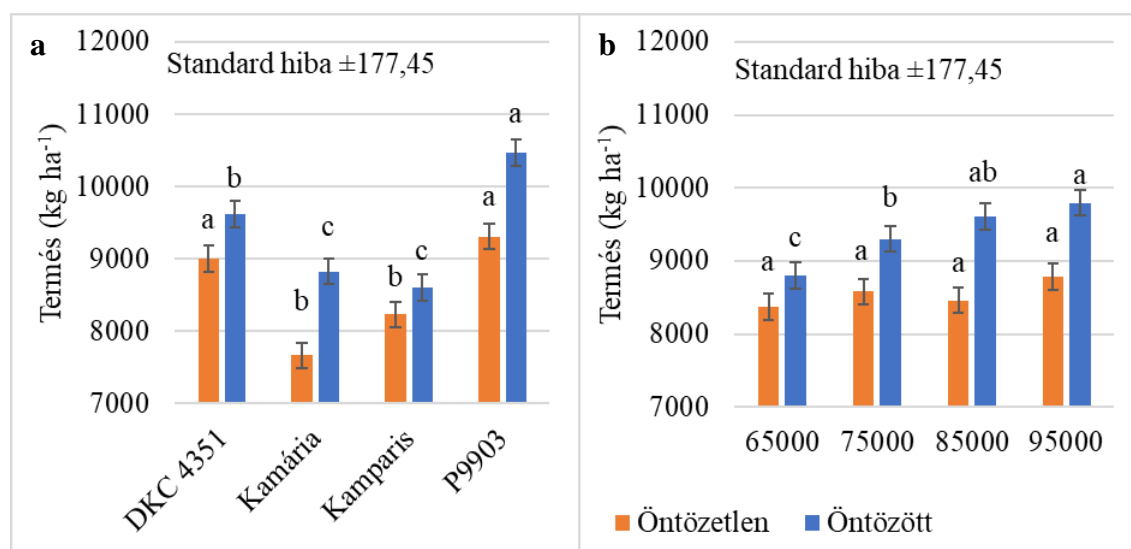
2021-ben annak ellenére, hogy az évjárat jelentősen eltért az előző évtől (48. ábra), legjobban ugyanúgy a P9903 hibrid teljesített (9886,88 kg ha⁻¹). A Kamária és a Kamparis termése nem tért el szignifikánsan egymástól (8242,5 kg ha⁻¹ és 8416,25 kg ha⁻¹), és a termésük több, mint 1000 kg-mal kevesebb volt a Dekalb hibridnél. A DKC4351 9308,13 kg ha⁻¹ termést ért el, amely szignifikánsan kevesebb, mint a P9903 hibridé.



48. ábra Genotípus (a) és állománysűrűség (b) hatása a kukorica hibridek termésére (Debrecen 2021) (Kezelésenként az eltérő betűk a hibridek (48.a) vagy a tőszámok (48.b) közötti szignifikáns differenciát jelzik p= 5% szinten.) (A hibásávók a standard hibát jelölik.)

Az előző évjáratokhoz hasonlóan a kukorica termése a 65 ezres (8587,81 kg ha⁻¹) állománysűrűségnél szignifikánsan kevesebb volt, míg a 85-95 ezres tőszámon elért eredmény igazolhatóan nem tért el egymástól (9035,94 kg ha⁻¹ és 9290 kg ha⁻¹). A 75 ezres tőszámnál elért termés (8940 kg ha⁻¹) bár kissé meghaladta a legkisebb állománysűrűségnél elért eredményt, a terméstöbblet nem volt statisztikailag szignifikáns, és a többi tőszámon elért eredménytől sem tért el jelentősen.

Elemeztük az eltérő vízellátás termésre gyakorolt hatását is (49. ábra). Öntözés nélkül a P9903 és a DKC4351, valamint a Kamária és a Kamparis között nem volt szignifikáns különbség a terméshozamban, azonban a P9903 az öntözés hatására nagyobb mértékben növelte a termését (10466,25 kg ha⁻¹) a DKC4351 (9617,5 kg ha⁻¹) terméséhez képest. A Kamária és Kamparis esetében továbbra sem volt szignifikáns különbség a terméshozamban, annak ellenére sem, hogy a Kamária öntözési reakciója kedvezőbb volt.

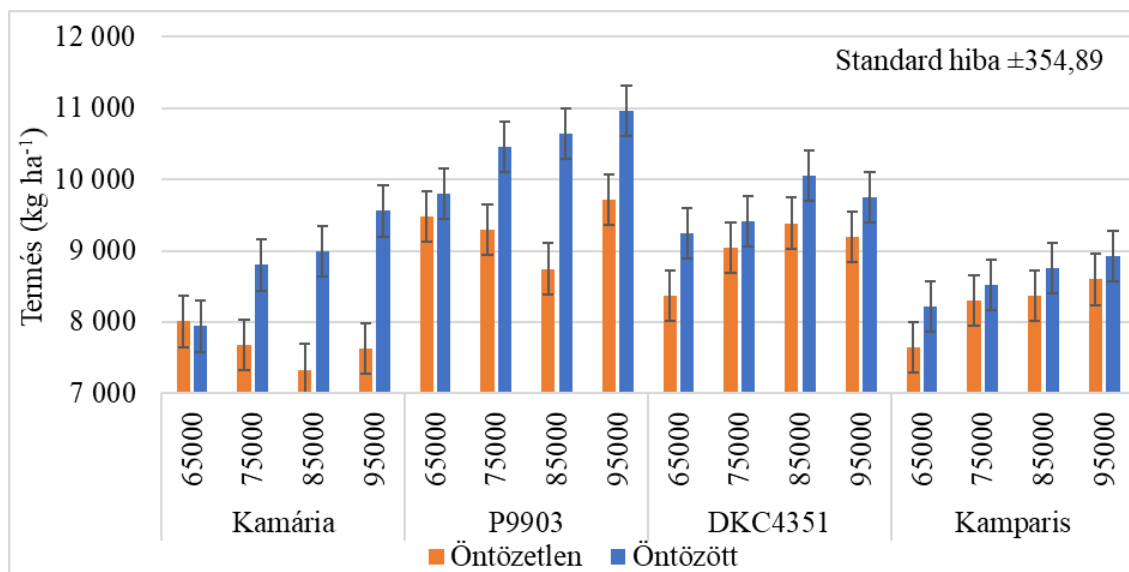


49. ábra Genotípus (a) és állománysűrűség (b) hatása a kukorica hibridek termésére eltérő vízellátás mellett (Debrecen 2021) (Kezelésenként az eltérő betűk a hibridek (49.a) vagy a tőszámok (49.b) közötti szignifikáns differenciát jelzik $p=5\%$ szinten.) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)

Öntözés nélkül a vizsgált négy tőszámon a hibridek átlagában szinte azonos termést kaptunk. Öntözés hatására a legmagasabb termést a 95 ezres tőszám esetében értem el (9798,13 kg ha⁻¹) azonban ez szignifikánsan nem volt nagyobb a 85 ezres állománysűrűségnél elért terméstől (9611,88 kg ha⁻¹). A 75 ezres tőszámú állomány termése (9301,25 kg ha⁻¹) szintén nem tért el szignifikánsan az 85 ezres tőszámon mért

terméstől. A 65 ezres állománysűrűségnél igazolhatóan kisebb termést (8799,75 kg ha⁻¹) termést detektáltunk.

A hibridek tőszámreakcióját értékelve (50. ábra) megállapíthattuk, hogy öntözés nélkül a 65, a 75 és a 95 ezres tőszámon is a P9903 érte el a legnagyobb termést a vizsgált hibridek közül. A 85 ezres tőszámon a legtöbb hibrid termése csökkent, kivéve a DKC4351-et (9387,5 kg ha⁻¹).



50. ábra Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukoricahibridek termésére 2021-ben (Debrecen 2021) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)

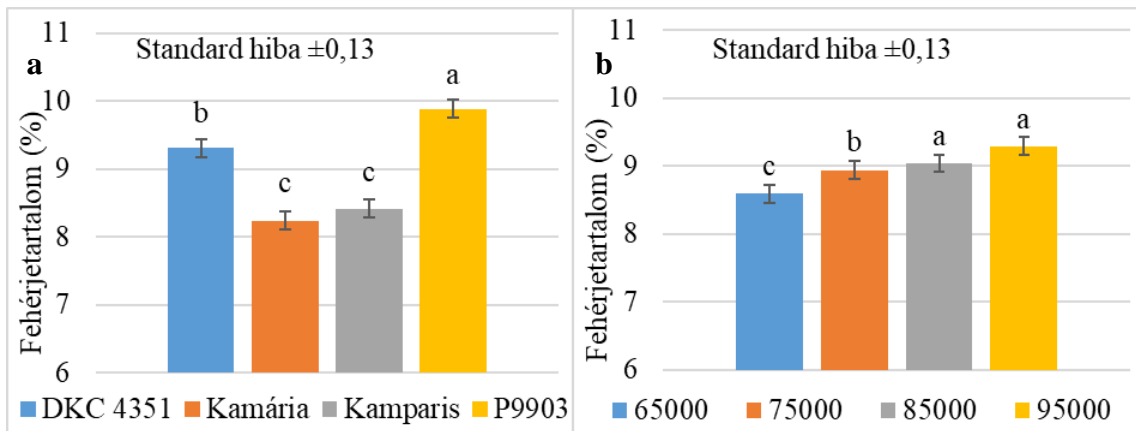
Öntözött körülmények között a legtöbb hibrid növelte a termését minden tőszámon, azonban a legkiemelkedőbb eredményeket a P9903 produkálta (75 ezres tőszám: 10465 kg ha⁻¹; 85 ezres tőszám: 10647,5 kg ha⁻¹; 95 ezres tőszám: 10957,5 kg ha⁻¹). A Kamária hibrid öntözési reakciója szintén nagyon kedvező volt (75 ezres tőszám: 9417,5 kg ha⁻¹; 85 ezres tőszám: 10055 kg ha⁻¹; 95 ezres tőszám: 9750 kg ha⁻¹).

4.3.7 Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukoricahibridek minőségére 2021-ben

4.3.7.1 Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukoricahibridek fehérjetartalmára 2021-ben

A kezelések átlagában értékelve az eredményeket, a P9903 hibrid a szignifikánsan legmagasabb fehérjetartalommal rendelkezett (9,89%), amelyet a DKC4351 követett

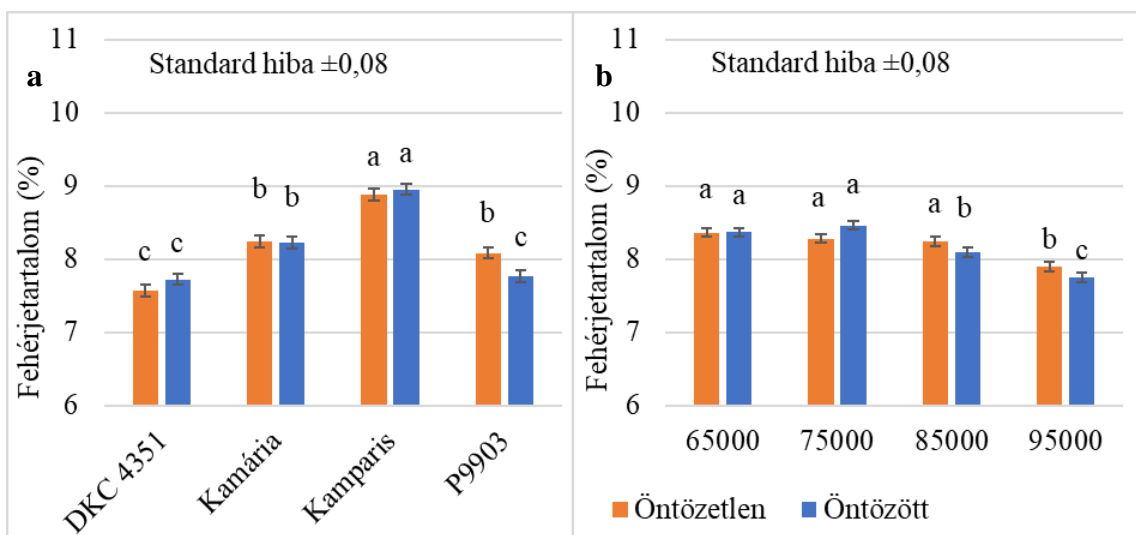
(9,31%). A Kamária (8,24%) és a Kamparis (8,42%) hibridek fehérjetartalma között jelentős különbség nem mutatkozott (51. ábra).



51. ábra Vízellátás és állománysűrűség együttes hatása a kukoricahibridek fehérjetartalmára 2021-ben (Debrecen 2021) (Kezelésenként az eltérő betűk a hibridek (51.a) vagy a tőszámok (51.b) közötti szignifikáns differenciát jelzik $p=5\%$ szinten.) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)

Az állománysűrűség növelésével a fehérjetartalom is növekedett, azonban a 85 ezres és a 95 ezres tőszámnál mért értékek már nem tértek el szignifikánsan.

Értékeljük a vízellátás fehérjetartalomra gyakorolt hatását is (52. ábra). Az öntözés hatására a fehérjetartalom csak a P9903 hibrid esetében változott jelentősebben, itt az öntözött parcellákban kisebb fehérjetartalmat mértünk.

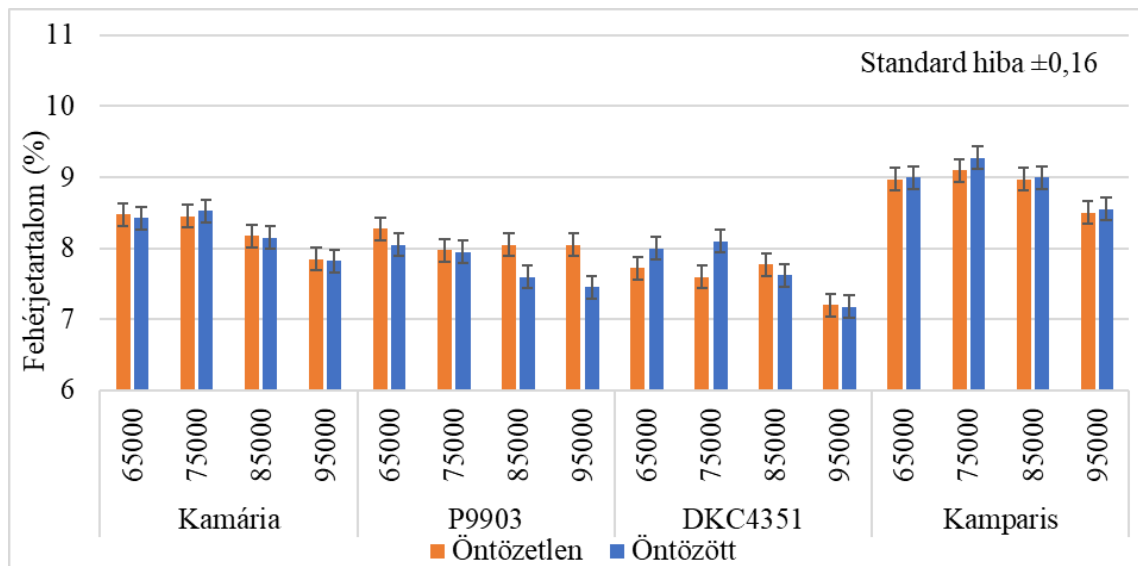


52. ábra Vízellátás hatása a kukoricahibridek fehérjetartalmára 2021-ben (Debrecen 2021) (Kezelésenként az eltérő betűk a hibridek (52.a) vagy a tőszámok (52.b) közötti szignifikáns differenciát jelzik $p=5\%$ szinten.) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)

A Kamparis hibrid fehérjetartalma mindkét vízellátási változatban jelentősen meghaladta a többi hibridét, míg a DKC4351 hibrid fehérjetartalma volt a legalacsonyabb.

Öntözetlen állományban a 65-75-85 ezres állománysűrűségnél szinte azonos fehérjetartalmat (8,36-8,28-8,24%) mértünk, azonban az állománysűrűség további növelése már negatívan befolyásolta a fehérjetartalmat (7,9%), míg az öntözött parcellákban már a 85 ezres (8,09%) állománysűrűség is kedvezőtlennek bizonyult.

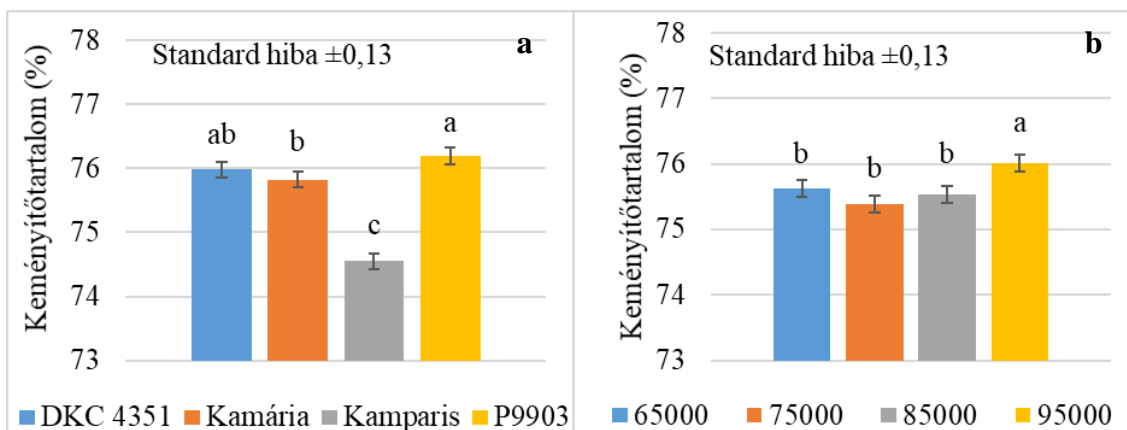
Az vizsgált genotípusok esetében a fehérjetartalom és a tőszám között hasonló összefüggést figyelhettünk meg (53. ábra). Megállapíthattuk, hogy a 85-95 ezres állománysűrűség hatására a fehérjetartalom minden vizsgált hibridnél csökkent. A Kamparis fehérjetartalma minden tőszámnál jelentősen meghaladta a többi hibridét.



53. ábra Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukoricahibridek fehérjetartalmára (Debrecen 2021) (Kezelésként az eltérő betűk a hibridek közötti szignifikáns differenciát jelzik) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)

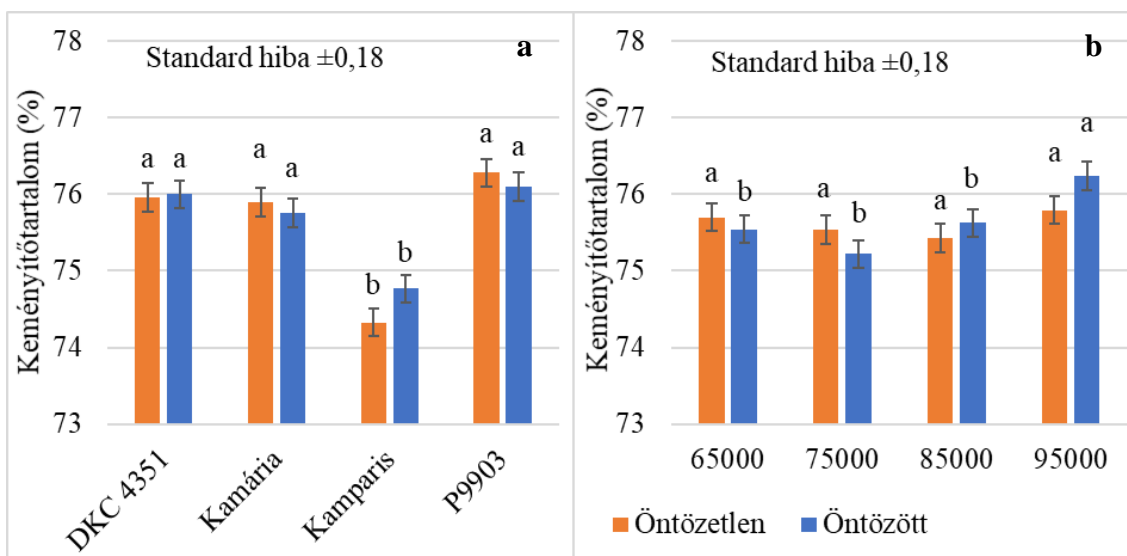
4.3.7.2 Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukoricahibridek keményítőtartalmára 2021-ben

A hibridek keményítőtartalmát vizsgálva (54. ábra) jól láthatóan igazolódott, hogy a fehérje és a keményítőtartalom között negatív korreláció van, hiszen a Kamparis keményítőtartalma volt a legkisebb. A P9903 (76,19%) és a DKC4351 (75,98%) között nincs szignifikáns különbség, valamint a DKC4351 és a Kamária (75,83%) között sem mutatkozott eltérés. A tőszámok változásával a 95 ezres tőszám kivételével szignifikáns különbséget nem találtam. A legnagyobb állománysűrűség eredményezte a legmagasabb (76,02%) keményítőtartalmat 2021-ben.



54. ábra Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukorica hibridek keményítőtartalmára 2021-ben (Debrecen 2021) (Kezelésenként az eltérő betűk a hibridek (54.a) vagy a tőszámok (54.b) közötti szignifikáns differenciát jelzik $p=5\%$ szinten.) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)

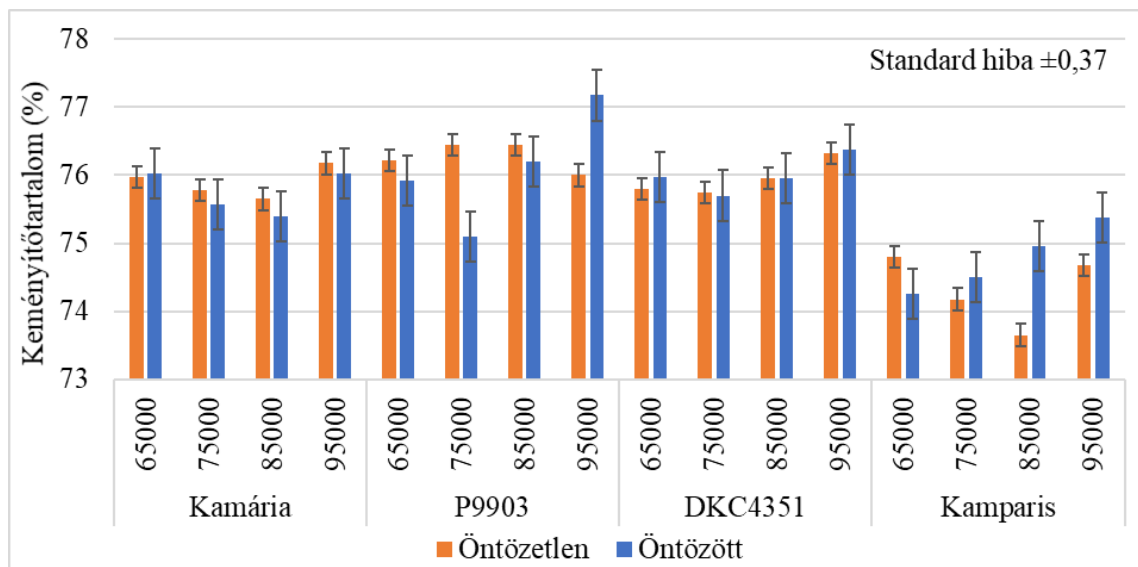
Az öntözés hatását a genotípusok keményítőtartalmára is megvizsgáltuk (55. ábra), és megállapítottuk, hogy az öntözés nem befolyásolta jelentősen a hibridek keményítőtartalmát. A Kamparis továbbra is jelentősen kisebb keményítőtartalmat mutat a többi hibridhez képest, azonban az öntözés nem befolyásolta ezt a különbséget.



55. ábra Vízellátás hatása a kukorica hibridek keményítőtartalmára 2021-ben (Debrecen 2021) (Kezelésenként az eltérő betűk a hibridek (55.a) vagy a tőszámok (55.b) közötti szignifikáns differenciát jelzik $p=5\%$ szinten.) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)

Az állománysűrűség sem befolyásolta szignifikánsan a keményítőtartalmat, egyedül a 95 ezres tőzámnál, az öntözött parcellákban tapasztaltunk szignifikánsan magasabb keményítőtartalmat (76,24%).

Az egyedi tőszámreakciók vizsgálata során azt tapasztaltuk, hogy a hibridek többségénél a kedvezőbb vízellátás hatására valamennyi tőszámon (56. ábra) kisebb-nagyobb mértékben, de csökkent a keményítőtartalom. Ez alól kivétel csak a Pioneer hibrid volt, ahol az öntözés hatására a 95 ezres állománysűrűségeknél szignifikánsan a legnagyobb, 77% feletti keményítőtartalmat mértünk.



56. ábra Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukoricahibridek keményítőtartalmára (Debrecen 2021) (A hibasávok a standard hibát jelölik.)

A Kamparis hibridnél mértük a legalacsonyabb keményítőtartalmat, és ez a hibrid a többi genotípustól eltérően reagált a vízellátás javulására: az öntözés hatására 75 ezres tőszámtól felfelé a tőszámok növelésével a keményítőtartalom is növekedett.

4.3.8. A vizsgált tényezők közötti kölcsönhatások vizsgálata Pearson-féle korreláció analízissel 2021-ben

4.3.8.1 A Pearson-féle korreláció analízis eredménye öntözött kezelésekben

A Pearson-féle korreláció számítások alapján (4. melléklet) 2021-ben az öntözött állományokban a szemfejlődés kezdetéig (BBCH71) mért levélterület értékek gyenge közepesen szoros kapcsolatban voltak a terméssel, azonban ez az összefüggés nem volt szignifikáns. A korai viaszéréskor (BBCH81) mért LAI értékek viszont már nem szignifikáns, közepes, negatív kapcsolatban ($r=-0,387$) voltak a terméssel.

A levélterület és az állománysűrűség között 2019-hez hasonlóan a mérési időpontok többségében közepesen erős, pozitív összefüggés volt a szemfejlődés kezdetéig, azonban ez a kapcsolat csak a kukorica 2 leveles állapotában (BBCH112) és a szemfejlődés kezdetén (BBCH71) volt $p=1\%$ szinten szignifikáns ($r=0,661$ és $r=0,647$). Érdekes eredmény, hogy a korai viaszéréskor (BBCH81) mért LAI értékek viszont igen szoros, negatív kapcsolatban ($r=-0,911$; $p=1\%$) voltak az állománysűrűséggel, azaz a sűrűbb állományokban hamarabb leszáradtak a levelek a súlyos szárazság miatt, amit az öntözés sem tudott kellő mértékben kompenzálni.

2021-ben a viaszérés kezdetén (BBCH81) mért NDVI ($r=0,541$, $p=5\%$) a terméssel szignifikáns, közepes erősségű pozitív összefüggésben volt, azonban ez a kapcsolat a többi mérési időpontban nem volt kimutatható. A vegetációs index és az állománysűrűség között, az előző két vizsgálati évhez hasonlóan nem találtunk összefüggést.

Az utolsó mérési időpontban, a viaszérés kezdetén (BBCH81) rögzített SPAD értékek $p1\%$ -os szinten szignifikáns, igen szoros negatív összefüggésben ($r=-0,717$) voltak az állománysűrűséggel, azonban a többi mérési időpontban nem találtunk kapcsolatot a tőszám és a relatív klorofilltartalom között. A SPAD és a termés között nem volt kimutatható kapcsolat.

A keményítő és a fehérjetartalom, valamint az állománysűrűség között nem volt szignifikáns összefüggés, bár tendenciaszerűen a keményítőtartalom pozitív, míg a fehérjetartalom negatív kapcsolatban állt a tőszámmal. Az előző két vizsgálati évvel ellentétben az öntözött állományokban a termés és a keményítőtartalom között közepesen erős pozitív ($r=0,622$; $p=5\%$), míg a termés és a fehérjetartalom között szoros negatív ($r=-0,788$; $p=1\%$) kapcsolatot találtunk. A keményítő és fehérjetartalom közötti szoros negatív korrelációt ebben az évben is igazolni tudtuk ($r=-0,841$, $p=1\%$).

4.3.8.2 A Pearson-féle korreláció analízis eredménye öntözés nélküli kezelésekben

A Pearson-féle korreláció számítások alapján (5. melléklet) 2021-ben az öntözés nélküli állományokban csak az első méréskor, 2 leveles állapotban (BBCH112) mért levélterületértékek és a termés között volt $p=5\%$ -os szinten szignifikáns, közepes erősségű, pozitív kapcsolat, a későbbi időpontokban a LAI és a termés között nem találtunk összefüggést.

2021-ben az öntözés nélküli állományokban a szemfejlődés kezdetéig (BBCH71) mért levélterület értékek és az állománysűrűség között sem tudtunk összefüggést kimutatni. A

korai viaszéréskor (BBCH81) mért LAI értékek viszont az öntözött állományoknál tapasztaltakhoz hasonlóan, már $p=1\%$ -os szinten szignifikáns, szoros, negatív kapcsolatban ($r=-0,896$) voltak a tőszámmal.

2021-ben a kukorica virágzása idején (BBCH61-67) mért NDVI értékek közepeserősségű negatív összefüggésben ($r=-0,573$ és $r=-0,609$, $p=5\%$) voltak a terméssel. A későbbi időpontokban ez a kapcsolat nem volt kimutatható. A vegetációs index és az állománysűrűség között, csakúgy, mint az öntözött állományokban, az előző két vizsgálati évhez hasonlóan nem találtunk összefüggést.

Az utolsó mérési időpontban, a viaszérés kezdetén (BBCH81) rögzített SPAD értékek $p1\%$ -os szinten szignifikáns, igen szoros negatív összefüggésben ($r=-0,717$) voltak az állománysűrűséggel, azonban a többi mérési időpontban nem találtunk kapcsolatot a tőszám és a relatív klorofilltartalom között. A SPAD és a termés között nem volt kimutatható kapcsolat.

A keményítő és a fehérjetartalom, valamint az állománysűrűség között az öntözött állományokhoz hasonlóan, nem volt szignifikáns összefüggés. Az öntözött állományokhoz hasonlóan, a termés és a keményítőtartalom között közepesen erős pozitív ($r=0,325$), míg a termés és a fehérjetartalom negatív ($r=-0,429$) kapcsolatot találtunk, azonban az öntözés nélküli parcellákban ez az összefüggés nem volt szignifikáns. A keményítő és fehérjetartalom közötti szoros negatív korrelációt az öntözés nélküli parcellákban is megállapítottuk ($r=-0,769$, $p=1\%$).

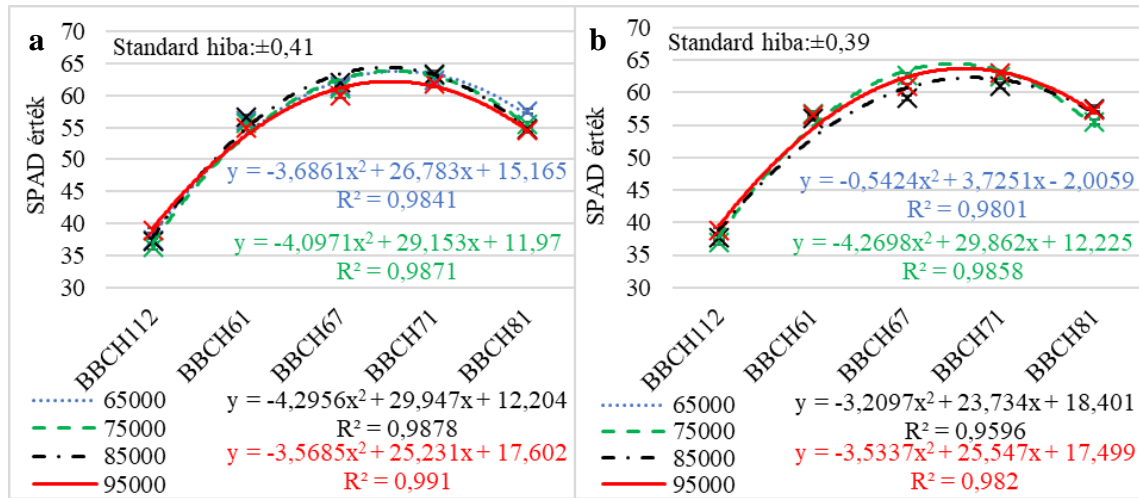
4.4. Vízellátás és állománysűrűség hatásának értékelése a kukorica hibridek fejlődésére, produktivására és minőségére 2019 és 2021-ben

A vizsgált három évjáratból öntözés csak 2019-ben és 2021-ben volt a kísérletben, ezért az öntözés hatásának elemzését csak ezen két évjárat bevonásával végeztük.

4.4.1 Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukorica hibridek relatív klorofilltartalmának változására 2019 és 2021-ben

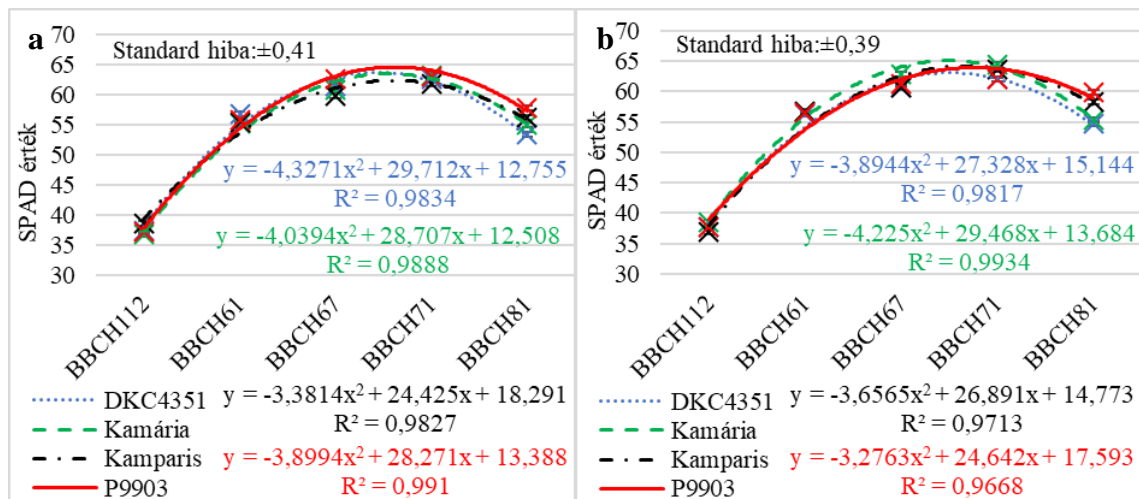
A SPAD értékeket jelentősen nem befolyásolta az állománysűrűség (57. ábra). Az öntözés hatására mutatkozott egy kicsit nagyobb eltérés a mért legnagyobb értékek között, azonban az összefüggés nem volt szignifikáns. Az öntözés nélküli parcellákon, legnagyobb SPAD értékeket 75-85 ezer tő ha^{-1} állománysűrűségnél, míg legkisebb értékeket 95 ezer tő ha^{-1} állománysűrűségnél mértünk. Az öntözött parcellákban mért

értékek a viaszérés időszakában (BBCH 81) meghaladták az öntözetlen állományban mért SPAD értékeket.



57. ábra Állománysűrűség hatása a relatív klorofilltartalom változására eltérő vízellátás mellett (Debrecen, 2019 és 2021 átlagában) (a: öntözetlen, b: öntözött) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)

A genotípusok relatív klorofilltartalmának változását két év átlagában vizsgálva öntözött és öntözetlen parcellákban egyaránt a legnagyobb SPAD értékeket virágzás-végén-szemfejlődés elején (BBCH 67-71) mértük (58. ábra). Öntözés nélkül végig a P9903 hibrid parcelláiban mértünk legnagyobb értékeket, azonban a genotípusok közötti eltérés elhanyagolható volt. Az öntözött parcellákon a virágzás időszakában még a Kamária esetében mértük a legnagyobb SPAD értékeket, azonban a szemfejlődés-érés időszakában a P9903 és a Kamparis hibrid leveleinek relatív klorofilltartalma csökkent lassabban, míg a Kamária és a DKC4351 esetében alacsonyabb SPAD értékeket rögzítettünk.

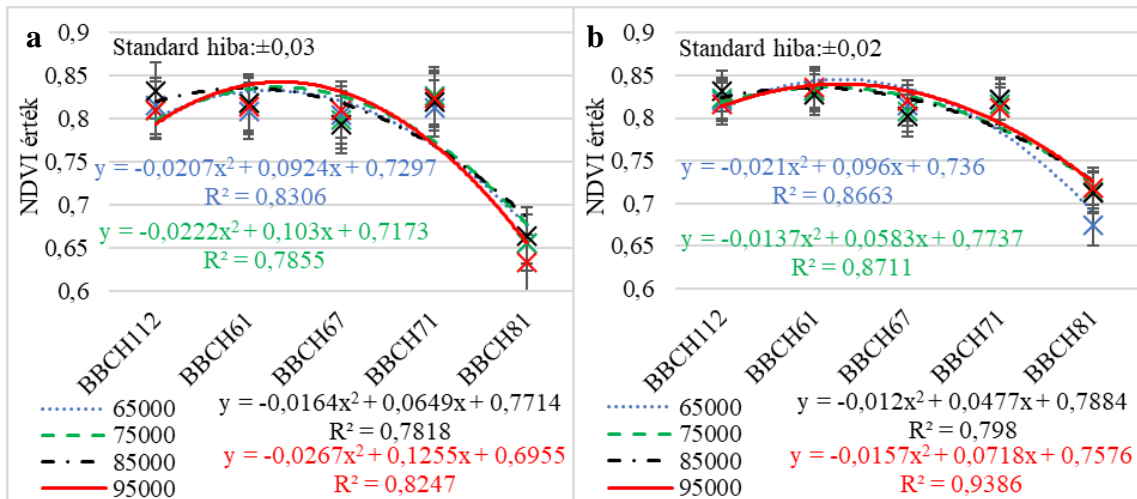


58. ábra Genotípus hatása a relatív klorofilltartalom változására eltérő vízellátás mellett (Debrecen, 2019 és 2021 átlaga) (a: öntözetlen, b: öntözött) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)

4.4.2 Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukorica hibridek Normalizált Differenciált Vegetatív Indexének változására 2019 és 2021-ben

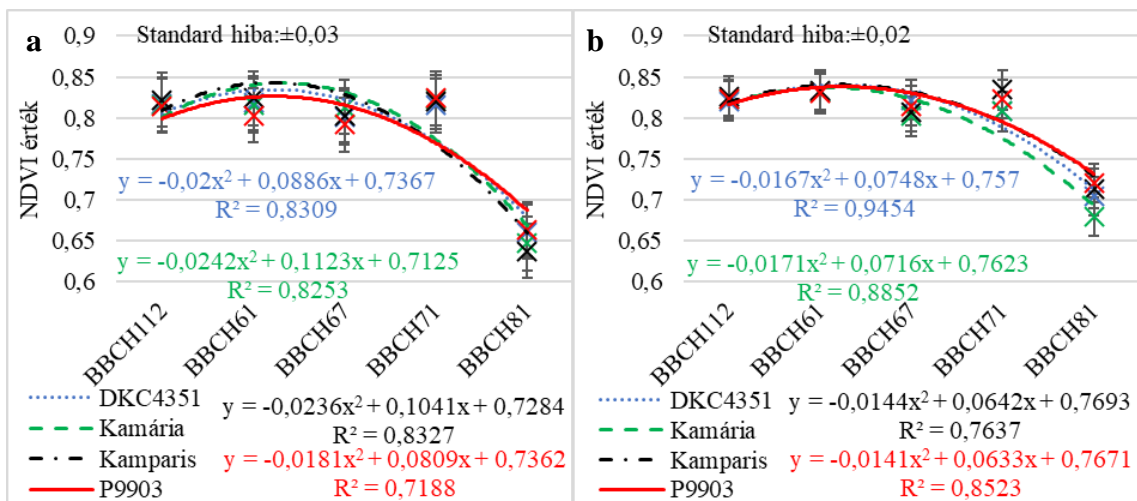
Megvizsgáltuk az öntözés kukorica vegetációs indexének változására gyakorolt hatását a két szárazabb évjárat átlagában, amikor öntözést is alkalmaztunk (59. ábra). Két év átlagában, mindkét vízellátási változatban virágzás idejére (BBCH61-67) elérték a kukorica állományok a maximális vegetációs index értéküket. Az öntözés pozitív hatása a szemtelítődés-viaszérés kezdete (BBCH71-81) időszakában is megőrzött nagyobb vegetációs indexben nyilvánult meg.

Az eltérő állománysűrűségnél a vegetációs indexben szignifikáns eltérést nem találtunk egyik vízellátási változatban sem, de öntözés nélkül a 95 ezres állománysűrűségnél nagyobb mértékben csökkent a vegetációs index augusztus végére, míg az öntözött állományokban a 65 ezres tőszám bizonyult kedvezőtlenebbnek.



59. ábra Állománysűrűség hatása a Normalizált Vegetációs Index változására eltérő vízellátás mellett (Debrecen, 2019 és 2021 átlagában) (a: öntözetlen, b: öntözött) (A hibasávok a standard hibát jelölik.)

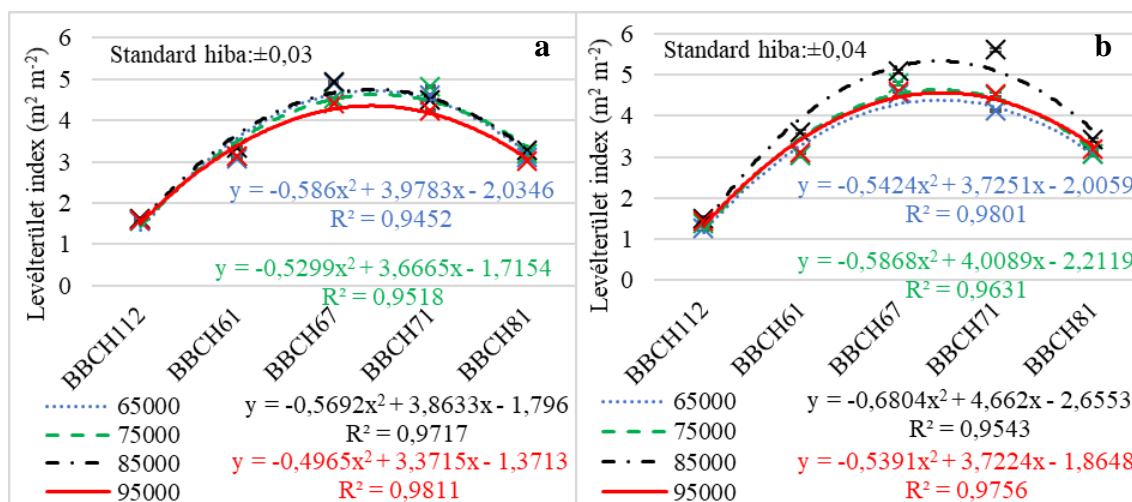
A hibridek öntözési reakcióját vizsgálva az NDVI értékek szempontjából, két év átlagában sem találtunk szignifikáns eltérést a vizsgált genotípusok között (60. ábra). 2021-hez hasonlóan, két év átlagában is öntözés nélkül a vegetáció csúcsidejében elért maximális NDVI értékek között mutatkozott meg a genotípusok közötti különbség, míg öntözve a szemtelítődés-viaszerés idején tapasztalhattunk kicsit nagyobb eltérést. A P9903 öntözve és öntözés nélkül is kicsit tovább megőrizte a vegetációs felületét.



60. ábra Genotípus hatása a Normalizált Vegetációs Index változására eltérő vízellátás mellett (Debrecen, 2019 és 2021 átlaga) (a: öntözetlen, b: öntözött) (A hibasávok a standard hibát jelölik.)

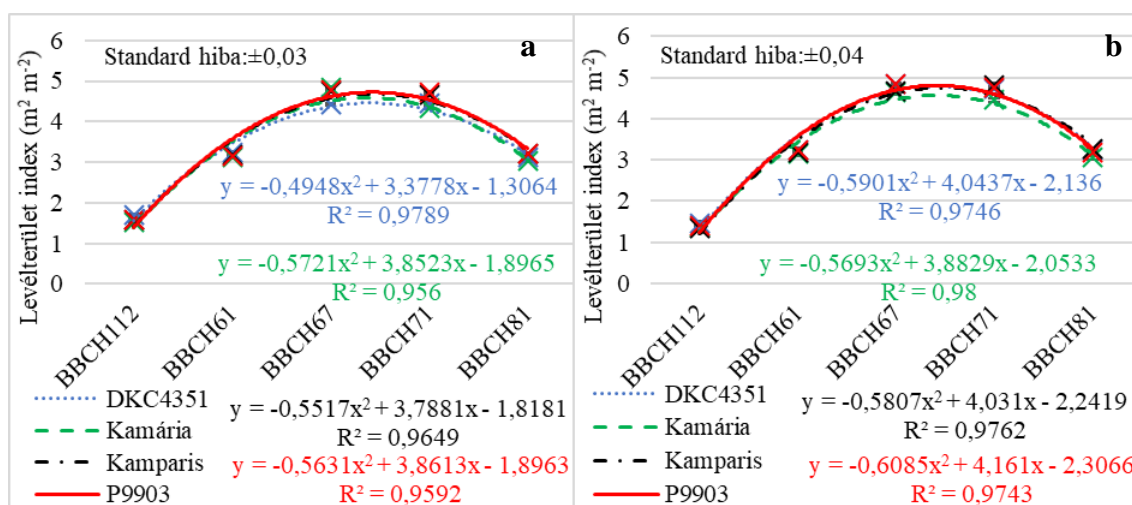
4.4.3 Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukorica hibridek levélterületének változására 2019-ben és 2021-ben

Az állománysűrűség levélterületre gyakorolt hatását vizsgálva két év átlagában (61. ábra) megállapítottuk, hogy a 85 ezres tőszám szignifikánsan magasabb levélterületet eredményezett öntözött körülmények között (BBCH71). A többi tőszám közt szignifikáns eltérést nem tapasztaltam.



61. ábra Állománysűrűség hatása a levélterület változására eltérő vízellátás mellett (Debrecen, 2019 és 2021 átlaga) (a: öntöztelen, b: öntözött) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)

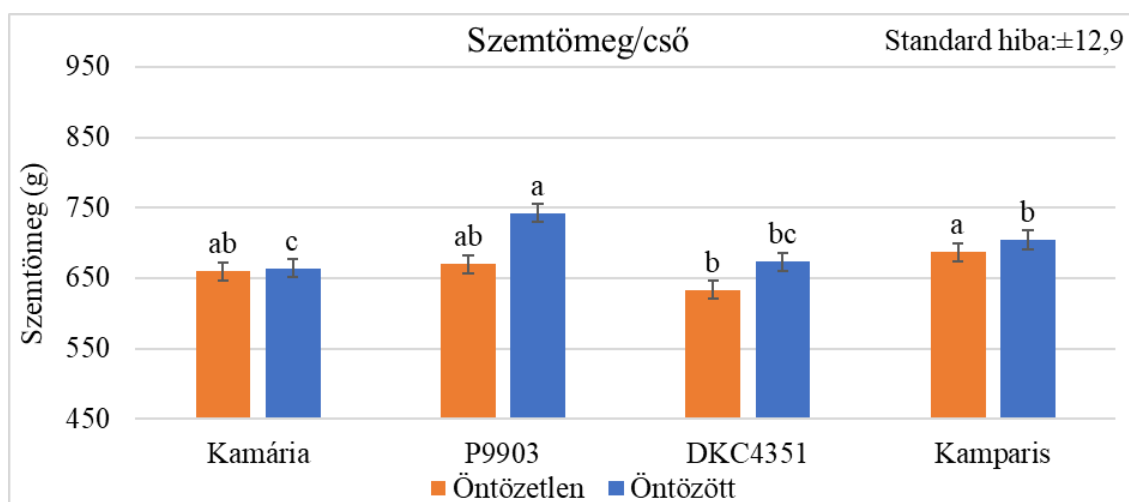
A genotípus levélterületre gyakorolt hatását két év átlagában vizsgálva (62. ábra) megállapítottuk, hogy az öntözés hatására a BBCH67 fejlettségtől már a hibridek szignifikánsan nagyobb levélterületet értek el az öntöztelenhez képest. A genotípusok között egyik vízellátási változatban sem találtunk eltérést.



62. ábra Genotípus hatása a levélterület változására eltérő vízellátás mellett (Debrecen, 2019 és 2021 átlaga) (a: öntöztelen, b: öntözött) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)

4.4.4 Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukoricahibridek terméskepző elemeire 2019 és 2021-ben

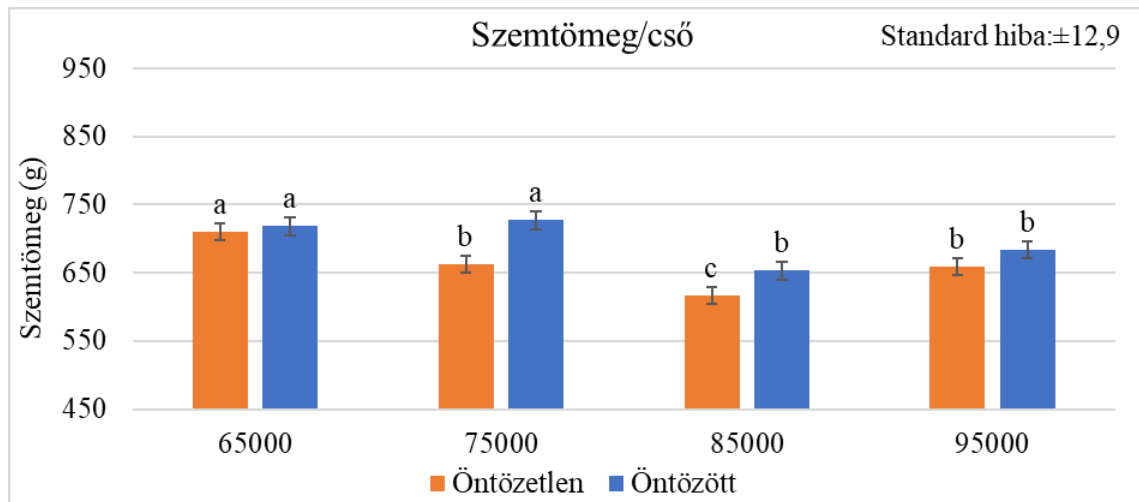
Megvizsgáltuk két év átlagában a csövenkénti szemtömeget a különböző hibridek esetében az öntözött és öntözetlen körülmények között, a tőszámok átlagában. Öntözés nélkül a Kamparis adta a legnagyobb szemtömeget csövenként (686,57 g), amely szignifikánsan nem különbözött a Kamáriától (659,21 g) és a P9903-tól (670,08 g), csupán a DKC4351-től (63. ábra).



63. ábra Vízellátás hatása a kukoricahibridek csövenkénti szemtömegére 2019 és 2021-ben (Debrecen 2019 és 2021) (Kezelésként az eltérő betűk a hibridek közötti szignifikáns differenciát jelzik $p=5\%$ szinten.) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)

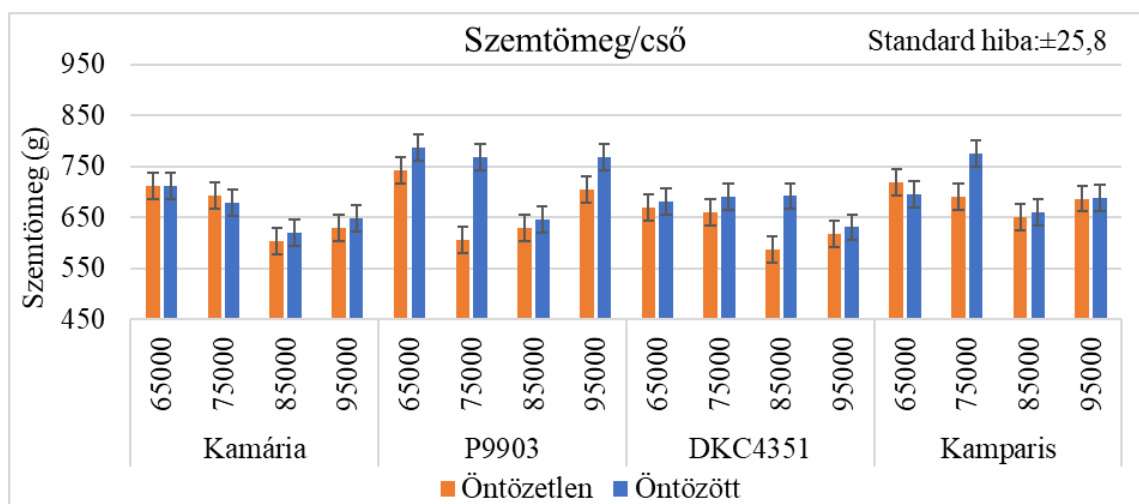
Az öntözött körülmények között azonban már nagyobb eltéréseket tapasztaltunk. A kedvezőbb vízellátás hatására a P9903 (741,94 g) csövenkénti szemtömege nőtt a legnagyobb mértékben, és a többi vizsgált hibridtől szignifikánsan magasabb szemtömeget mértünk. A Kamparis (704,26 g) szignifikánsan nem tért el a P9903-tól (672,93 g) és a Kamáriától (663,85 g). Összességében tehát az öntözés jelentős hatást gyakorolt a szemtömegekre és a hibridek közötti különbségek eltérően alakultak az öntözött és öntözetlen körülmények között. Két év átlagában öntözetlen körülmények között a 65 ezres tőszámon (64. ábra) tapasztaltuk a szignifikánsan legnagyobb (710,15 g), míg a 85 ezres állományban a szignifikánsan legalacsonyabb (616,96 g) szemtömeget. A 75 ezres (662,39 g) és 95 ezres tőszámon (659,4 g) szignifikáns eltérés nem volt tapasztalható. Az öntözés hatása a 75 ezres állományban volt a legjelentősebb. Az öntözött parcellákban a 65 ezres (718,53 g) és a 75 ezres tőszámnál (727,31 g) mért csövenkénti szemtömeg

szignifikánsan nem tért el egymástól. Ugyanezt tapasztaltuk a 85 ezres (653,28 g) és 95 ezres tőszám (683,85 g) esetében is.



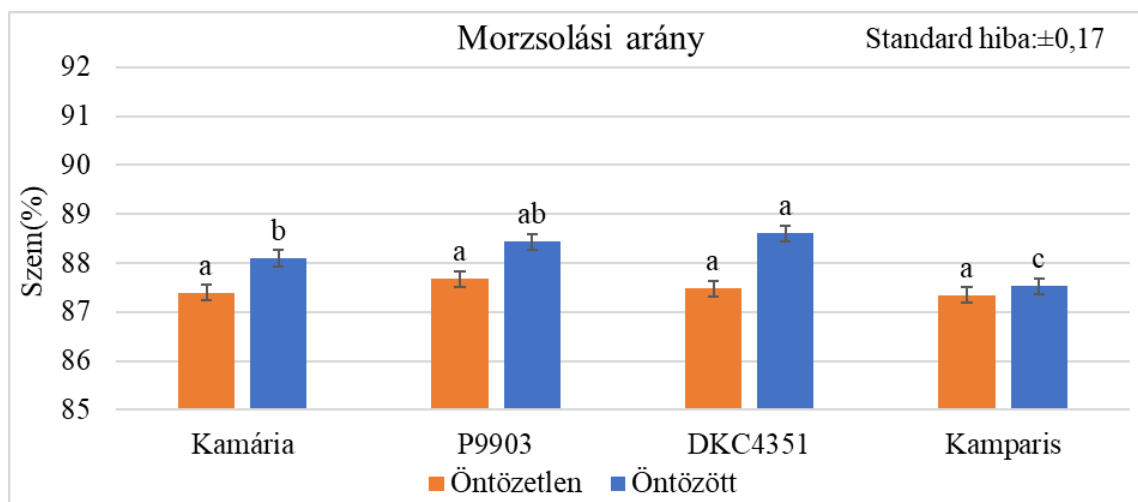
64. ábra Állománysűrítés hatása a kukorica hibridek csövenkénti szemtömegére 2019 és 2021-ben (Debrecen 2019 és 2021) (Kezelésként az eltérő betűk a tőszámok közötti szignifikáns differenciát jelzik $p=5\%$ szinten.) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)

A 65. ábra szemléltetett adatokból láthatjuk, hogy a hibridek tőszámreakciója a csövenkénti szemtömeget nézve két év átlagában is igen eltérő volt. A P9903 hibrid 65 ezres tőszámon (742,44 g) érte el öntözetlen körülmények között a legmagasabb szemtömeget, de a többi hibrid számára is a kisebb állománysűrűség bizonyult leginkább kedvezőnek.



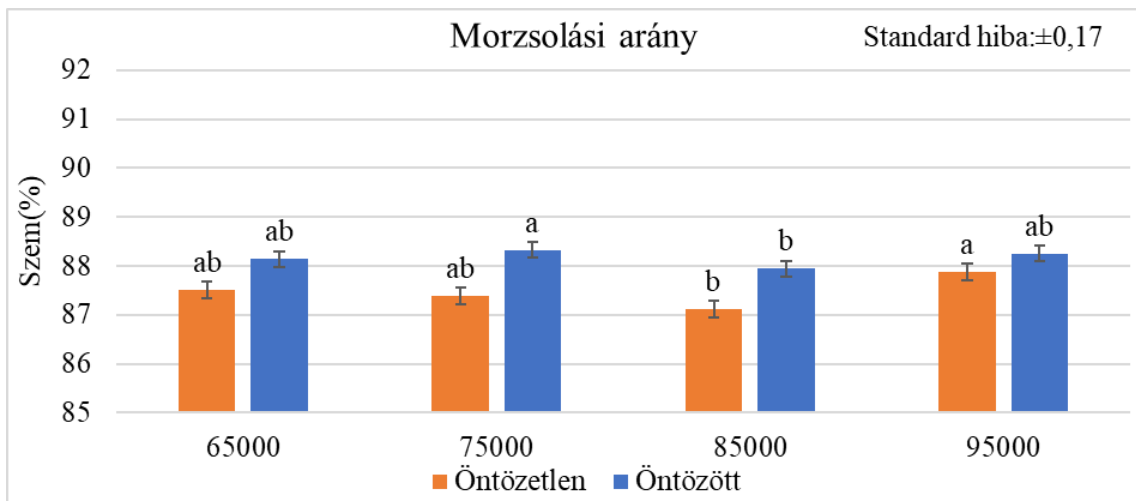
65. ábra Vizellátás és állománysűrítés hatása a kukorica hibridek csövenkénti szemtömegére 2019 és 2021-ben (Debrecen 2019 és 2021) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)

A legkisebb csövenkénti szemtömeget (585,84 g) a DKC4351 hibrid 85 ezres tőszámú parcelláiban mértük. Öntözött körülmények között szintén a P9903 hibrid a 65 ezres-es tőszámon (786,85 g) hozta a legnagyobb szemtömeget. A P9903 a 75- és 95 ezres tőszámon is jelentősen növelte a szemtömeget az öntözés hatására. A Kamária hibrid öntözési reakciója volt a legkedvezőtlenebb, öntözött körülmények között a legalacsonyabb szemtömeget ennél a hibridnél mértük a 85 ezres tőszámon (618,49 g). A morzsolási arányt vizsgálva (66. ábra) öntözetlen körülmények között a hibridek közt szignifikáns különbséget nem találtunk. Öntözve azonban a legkedvezőbb morzsolási arányt a P9903 és a DKC4351 mutatta. A P9903 a Kamária hibridtől sem mutatott szignifikáns eltérést. A Kamparis öntözési reakciója volt a legkedvezőtlenebb, a morzsolási arányának a növekedése elmaradt a többi hibridtől, és szignifikánsan a legalacsonyabb morzsolási arányt is adta.



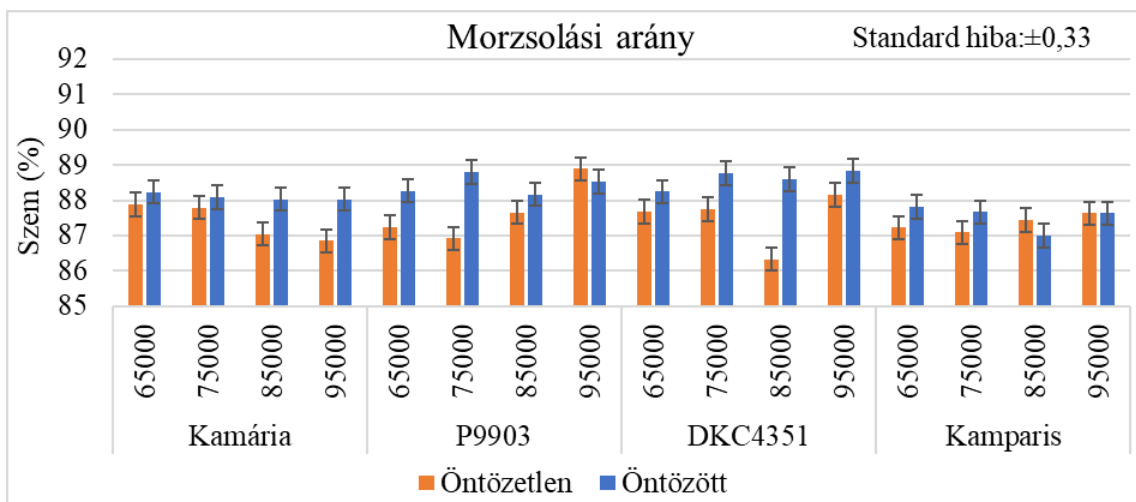
66. ábra Vízellátás hatása a kukoricahibridek morzsolási arányára 2019 és 2021-ben (Debrecen 2019 és 2021) (Kezelésenként az eltérő betűk a hibridek közötti szignifikáns differenciát jelzik $p=5\%$ szinten.) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)

A vizsgált hibridek átlagában a legnagyobb állománysűrűségénél mértük öntözetlen körülmények között a legjobb morzsolási arányt, míg a 85 ezres állományban ennél szignifikánsan kisebbet (67. ábra). 85 ezres állománysűrűségig a tőszám növelésének hatására a morzsolási arány csökkent, viszont a tőszám további növelése a morzsolási arány jelentős javulásával járt együtt. Öntözött körülmények között a 65-, 75- és a 95 ezres tőszám nem különbözött szignifikánsan egymástól. A morzsolási arány javulása a 95 ezres tőszámnál volt a legkisebb



67. ábra Állománysűrítés hatása a kukorica hibridek morzsolási arányára 2019 és 2021-ben (Debrecen 2019 és 2021) (Kezelésenként az eltérő betűk a tőszámok közötti szignifikáns differenciát jelzik $p=5\%$ szinten.) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)

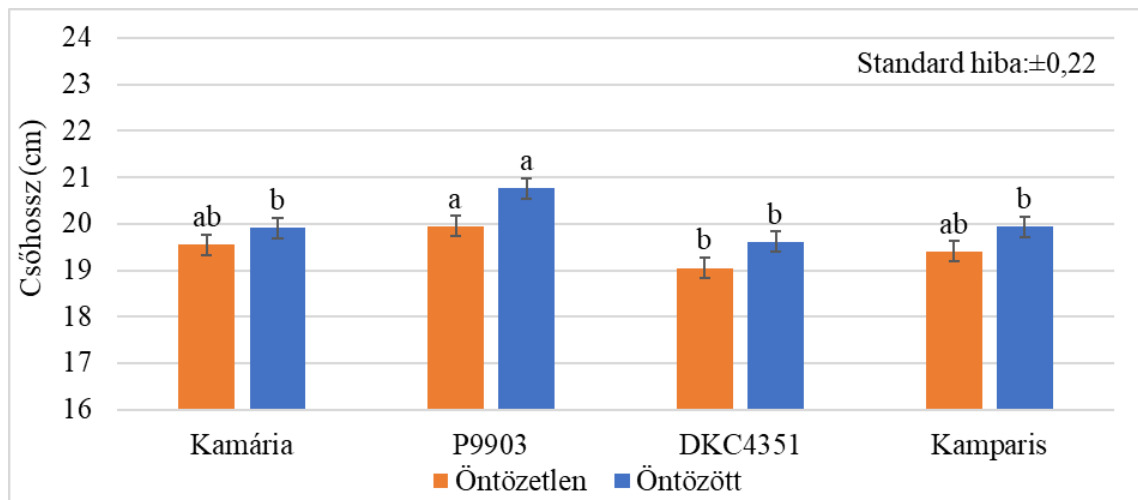
Két év átlagában vizsgálva a hibridek tőszámreakcióját a morzsolási arány vonatkozásában (68. ábra) megállapíthatjuk, hogy az öntözött parcellákban valamennyi hibrid esetében kisebb eltérést tapasztaltunk az eltérő állománysűrűségnél mért morzsolási arány között, és az öntözés a legtöbb esetben javított is a szemek arányán. A Kamparis morzsolási aránya nem javult szignifikánsan a jobb vízellátottság hatására.



68. ábra Vízellátás és állománysűrítés hatása a kukorica hibridek morzsolási arányára 2019 és 2021-ben (Debrecen 2019 és 2021) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)

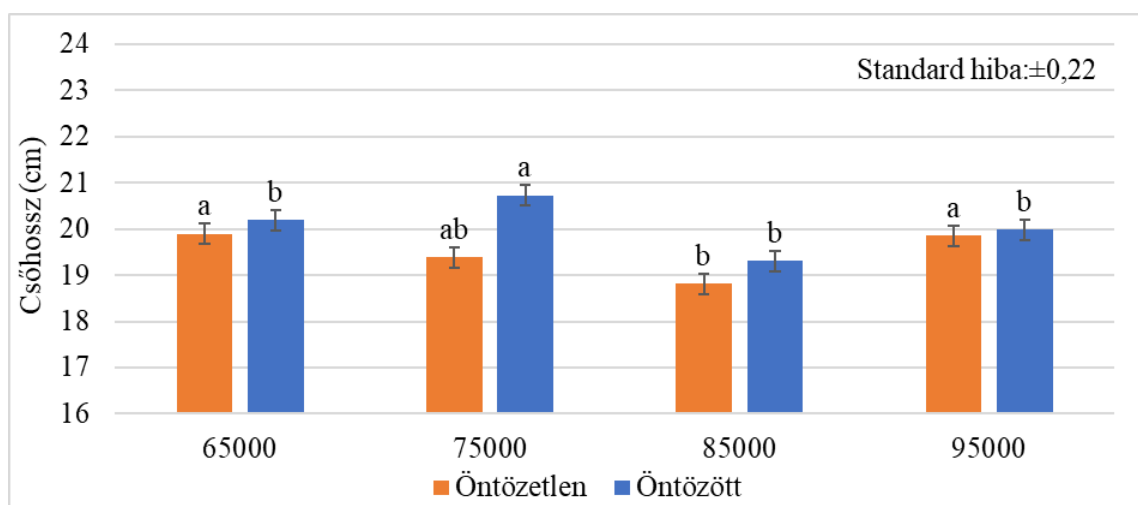
Öntözött és öntözés nélküli körülmények között egyaránt a P9903 hibrid csőhossza meghaladta a többi hibridnél mért értékeket, míg a legkisebb csöveket minden esetben a DKC4351 hibrid hozta (69. ábra). A Kamária (19,55 cm), a P9903 (19,95 cm) és a

Kamparis (19,4 cm) szignifikánsan nem különböztek egymástól öntözetlen körülmények között, valamint a Kamária (19,55 cm), a DKC4351 (19,05 cm) és a Kamparis (19,4 cm) sem tért el egymástól szignifikánsan. Öntözött körülmények között azonban a P9903 (20,75 cm) a többi hibridtől szignifikánsan hosszabb csöveket fejlesztett.



69. ábra Vízellátás hatása a kukorica hibridek csőhosszára 2019 és 2021-ben (Debrecen 2019 és 2021) (Kezelésként az eltérő betűk a hibridek közötti szignifikáns differenciát jelzik $p=5\%$ szinten.) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)

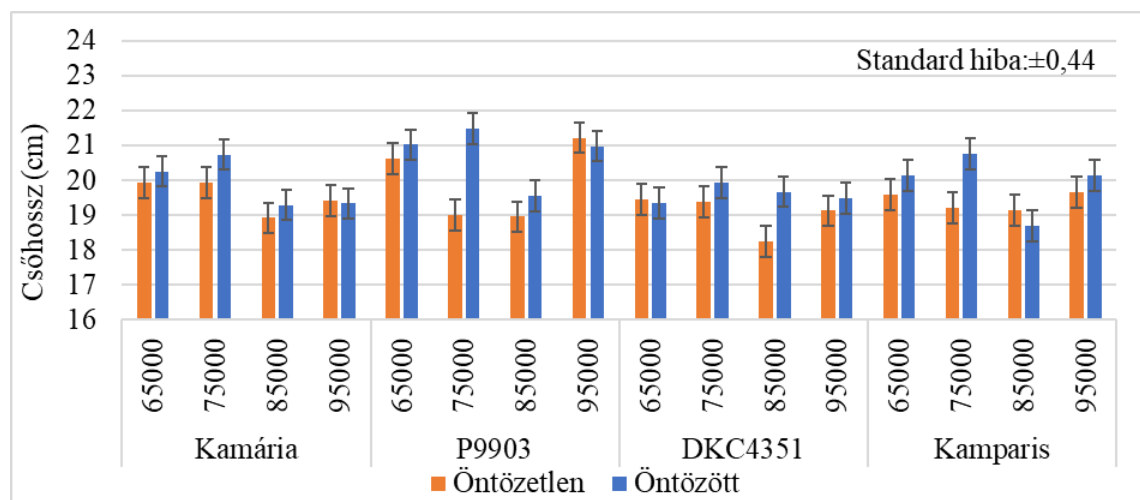
Az állománysűrűség hatását vizsgálva a csőhosszra két év átlagába (70. ábra) azt tapasztaltam, hogy a 65- (19,9 cm), 75- (19,38 cm), és 95 ezres (19,86 cm) tőszámon mért csőhossz öntözetlen körülmények között a hibridek átlagában szignifikánsan nem tért el.



70. ábra Állománysűrítés hatása a kukorica hibridek csőhosszára 2019 és 2021-ben (Debrecen 2019 és 2021) (Kezelésként az eltérő betűk a tőszámok közötti szignifikáns differenciát jelzik $p=5\%$ szinten.) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)

A 75 ezres (19,38 cm) és a 85 ezres (18,82 cm) állománysűrűsége szintén nem tapasztaltam szignifikáns eltérést. Öntözés hatására a 75 ezres tőszámon (20,73 cm) már a többi hibridtől szignifikánsan hosszabb csöveket figyeltem meg, azonban a 65- (20,19 cm) és 95 ezres (19,98 cm) tőszámon továbbra sem volt szignifikáns az eltérés, míg a 85 ezres (19,3 cm) állománysűrűség eredményezte a legrövidebb csöveket. A legjobb öntözési reakciót a 75 ezres tőszámnál mértük.

Két év adatai alapján a csőhossz alakulását vizsgálva megállapíthatjuk, hogy a hibridek többsége az alacsonyabb 65- és 75 ezres tőszámon hozta a leghosszabb csöveket (71. ábra). Ez alól csupán a P9903 a kivétel, mivel az öntözetlen körülmények között a 95 ezres tőszámon 21,22 cm hosszú csöveket termelt. Öntözés hatására mindegyik hibrid a 75 ezres állománysűrűségeen érte el a leghosszabb csöveket. Legnagyobb növekedést öntözés hatására a P9903 érte el a 75000 tőszámon, ahol 19,00 cm hosszról 21,47 cm hosszra nőtt a cső hosszúsága.



71. ábra Vízellátás és állománysűrítés hatása a kukoricahibridek csőhosszára 2019 és 2021-ben (Debrecen 2019 és 2021) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)

A két vizsgált évjáratot együtt értékelve Pearson-féle korrelációanalízis segítségével kerestük a termésképző elemek és a termés között megállapítható összefüggéseket öntözés nélküli és öntözött parcellákban egyaránt.

Az öntözés nélküli parcellákban a tőszám gyenge negatív ($r=-0,218$; $p=5\%$) kapcsolatban volt a csövenkénti szemtömeggel, de a többi vizsgált termésképző elem és a tőszám között nem találtunk összefüggést. Az állománysűrűség és a termés között gyenge pozitív

($r=0,250$; $p=1\%$) kapcsolatot találtunk (18. táblázat). A termés és a csőhossz között $p=1\%$ szinten szignifikáns, gyenge pozitív összefüggést ($r=0,247$) igazoltunk.

18. táblázat: A termés és a termésképző elemek közötti összefüggés vizsgálata Pearson-féle korreláció analízissel az öntözetlen állományban (Debrecen, 2019 és 2021)

Öntözetlen	Csőenkénti szemtömeg	Morzsolási arány	Csőhossz	Sorok száma	Sorban a szemek száma	Termés t ha ⁻¹
Tőszám	-0,218*	0,058	-0,042	-0,116	0,013	0,250**
Csőenkénti szemtömeg		0,050	0,803**	0,336**	0,514**	0,170
Morzsolási arány			0,079	0,083	0,328**	0,024
Csőhossz				0,239**	0,633**	0,247**
Sorok száma					-0,050	-0,170
Sorban a szemek száma						0,168
**Korreláció szignifikáns $p=1\%$ szinten						
*Korreláció szignifikáns $p=5\%$ szinten						

Az öntözött állományban az állománysűrűség és a termés között nem találtunk összefüggést. A csőenkénti szemtömeg, valamint a csőhossz és a tőszám gyenge negatív kapcsolatban volt ($r=-0,214$; $p=5\%$ és $r=-0,176$; $p=5\%$) (19. táblázat). A termés és a vizsgált termésképző elemek között nem statisztikailag igazolható korreláció.

19. táblázat: A termés és a termésképző elemek közötti összefüggés vizsgálata Pearson-féle korreláció analízissel az öntözött állományban (Debrecen, 2019 és 2021)

Öntözött	Csőenkénti szemtömeg	Morzsolási arány	Csőhossz	Sorok száma	Sorban a szemek száma	Termés t ha ⁻¹
Tőszám	-0,214*	-0,003	-0,176*	0,108	-0,174*	0,116
Csőenkénti szemtömeg		-0,184*	0,758**	0,226*	0,446**	0,095
Morzsolási arány			-0,102	0,068	0,327**	-0,061
Csőhossz				0,029	0,484**	0,103
Sorok száma					-0,083	-0,046
Sorban a szemek száma						0,068
**Korreláció szignifikáns $p=1\%$ szinten						
*Korreláció szignifikáns $p=5\%$ szinten						

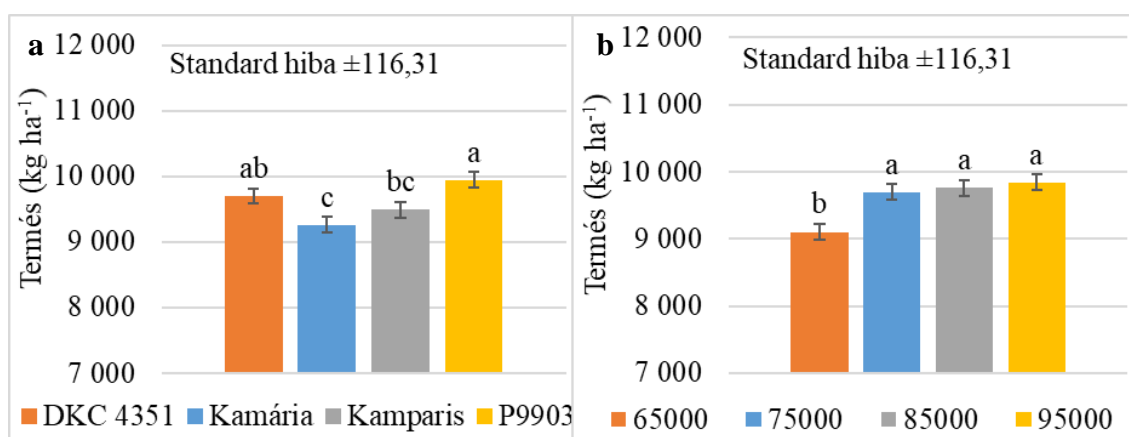
A termésképző elemek, az állománysűrűség és a termés közötti összefüggéseket az öntözött és öntözés nélküli parcellákban együttesen értékelve a Pearson-féle korreláció számítás eredményét a 20. táblázatban láthatjuk. Az állománysűrűség és a termés ($r=0,179$; $p=1\%$) között gyenge pozitív, míg az állománysűrűség és a csövenkénti szemtömeg ($r=-0,213$; $p=1\%$) között gyenge negatív kapcsolatot találtunk. Gyenge pozitív korreláció volt a termés és a csövenkénti szemtömeg ($r=0,171$; $p=1\%$) között, valamint a termés és a csőhossz ($r=0,221$; $p=1\%$) és a sorban a szemek szám ($r=0,156$; $p=5\%$) a között.

20. táblázat: A termés és a termésképző elemek közötti összefüggés vizsgálata Pearson-féle korreláció analízissel az öntözött és öntözés nélküli kezelések átlagában (Debrecen, 2019 és 2021)

Összes	Csővenkénti szemtömeg	Morzsolási arány	Csőhossz	Sorok száma	Sorban a szemek száma	Termés t ha ⁻¹
Tőszám	-0,213**	0,029	-0,096	-0,003	-0,081	0,179**
Csővenkénti szemtömeg		-0,014	0,786**	0,294**	0,495**	0,171**
Morzsolási arány			0,047	0,094	0,351**	0,040
Csőhossz				0,162**	0,573**	0,221**
Sorok száma					-0,049	-0,081
Sorban a szemek száma						0,156*
**Korreláció szignifikáns $p=1\%$ szinten						
*Korreláció szignifikáns $p=5\%$ szinten						

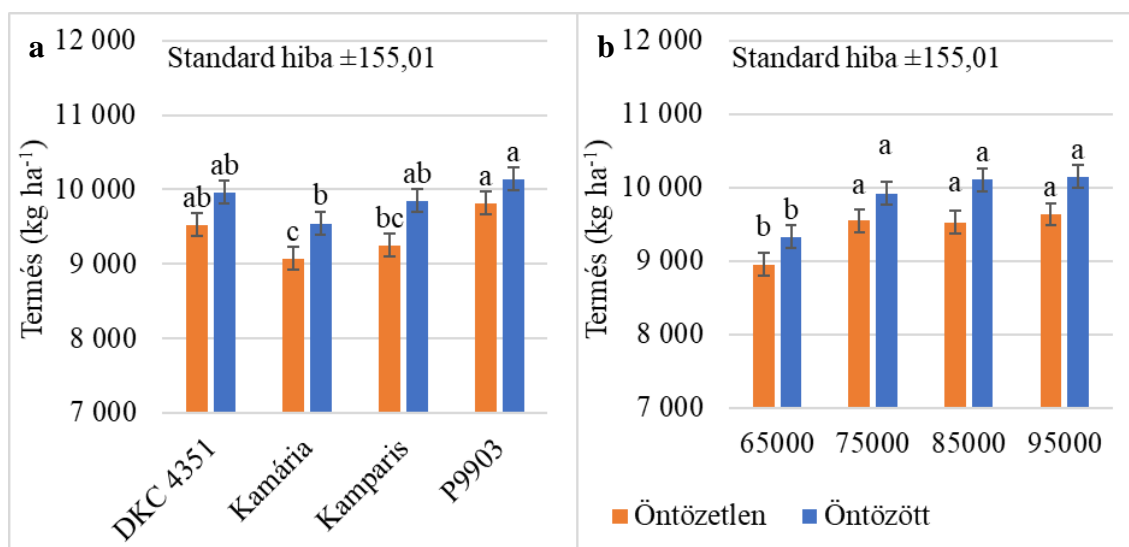
4.4.5 Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukoricahibridek termésére 2019 és 2021-ben

Két év átlagában a P9903 érte el a legmagasabb termést (9946, 88 kg ha⁻¹), azonban ez szignifikánsan nem tért el a DKC4351 (9702,63 kg ha⁻¹) termésétől (72. ábra). A DKC4351 és a Kamparis (9489,75 kg ha⁻¹) termése közti eltérés sem szignifikáns, valamint a Kamparis és Kamária (9261,13 kg ha⁻¹) termése között sincs szignifikáns differencia. A 65 ezres tőszámnál mértük a szignifikánsan legkisebb termést (72. ábra) A 65 ezres (9104 kg ha⁻¹) tőszámhoz képest igazolhatóan nagyobb termést hozott a 75 ezres (9697,13 kg ha⁻¹) állománysűrűség, azonban az állomány további sűrítése a termést nem befolyásolta pozitívan.



72. ábra Vízellátás és állománysűrűség együttes hatása a kukorica hibridek termésére 2019 és 2021-ben (Debrecen 2019 és 2021) (Kezelésenként az eltérő betűk a hibridek (72.a) vagy a tőszámok (72.b) közötti szignifikáns differenciát jelzik $p = 5\%$ szinten.) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)

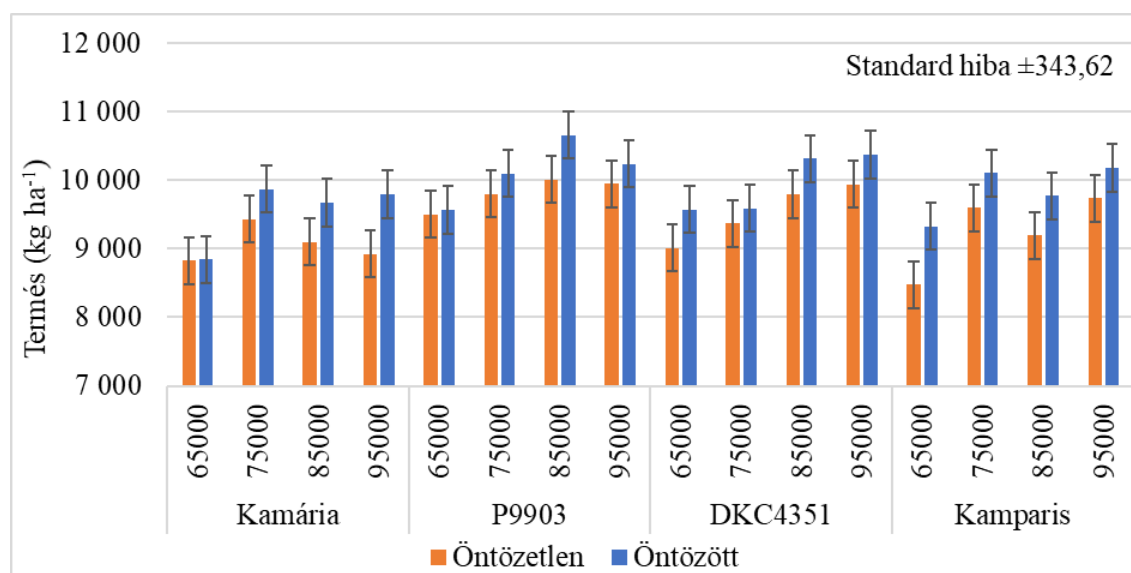
Az öntözés pozitív hatása a termésre valamennyi hibridnél igazolható volt (73. ábra). Öntözés nélkül a P9903 (9817,29 kg ha⁻¹) érte el a legmagasabb termést, azonban szignifikánsan nem tért el a DKC4351 (9528,96 kg ha⁻¹) termésétől. Két év átlagában a legalacsonyabb termést a Kamária (9071,67 kg ha⁻¹) hibridnél mértük mindkét vízellátási változatban. Az öntözött kezelésben a P9903 (10141,25 kg ha⁻¹), a DKC4351 (9963,13 kg ha⁻¹) és a Kamparis (9848,25 kg ha⁻¹) termése között szignifikáns eltérés nem volt.



73. ábra Vízellátás hatása a kukorica hibridek termésére 2019 és 2021-ben (Debrecen 2019 és 2021) (Kezelésenként az eltérő betűk a hibridek (73.a) vagy a tőszámok (73.b) közötti szignifikáns differenciát jelzik $p = 5\%$ szinten.) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)

A P9903 hibrid termése csak a Kamária (9545,31 kg ha⁻¹) hibrid termésénél volt igazolhatóan magasabb. Az öntözés tőszámokra gyakorolt hatásának (73. ábra) a vizsgálata során megállapíthattuk, hogy mindkét vízellátási változatban a 65 ezres állománynál szignifikánsan kisebb termést (8954,38 kg ha⁻¹ és 9328,44 kg ha⁻¹) mértünk. A 75-85-95 ezres tőszám között jelentős eltérés a termés szempontjából nem volt. Az öntözés hatására minden esetben nőtt a termés mennyisége.

Két év átlagában is értékeltük a hibridek egyedi tőszám és öntözési reakcióját (74. ábra). Eltérő mértékben, de minden hibridnél, minden tőszámon nőtt a termés az öntözés hatására. A Kamária és a Kamparis hibridek számára a 75 ezres állománysűrűség bizonyult leginkább kedvezőnek mindkét vízellátási változatban. A P9903 és a DKC4351 hibridek számára a 85 ezres állománysűrűség bizonyult előnyösebbnek. A DKC4351 hibridnél a tőszám további növelése sem volt negatív hatással a termésre.

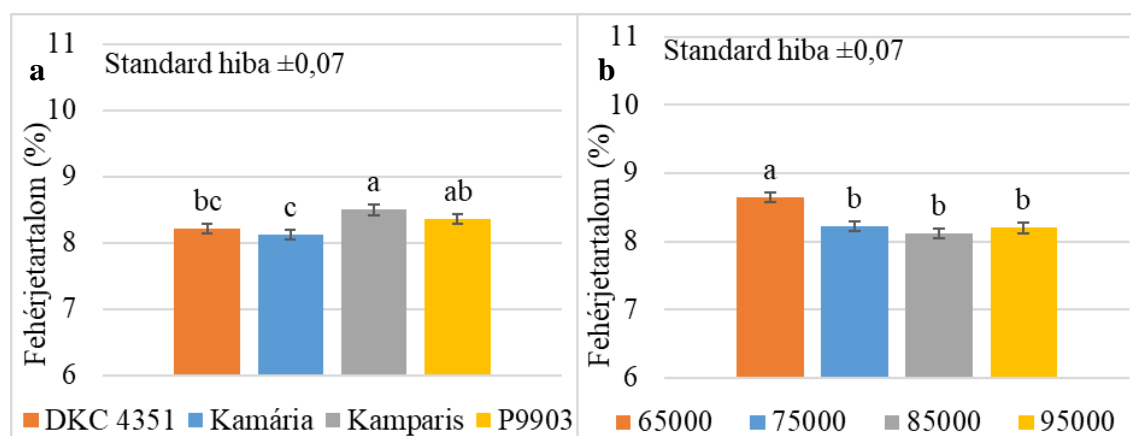


74. ábra Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukorica hibridek termésére 2019 és 2021-ben (Debrecen 2019 és 2021) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)

4.4.6 Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukorica hibridek minőségére 2019 és 2021-ben

4.4.6.1 Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukorica hibridek fehérjetartalmára 2019 és 2021-ben

Két év átlagában a Kamparis hibrid szemtermésének fehérjetartalma (8,49%) volt a legmagasabb, azonban szignifikánsan nem tért el a P9903 (8,36%) beltartalmától (75. ábra). A DKC4351 (8,21%) és a P9903 fehérjetartalma közti eltérés sem szignifikáns. Legkisebb fehérjetartalmat a Kamária (8,11%) esetében mértünk.

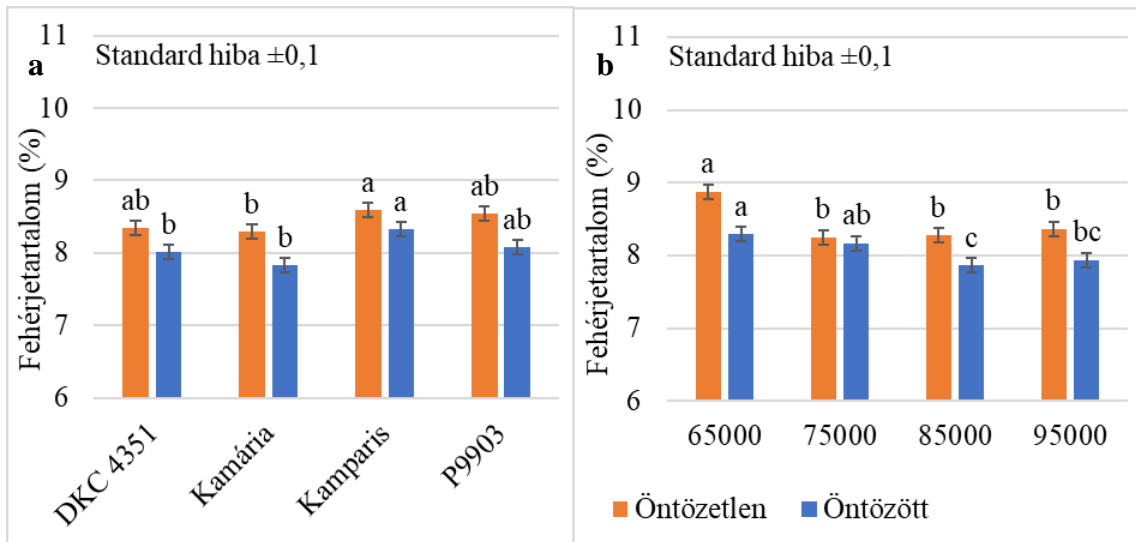


75. ábra Genotípus (a) és állománysűrűség (b) hatása a kukorica hibridek termésére (Debrecen 2019 és 2021 átlaga) (Kezelésenként az eltérő betűk a hibridek (75.a) vagy a tőszámok (75.b) közötti szignifikáns differenciát jelzik $p=5\%$ szinten.) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)

A legkisebb állománysűrűségnél szignifikánsan magasabb fehérjetartalmat (8,64%) mértünk. A tőszám növelésével a fehérjetartalom jelentősen csökkent (8,22%). Az állomány további sűrítése nem befolyásolta jelentősen a fehérjetartalmat.

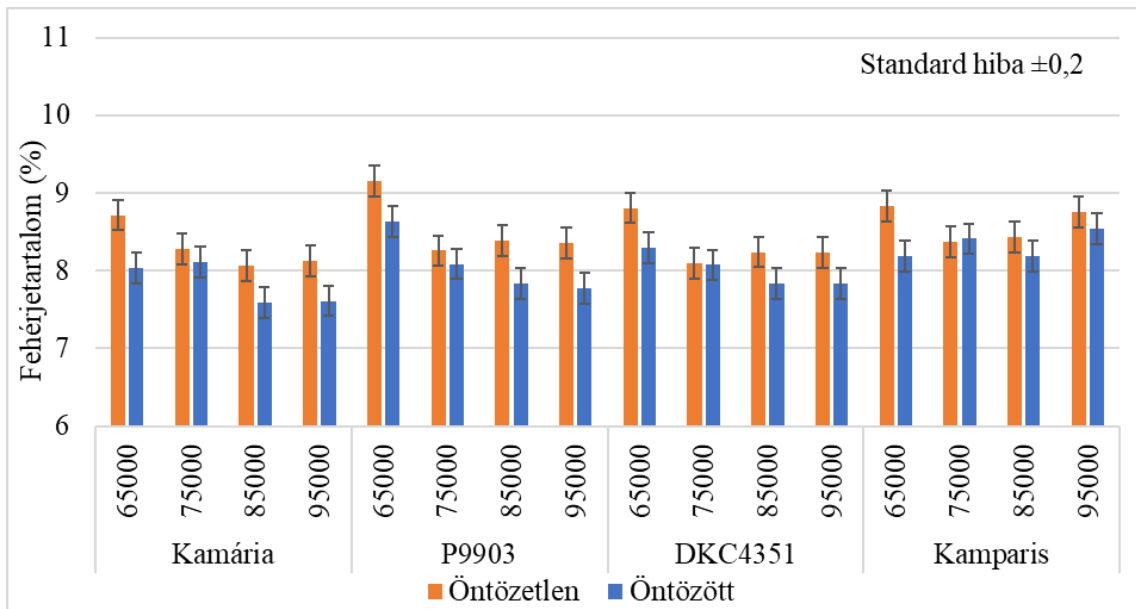
Az öntözés mindegyik genotípus esetében kedvezőtlenül befolyásolta a fehérjetartalmat (76. ábra). Öntözés nélkül (8,6%) és öntözve (8,33%) is a Kamparis érte el a legmagasabb fehérjetartalmat, azonban szignifikánsan csupán a Kamária (8,30% és 7,84%) fehérjetartalmától tért el.

Mindkét vízellátási változatban a legkisebb állománysűrűség volt a kedvezőbb a fehérjetartalom szempontjából (8,88% és 8,29%) -al, Öntözés nélkül a 75-85-95 ezres tőszámnál elért fehérjetartalom között nem volt eltérés, míg a vízellátás javulásával párhuzamosan a magasabb állománysűrűségnél (85-95 ezres tőszám) jelentősen csökkent a szemek fehérjetartalma (7,86% és 7,94%).



76. ábra Genotípus (a) és állománysűrűség (b) hatása a kukoricahibridek termésére eltérő vízellátás mellett (Debrecen 2019 és 2021 átága) (Kezelésenként az eltérő betűk a hibridek (76.a) vagy a tőszámok (76.b) közötti szignifikáns differenciát jelzik $p=5\%$ szinten.) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)

A fehérjetartalom minden hibrid és minden tőszám esetében csökkent az öntözés hatására (77. ábra).



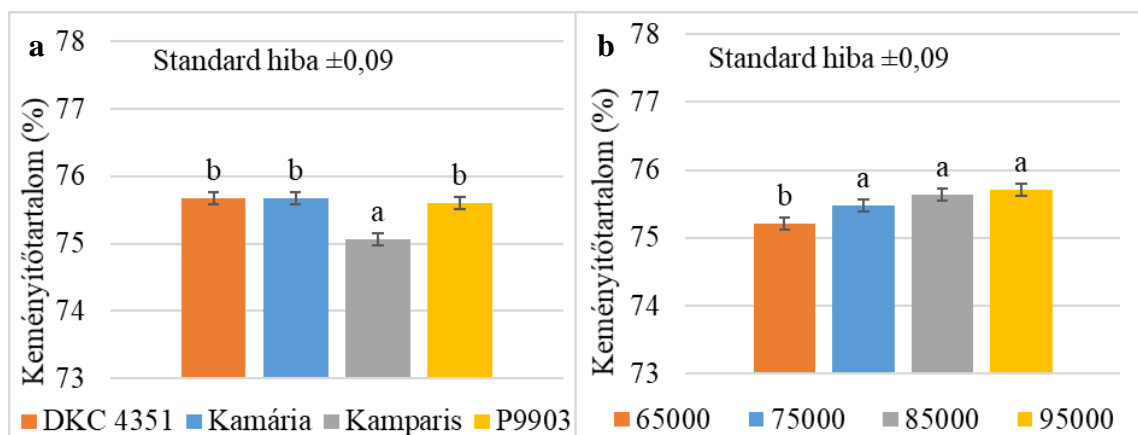
77. ábra Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukoricahibridek fehérjetartalmára 2019 és 2021-ben (Debrecen 2019 és 2021) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)

Legmagasabb fehérjetartalom egyértelműen a 65 ezres tőszám esetében volt tapasztalható öntözetlen körülmények között minden hibrid esetében, de öntözve a Kamária és a Kamparis hibridek esetében a 75 ezres állománysűrűség is kedvezőnek bizonyult. A

Kamparis hibrid volt az egyetlen, ahol az öntözött állományban a tőszámsűrítés nem okozott jelentős fehérjetartalom csökkenést.

4.4.6.2 Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukoricahibridek keményítőtartalmára 2019 és 2021-ben

A hibridek keményítőtartalmát összehasonlítva (78. ábra) megállapítottuk, hogy a kiemelkedően jó fehérjetartalommal rendelkező Kamparis érte el a szignifikánsan legalacsonyabb értéket (75,07%%). Ez az eredmény nem meglepő, hiszen számos korábbi kutatás és a saját kísérleti eredményeink is igazolták, hogy a fehérje és a keményítőtartalom között szoros negatív korreláció van. A DKC4351 (75,68%), a Kamária (75,67%) és a P9903 (75,60%) keményítőtartalma között nem volt jelentős eltérés.

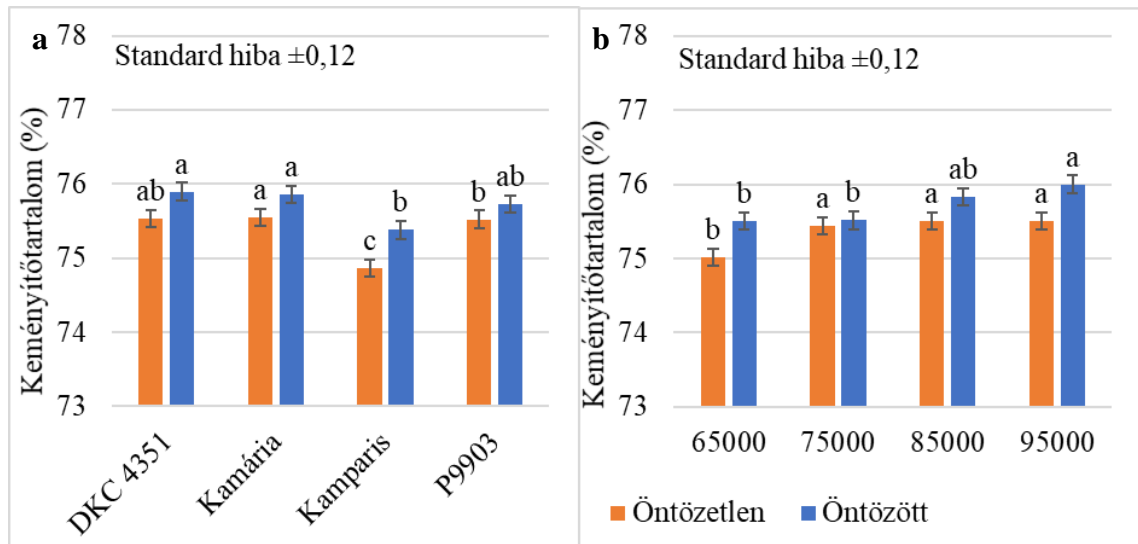


78. ábra Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukoricahibridek keményítőtartalmára 2019 és 2021-ben (Debrecen 2019 és 2021 átaga) (Kezelésenként az eltérő betűk a hibridek (78.a) vagy a tőszámok (78.b) közötti szignifikáns differenciát jelzik $p = 5\%$ szinten.) (A hibasávok a standard hibát jelölik.)

Az állománysűrűség esetében szintén pontosan ellentétes összefüggést állapíthattunk meg, mint a fehérjetartalomnál (78. ábra). A keményítőtartalom szempontjából kedvezőbb hatású a tenyészterület csökkentése. A 65 ezres (75,21%) tőszámhoz képest szignifikánsan magasabb keményítőtartalommal rendelkezik a 75000 (75,47%) állománysűrűség, azonban felette az eltérés nem volt már szignifikáns.

Az öntözés hibridekre gyakorolt hatását (79. ábra) vizsgálva egyértelműen megállapítható, hogy mindegyik genotípus esetében nőtt a keményítőtartalom az öntözés hatására, bár a növekedés mértéke a P9903 hibridnél kisebb volt. Öntözés nélkül

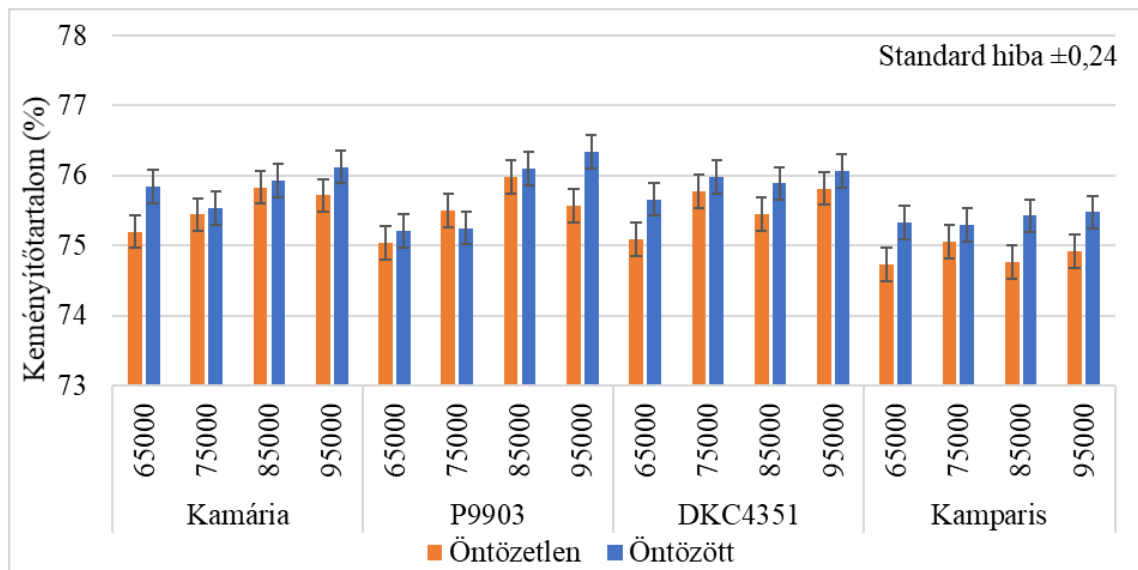
(74,87%) és öntözve (75,38%) is a Kamparis érte el szignifikánsan a legalacsonyabb keményítőtartalmat. A DKC4351 (75,53% és 75,9%) és a Kamária (75,55% és 75,86%) keményítőtartalma mindkét vízellátási változatban szinte megegyezett.



79. ábra Vízellátás hatása a kukoricahibridek keményítőtartalmára 2019 és 2021-ben (Debrecen 2019 és 2021 átága) (Kezelésként az eltérő betűk a hibridek (79.a) vagy a tőszámok (79.b) közötti szignifikáns differenciát jelzik $p= 5\%$ szinten.) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)

Öntözés nélkül a legalacsonyabb tőszám eredményezte a legkisebb keményítőtartalmat 75,01%-al, ami szignifikánsan kevesebb volt, mint a 75 ezres tőszámnál mért 75,52% keményítőtartalom. Az állománysűrűség további növelése nem befolyásolta a keményítőtartalmat. Az öntözés hatására a keményítőtartalom nőtt. A 65 ezres (75,51%) és a 75 ezres (75,52%) tőszám esetében szignifikáns eltérést nem tapasztaltunk, valamint a 85- és 95 ezres (76,00%) tőszám közt sem figyeltünk meg szignifikáns különbséget.

A keményítőtartalom (80. ábra) a legtöbb hibrid és a legtöbb tőszám esetében nőtt az öntözés hatására, csupán a P9903 hibrid 75 ezres állománysűrűségénél (öntözetlen:75,5%; öntözött: 75,25%) tapasztaltuk a keményítőtartalom csökkenését az öntözött parcellákban.



80. ábra Vizellátás és állománysűrűség hatása a kukoricahibridek keményítőtartalmára 2019 és 2021-ben (Debrecen 2019 és 2021) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)

4.4.7 Vizellátás és állománysűrűség hatása a kukoricahibridek egységnyi termésének eléréséhez felhasznált vízmennyiségre

A növénytermesztésben egyre erősödő problémát jelent a vízhiány, ezért alapvető fontosságú a növény számára rendelkezésre álló vízmennyiség minél hatékonyabb felhasználása. Az öntözés nélküli parcellák esetében a tenyészidőszakban (vetéstől betakarításig) hullott csapadék mennyiségét elosztottuk a termés mennyiségével és meghatároztuk az 1 kg szemterméshez felhasznált víz mennyiségét. Az öntözött parcellák esetében a tenyészidőszakban hullott csapadék mennyiségéhez hozzáadtuk a kijuttatott öntözővíz mennyiségét és ezek együttes mennyiségével osztottuk el a termést. A kapott eredmények alapján értékelhettük, hogy milyen állománysűrűségeknél és mely hibridek gazdálkodtak legkedvezőbben és használtak fel egységnyi termés előállításához a legkevesebb vizet.

Valamennyi kísérleti évben, öntözött és öntözés nélküli kezeléseknél egyaránt a hibridek átlagában a 65 ezres tőszámnál használta fel legpazarlóbban ($206,2-682,7 \text{ l kg}^{-1}$). a vizet a kukorica egységnyi termés előállításához (21. táblázat). Legjobban 2020-ban és 2021-ben is a legnagyobb állománysűrűségeknél takarékoskodtak a növények ($197,0-510,4 \text{ l kg}^{-1}$) a rendelkezésre álló vízmennyiséggel. 2019-ben viszont öntözés nélkül a 75 ezres, míg öntözve a 85 ezres tőszám bizonyult legkedvezőbbnek.

A tőszámok átlagában értékelve a vizsgált genotípusok vízfelhasználását megállapíthattuk, hogy a P9903 hibrid a kedvező vízellátottságú 2020-as és az aszályos 2021-es években, öntözött és öntözetlen körülmények között egyaránt, a legkevesebb vizet használta fel 1 kg szemtermés előállításához ($184,6-476,1 \text{ l kg}^{-1}$). Ezekben az években valamennyi vizsgált állománysűrűségnél ennek a hibridnek a vízfelhasználása volt a legkedvezőbb. Kevésbé kedvezően gazdálkodott a rendelkezésre álló vízmennyiséggel a Kamparis hibrid, amely 2020-ban, valamint 2021-ben az öntözött parcellákban is a legtöbb víz felhasználásával ($468,5-587,7 \text{ l kg}^{-1}$) állított elő egységnyi mennyiségű termést.

21. táblázat: A kukorica vízfelhasználása 1 kg szemtermés előállításához (liter kg⁻¹) a vetéstől betakarításig hullott csapadék és öntözővíz figyelembevételével (Debrecen 2019-2021)

Tőszám (tő ha ⁻¹)	Hibrid	Öntözetlen			Öntözött	
		2019	2020	2021	2019	2021
65000	DKC 4351	417,8	462,8	204,9	678,5	537,9
	Kamária	418,0	472,9	214,3	689,7	626,5
	Kamparis	428,9	498,2	224,5	643,3	605,5
	P 9903	427,3	426,6	181,1	719,4	507,8
	Hibridek átlaga	423,0	465,1	206,2	682,7	569,4
75000	DKC 4351	403,6	449,7	189,8	688,4	528,2
	Kamária	348,0	442,5	223,4	613,9	565,2
	Kamparis	343,9	456,0	206,8	574,8	583,6
	P 9903	402,5	407,6	184,7	690,2	475,3
	Hibridek átlaga	374,5	438,9	201,2	641,8	538,1
85000	DKC 4351	383,8	435,7	182,8	635,5	494,7
	Kamária	383,8	438,2	234,0	649,2	553,0
	Kamparis	397,4	463,0	205,0	622,1	568,5
	P 9903	353,7	410,8	196,2	629,9	467,2
	Hibridek átlaga	379,7	436,9	204,5	634,2	520,8
95000	DKC 4351	364,3	431,1	186,7	610,8	510,2
	Kamária	424,1	441,0	225,1	669,7	520,4
	Kamparis	349,4	457,0	199,6	587,6	557,2
	P 9903	418,7	399,1	176,7	705,6	453,9
	Hibridek átlaga	389,1	432,0	197,0	643,4	510,4
Tőszámok átlaga	DKC 4351	392,4	444,8	191,0	653,3	517,7
	Kamária	393,4	448,7	224,2	655,6	566,3
	Kamparis	379,9	468,5	208,9	606,9	578,7
	P 9903	400,5	411,0	184,6	686,3	476,1

Piros betűvel: az oszlopon belül adott tőszámnál legnagyobb vízfogyasztású hibrid, rózsaszín háttérrel az ezek közül legnagyobb érték. Kék betűvel az oszlopon belül adott tőszámon legkisebb vízfogyasztású hibrid, világoskék háttérrel az ezek közül legnagyobb érték. Középkék háttérrel az adott évben és kezelésnél az a tőszám, ahol a hibridek átlagában legkisebb volt a vízfogyasztás, míg piros háttérrel az a tőszám, ahol a legnagyobb volt a vízfogyasztás. Világossárga háttérrel az adott évben és kezelésnél tőszámok átlagában legkisebb vízfogyasztású hibrid, sötétsárga háttérrel a legnagyobb vízfogyasztású hibrid.

Az állományok rendelkezésére álló vízmennyiséget nem csupán a tenyészidőben hullott csapadék jelenti, hanem meghatározó jelentőségű lehet a téli félév csapadéka, különösen egy kiváló vízgazdálkodási tulajdonságokkal rendelkező csernozjom talaj esetében, ezért kiszámoltuk az 1 kg szemtermés előállításához felhasznált vízmennyiséget a vetést megelőző év augusztus elsejétől a betakarításig hullott csapadékmennyiséget és a kijuttatott öntözővizet együttesen figyelembe véve (22. táblázat).

Az augusztustól mért értékek esetében is azt tapasztaltam, mint amikor csak a tenyészidőben hullott csapadékot vettük figyelembe, azonban az egyes évjáratok közötti eltérés a felhasznált víz mennyiségében jelentős. A 2019-es és a 2020-as évjárat közötti eltérést a vízellátottság szempontjából fokozza, hogy a 2020-as évben a téli félév csapadéka is igen jelentős volt. A 65 ezres állománysűrűségnél a tenyészidőben hullott csapadékot figyelembe véve 2020-ban 42,1 literrel jutott több víz 1 kg szemtermés előállítására, azonban a téli félév csapadékát is figyelembe véve ez az eltérés 352,4 literre nőtt.

22. táblázat: A kukorica vízfelhasználása 1 kg szemtermés előállításához (liter kg⁻¹) a vetést megelőző év augusztus elsejétől a betakarításig hullott csapadék és öntözővíz figyelembevételével (Debrecen 2019-2021)

Tőszám (tő ha ⁻¹)	Hibrid	Öntözetlen			Öntözött	
		2019	2020	2021	2019	2021
65000	DKC 4351	473,3	827,4	264,6	729,0	591,9
	Kamária	473,4	845,4	276,7	741,0	689,4
	Kamparis	485,8	890,6	289,9	691,1	666,3
	P 9903	484,0	762,6	233,8	772,9	558,9
	Hibridek átlaga	479,1	831,5	266,3	733,5	626,6
75000	DKC 4351	457,2	803,9	245,1	739,7	581,3
	Kamária	394,1	791,1	288,5	659,6	622,1
	Kamparis	389,5	815,2	267,0	617,5	642,3
	P 9903	455,8	728,6	238,5	741,6	523,1
	Hibridek átlaga	424,2	784,7	259,8	689,6	592,2
85000	DKC 4351	434,7	778,9	236,1	682,8	544,4
	Kamária	434,7	783,5	302,2	697,5	608,6
	Kamparis	450,1	827,6	264,7	668,4	625,6
	P 9903	400,6	734,4	253,3	676,7	514,1
	Hibridek átlaga	430,0	781,1	264,1	681,4	573,2
95000	DKC 4351	412,7	770,6	241,1	656,3	561,4
	Kamária	480,3	788,4	290,6	719,6	572,7
	Kamparis	395,7	817,1	257,8	631,3	613,2
	P 9903	474,2	713,4	228,2	758,1	499,6
	Hibridek átlaga	440,7	772,4	254,4	691,3	561,7
Tőszámok átlaga	DKC 4351	444,5	795,2	246,7	701,9	569,8
	Kamária	445,6	802,1	289,5	704,4	623,2
	Kamparis	430,3	837,6	269,8	652,1	636,9
	P 9903	453,6	734,8	238,4	737,3	523,9

Piros betűvel: az oszlopon belül adott tőszámnál legnagyobb vízfogyasztású hibrid, rózsaszín háttérrel az ezek közül legnagyobb érték. Kék betűvel az oszlopon belül adott tőszámon legkisebb vízfogyasztású hibrid, világoskék háttérrel az ezek közül legnagyobb érték. Középkék háttérrel az adott évben és kezelésnél az a tőszám, ahol a hibridek átlagában legkisebb volt a vízfogyasztás, míg piros háttérrel az a tőszám, ahol a legnagyobb volt a vízfogyasztás. Világossárga háttérrel az adott évben és kezelésnél tőszámok átlagában legkisebb vízfogyasztású hibrid, sötétsárga háttérrel a legnagyobb vízfogyasztású hibrid.

5. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Kutatásunk során a termesztéstechnológiai tényezők (állománysűrűség, vízellátás) kukorica genotípusok fejlődésére, produktivitására és minőségére gyakorolt hatását elemeztük eltérő évjáratokban. A kísérletben szereplő hibridek kiválasztásakor az a cél vezérelt minket, hogy a hazai gyakorlatban legnagyobb területen termesztett FAO 350-400-as érésidejű hibrideket válasszunk, hiszen így a kutatásunk eredményei tudományos értékük mellett a gyakorlati szakemberek számára is jól hasznosíthatók lesznek. A kutatási eredmények értékelésekor figyelembe kell vennünk, hogy a tenyésztésidőbeli egyezőség miatt a genotípusok kezelésekre adott reakciója a megszokottnál kisebb eltérést mutat és az eredmények ezért kevésbé egyértelműek. Ennek ellenére a fajták közötti eltérések kimutathatók a kísérletben is.

A kísérleti feltételek mellett a relatív klorofilltartalom értékeit nem találtuk alkalmasnak a kezelések és a genotípusok közötti különbségek kimutatására. A vizsgált azonos érésidejű kukorica hibridek esetében a SPAD értékek és az állománysűrűség között nem lehetett összefüggést kimutatni az eltérő évjáratokban, sem öntözés nélküli, sem pedig öntözött állományokban. A mért SPAD értékek vonatkozásában a genotípusok között sem lehetett kimutatni szignifikáns eltéréseket egyik tőszám és fenofázis esetében sem.

A vizsgált években az öntözöthöz képest az öntözetlen állományokban a normalizált differenciált vegetációs index (NDVI) értéke (0,82) a maximum elérése után (BBCH61- virágzás kezdete) gyorsan csökkent (0,79-0,8), még a kedvezőbb természetes vízellátottságú évjáratban is, míg az öntözött állományokban (0,83) a későbbi fenofázisokban is nagyobb (0,81-0,83) értékeket mértünk. Az NDVI értékek és a termés között öntözött állományokban nem találtunk összefüggést, azonban az öntözés nélküli kezeléseknél a virágzás kezdetén mért maximális NDVI értékek és a termés között két évjáratban szignifikáns pozitív összefüggés volt.

A kísérleti években, évjárattól és vízellátási változattól függetlenül valamennyi vizsgált hibrid a virágzás végére (BBCH67) érte el a maximális (4,4-4,85 m²m⁻²) levélterület-index értéket. A június elejétől kezdve a teljes további tenyésztésidőben nagyon száraz 2021-es évjáratban a viaszérés kezdetén (BBCH81) mért levélterület értékek és az állománysűrűség között igen szoros, $p=1\%$ -os szinten szignifikáns negatív összefüggést ($r=-0,896 - -0,911$) találtunk az öntözött és az öntözés nélküli állományokban egyaránt. A genotípusok között nem lehetett szignifikáns különbséget igazolni a LAI értékekben, de három év átlagában a P9903-as hibrid levélterület indexe (4,85 m²m⁻²) volt a

legnagyobb mindkét vízellátási változatban, és ennek a hibridnek volt a termése is a legmagasabb. A tőszámok közötti eltérések az öntözött állományokban kifejezettebbek voltak.

A termésképző elemek vizsgálata alapján a csövenkénti szemtömeg és az állománysűrűség között a vizsgálati évek és vízellátási változatok átlagában szignifikáns, gyenge negatív összefüggést ($r = -0,213$) találtunk. Az öntözetlen ($r = -0,218$) és az öntözött ($r = -0,214$) kezelésekben ez az összefüggés azonos volt. A legalacsonyabb (65ezres) tőszám mellett volt a csövenkénti szemtömeg a legmagasabb. Az öntözött állományokban a 75ezres tőszám volt a legkedvezőbb a szemtömeg növekedésére. A csövek hossza az öntözés hatására a hibridek többségében szignifikánsan növekedett a 75ezres állománysűrűség mellett.

Az állománysűrűség és a termés között gyenge pozitív kapcsolat ($r = 0,179$) volt kimutatható. Az öntözetlen parcellákban ez az összefüggés kicsit kifejezettebb ($r = 0,250$) volt. Az öntözés hatása a termésre a vizsgálati években szignifikáns volt $p = 1\%$ -os szinten. Az öntözés terméstöbblete 353 kg ha^{-1} és 1161 kg ha^{-1} között változott. A legjobb öntözési reakciója a Kamparis hibridnek volt. Átlagosan a legkevésbé a P9903 hibrid termése változott az öntözés hatására. A genotípus és az öntözés közötti kölcsönhatás nem volt szignifikáns egyik kísérleti évben sem.

A betakarításkor vett szemminták minőségét (fehérje- és keményítőtartalmát) is értékeltük a kísérlet során. A szemtermés fehérje tartalma szignifikánsan eltérő volt a vizsgált hibridek esetében. Magasabb fehérjetartalmat az öntözetlen kezelésben mértünk (átlagosan $8,45\%$). Az öntözés hatására a fehérjetartalom átlagosan $8,06\%$ -ra csökkent.

Az öntözés hatása a keményítőtartalomra szignifikáns volt $p = 1\%$ -os szinten, azonban három év átlagában az eltérés nem volt jelentős (öntözött: $75,72\%$ és öntözetlen: $75,37\%$). Az öntözés hatására – a fehérje tartalommal ellentétben – a keményítőtartalom növekedett. A legnagyobb keményítőtartalma a DKC 4351 hibridnek volt ($75,72\%$).

Vízellátottsági változattól függetlenül a hibridek átlagában a 65 ezres tőszámnál használta fel a legtöbb vizet a kukorica egységnyi termés előállításához ($206,2\text{-}682,7 \text{ l kg}^{-1}$). A tőszámok átlagában értékelve a vizsgált genotípusok vízfelhasználását megállapíthattuk, hogy a P9903 hibrid a kedvező vízellátottságú 2020-as és az aszályos 2021-es években, öntözött és öntözetlen körülmények között egyaránt, a legkevesebb vizet használta fel 1 kg szemtermés előállításához ($184,6\text{-}476,1 \text{ l kg}^{-1}$). Ezzel ellentétben a Kamparis hibrid gazdálkodott legkevésbé kedvezően a rendelkezésre álló vízmennyiséggel. A Kamparis hibrid 2020-ban, valamint 2021-ben az öntözött parcellákban is a legtöbb víz felhasználásával ($468,5\text{-}587,7 \text{ l kg}^{-1}$) állított elő egységnyi mennyiségű termést.

6. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. A vizsgált kukorica hibridek esetében a relatív klorofilltartalom (SPAD) valamint a normalizált differenciált vegetációs index (NDVI) értékek sem az állománysűrűséggel sem a genotípusokkal nem voltak statisztikailag igazolható összefüggésben egyik vízellátási változatban sem. Az öntözetlen állományokban az állománysűrűségtől függetlenül a maximális NDVI értékeket (0,82-0,85) minden esetben a virágzás kezdetén (BBCH61) mértük. A tenyészidő további szakaszában az öntözött állományok tovább megtartották a nagyobb NDVI értékeket.
2. A vizsgált években a fejlődés különböző fázisaiban mért NDVI értékek és a termés között nem volt egyértelműen kimutatható összefüggés, azonban az öntözés nélküli állományokban 2019-ben és 2020-ban a BBCH112-BBCH61 (2 leveles állapot-virágzás kezdete) fenofázisokban mért NDVI értékek és a termés között közepes erősségű, szignifikáns pozitív korrelációt találtunk ($r = 0,588-0,632$).
3. Az öntözés hatására a termés szignifikánsan ($p=1\%$) növekedett (353 kg ha^{-1} - 1161 kg ha^{-1} terméstöbblet). A legjobb öntözési reakciója az évek átlagában a Kamparis hibridnek ($597,29 \text{ kg ha}^{-1}$), míg legkisebb terméstöbblete a P9903 hibridnek ($323,96 \text{ kg ha}^{-1}$) volt. A genotípus és az öntözés közötti kölcsönhatás nem volt szignifikáns egyik kísérleti évben sem.
4. A szemtermés fehérje tartalmában a hibridek között szignifikáns eltérést igazoltunk a három év átlagában ($p=0,02$). Legnagyobb fehérjetartalmat a Kamparis hibridnél (8,47%), míg legkisebb fehérjetartalmat a Kamária hibridnél (8,07%) mértünk. Az öntözés hatása a fehérjetartalomra $p=1\%$ -os szinten szignifikáns volt. Magasabb fehérjetartalmat az öntözetlen kezelésben mértünk (átlagosan 8,45%). Az öntözés hatására a fehérjetartalom átlagosan 8,06%-ra csökkent.
5. Az öntözés hatására a keményítőtartalom $p=1\%$ -os szinten szignifikánsan növekedett, azonban három év átlagában az eltérés nem volt jelentős (öntözött: 75,72% és öntözetlen: 75,37%). A legnagyobb keményítőtartalma a DKC 4351 hibridnek volt (75,72%).
6. A tőszámok átlagában értékelve a vizsgált genotípusok vízfelhasználását megállapíthattuk, hogy a P9903 hibrid a kedvező vízellátottságú 2020-as és az aszályos 2021-es években, öntözött és öntözetlen körülmények között egyaránt, a legkevesebb ($184,6-476,1 \text{ l kg}^{-1}$), míg a Kamparis hibrid a legtöbb víz felhasználásával ($468,5-587,7 \text{ l kg}^{-1}$) állított elő egységnyi mennyiségű termést.

7. GYAKORLATBAN ALKALMAZHATÓ EREDMÉNYEK

1. A vizsgált három év alapján a FAO 350-400 érésidejű hibridek számára csernozjom talajon a 75 ezres állománysűrűség ajánlott, mivel mindkét vízellátási változatban szignifikánsan nagyobb (65 ezres tőszám: öntözés nélkül 9,95 t ha⁻¹; öntözve 9,33 t ha⁻¹; 75 ezres tőszám: öntözés nélkül 9,55 t ha⁻¹; öntözve 9,92 t ha⁻¹) termést értünk el ennél a tőszámnál, mint a legkisebb, 65 ezres állománysűrűségénél. Az állománysűrűség további növelése egyetlen esetben sem jelentett szignifikáns termésnövekedést még öntözött állományban sem, viszont a szárazabb évjáratban termésdepressziót is okozott.
2. Kamária és a Kamparis hibrid számára a 75 ezres tőszám feletti állománysűrűség még öntözött állományban sem javasolt, mivel nem jelent termésnövekedést (Kamária 75000: öntözés nélkül 9,44 t ha⁻¹; öntözve 9,87 t ha⁻¹; Kamária 85000: öntözés nélkül 9,10 t ha⁻¹; öntözve 9,67 t ha⁻¹; Kamparis 75000: öntözés nélkül 9,60 t ha⁻¹; öntözve e 10,11 t ha⁻¹; Kamparis 85000 öntözés nélkül 9,19 t ha⁻¹; öntözve 9,78 t ha⁻¹), sőt az esetek többségében – különösen öntözés nélküli állományokban – termésdepressziót okozott.
3. A P9903 (10,27 t ha⁻¹) és a DKC 4351 (10 t ha⁻¹) hibrid több évjáratban a 85 ezres állományban hozta a legnagyobb termést, azonban ez a termésnövekedés általában nem volt statisztikailag igazolható, ezért öntözés nélküli termesztésnél nem javasoljuk a 75 ezresnél nagyobb állománysűrűséget. Öntözéses termesztésnél a tőszám 85 ezer tő ha⁻¹-ig növelhető.
4. A vizsgált évek többségében a P9903 hibrid szignifikánsan nagyobb termést (9,95 t ha⁻¹) hozott, mint a többi hibrid, bár a három év átlagában a termése a DKC 4351 (9,70 t ha⁻¹) hibridét statisztikailag igazolhatóan nem haladta meg.
5. A P9903 hibrid jó termőképessége több év átlagában a szemtermés kedvező fehérjetartalmával (8,36%) párosul, így hektáronként nagyobb fehérjehozam elérésére van lehetőség.
6. A kísérleti évek átlagában a Kamparis hibrid szemtermésének keményítőtartalma (75,07%) szignifikánsan alacsonyabb volt a többi hibridnél, ezért bioetanol előállításra kevésbé javasoljuk.

8. ÖSSZEFOGLALÁS

A fenntartható kukoricatermesztésben kiváló minőségű, az élelmiszer- és takarmánybiztonsági követelményeknek megfelelő termékeket állítunk elő, miközben a környezetet kíméljük, de emellett agronómiailag és ökonómiailag hatékony termesztéstechnológiát alkalmazunk, amelynek alapja a korszerű, nagy termőképességű, kiváló alkalmazkodóképességű, szárazságtűrő hibridek alkalmazása. A gyors genetikai előrehaladás, az állandóan változó hibridportfólió elengedhetetlenül szükségessé teszi a termesztéstechnológiai vizsgálatokat többek között az optimális állománysűrűség meghatározása érdekében.

Az utóbbi években a klimatikus feltételek is egyre kedvezőtlenebbek, csökkent az átlagos csapadék-ellátottságú évek száma, és növekedett az átlagosnál szárazabb évek aránya, mindemellett pedig a csapadék eloszlása is kedvezőtlen. Az aszályos évek gyakoriságának növekedése indokolja a hibridek öntözési reakciójának vizsgálatát a termésstabilitás és a termés növelésének érdekében. A hibrideknek rendkívül különböző a termőképességük, az alkalmazkodóképességük, a szárazságtűrésük, valamint ezzel összefüggésben a termésstabilitásuk is. Az állománysűrűség a termést nagymértékben meghatározó tényező, azonban az egyes genotípusok tőszámsűrítetősége igen eltérő lehet. Az optimális tőszámot jelentősen befolyásolja a hibridek genetikai tulajdonsága, a tenyésztése, a termőhelyi adottság, az évjárat hatása, illetve a víz- és a tápanyagellátás mértéke. A kísérletben szereplő hibridek kiválasztásakor az a cél vezérelt minket, hogy a hazai gyakorlatban legnagyobb területen termesztett FAO 350-400-as csoportba tartozó hibrideket teszteljünk, így a tudományos eredmények mellett a gyakorlat számára is fontos következtetéseket vonhassunk le. A tenéyzsidőbeli egyezés miatt a genotípusok kezelésekre adott reakciója a megszokottnál kisebb eltérést mutat, ennek ellenére a genotípusok közötti eltérések kimutathatók a kísérletben is.

Vizsgáltuk a hibridek agronómiai tulajdonságait, stressz érzékenységüket, öntözési reakcióját, továbbá a termésképző elemek változását. Célkitűzésünk volt a vizsgált évek, évjáratok elemzése, a vízellátottság termésmennyiségre, minőségre gyakorolt hatásainak értékelése, az állománysűrűség termésmennyiségre gyakorolt hatásainak vizsgálata, valamint a tényezők közötti kölcsönhatások feltárása.

A kísérletet a DE AKIT DTTI Látóképi Növénytermesztési Kísérleti Telepén állítottuk be mészeledékes csernozjom talajon. A kísérletben vizsgált kukorica hibridek a Kamária, KWS Kamparis, P9903 és a DKC4351 voltak. Az eltérő állománysűrűségtől

(65-75-85-95 ezer tő ha⁻¹) eltekintve egységes agrotechnikát alkalmaztunk. A parcellák felénél (öntözött kezelés) címerhányás körüli időszakban két alkalommal 25-25 mm öntözővizet juttatunk ki.

A vizsgált azonos érésidejű kukorica hibridek esetében a relatív klorofilltartalom (SPAD) értékek és az állománysűrűség között nem lehetett összefüggést kimutatni az eltérő évjáratokban, sem öntözés nélküli, sem pedig öntözött állományokban. A genotípusok között sem lehetett kimutatni szignifikáns eltéréseket egyik tőszám esetében sem a SPAD értékekben.

A normalizált differenciált vegetációs index (NDVI) és az állománysűrűség között, a vízellátási változattól függetlenül, egyik vizsgálati évben sem találtunk összefüggést. Az öntözetlen állományokban az állománysűrűségtől függetlenül a maximális NDVI értékeket (0,82-0,85) minden esetben a virágzás kezdetén (BBCH61) mértük. A tenyészidő további szakaszában az öntözött állományok tovább megtartották a nagyobb NDVI értékeket. A fejlődés különböző fázisaiban mért NDVI értékek és a termés között nem volt egyértelműen kimutatható összefüggés, azonban az öntözés nélküli állományokban 2019-ben és 2020-ban a BBCH112-BBCH61 (2 leveles állapot-virágzás kezdete) fenofázisokban mért NDVI értékek és a termés között közepes erősségű, szignifikáns pozitív korrelációt találtunk ($r = 0,588-0,632$).

Az öntözés hatása a termésre a vizsgálati években szignifikáns volt $p=1\%$ -os szinten, az öntözés terméstöbblete 353 kg ha⁻¹ és 1161 kg ha⁻¹ között változott. A legjobb öntözési reakciója a Kamparis hibridnek volt. Átlagosan a legkevésbé a P9903 hibrid termése változott az öntözés hatására. A genotípus és az öntözés közötti kölcsönhatás nem volt szignifikáns egyik kísérleti évben sem.

A szemtermés fehérje tartalmában a hibridek között $p=2\%$ -os szinten szignifikáns eltérést igazoltunk a három év átlagában. Legnagyobb fehérjetartalma a Kamparis hibridnek volt (8,47%). Legkisebb fehérjetartalmat a Kamária hibridnél (8,07%) mértünk. Az öntözés hatása a fehérjetartalomra $p=1\%$ -os szinten szignifikáns volt. Magasabb fehérjetartalmat az öntözetlen kezelésben mértünk (átlagosan 8,45%). Az öntözés hatására a fehérjetartalom átlagosan 8,06%-ra csökkent.

Az öntözés hatása a keményítőtartalomra szignifikáns volt $p=1\%$ -os szinten, azonban három év átlagában az eltérés nem volt jelentős (öntözött: 75,72% és öntözetlen: 75,37%). Az öntözés hatására a keményítőtartalom növekedett. A legnagyobb keményítőtartalma a DKC 4351 hibridnek volt (75,72%).

Valamennyi kísérleti évben, öntözött és öntözés nélküli kezelésekben egyaránt, a hibridek átlagában a 65 ezres tőszámnál használtak fel legtöbb vizet a kukorica egységnyi termés előállításához (206,2-682,7 l kg⁻¹). A tőszámok átlagában értékelve a vizsgált genotípusok vízfelhasználását megállapíthatjuk, hogy a P9903 hibrid vízfelhasználása volt a leghatékonyabb, a kedvező vízellátottságú 2020-as és az aszályos 2021-es években, öntözött és öntözetlen körülmények között egyaránt, a legkevesebb vizet használta fel 1 kg szemtermés előállításához (184,6-476,1 l kg⁻¹). Legkevesbé kedvezően a rendelkezésre álló vízmennyiséggel a Kamparis hibrid gazdálkodott, amely 2020-ban, valamint 2021-ben az öntözött parcellákban is a legtöbb víz felhasználásával (468,5-587,7 l kg⁻¹) állított elő egységnyi mennyiségű termést.

A gyakorlat számára hasznosítható eredményünk, hogy a vizsgált három év alapján a FAO 350-400 érésidőjű hibridek számára csernozjom talajon a 75 ezres állománysűrűség ajánlott, mivel mindkét vízellátási változatban szignifikánsan nagyobb termést értünk el ennél a tőszámnál, mint a legkisebb, 65 ezres állománysűrűségnél. Az állománysűrűség további növelése egyetlen esetben sem jelentett szignifikáns termésnövekedést még öntözött állományban sem, viszont a szárazabb évjárásban termésdepressziót is okozott. Kamária és a Kamparis hibrid számára a 75 ezres tőszám feletti állománysűrűség még öntözött állományban sem javasolt, mivel nem jelent termésnövekedést, sőt az esetek többségében – különösen öntözés nélküli állományokban – termésdepressziót okoz. A P9903 és a DKC4351 hibrid több évjárásban a 85 ezres állományban hozta a legnagyobb termést, azonban ez a termésnövekedés általában nem volt statisztikailag igazolható, ezért öntözés nélküli termesztésnél nem javasoljuk a 75 ezresnél nagyobb állománysűrűséget. Öntözéssel termesztésnél a tőszám 85 ezer tő ha⁻¹-ig növelhető.

A P9903 hibrid szignifikánsan nagyobb termést hozott, mint a többi hibrid, bár a három év átlagában a terméstöbbete a DKC 4351 hibridét statisztikailag igazolhatóan nem haladta meg.

A P9903 hibrid jó termőképessége több év átlagában a szemtermés kedvező fehérjetartalmával párosul, így hektáronként nagyobb fehérjehozam elérésére van lehetőség. A kísérleti évek átlagában a Kamparis hibrid szemtermésének keményítőtartalma szignifikánsan alacsonyabb volt a többi hibridnél, ezért bioetanol előállításra kevésbé javasoljuk.

A hároméves kutatási kísérletsorozat végén elért tudományos eredményeink hozzájárulhatnak a hibridspecifikus technológiák kialakításához.

9. SUMMARY

In sustainable maize production, we produce high quality products that meet food and feed safety requirements, while respecting the environment and using agronomically and economically efficient cultivation techniques based on modern, high-yielding, highly adaptable, drought-tolerant hybrids. Rapid genetic progress and an ever-changing portfolio of hybrids make it essential to carry out trials of cultivation techniques, *inter alia*, to determine the optimum plant density.

In recent years, climatic conditions have also become increasingly unfavourable, with a decrease in the number of years with average precipitation and an increase in the proportion of years with lower than average precipitation, as well as an unfavourable distribution of it. The increase in the frequency of droughty years justifies the study of the irrigation response of hybrids to increase yield stability and yield. The hybrids have very different yield potential, adaptability, drought tolerance and, in this context, yield stability. Density is a major determinant of yield, but the optimum density of each genotype can vary widely. The optimum number of plants is significantly influenced by the genetic characteristics of the hybrids, the growing season, the site conditions, the effect of the crop year and the level of water and nutrient supply. In selecting the hybrids for the experiment, we aimed to test hybrids from the FAO 350-400 group, which are grown on the largest area in Hungary, so that we could draw conclusions that are important for practice as well as for scientific results. Due to the similarity in growing time, the response of the genotypes to the treatments shows less variation than usual, but differences between genotypes can still be detected in the experiment.

The agronomic traits of the hybrids, their stress sensitivity, irrigation response and variation in yield components were studied. Our objectives were to analyse the weather characteristics of the experimental years, to evaluate the effects of water availability on yield and quality, to investigate the effects of stand density on yield and to explore the interactions between these factors.

The experiment was set up at the University of Debrecen Institutes for Agricultural Research and Educational Farm, Farm and Regional Research Institute of Debrecen, Látókép Experimental Station of Plant Production on calcareous chernozem soil. The maize hybrids tested in the experiment were Kamaria, KWS Kamparis, P9903 and DKC4351. Apart from the different stand densities (65-75-85-85-95 thousand plant ha⁻¹),

a uniform agro-technique was used. In half of the plots (irrigated treatment), 25-25 mm of irrigation water was applied twice around tassel emergence.

No correlation between relative chlorophyll content (SPAD) values and stand density could be detected in the maize hybrids in different years, neither in irrigated nor in non-irrigated stands. No significant differences in SPAD values could be detected between genotypes sown at any plant density.

No correlation was found between the normalized differential vegetation index (NDVI) and stand density in any of the study years, irrespective of water supply variation. In the unirrigated stands, maximum NDVI values (0.82-0.85) were always measured at the beginning of flowering (BBCH61), regardless of stand density. Irrigated stands continued to retain higher NDVI values during the rest of the growing season. There was no clear correlation between NDVI values measured at different stages of development and yield, but a medium-strength significant positive correlation ($r = 0.588-0.632$) was found between NDVI values measured at phenophases BBCH112-BBCH61 (2 leaves unfolded-beginning of flowering) and yield in the non-irrigated stands in 2019 and 2020.

The effect of irrigation on yield was significant at the $p=1\%$ level in the experimental years, with irrigation yield surplus varying from 353 kg ha⁻¹ to 1161 kg ha⁻¹. The hybrid Kamparis had the best irrigation response. On average, the hybrid P9903 showed the least change in yield in response to irrigation. The interaction between genotype and irrigation was not significant in any of the experimental years.

A significant difference in the protein content of the grain yield between the hybrids was demonstrated at the $p=2\%$ level on average over the three years. The highest protein content was found in the Kamparis hybrid (8.47%). The lowest protein content was found in the Kamaria hybrid (8.07%). The effect of irrigation on protein content was significant at the $p=1\%$ level. Higher protein content was measured in the non-irrigated treatment (8.45% on average). The effect of irrigation reduced the protein content to 8.06% on average.

The effect of irrigation on starch content was significant at the $p=1\%$ level, but the difference was not significant on average over three years (irrigated: 75.72% and non-irrigated: 75.37%). Irrigation increased starch content. The hybrid DKC 4351 had the highest starch content (75.72%).

In all the experimental years, most water was used at 65,000 plant density in both irrigated and non-irrigated treatments, on average of hybrids to produce a unit yield of maize (206.2-682.7 l kg⁻¹). When averaged over the different plant density, the water use of the

genotypes studied was found to be the most efficient in hybrid P9903, which used the least water to produce 1 kg grain yield (184.6-476.1 l kg⁻¹) in both irrigated and non-irrigated conditions in the favourable year 2020 and dry year 2021. The hybrid Kamparis, which used the most water per unit yield in irrigated plots both in 2020 and 2021 (468.5-587.7 l kg⁻¹), was the least water efficient hybrid.

Based on the three years results, our practical statement is that a stand density of 75,000 is recommended for hybrids with FAO number 350-400 on chernozem soils, as both water supply treatments yield significantly more than the lowest stand density of 65,000. In none of the cases did further increases in stand density result in significant yield increases, even in irrigated conditions, but they did cause yield depression in the drier years. For Kamaria and the hybrid Kamparis, a stand density above 75,000 plants is not recommended, even in irrigated fields, as it does not increase yields and in most cases, especially in unirrigated fields, causes yield depression. The hybrids P9903 and DKC4351 have given the highest yields in several crop years at 85 thousand plants, but this yield increase has generally not been statistically verified, and therefore a stand density higher than 75 thousand plants is not recommended for non-irrigated crops. With irrigation, the number of plants can be increased up to 85 thousand plants ha⁻¹.

Hybrid P9903 produced significantly higher yields than the other hybrids, although on average over the three years its yield surplus was not statistically higher than that of DKC 4351.

The good yield potential of the P9903 hybrid is combined with a favourable grain protein content on average over the years, allowing higher protein yields per hectare. The average starch content of the grain yield of the Kamparis hybrid was significantly lower than the other hybrids in the experimental years and is therefore less recommended for bioethanol production.

Our scientific results at the end of a three-year research trial could contribute to the development of hybrid-specific technologies.

10. IRODALOMJEGYZÉK

1. Agarie, S. – Hanaoka, N. – Kubota, F. – Agata, W. – Kaufman, P. B.: 1995. Measurement of Cell Membrane Stability Evaluated by Electrolyte Leakage as a Drought and Heat Tolerance Test in Rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of the Faculty of Agriculture*. Kyushu University, 40. 1 *Z: 233-240.
2. Antal, E.: 1969. Az öntözés előrejelzése meteorológiai adatok alapján. Kandidátusi értekezés, Budapest 165 p.
3. Arregui, L. M. – Lasa, B. – Lafarga, A. – Iraneta, I. – Baroja, E. – Quemada, M.: 2006. Evaluation of chlorophyll meters as tools for N fertilization in winter wheat under humid Mediterranean conditions. *European Journal of Agronomy*. 24. 2: 140–148.
4. Bartha, I. – Csákvári, Cs. – Povázsay, G.: 1978. Öntözéssel több termést. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 167 p. ISBN 963 230 425 X
5. Bauerle, W. L. – Weston, D. J. – Bowden, J. D. – Dudley, J. B. – Toler, J. E.: 2004. Leaf absorptance of photosynthetically active radiation in relation to chlorophyll meter estimates among woody plant species. *Scientia Horticulturae*. 101. 1–2: 169–178.
6. Beadle, G. W.: 1939. Teosinte and the origin of maize. *Journal of Heredity*. 30. 6: 245–247.
7. Berzy, T. – Záborszky, S. – Varga, P. – Pintér, J.: 2015. Vetőmag életerő, mint termésbefolyásoló tényező néhány kukorica genotípus esetében. XXI. Növénytermelési Tudományos Napok, Szerk: Veisz Ottó, 62. Martonvásár ISBN 978-963-8351-43-2
8. Berzsenyi, Z. – Györffy, B.: 1997. Az istállótrágya és a műtrágya hatása a kukorica (*Zea mays* L.) termésére és termésstabilitására monokultúrában tartamkísérletben. *Növénytermelés*. 46. 5: 509-527.
9. Berzsenyi, Z. – Lap, D. Q.: 2001. A kukorica N ellátottságának monitoringja SPAD-502 típusú klorofillmérővel. Martonvásár, 1: 7.
10. Berzsenyi, Z. – Lap, D.Q.: 2003. N-műtrágyázás hatása a kukorica (*Zea mays* L.) hibridek szemtermésére és N-műtrágyareakciójára tartamkísérletben. *Növénytermelés*. 52. 3–4: 389–408.
11. Berzsenyi, Z. – Árendás, T. – Bónis, P. – Micskei, G. - Sugár, E.: 2011. Long-term effect of crop production factors on the yield and yield stability of maize (*Zea mays* L.) in different years. *Acta Agronomica Hungarica*. 59. 3: 191-200.
12. Berzsenyi, Z. - Tokatlidis, I. S.: 2012. Density Dependence Rather Than Maturity Determines Hybrid Selection in Dryland Maize Production. *Agronomy Journal*. 104: 331-336.
13. Blanka, V. – Mezösi, G. – Meyer, B.: 2013. Projected changes in the drought hazard in Hungary due to climate change. *Időjárás*. 117. 2: 220.
14. Boyer, J. S.: 1996. Advances in drought tolerance in plants. *Advances in Agronomy*. 56. 187-218.
15. Bozán, Cs. – Miskó, K. – Péter, K. – Domán, Cs. – Vári, E. – Kemény, G. – Keményné, H. Zs. – Lámfalusi, I. – Molnár, A. – Kiss, A. – Gaál, M.: 2018. Az

öntözhetőség természeti-gazdasági korlátainak hatása az öntözhető területekre. Agrárgazdasági Kutató Intézet, Budapest, 180 p.

16. Bramdeo, K. – Rátonyi, T.: 2020a. Effect of tillage and fertiliser treatments on yield of maize (*Zea mays* L.) hybrids. *Columella – Journal of Agricultural and Environmental Sciences*. 7. 1: 57-65.
17. Bramdeo, K. – Rátonyi, T.: 2020b. Effect of tillage practices, fertilizer treatments and crop rotation on yield of maize (*Zea mays* L.) hybrids. *Acta Agraria Debreceniensis*. 2. 43-48.
18. Bramdeo, K. – Rátonyi, T.: 2020c. Effect and interaction of crop management factors and crop year on the yield of maize (*Zea mays* L.). *Acta Agraria Debreceniensis*. 2. 31-41.
19. Breuer, H.: 2007. A tényleges párolgás és a talajvíztartalom klimatológiai modellezése Magyarországon. Tudományos Diákköri Dolgozat, Budapest. 28 p.
20. Butts-Wilmsmeyer, C. J. – Seebauer, J. R. – Singleton, L. – Below, F. E.: 2019. Weather during key growth stages explains grain quality and yield of maize. *Agronomy*. 9. 1: 16.
21. Camilla, P. – Elisa, A. – Stefano, M. – Sergey, S.: 2016. Acclimation improves salt stress tolerance in *Zea mays* plants: *Journal of Plant Physiology*. 201. 1-8.
22. Carter, G. A.: 1994. Ratios of leaf reflectances in narrow wavebands as indicators of plant stress. *International Journal of Remote Sensing*. 15. 3: 697-703.
23. Castle, E. N.: 1987. Farm Business Management. Macmillan Publishing Company. New York, 4761. ISBN 963 7362 79 7
24. Chang, S. X. – Robinson, D. J.: 2003. Nondestructive and rapid estimation of hardwood foliar nitrogen status using the SPAD-502 chlorophyll meter. *Forest Ecology and Management*. 181. 3: 331-338.
25. Chapman, S. C. – Barreto, H. J.: 1997. Using a chlorophyll meter to estimate specific leaf nitrogen of tropical maize during vegetative growth. *Agronomy Journal*. 89. 2: 557-562.
26. Chubachi, T. – Asano, I. – Oikawa, T.: 1986. The diagnosis of nitrogen nutrition of rice plants (Sasanishiki) using chlorophyll meter. *Japanese Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 57. 2: 190-193.
27. Claassen, M. M. – Shaw, R. H.: 1970. Water deficit effects on corn. 11. Grain components. *Agronomy Journal*. 62. 652-655.
28. Collins, G. N. – Kempton, J. H.: 1920. Heritable characters of maize. I. Lineate leaves. *Journal of Heredity*. 11. 2-6.
29. Collins, G. N.: 1919) Structure of the maize ear as indicated in *Zea-Euchlaena* hybrids. *Journal of Agricultural Research*. 17. 127-135.
30. Csajbók, J. – Kutasy, E.: 2015. Changes in water use efficiency and photosynthetic parameters of maize induced by abiotic stress factors. *Növénytermelés*. 64. supp. 2: 17-24.
31. Csajbók, J.: 1999. A termesztési tényezők, a talajnedvesség és a produkció összefüggései eltérő termesztési változatokban. Doktori értekezés Debrecen, 151 p.

32. Csajbók, J.: 2000. A termesztési tényezők és a produkció összefüggései kukoricában. In: Az agrár-termékpiacon és környezetük XLII. Georgikon Napok Veszprémi Egyetem Georgikon MTK, 231-235.
33. Csajbók, J.: 2004. A növénytermesztési tér vízgazdálkodása. Mezőgazdasági vízgazdálkodási szakirányú továbbképzés jegyzet, Gödöllő <https://docplayer.hu/107775196-A-novenytermesztési-ter-vizgazdalkodasa.html> Utolsó letöltés időpontja: 2023.03.18.
34. Csajbók, J.: 2019. Öntözés [In: Pepó P. (szerk.) Általános növénytermesztési ismeretek.] Mezőgazda Lap- és Könyvkiadó, Budapest. 283-292. ISBN 978-963-286-740-3
35. Csete, L. – Gönczi, I. – Kádár, B. – Vadász, L.: 1974. Mezőgazdasági vállalatok és üzemek gazdaságtana. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest, 617 p. ISBN 963 220 012 s
36. Danilo, V. R. – Kremneva, O. – Pachkin, A.: 2023. Identification of the Spectral Patterns of Cultivated Plants and Weeds: Hyperspectral Vegetation Indices. *Agronomy*. 13. 3: 859. <https://doi.org/10.3390/agronomy13030859>
37. Doebley, J.: 1990. Molecular Evidence and the Evolution of Maize. *Economic Botany* Vol. 44, No. 3, Supplement: New Perspectives on the Origin and Evolution of New World Domesticated Plants (Jul.-Sep., 1990), pp. 6-27. (22 pages) <https://www.jstor.org/stable/4255268> Utolsó elérés: 2023.03.19.
38. Duzs, L. – Ragán, P. – Fejér, P. – Vántus, A. – Rátonyi, T.: 2019a. The effects of the soil tillage and the fertilization on the relative chlorophyll content (SPAD-values) of the maize (*Zea mays* L.) leaves. Abstract Book – 18th Alps-Adria Scientific Workshop, DOI: 10.34116/NTI.2019.AA.17
39. Duzs, L. – Ragán, P. – Rátonyi, T.: 2019b. Results of the sensory analysis of precision maize production. *Acta Agraria Debreceniensis*. 1: 59-62.
40. Eagleman, J. R.: 1967. Pan evaporation, potential and actual evapotranspiration. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*. 6. 3: 482-488.
41. Roacho-Cortés, E. - Castellanos-Ramos, J. Z. - Etchevers, J. D.: 2021. Field diagnostic techniques to determine nitrogen in maize. *Terra Latinoam*. 39. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.820>
42. Fang, G. – Martin, K. I. – Antoine, C. – Yue, Z. – Yajun, W. – Peter, E. L. P. – Lizhen, Z. – Wopke, W.: 2018. Intercropping with wheat lowers nutrient uptake and biomass accumulation of maize, but increases photosynthetic rate of the ear leaf. *AoB Plants*. 10. 1. <https://doi.org/10.1093/aobpla/ply010>
43. Farnham, D.E.: 2001. Row Spacing, Plant Density, and Hybrid Effects on Corn Grain Yield and Moisture. *Agronomy Journal*. 93. 1049-1053.
44. Feil, B. – Garibay, S.V. – Ammon, H.U. – Stamp, P.: 1997. Maize production in a grass mulch system – seasonal patterns of indicators of the nitrogen status of maize. *European Journal of Agronomy*. 7. 171–179.
45. Fejér, P. – Széles, A. – Horváth, É. – Rátonyi, T. – Ragán, P.: 2022. Effects of some agronomic practices on the quality of starch content of maize grains. *Agronomy Research*. 20. 1: 124-133.

46. Fekete, Á. – Szabó, É. – Pepó, P.: 2020. Összefüggés vizsgálatok az őszi búza (*Triticum aestivum* L.) növényfiziológiai paramétereit és a termés mennyisége között. *Növénytermelés*. 69. 3: 27-51.
47. Ferencsik, S. – Rátónyi, T. – Fejér, P. – Harsányi, E.: 2014. A kukorica talajművelési rendszereinek összehasonlító elemzése réti csernozjom talajon, *Agrártudományi Közlemények*. 60. 21-24.
48. Ferencsik, S. – Rátónyi, T.: 2014. Evaluation of strip-tillage and conventional tillage in maize production. *Agrártudományi Közlemények*. 59. 37-40.
49. Flávia, F. – Karolayny, R. – Jeferson, G. – Leonardo, S. – Gabriela, G. – Pedro, M. – Flávia, M. – Rodrigo, P.: 2019. Study of the chemical composition of *Urochloa brizantha* using the SPAD index, neural networks, multiple linear models, principal components and cluster analysis. *Animal Feed Science and Technology*. 258. 114307 <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.114307>
50. Fox, R. H. – Piekielek, W. P. – Macneal, K. M.: 1994. Using a chlorophyll meter to predict nitrogen fertilizer needs of winter wheat. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 25. 3–4: 171–181.
51. Fűhrer, E. – Jadics, A. – Juhász, I. – Marosi, Gy. – Horváth, L.: 2013. Ecological and economical impacts of climate change on Hungarian forestry practice. *Időjárás*. 117. 2: 160.
52. Galinat, W.C.: 1985. Whole ear baby corn, a new way to eat corn. Proc. Northeast Corn Improvement Conf., 40. 22-27. p.
53. Giesbrecht, J.: 1969. Effect of Population and Row Spacing on the Performance of Four Corn (*Zea mays* L.). Hybrids, *Agronomy Journal*. 61. 3: 439-441.
54. Gözübenli, H.: 2010. Influence of Planting Patterns and Plant Density on the Performance of Maize Hybrids in the Eastern Mediterranean Conditions, *International Journal of Agriculture and Biology*. 12. 4: 556-560.
55. Guo, S. – Zhu, M. – Du, J. – Wang, J. – lu, X. – Jin, Y. – Zhang, M. – Guo, X. – Zhang, Y.: 2023. Accurate Phenotypic Identification and Genetic Analysis of the Ear Leaf Veins in Maize (*Zea mays* L.). *Agronomy*. 13. 3: 753. <https://doi.org/10.3390/agronomy13030753>
56. Guochun, X. – Wenbin, L. – Huawei, L. – Yongqing, X. – Rongchang, J. – Hong, Z. – Sixin, Q. – Hao, T.: 2021. Screening for Genetic Variation in Photosynthesis and High Photosynthetic Efficiency Germplasm in Potato. *Acta Horticulturae Sinica*. 48. 11: 2239-2250.
57. Hammer, G. L. – Dong, Z. – Mclean, G. – Doherty, A. – Messina, C. – SCHUSSLER, J. – COOPER M.: 2009. Can Changes in Canopy and/or Root System Architecture Explain Historical Maize Yield Trends in the U.S. Corn Belt? *Crop Science*. 49. 1. <https://doi.org/10.2135/cropsci2008.03.0152>
58. Harsberger, J. W.: 1893. Maize: a botanical and economic study. *Contr. Bot. Lab. Univ. Pennsylvania I*. 75-202. pl. 1417.
59. Hawkins, T. S. – Gardiner, E. S. – Comer, G. S.: 2009. Modeling the relationship between extractable chlorophyll and SPAD-502 readings for endangered plant species research. *Journal for Nature Conservation*. 17. 123127.

60. Ichie, T. – Kitahashi, Y. – Matsuki, S. – Maruyama, Y, Koike, T.: 2002. The use of a portable non-destructive type nitrogen meter for leaves of woody plants in field studies. *Photosynthetica*. 40. 2: 289-292.
61. Iltis, H. H.: 1983. From Teosinte to Maize: The Catastrophic Sexual Transmutation. *Science*. 222. 4626: 886-894. DOI:10.1126/science.222.4626.886
62. Izsáki, Z.: 2006a. A kukorica minőségorientált tápanyag-ellátása. *Szántóföld*. 10.1: 7-12.
63. Izsáki, Z.: 2006b. A N- és P-ellátottság hatása a kukoricaszem (*Zea mays* L.) fehérjetartalmára és aminosav-összetételére. *Növénytermelés*. 55. 3-4: 213-230.
64. Janaki, P. – Thiyagarajan, T. M.: 2004. Effect of SPAD techniques and planting density on 'y' leaf nitrogen concentration in transplanted rice. *Acta Agronomica Hungarica*. 52. 1: 95-104.
65. Johnson, G. A. – Hoverstad, T. R. – Greenwald, R. E.: 1998. Integrated Weed Management Using Narrow Corn Row Spacing, Herbicides, and Cultivation. *Agronomy Journal*. 90. 1: 40-46.
66. Jongschaap, R. E. E. – Booij, R.: 2004. Spectral measurements at different spatial scales in potato: relating leaf, plant and canopy nitrogen status. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 5. 3: 205–218.
67. José, F. – Chriktion, C. – Javier, Z.: 2017. Reliability of different color spaces to estimate nitrogen SPAD values in maize. *Computers and Electronics in Agriculture*. 143. 14-22.
68. Justes, E. – Jeuffroy, M.H. – Mary, B.: 1997. Wheat, barley, and durum wheat. [In: Lemaire, G. (Ed.) *Diagnosis of the Nitrogen Status in Crops*]. Springer-Verlag, Berlin, 73–91 p.
69. Kirk, J. T. O.: 1994. Division of Plant Industry CSIRO, Canberra, 2nd edition, Cambridge University Press, <https://doi.org/10.1017/CBO9780511623370>
70. KSH: (2021. Főbb növénykultúrák terméseredményei, 2020 <https://www.ksh.hu0/docs/hun/xftp/stattukor/fobbnoveny/2020/index.html> Utolsó letöltés időpontja 2023.03.18.
71. Li, Y. – Ma, L. – Wu, P. – Zhao, X. – Chen, X. – Gao, X.: 2020. Yield, yield attributes and photosynthetic physiological characteristics of dryland wheat (*Triticum aestivum* L.) maize (*Zea mays* L.) strip intercropping. *Field Crops Research*. 248 107656. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2019.107656>
72. Lima, C. A. S. – Vargas, H. – Cesar, C. L. – Lima, M. B. S. – Prioli, L. M. – Silva, W. J.: 1985. Non-destructive assessment of chlorophyll-deficient mutants of maize (*Zea mays* L.) by photoacoustic spectroscopy. *Plant Science*. 38. 1: 47-51.
73. Liu, B. – Gao, P. – Zhang, S.: 2022. Photosynthesis and Fine Root Growth Dynamics of Soybean in Walnut-Soybean Agroforestry System. *Computational Intelligence and Neuroscience*. 2246824.
74. Liu, J. – Shu, A. – Song, W. – Shi, W. – Li, M. – Zhang, W. – Li, Z. – Liu, G. – Yuan, F. – Zhang, S.: 2021. Long-term organic fertilizer substitution increases rice yield by improving soil properties and regulating soil bacteria. *Geoderma*. 404. 115287.

75. Liu, L. – Zhao, X. – Liu, Y. – Zhao, H. – Li, F.: 2019. Dietary addition of garlic straw improved the intestinal barrier in rabbits. *Journal of Animal Science*. 97. 10: 4248-4255.
76. Liu, W. – Ye, T. – Jägermeyr, J. – Müller, C. – Chen, S. – Liu, X. – Shi, P.: 2021. Future climate change significantly alters interannual wheat yield variability over half of harvested areas. *Environmental Research Letters*. 16. 9: 094045. doi:10.1088/1748-9326/ac1fbb.
77. Liu, Z. – Hao, Z. – Sha, Y. – Huang, Y. – Guo, W. – Ke, L. – Chen, F. – Yuan, L. – Mi, G.: 2022. High responsiveness of maize grain yield to nitrogen supply is explained by high ear growth rate and efficient ear nitrogen allocation. *Field Crops Research*. 286: 108610.
78. Lu, D. – Sun, X. – Yan, F. – Wang, X. – Xu, R. – Lu, W.: 2013. Effects of high temperature during grain filling under control conditions on the physicochemical properties of waxy maize flour. *Carbohydrate polymers*. 98. 1: 302-10.
79. Lutz, J. A. jr. – Camper, H. M. – Jones, G. D.: 1971. Row Spacing and Population Effects on Corn Yield. *Agronomy Journal*. 63. 12-14.
80. Ma, L. S. – Li, Y. J. – Wu, P. T. – Zhao, X. N. – Chen, X. L. – Gao, X. D.: 2018. Effects of varied water regimes on root development and its relations with soil water under wheat/maize intercropping system. *Plant and Soil*. 439. 113-130.
81. Magassy, D. – Nagy, J.: 1984. A hatodik évtized, összefoglaló kiadvány a gabonatermesztési kutatóintézet 1974-1983 közötti munkájáról, Gabonatermesztési Kutatóintézet, Szeged, 266 p.
82. Manetas, Y. – Grammatikopoulos, G. – Kyparissis, A.: 1998. The Use of the Portable, Non-destructive, SPAD-502 (Minolta) Chlorophyll Meter with Leaves of Varying Trichome Density and Anthocyanin Content. *Journal of Plant Physiology*. 153. 513-517.
83. Mangelsdorf, P. C. – Reeves, R. G.: 1938. The Origin of Maize. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 24. 8: 303-312.
84. Manuel, M. T. – Naboá, V. – Alcalde, C. – Arai, S.: 2000. Yield response of groundnut and maize to fertilization and soil physico-chemical properties in different classes of Philippine soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 31. 11-14: 2291–2299.
85. Maresma, A. – Chamberlain, L. – Tagarakis, A. – Kharel, T. – Godwin, G. – Czymmek, K. J. – Shields, E. – Ketterings, Q. M.: 2020. Accuracy of NDVI-derived corn yield predictions is impacted by time of sensing. *Computers and Electronics in Agriculture*. 169. 105236
86. Marquard, R. D. – Tipton J. L.: 1987. Relationship between chlorophyll and an in situ method to estimate leaf greenness. *HortScience*. 22. 6: 1327.
87. Marton, L. Cs. – Árendás, T. – Bónis, P. – Nagy, J. – Berzsenyi, Z.: 2005. A vízellátás hatása a különböző tenyésztésű kukorica hibridek agronómiai tulajdonságaira. „Agro-21” Füzetek. Klímaváltozás-Hatások-Válaszok. 41. 95-101.
88. Marton, L. Cs. – Szundy, T.: 1990. A kukorica hibridek szárazságtűrése. Martonvásár. 90/4. MTA Mezőgazdasági Kutatóintézetének és Kísérleti Gazdaságának Közleményei, 8–10.

89. Maselli, F. – Chiesi, M. – Angeli, L. – Fibbi, L. – Rapi, B. – Romani, M. – Sabatini, F. – Battista, P.: 2020. An improved NDVI-based method to predict actual evapotranspiration of irrigated grasses and crops. *Agricultural Water Management*. 233. 106077
90. Menyhért, Z.: 1985. A kukoricatermesztés kézikönyve. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 559 p.
91. Micskei, Gy. – Jócsák, I. – Berzsényi, Z.: 2009. Az istállótrágya és műtrágya hatása a kukorica növekedésére és növekedési mutatóinak dinamikájára, eltérő évjáratokban. *Növénytermelés*. 58. 4: 45-56.
92. Mkhabela Manasah, S. – Mkhabela Milton, S. – Nkosazana, N. – Mashinini, N. N.: 2005. Early maize yield forecasting in the four agro-ecological regions of Swaziland using NDVI data derived from NOAA's-AVHRR. *Agricultural and Forest Meteorology*. 129. 1–2: 1-9.
93. Nagy, J. – Huzsvai, L.: 2003. A műtrágyázás hatása a kukorica termésre öntözés nélkül és öntözött termesztésben. *Növénytermelés*. 52. 5: 533-541.
94. Nagy, J.: 1983. Energia megtakarítási költségek az öntözött és műtrágyázott kukorica állomány szemnedvesség vizsgálata alapján, *Debreceni Agrártudományi Egyetem Tudományos Közleményei*. 23. 2: 137-150.
95. Nagy, J.: 1996. Növénytermesztési tényezők hatása a kukorica (*Zea mays* L.) termésére, *Debreceni Agrártudományi Egyetem Tudományos Közleményei*. 32. 153-164.
96. Nagy, J.: 1997. A műtrágyázás hatása a kukorica (*Zea mays* L.) termésére öntözés nélkül és öntözéses termesztésben. *Agrokémia és Talajtan*. 46. 1-4: 275-288.
97. Nagy, J.: 2007. Kukoricatermesztés. Akadémiai Kiadó, Budapest. 394 p.
98. Nagy, J.: 2012. Versenyképes kukoricatermesztés. Mezőgazda Kiadó, Budapest 494 p.
99. NÉBIH: 2020. Magyarország talajtípusai <https://portal.nebih.gov.hu/-/magyarország-talajtípusai>. Utolsó letöltés időpontja: 2020. 12.04.
100. O'Sullivan, J. N.: 2023. Demographic Delusions: World Population Growth Is Exceeding Most Projections and Jeopardising Scenarios for Sustainable Futures. *World*. 4. 3: 545-568. <https://doi.org/10.3390/world4030034>
101. Olson, R.: 1972. Maximizing the utilization 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.
102. Pakurár, M. – Szélesné, P. G. – Piskolczi, M. – Nagy, J.: 2003. A kukorica (*Zea mays* L.) színének változása öntözés hatására eltérő tápanyagszinteken. [In: Marton L. Cs. – Árendás T. (szerk.) 50 éves a magyar hibrid kukorica]. Martonvásár, 247–252.
103. Palkovits, G. – Koltai, G.: 2014. A talaj vízgazdálkodása és a növényi produkció kapcsolata különös tekintettel talajvíz szerepére <https://www.agronaplo.hu/szakfolyoirat/2004/5/szantofold/a-talaj-vizgazdalkodasa-es-a-novenyi-produkcio-kapcsolata-kulonos-tekintettel-a-talajviz-szerepere>
Utolsó letöltés időpontja: 2023.03.18.

104. Pálovics, B. – Sárvári, M.: 2006. Tőszám hatása a kukoricahibridek termésére. *Agrártudományi Közlemények*. 23. Különszám. 50-61.
105. Peng, S. – Garcia, F. V. – Laza, R. C. – Cassman, K. G.: 1993. Adjustment for specific leaf weight improves chlorophyll meter's estimation of rice leaf nitrogen concentration. *Agronomy Journal*. 85. 5: 987–990.
106. Pepó, P.: 2009. A kukorica (*Zea mays* L.) termése és növénydőlése száraz és csapadékos évjáratban csernozjom talajon. *Növénytermelés*. 58. 3. 53-66.
107. Pepó, P.: 2017. Tartamkísérletek, mint a klímaváltozás indikátorai. *Növénytermelés*. 66. 3: 33-45.
108. Pepó, P. – Sárvári, M.: 2011. Gabonanövények termesztése. A kukoricatermesztés általános kérdései, jelentősége, felhasználhatósága. 40-42. https://dtk.tankonyvtar.hu/xmlui/bitstream/handle/123456789/8751/0010_1A_Book_09_Gabonanovények_termesztese.pdf?sequence=2&isAllowed=y
109. Pepó, P. (szerk.): 2019. Alapnövények. Mezőgazda Lap- és Könyvkiadó, Budapest. 359 p. (ISBN: 978-963-286-741-0).
110. Pepó, P. – Tóth, Sz.: 2002. Development of a New Maize (*Zea mays* L.) Breeding Program. *Acta Agraria Debreceniensis, 1. Special Issue - Journal of Agricultural Sciences*. 25-30.
111. Pepó, P. – Vad, A.: 2019. Hatékonyabb kukoricatermesztés. *Magyar Mezőgazdaság*. 74. 7: 16-17.
112. Pepó, P.: 2006. Comparison of RAPD and AFLP Analysis in Some Maize (*Zea mays* L.) Lines and Hybrids. *Acta Agraria Debreceniensis*. 24: 3–7.
113. Pepó, P.: 2012. Effect of cropyear and some agrotechnical factors in rainfed and irrigated maize (*Zea mays* L.) production. *Növénytermelés*. 61. supplement: 77-80.
114. Pepó, P. – Karancsi L. G. – Novák A.: 2016. Kukorica genotípusok tápanyagreakciója és vízhasznosítása eltérő évjáratokban. *Növénytermelés*. 65. 4: 71-84.
115. Piekielek, W.P. – Fox, R.H. – Toth, J.D. – Macneal, K.E.: 1995. Use of a chlorophyll meter at the early dent stage of corn to evaluate nitrogen sufficiency. *Agronomy Journal*. 87. 3: 403–408.
116. Piekielek, W.P. – Fox, R.H.: 1992. Use of chlorophyll meter to predict sidedress nitrogen requirements for maize. *Agronomy Journal*. 84. 1: 59–65.
117. Pinkard, E. A. – Patel, V. – Mohammed, C.: 2006. Chlorophyll and nitrogen determination for plantation-grown *Eucalyptus nitens* and *E. globulus* using a non-destructive meter. *Forest Ecology and Management*. 223. 1-3: 211-217.
118. Pintér, L. – Korom, S.: 1982. Az ötven centiméteres sortávolság hatása a kukorica (*Zea mays* L.) víz-, tápanyag- és fényellátottságára. *Növénytermelés*. 31, 1: 35-40.
119. Porter, P. M. – Hicks, D. R. – Lueschen, W. E. – Ford, J. H. – Warnes, D. D. – Hoverstad, T. R.: 1997. Corn response to row width and plant population in the Northern Corn Belt. *Journal of Production Agriculture*. 10. 2: 293-300. DOI: 10.2134/jpa1997.0293
120. Qi, D. – Hu, T. – Liu, T.: 2020. Biomass accumulation and distribution, yield formation and water use efficiency responses of maize (*Zea mays* L.) to nitrogen

- supply methods under partial root-zone irrigation. *Agricultural Water Management*. 230. 105981
121. Radics, L.: 2007. Szántóföldi növénytermesztés. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest. 259 p. (ISBN: 963-94-22-975)
 122. Ragán, P. – Duzs, L. – Dorogi, Zs. – Törő, Á. – Rátonyi, T.: 2019. The effects of the soil tillage and the fertilization on the NDVI values of the maize plant. Abstract Book – 18th Alps-Adria Scientific Workshop, 132-133. DOI: 10.34116/NTI.2019.AA.57
 123. Ragán, P. – Sulyok, D. – Nagy, J. – Harsányi, E. – Rátonyi, T.: 2018. Using multiple plant sensors to characterise the development of maize (*Zea mays* L.) in field experiment. Abstract Book - 17th Alps-Adria Scientific Workshop, 62-63.
 124. Rajcan, I. – Dwyer, L. M. – Tollenaar, M.: 1999. Note on relationship between leaf soluble carbohydrate and chlorophyll concentrations in maize during leaf senescence. *Field Crops Research*. 63. 1: 13–17.
 125. Rátonyi T. – Nagy J. – Harsányi E.: 2012. Utilization of the field experiment results of University of Debrecen in the development of maize-based bio-ethanol production, *Agrártudományi Közlemények*. 49. 55-57.
 126. Reeves, D. W. – Mask, P. L. – Wood, C. W. – Delaney, D. P.: 1993. Determination of wheat nitrogen status with a hand-held chlorophyll meter: influence of management practices. *Journal of Plant Nutrition*. 16. 5: 781–796.
 127. Sadras, V. O. – Echarte, L. – Andrade, F. H.: 2000. Profiles of Leaf Senescence During Reproductive Growth of Sunflower and Maize. *Annals of Botany*. 85. 2: 187-195.
 128. Salifu, M.: 2017. Effects of water deficit on the growth and yield formation of maize (*Zea mays* L.). *Agrártudományi Közlemények*. 72. 143-148.
 129. Sangoi, L. – Salvador, R. J.: 1996. Agronomic performance of male-sterile and fertile maize genotypes at two plant populations. *Ciência Rural, Santa Maria*, 26. 3: 377-388.
 130. Sangoi, L.: 2000. Understanding Plant Density Effects on Maize Growth and Development: An Important Issue to Maximize Grain Yield. *Ciência Rural, Santa Maria*, 31. 1: 159-168.
 131. Sárvári, M. – Boros B.: 2010. A vetésváltás és az NPK tápanyagellátás hatása a kukorica termésére. *Növénytermelés*. 59. 3: 37-52.
 132. Sárvári, M.: 2019. Kukorica. [In: Pepó P. (szerk.) Alapnövények.] Mezőgazda Lap- és Könyvkiadó, Budapest. 59-92. ISBN 978-963-286-741-0
 133. Sárvári, M. – El Hallof N.: 2006. Effect of crop rotation and nutrient supply on the yield of maize. *Cereal research Communications*. 34. 1: 645-648.
 134. Sárvári, M. – El Hallof, N. – Molnár, Zs.: 2006. A kukorica termesztése. *Őstermelő*. 2. 60-62.
 135. Sárvári, M. – Futó, Z. – Zsoldos, M.: 2002. A vetésidő és a tőszám hatása a kukorica termésére 2001-ben. *Növénytermelés*. 51. 3: 291-307.

136. Sárvári, M.: 1982. A tőszám növelésének hatása eltérő tenyészidejű kukoricahibridek termésére és állóképességére réti talajon. *Növénytermelés*. 31. 3: 225-235.
137. Sárvári, M.: 1995. A tőszám szerepe a fajtaspecifikus kukoricatermesztési technológiában. *Növénytermelés*. 44. 3: 261-270.
138. Sárvári, M.: 2001. A termesztési tényezők hatása a kukorica hibridek termésére. Habilitációs eljárás tézisei, 29.
139. Sárvári, M.: 2005. Impact of nutrient supply, sowing time and plant density on maize yield, *Acta Agronomica Hungarica*. 53. 1: 59-70.
140. Sárvári, M.: 2008. A kukorica szárazságtűrése. *Értékálló Aranykorona*. 8. 5: 4-5.
141. Sárvári, M.: 2013. A termesztési tényezők hatása. *Magyar Mezőgazdaság*. 68. 39: 22-24.
142. Shapiro, C. A. – Wortmann, C. S.: 2006. Corn Response to Nitrogen Rate, Row Spacing, and Plant Density in Eastern Nebraska. *Agronomy Journal*. 98. 3: 529-535.
143. Shi, Y. – Yu, Z. – Man, J. – Ma, S. – Gao, Z. – Zhang, Y.: 2016. Tillage practices affect dry matter accumulation and grain yield in winter wheat in the North China Plain, *Soil and Tillage Research*. 160. 73-81. DOI: 10.1016/j.still.2016.02.009
144. Shuqin, W. – Yanping, J. – Yaohu, K. – Wei, H. – Shufang, J. – Junli, T. – Wei, L.: 2012. Drip irrigation of waxy corn (*Zea mays* L. var. *ceratina* Kulesh) for production in highly saline conditions. *Agricultural Water Management*. 104. 210-220. ISSN 0378-3774.
145. Sipos, M.: 2009. A hibrid, a tápanyag-ellátás és az öntözés hatása a kukorica (*Zea mays* L.) betakarításkori szemnedvességtartalmára, illetve keményítő-tartalmára. *Agrártudományi Közlemények*. 35. 89-94.
146. Song, L. – Jin, J.: 2020. Improving CERES-Maize for simulating maize growth and yield under water stress conditions. *European Journal of Agronomy*. 117. 126072.
147. 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: 132-143. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.08.006>
148. Spitkó, T. – Tóthné Zsubori, Zs. – Szóke, Cs. – Berzy, T. – Pintér, J. – Marton, L. Cs.: 2019. A SPAD érték és a terméskomponensek közötti korreláció kukoricában [In: Karsai, Ildikó (szerk.) *Növénynevelés a 21. század elején: kihívások és válaszok: XXV. Növénynevelési Tudományos Nap*] Budapest. Magyarország. MTA Agrártudományok Osztálya Növénynevelési Tudományos Bizottság 502 p. 445-448.
149. Stefanovits, P. – Filep, Gy. – Füleky, Gy.: 1999. Talajtan. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 4701. ISBN 963 286 045 4
150. Sullivan, C. Y. – Ross, W. M.: 1979. Selecting for drought and heat resistance in grain sorghum. *Stress physiology in Crop Plants*, H. Mussel and R. C. Staples (eds.), pp. 263-281. Wiley Interscience, New York
151. Sullivan, C. Y.: 1971. Techniques for Measuring Plant Drought Stress. *Drought Injury and Resistance in Crops*, 2.

152. Sulyok, D.: 2020. Win-Win technológia a Healthy Food csemegekukorica termesztésben, Beadott Piacvezérelt KFI pályázat, NKFIH
153. Sun, H. – Lei, C. – Xu, J. – Li, R.: 2021. Foliar uptake and leaf-to-root translocation of nanoplastics with different coating charge in maize plants. *Journal of Hazardous Materials*. 416. 125854. doi:10.1016/j.jhazmat.2021.125854
154. Surányi, D. – Szabó, L. Gy. – Heszky, L.: 2014. Hogyan jöttek létre kultúrnövényeink? In száz éve született Dr. Mándy György professzor. *Botanikai Közlemények*. 101. 1-2: 33–38.
155. Sváb, J.: 1981. Biometriai módszerek a kutatásban, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 557 p. (ISBN: 963-231-013-6)
156. Szabó-Kozár, J.: 1998. Növénytermesztési ismeretek. Agrárszakoktatási Intézet, Budapest. 185 p. (ISBN: 963-91-07-794)
157. Szabolcs, I.: 1968. A talaj szerepe az öntözéses termesztésben pp. 12 -37. In: Az öntözés kézikönyve. (Szerk. Cselőtei, L.-Hartyányi, L.-Posgay, E.-Tóth M. (Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 367 p. ISBN 0729002022185
158. Szalai, Gy.: 1987. Ember és víz. Mezőgazdasági kiadó, Budapest, 2S6p. ISBN 963 232 4498
159. Szász, G.: 1988. Agrometeorológia - általános és speciális. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 462 p. (ISBN: 2399973969253)
160. Szász, G.: 1997. A víz a légkörben, a talajban és a növényben. Meteorológia mezőgazdáknek, kertészeknek, erdészeknek (Szerk. Szász, G.-Tókei, L.). Mezőgazda Kiadó, Budapest p. 111-172. (ISBN: 9639239232)
161. Széles, A. – Nagy, J. – Rátonyi, T. – Harsányi, E.: 2019. Effect of differential fertilisation treatments on maize hybrid quality and performance under environmental stress condition in Hungary. *Maydica*. 64. 2: 1–14.
162. Széll, E. – Szél, S. – Makra, M.: 2012. A 2012. évi kukoricatermesztési kísérletek eredményei az előző évek adatainak összehasonlításában. *Agrofórum Extra*. 47. 40-45.
163. Széll, E. – Szél, S. – Makra, M.: 2013. Kukorica agrotechnika: küzdelem az elemekkel. *Gabonakutató Híradó*. 27. 1: 13-16.
164. Tamás, A. – Kovács, E. – Horváth, É. – Juhász, J. – Radócz, L. – Rátonyi, T. – Ragán, P.: 2023. Assessment of NDVI Dynamics of Maize (*Zea mays* L.) and Its Relation to Grain Yield in a Polyfactorial Experiment Based on Remote Sensing. *Agriculture*. 13: 689. DOI:10.3390/agriculture13030689
165. Tamás, A. – Radócz, L. – Horváth, É. – Zagyai, P. – Ragán, P.: 2022. A termesztéstechnológiai tényezők hatása a kukorica (*Zea mays* L.) termésereedményeire polifaktorális tartamkísérletben. *Növénytermelés*. 71. 1: 67-80.
166. Tollenaar, M. – Aguilera A. – Nissanka S. P.: 1997. Grain yield is reduced more by weed interference in an old than in a new maize hybrid. *Agronomy Journal*. *Madison*, 89. 2: 239-246.
167. Tollenaar, M.: 1989. Genetic improvement in grain yield of commercial maize hybrids grown in Ontario from 1959 to 1988. *Crop Sciences*. 29. 1365-1371.

168. Tótin, Á. – Pepó, P.: 2018. The effect of sowing date and plant density on the yield of maize (*Zea mays* L.) under different weather conditions, *Acta Agraria Debreceniensis*. 74. 205-208. DOI: 10.34101/actaagrar/74/1692
169. Treder, W. – Klamkowski, K. – Wójcik, K. – Tryngiel-Gač, A. – Sas-Paszt, L. – Mika, A. – Kowalczyk, W.: 2022. Apple leaf macro- and micronutrient content as affected by soil treatments with fertilizers and microorganisms. *Scientia Horticulturae*. 297. 110975. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.110975>
170. Turner, F. T. – Jund, M. F.: 1991. Chlorophyll meter to predict nitrogen topdress requirement for semi-dwarf rice. *Agronomy Journal*. 83. 5: 926–928.
171. U.S. Census Bureau. International Database: World Population: 2011. 1950-2050 <https://www.census.gov/library/visualizations/2011/demo/world-population--1950-2050.html>. Utolsó letöltés időpontja: 2022.11.23.
172. Ványiné Széles, A. – Megyes, A. – Nagy, J.: 2011. Effect of N fertilisation on the chlorophyll content and grain yield of maize in different crop years. *Növénytermelés*. 60. 2: 161-164.
173. Ványiné Széles, A. – Nagy, J.: 2012. Effect of nutrition and water supply on the yield and grain protein content of maize hybrids. *Australian Journal of Crop Science*. 6. 3: 381-290.
174. Várallyay, Gy.: 1988. Talaj, mint a biomassza-termelés aszályérzékenységének tényezője. *Vizügyi Közlemények*. 70. 3: 46–68.
175. Várallyay, Gy.: 2001. A talaj vízgazdálkodása és a környezet, Kutatás és környezet. https://epa.oszk.hu/00700_00775_00032/799-815.html. Utolsó letöltés időpontja: 2020.11.23.
176. Varga, K.: 1990. Aszálytűrés és kukorica virágzása. Martonvásár. 90/4. MTA Mezőgazdasági Kutatóintézetének és Kísérleti Gazdaságának Közleményei. 7–8.
177. Wardlow, B. D. – Egbert, S. L.: 2008. Large-area crop mapping using time-series MODIS 250 m NDVI data: An assessment for the U.S. Central Great Plains. *Remote Sensing of Environment*. 112. 3: 1096-1116. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2007.07.019>
178. Wasaya, A. – Tahir, M. – Ali, H. – Hussain, M. – Yasir, T. A. – Sher, A. – Ijaz, M. – Sattar, A.: 2017. Influence of varying tillage systems and nitrogen application on crop allometry, chlorophyll contents, biomass production and net returns of maize (*Zea mays* L.). *Soil and Tillage Research*. 170. 18-26. <https://doi.org/10.1016/j.still.2017.02.006>
179. Weatherwax, P.: 1918. The evolution of maize. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*. 45. 8: 309-342. <https://doi.org/10.2307/2479873>
180. Wei, S. – Dehai, Z. – Jianxi, H. – Hao, G.: 2018. Estimation of the vertical leaf area profile of corn (*Zea mays* L.) plants using terrestrial laser scanning (TLS). *Computers and Electronics in Agriculture*. 150. 5-13. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.03.037>
181. Widdicombe, W. D. – Thelen, K. D.: 2002. Row Width and Plant Density Effect on Corn Forage Hybrids. *Agronomy Journal*. 94. 2: 326-330. <https://doi.org/10.2134/agronj2002.3260>

182. Wu, J. – Wang, D. – Rosen, C. J. – Bauer, M. E.: 2007. Comparison of petiole nitrate concentrations, SPAD chlorophyll readings, and QuickBird satellite imagery in detecting nitrogen status of potato canopies. *Field Crops Research*. 101. 1: 96-103. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2006.09.014>
183. Yadava, U. L.: 1986. A rapid and nondestructive method to determine chlorophyll in intact leaves. *HortScience*. 21. 6: 1449-1450.
184. Zhang, W. – Xiong, Y. – Li, Y. – Qiu, Y. – Huang, G.: 2022. Effects of organic amendment incorporation on maize (*Zea mays* L.) growth, yield and water-fertilizer productivity under arid conditions. *Agricultural Water Management*. 269. 107663.
185. Zsubori, Z. – Gyenes-Hegy, Z. – Illés, O. – Pók, I. – Rácz, F. – Szőke, C.: 2002. Inheritance of Plant and Ear Height in Maize (*Zea mays* L.). *Acta Agraria Debreceniensis*. 8. 34–38. <https://doi.org/10.34101/actaagrar/8/3548>

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/105/2024.PL
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Virág István Csaba
Doktori Iskola: Kerpely Kálmán Doktori Iskola
MTMT azonosító: 10067243

A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

Idegen nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (1)

1. **Virág, I. C.**, Vad, A., Kutasy, E.: The effect of irrigation on the yield and quality of maize (*Zea mays* L.) hybrids.
Agrártud. Közl. 1, 143-147, 2020. ISSN: 1587-1282.
DOI: <http://dx.doi.org/10.34101/actaagrar/1/3778>

Magyar nyelvű konferencia közlemények (1)

2. **Virág, I. C.**, Vad, A., Kutasy, E.: Évjárat hatása a kukorica hibridek alkalmazkodóképességére.
In: XI. Jubileumi interdiszciplináris doktorandusz konferencia 2022 tanulmánykötet = 11th jubilee interdisciplinary doctoral conference 2022 conference book. Szerk.: Kajos Luca Fanni, Bali Cintia, Preisz Zsolt, Szabó Rebeka, Pécsi Tudományegyetem Doktorandusz Önkormányzat, Pécs, 644-652, 2023. ISBN: 9789636260705

Idegen nyelvű konferencia közlemények (2)

3. **Virág, I. C.**, Kutasy, E., Lelesz, J. É., Biró, G., Tarcali, G., Csüllög, K.: Appearance of aspergillus flavus and aspergillus niger toxin producing fungi on maize around debrecen in 2019 and 2020.
In: 44th Conference For Students Of Agriculture And Veterinary Medicine With International Participation : Proceedings book, University of Novi Sad, Faculty of Agriculture, Novi Sad, 95-101, 2020.
4. **Virág, I. C.**, Vad, A., Kutasy, E.: The yield of maize hybrids in different crop years.
In: Proceedings of the 44th conference for students of agriculture and veterinary medicine with international participation. Ed.: Branko Cupina, Dragana Budakov, University of Novi Sad, Faculty of Agriculture, Novi Sad, Szerbia, 145-150, 2020.





Magyar nyelvű absztrakt kiadványok (3)

5. Kutasy, E., Csajbók, J., Pepó, P., **Virág, I. C.**: Termesztéstechnológiai tényezők kukorica produktivására gyakorolt hatásának értékelése tartamkísérletben.
In: Növény és környezet: a debreceni tartamkísérletek 40 éve. Szerk.: Kakuszi-Széles Adrienn, Debreceni Egyetem MÉK Fölhasznosítási, Műszaki és Precíziós Technológiai Intézet, Debrecen, 36, 2023. ISBN: 9789634905400
6. **Virág, I. C.**, Vad, A., Kutasy, E.: Évjárat hatása a kukorica hibridek alkalmazkodóképességére.
In: XI. Interdiszciplináris Doktorandusz Konferencia 2022. november 25-26. Absztraktkötet /ed. Kajos Luca Fanni, Bali Cintia, Puskás Tamás, Horváth-Polgár Petra Ibolya, Glázer-Kniesz Adrienn, Tislér Ádám, Kovács Eszter, Pécsi Tudományegyetem Doktorandusz Önkormányzat, Pécs, 20, 2022. ISBN: 9789636260699
7. **Virág, I. C.**, Kutasy, E.: Állománysűrűség és vízellátottság hatása a kukorica genotípusok termésképző elemeire és produktivására.
In: Tavasz Szél Konferenciakötet 2020. Szerk.: Barna Boglárka Johanna; Kovács Petra; Molnár Dóra; Pató Viktória Lilla, Doktoranduszok Országos Szövetsége, Budapest, 63, 2020. ISBN: 9786155586705

Idegen nyelvű absztrakt kiadványok (1)

8. **Virág, I. C.**, Vad, A., Kutasy, E.: Effect of irrigation on the development and yield of maize hybrids.
In: 19th Alps-Adria Scientific Workshop : Abstract book. Ed.: Zoltán Kende, Szent István Egyetemi Kiadó Nonprofit Kft., Gödöllő, 19, 2020. ISBN: 9789632698960

További közlemények

Magyar nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (1)

9. Csüllög, K., Tarcali, G., Ragó, A., Lelesz, J. É., Fehér, M., **Virág, I. C.**, Kutasy, E., Biró, G.:
Védekezés a fehérpenészes rothadást okozó Sclerotinia sclerotiorum növénykórokozó gomba ellen cickafark olajjal és nátrium- kloriddal in vitro környezetben.
Georgicon Agric. 26 (1), 115-125, 2022. ISSN: 0239-1260.

Idegen nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (3)

10. Ayew Appiah, E., **Virág, I. C.**, Kutasy, E.: Biostimulant induce growth, chlorophyll content and fresh herbage yield of alfalfa (*Medicago sativa* L.) and variegated alfalfa (*Medicago x varia* Martyn) plant.
Agrártud. Közl. "Accepted by Publisher" (-), 1-14, 2024. ISSN: 1587-1282.





11. Lelesz, J. É., **Virág, I. C.**: Basil (*Ocimum basilicum* L.) harvest and plant replacement methods in aquaponia.
Agrártud. Közl. 2023 (2), 91-98, 2023. ISSN: 1587-1282.
DOI: <http://dx.doi.org/10.34101/actaagrar/2/13243>
12. Biró, G., Csüllög, K., Tarcali, G., Fehér, M., **Virág, I. C.**, Kutasy, E., Csajbók, J., Lelesz, J. É.:
Inhibition of the spread of *Sclerotinia sclerotiorum* in aquaponics.
Agrártud. Közl. 1, 5-8, 2022. ISSN: 1587-1282.
DOI: <http://dx.doi.org/10.34101/ACTAAGRAR/1/10736>

Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (6)

13. Kutasy, E., Diósi, G., Bódi, E., Nagy, P. T., Melash, A. A., Forgács, F., **Virág, I. C.**, Vad, A.,
Bytyqi, B., Buday, T., Csajbók, J.: Changes in plant and grain quality of winter oat (*Avena sativa* L.) varieties in response to silicon and sulphur foliar fertilisation under abiotic stress conditions.
Plants-Basel. 12 (4), 1-18, 2023. EISSN: 2223-7747.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/plants12040969>
IF: 4.5 (2022)
14. Csajbók, J., Kutasy, E., Melash, A. A., **Virág, I. C.**, Ábrahám, É. B.: Agro-biological traits, yield quantity and quality of soybean cultivars under Central European conditions.
Zemdirbyste. 109 (2), 107-114, 2022. ISSN: 1392-3196.
DOI: <http://dx.doi.org/10.13080/z-a.2022.109.014>
IF: 0.9
15. Csüllög, K., Tóth, B., Lelesz, J. É., Fehér, M., **Virág, I. C.**, Kutasy, E., Jász, B., Tarcali, G., Biró, G.: First report of *Sclerotinia sclerotiorum* on watercress (*Nasturtium officinale*) in aquaponic system in Hungary.
Plant Dis. 106 (2), 767, 2022. ISSN: 0191-2917.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1094/PDIS-07-21-1472-PDN>
IF: 4.5
16. Kutasy, E., Bódi, E., **Virág, I. C.**, Forgács, F., Melash, A. A., Zsombik, L., Nagy, A., Csajbók, J.:
Mitigating the Negative Effect of Drought Stress in Oat (*Avena sativa* L.) with Silicon and Sulphur Foliar Fertilization.
Plants-Basel. 11 (1), 1-19, 2022. ISSN: 2223-7747.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/plants11010030>
IF: 4.5
17. Csajbók, J., Bódi, E., Nagy, A., Fehér, Z. Z., Tamás, A., **Virág, I. C.**, Bojtor, C., Forgács, F., Vad, A.,
Kutasy, E.: Multispectral Analysis of Small Plots Based on Field and Remote Sensing Surveys-A Comparative Evaluation.
Sustainability. 14 (6), 1-22, 2022. ISSN: 2071-1050.
DOI: <https://doi.org/10.3390/su14063339>
IF: 3.9





18. Csajbók, J., Kutasy, E., Melash, A. A., **Virág, I. C.**, Ábrahám, É. B.: Performance of Soybean (Glycine max L. Merrill) Cultivars Under Irrigated and 3 Rainfed Conditions. *Legume Res.* 45 (5), 594-600, 2022. ISSN: 0250-5371.
DOI: <http://dx.doi.org/10.18805/LRF-666>
IF: 0.8

Magyar nyelvű absztrakt kiadványok (1)

19. Csüllög, K., Ragó, A., Tóth, B., Lelesz, J. É., Fehér, M., **Virág, I. C.**, Kutasy, E., Biró, G., Tarcali, G.: A vízitorma (Nasturtium officinale), a fehérpenészes rothadást okozó Sclerotinia sclerotiorum gomba új gazdanövénye akvapóniás rendszerben Magyarországon. In: 25-26. Tiszántúli Növényvédelmi Fórum 9th International Plant Protection Symposium at University of Debrecen Összefoglalók - Abstracts. Szerk.: Kövics György, Tarcali Gábor, DE MÉK, Debrecen, 61-62, 2021.

Ismeretterjesztő, népszerűsítő cikkek (1)

20. **Virág, I. C.**, Sárvári, M.: A kukorica hibridek NPK műtrágya reakciója és tőszám sűrítetősége mézlepedékes csernozjom talajon. *Értékálló aranykorona.* 19 (2), 17-19, 2019. ISSN: 1586-9652.

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora: 19,1

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

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, 2024.03.21.



12. NYILATKOZATOK

NYILATKOZAT

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

Debrecen, 20.....

.....

a jelölt aláírása

NYILATKOZAT

Tanúsítom, hogy Virág István Csaba doktorjelölt 2018-2022 között a fent megnevezett Doktori Iskola keretében irányításommal/irányításunkkal végezte munkáját. Az értekezésben foglalt eredményekhez a jelölt önálló alkotó tevékenységével meghatározóan hozzájárult, az értekezés a jelölt önálló munkája. Az értekezés elfogadását javaslom/javasoljuk.

Debrecen, 20.....

.....

a témavezetők aláírása

13. MELLÉKLETEK

13.1. Pearson-féle korreláció számítás eredményei

1. melléklet Pearson-féle korreláció értékek az öntözött állományban (Debrecen, 2019)

2019 öntözött Pearson féle korreláció																		
	Termés	Keményítő	Fehérje	NDVI BBCH112	NDVI BBCH61	NDVI BBCH67	NDVI BBCH71	NDVI BBCH81	LAI BBCH112	LAI BBCH61	LAI BBCH67	LAI BBCH71	LAI BBCH81	SPAD BBCH112	SPAD BBCH61	SPAD BBCH67	SPAD BBCH71	SPAD BBCH81
Tőszám	,331	,258	-,099	,117	,034	-,020	-,252	,349	,649**	,455	,299	,550*	,431	,539*	,132	-,461	-,449	-,182
Termés		,358	-,257	,050	-,035	,020	,538*	,399	,571*	,368	,269	,499*	,308	,165	-,013	-,464	-,059	-,552*
Keményítő			-,811**	-,096	-,244	-,425	,229	,253	,420	,197	,111	,237	,062	,147	,002	-,165	-,117	-,009
Fehérje				-,082	,120	,680**	-,118	,049	-,241	,008	,072	-,078	,142	-,064	-,290	,056	,136	-,097
NDVI BBCH112									,296	,321	,371	,390	,370	-,142	,435	-,061	,065	,021
NDVI BBCH61									,003	-,051	-,074	-,173	-,353	-,038	,450	,294	-,259	-,046
NDVI BBCH67									,003	,076	,051	,056	,129	-,124	-,583*	-,155	,211	-,280
NDVI BBCH71									,033	,085	,073	,008	-,099	-,152	,055	,112	-,031	-,096
NDVI BBCH81									,285	,076	,243	,232	,108	-,048	-,401	,019	,234	-,436
LAI BBCH112														,107	,230	-,471	-,233	-,164
LAI BBCH61														-,096	,143	-,482	-,418	,049
LAI BBCH67														-,276	,154	-,197	-,205	,145
LAI BBCH71														,019	,154	-,519*	-,293	-,008
LAI BBCH81														,053	,003	-,633**	-,107	-,035

**Korreláció szignifikáns p=1% szinten

*Korreláció szignifikáns p=5% szinten

2. melléklet Pearson-féle korreláció értékek az öntözés nélküli állományban (Debrecen, 2019)

2019 öntözetlen Pearson féle korreláció																		
	Termés	Keményítő	Fehérje	NDVI BBCH112	NDVI BBCH61	NDVI BBCH67	NDVI BBCH71	NDVI BBCH81	LAI BBCH112	LAI BBCH61	LAI BBCH67	LAI BBCH71	LAI BBCH81	SPAD BBCH112	SPAD BBCH61	SPAD BBCH67	SPAD BBCH71	SPAD BBCH81
Tőszám	,344	,517*	-,227	-,084	,214	,355	,086	,042	,386	,171	-,095	,148	-,170	,063	-,408	-,382	-,028	-,434
Termés		,249	-,009	,272	,588*	-,431	,369	-,352	,560*	,636**	,563*	,608*	,146	,469	-,134	-,207	-,221	-,281
Keményítő			-,683**	,162	-,118	-,086	-,062	-,012	,231	,149	,018	,030	-,080	,069	-,082	-,388	-,192	-,350
Fehérje				-,211	,440	,182	,270	,216	,006	,143	,258	,166	,137	-,099	,050	,295	-,009	,041
NDVI BBCH112									,243	,493	,637**	,577*	,466	,200	,507*	-,194	-,407	-,110
NDVI BBCH61									,475	,477	,362	,425	-,076	-,089	-,027	,102	,079	-,250
NDVI BBCH67									-,158	-,284	-,347	-,220	-,311	-,421	-,011	-,014	,047	-,084
NDVI BBCH71									,279	,218	,111	,041	-,060	,339	,076	-,189	-,143	-,136
NDVI BBCH81									-,425	-,304	-,075	-,226	-,026	-,367	,314	,415	,010	,294
LAI BBCH112														,417	,012	-,678**	-,357	-,764**
LAI BBCH61														,347	,260	-,426	-,328	-,581*
LAI BBCH67														,175	,476	-,022	-,196	-,214
LAI BBCH71														,128	,166	-,238	-,221	-,449
LAI BBCH81														,127	,291	-,148	-,047	-,255
**Korreláció szignifikáns p=1% szinten																		
*Korreláció szignifikáns p=5% szinten																		

3. melléklet Pearson-féle korreláció értékek öntözés nélküli állományban (Debrecen, 2020)

2020 Pearson féle korreláció																		
	Termés	Keményítő	Fehérje	NDVI BBCH112	NDVI BBCH61	NDVI BBCH67	NDVI BBCH71	NDVI BBCH81	LAI BBCH112	LAI BBCH61	LAI BBCH67	LAI BBCH71	LAI BBCH81	SPAD BBCH112	SPAD BBCH61	SPAD BBCH67	SPAD BBCH71	SPAD BBCH81
Tőszám	,443	-,038	-,040	,130	,132	-,496	-,373	,107	,334	,210	-,204	,128	-,154	,053	,135	,314	-,048	-,300
Termés		-,191	,191	,632**	,241	-,164	,124	-,012	-,028	,141	,025	,627**	-,003	,218	,425	,062	-,214	-,017
Keményítő			-,868**	-,189	-,578*	,006	-,589*	-,635**	,375	-,225	,048	,113	,237	-,031	-,200	,142	-,079	,226
Fehérje				,262	,415	,197	,387	,460	-,288	,203	,029	-,074	-,256	,024	,294	-,306	-,213	-,168
NDVI BBCH112									,197	-,068	,222	,488	,273	-,389	,338	-,373	-,653**	,220
NDVI BBCH61									-,201	,595*	,067	-,128	,071	,374	,048	-,025	,138	-,597*
NDVI BBCH67									-,412	-,171	-,134	-,044	-,111	,517*	,008	-,161	,181	,128
NDVI BBCH71									-,519*	,024	-,038	-,151	-,205	,127	,055	-,080	,357	-,109
NDVI BBCH81									-,524*	-,109	-,243	-,431	-,539*	,132	-,052	,060	,382	-,066
LAI BBCH112														-,471	,119	,001	-,524*	,116
LAI BBCH61														,239	,014	,262	,101	-,814**
LAI BBCH67														,032	-,003	-,136	-,113	,155
LAI BBCH71														-,181	,558*	,042	-,199	,332
LAI BBCH81														-,246	,192	-,313	-,325	-,037

**Korreláció szignifikáns p=1% szinten
*Korreláció szignifikáns p=5% szinten

4. melléklet Pearson-féle korreláció értékek az öntözött állományban (Debrecen, 2021)

2021 öntözött Pearson féle korreláció																		
	Termés	Keményítő	Fehérje	NDVI BBCH112	NDVI BBCH61	NDVI BBCH67	NDVI BBCH71	NDVI BBCH81	LAI BBCH112	LAI BBCH61	LAI BBCH67	LAI BBCH71	LAI BBCH81	SPAD BBCH112	SPAD BBCH61	SPAD BBCH67	SPAD BBCH71	SPAD BBCH81
Tőszám	,439	,395	-,433	-,253	,081	,176	,025	,445	,661**	,300	,183	,647**	-,911**	,343	-,234	-,363	-,134	-,717**
Termés		,622*	-,788**	-,177	-,029	,232	-,009	,541*	,490	,272	,328	,274	-,387	,067	-,162	-,137	-,253	-,380
Keményítő			-,841**	-,479	-,224	,479	-,085	,205	,180	-,059	,051	,493	-,363	,545*	-,448	-,096	-,400	-,442
Fehérje				,285	,113	-,263	,140	-,259	-,523*	-,216	-,206	-,416	,426	-,410	,180	,143	,394	,600*
NDVI BBCH112									-,013	-,100	-,130	-,172	,195	-,433	,037	-,071	,224	,146
NDVI BBCH61									,158	-,226	-,413	,245	,012	-,387	,240	,328	,065	-,211
NDVI BBCH67									-,182	-,338	-,405	,414	-,081	-,044	-,130	,262	-,278	-,016
NDVI BBCH71									-,229	,107	,278	,072	,059	,081	-,241	-,606*	-,236	,121
NDVI BBCH81									,357	,307	,547*	,273	-,345	,252	-,160	-,348	-,024	-,232
LAI BBCH112														,028	,010	-,273	-,011	-,597*
LAI BBCH61														-,140	-,005	-,467	-,186	-,324
LAI BBCH67														-,050	-,050	-,283	-,053	-,042
LAI BBCH71														,273	-,050	-,094	-,566*	-,645**
LAI BBCH81														-,326	,325	,408	-,024	,644**

**Korreláció szignifikáns p=1% szinten
*Korreláció szignifikáns p=5% szinten

5. melléklet Pearson-féle korreláció értékek az öntözés nélküli állományban (Debrecen, 2021)

2021 öntözetlen Pearson féle korreláció																		
	Termés	Keményítő	Fehérje	NDVI BBCH112	NDVI BBCH61	NDVI BBCH67	NDVI BBCH71	NDVI BBCH81	LAI BBCH112	LAI BBCH61	LAI BBCH67	LAI BBCH71	LAI BBCH81	SPAD BBCH112	SPAD BBCH61	SPAD BBCH67	SPAD BBCH71	SPAD BBCH81
Tőszám	,169	,023	-,310	,135	-,077	-,238	,233	-,249	,201	,259	-,358	,173	-,896**	,318	-,245	-,260	,667**	-,845**
Termés		,325	-,429	,344	-,573*	-,609*	,090	-,183	,598*	,154	-,352	,120	-,038	,079	,288	,299	,206	,108
Keményítő			-,769**	-,173	-,395	-,342	,064	-,142	,102	-,051	-,105	-,224	,006	-,266	,102	,484	,287	-,040
Fehérje				,035	,337	,339	,195	,159	-,459	-,111	,484	,270	,175	,119	-,335	-,348	-,362	,395
NDVI BBCH112									,227	,209	,061	,194	-,088	,073	,322	,144	-,025	-,006
NDVI BBCH61									-,042	,024	,274	-,156	-,037	,155	-,015	-,463	,136	-,153
NDVI BBCH67									-,274	,097	,045	-,105	,236	-,450	-,010	-,151	-,400	,204
NDVI BBCH71									-,140	-,176	,029	,264	-,259	,181	-,213	-,082	,383	-,149
NDVI BBCH81									-,234	-,266	-,024	,288	,173	-,102	,225	,257	-,014	-,017
LAI BBCH112														,079	,493	-,022	,212	-,066
LAI BBCH61														-,284	,488	,140	,111	-,153
LAI BBCH67														-,067	,142	,250	-,201	,359
LAI BBCH71														,159	,096	,312	-,025	-,038
LAI BBCH81														-,185	,090	,124	-,583*	,764**

**Korreláció szignifikáns p=1% szinten
*Korreláció szignifikáns p=5% szinten

13.2. Ábrák jegyzéke

1. ábra Föld népességének alakulása 1950-2050 (Forrás: U.S. Census Bureau. International Database)	5
2. ábra A kísérleti évek csapadékellátottsága a 30 éves átlaghoz (1981-2010) viszonyítva (Debrecen, 2018. október-2021. szeptember).....	22
3. ábra A havi középhőmérséklet és a havi csapadék mennyisége a 30 éves átlaghoz (1981-2010) viszonyítva (Debrecen, 2018. október-2019. szeptember)	22
4. ábra A havi középhőmérséklet és a havi csapadék mennyisége a 30 éves átlaghoz (1981-2010) viszonyítva (Debrecen, 2019. október-2020. szeptember)	23
5. ábra A havi középhőmérséklet és a havi csapadék mennyisége a 30 éves átlaghoz (1981-2010) viszonyítva (Debrecen, 2020. október-2021. szeptember)	25
6. ábra A PET és TET becsült értékei, illetve a TET és PET aránya kukoricában (Debrecen, 2019)	31
7. ábra A talaj nedvességtartalmának változása a kukoricaállományokban (Debrecen 2019).....	32
8. ábra Állománysűrűség ($t\ddot{o} ha^{-1}$) hatása a relatív klorofilltartalom változására eltérő vízellátás mellett (Debrecen, 2019) (a: öntözetlen, b: öntözött) (<i>A hibásávok a standard hibát jelölik.</i>).....	33
9. ábra Genotípus hatása a relatív klorofilltartalom változására eltérő vízellátás mellett (Debrecen, 2019) (a: öntözetlen, b: öntözött) (<i>A hibásávok a standard hibát jelölik.</i>) ..	34
10. ábra Állománysűrűség ($t\ddot{o} ha^{-1}$) hatása a Normalizált Vegetációs Index (NDVI) változására eltérő vízellátás mellett (Debrecen, 2019) (a: öntözetlen, b: öntözött) (<i>A hibásávok a standard hibát jelölik.</i>)	34
11. ábra Genotípus hatása a Normalizált Vegetációs Index (NDVI) változására eltérő vízellátás mellett (Debrecen, 2019) (a: öntözetlen, b: öntözött) (<i>A hibásávok a standard hibát jelölik.</i>).....	35
12. ábra Állománysűrűség ($t\ddot{o} ha^{-1}$) hatása a levélterület index (LAI) változására eltérő vízellátás mellett (Debrecen, 2019) (a: öntözetlen, b: öntözött) (<i>A hibásávok a standard hibát jelölik.</i>).....	36
13. ábra Genotípus hatása a levélterület változására eltérő vízellátás mellett (Debrecen, 2019) (a: öntözetlen, b: öntözött) (<i>A hibásávok a standard hibát jelölik.</i>).....	37
14. ábra Vízellátás és állománysűrítés hatása a kukorica hibridek csövenkénti szemtömegére (Debrecen 2019) (<i>A hibásávok a standard hibát jelölik.</i>).....	39

15. ábra	Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukorica hibridok morzsolási arányára (Debrecen 2019) <i>(A hibasávok a standard hibát jelölik.)</i>	40
16. ábra	Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukorica hibridok csőhosszára (Debrecen, 2019) <i>(A hibasávok a standard hibát jelölik.)</i>	41
17. ábra	Genotípus (a) és állománysűrűség (b) hatása a kukorica termésére (Debrecen 2019) <i>(Kezelésként az eltérő betűk a hibridok (17.a) vagy a tőszámok (17.b) közötti szignifikáns differenciát jelzik p= 5% szinten.) (A hibasávok a standard hibát jelölik.)</i>	44
18. ábra	Genotípus (a) és állománysűrűség (b) hatása a kukorica termésére eltérő vízellátás mellett (Debrecen 2019) <i>(Kezelésként az eltérő betűk a hibridok (18.a) vagy a tőszámok (18.b) közötti szignifikáns differenciát jelzik p= 5% szinten.) (A hibasávok a standard hibát jelölik.)</i>	45
19. ábra	Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukorica hibridok termésére (Debrecen 2019) <i>(A hibasávok a standard hibát jelölik.)</i>	46
20. ábra	Genotípus (a) és állománysűrűség (b) hatása a kukorica fehérjetartalmára (Debrecen 2019) <i>(Kezelésként az eltérő betűk a hibridok (20.a) vagy a tőszámok (20.b) közötti szignifikáns differenciát jelzik p= 5% szinten.) (A hibasávok a standard hibát jelölik.)</i>	47
21. ábra	Genotípus (a) és állománysűrűség (b) hatása a kukorica fehérjetartalmára eltérő vízellátás mellett (Debrecen 2019) <i>(Kezelésként az eltérő betűk a hibridok (21.a) vagy a tőszámok (21.b) közötti szignifikáns differenciát jelzik p= 5% szinten.) (A hibasávok a standard hibát jelölik.)</i>	48
22. ábra	Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukorica hibridok fehérjetartalmára (Debrecen 2019) <i>(A hibasávok a standard hibát jelölik.)</i>	49
23. ábra	Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukorica keményítőtartalmára (Debrecen 2019) <i>(Kezelésként az eltérő betűk a hibridok (23.a) vagy a tőszámok (23.b) közötti szignifikáns differenciát jelzik p= 5% szinten.) (A hibasávok a standard hibát jelölik.)</i>	49
24. ábra	Vízellátás hatása a kukorica keményítőtartalmára (Debrecen 2019) <i>((Kezelésként az eltérő betűk a hibridok (24.a) vagy a tőszámok (24.b) közötti szignifikáns differenciát jelzik p= 5% szinten.) (A hibasávok a standard hibát jelölik.)</i>	50
25. ábra	Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukorica hibridok keményítőtartalmára (Debrecen 2019) <i>(A hibasávok a standard hibát jelölik.)</i>	51
26. ábra	A PET és TET becsült értékei, illetve a TET és PET aránya kukoricában (Debrecen 2020)	53
27. ábra	A kukoricaállományok vízellátottságának változása (Debrecen 2020)	54

28. ábra Állománysűrűség (a) és genotípus (b) hatása a relatív klorofilltartalom változására (Debrecen 2020) (A hibasávok a standard hibát jelölik.).....	55
29. ábra Állománysűrűség (a) és genotípus (b) hatása a Normalizált Vegetációs Index változására (Debrecen 2020) (A hibasávok a standard hibát jelölik.).....	55
30. ábra Állománysűrűség (a) és genotípus (b) hatása a levélterület változására (Debrecen 2020) (A hibasávok a standard hibát jelölik.)	56
31. ábra Genotípus (a) és állománysűrűség (b) hatása a kukorica termésére (Debrecen 2020) (Kezelésként az eltérő betűk a hibridek (31.a) vagy a tőszámok (31.b) közötti szignifikáns differenciát jelzik $p= 5\%$ szinten.) (A hibasávok a standard hibát jelölik.)	57
32. ábra Állománysűrűség hatása a kukorica hibridek termésére (Debrecen 2020) (A hibasávok a standard hibát jelölik.)	58
33. ábra Genotípus (a) és állománysűrűség (b) hatása a kukorica fehérjetartalmára (Debrecen 2020) (Kezelésként az eltérő betűk a hibridek (33.a) vagy a tőszámok (33.b) közötti szignifikáns differenciát jelzik $p= 5\%$ szinten.) (A hibasávok a standard hibát jelölik.)	58
34. ábra Állománysűrűség hatása a kukorica hibridek fehérjetartalmára (Debrecen 2020) (A hibasávok a standard hibát jelölik.).....	59
35. ábra Genotípus (a) és állománysűrűség (b) hatása a kukorica keményítőtartalmára (Debrecen 2020) (Kezelésként az eltérő betűk a hibridek (35.a) vagy a tőszámok (35.b) közötti szignifikáns differenciát jelzik $p= 5\%$ szinten.) (A hibasávok a standard hibát jelölik.)	60
36. ábra Állománysűrűség hatása a kukorica hibridek keményítőtartalmára (Debrecen 2020) (A hibasávok a standard hibát jelölik.)	60
37. ábra A PET és TET becsült értékei, illetve a TET és PET aránya kukoricában (Debrecen 2021)	62
38. ábra A kukoricaállományok vízellátottságának változása a 2021-ben (Debrecen 2021)	63
39. ábra Állománysűrűség hatása a relatív klorofilltartalom változására eltérő vízellátás mellett (Debrecen, 2021) (a: öntözetlen, b: öntözött) (A hibasávok a standard hibát jelölik.)	64
40. ábra Genotípus hatása a relatív klorofilltartalom változására eltérő vízellátás mellett (Debrecen, 2021) (a: öntözetlen, b: öntözött) (A hibasávok a standard hibát jelölik.) ..	64

41. ábra Állománysűrűség hatása a Normalizált Vegetációs Index változására eltérő vízellátás mellett (Debrecen, 2021) (a: öntözetlen, b: öntözött) (A hibásávok a standard hibát jelölik.).....	65
42. ábra Genotípus hatása a Normalizált Vegetációs Index változására eltérő vízellátás mellett (Debrecen, 2021) (a: öntözetlen, b: öntözött) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)	66
43. ábra Állománysűrűség hatása a levélterület változására eltérő vízellátás mellett (Debrecen, 2021) (a: öntözetlen, b: öntözött) (A hibásávok a standard hibát jelölik.) .	67
44. ábra Genotípus hatása a levélterület változására eltérő vízellátás mellett (Debrecen, 2021) (a: öntözetlen, b: öntözött) (A hibásávok a standard hibát jelölik.).....	67
45. ábra Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukorica hibridek csövenkénti szentömegére (Debrecen 2021) (A hibásávok a standard hibát jelölik.).....	69
46. ábra Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukorica hibridek morzsolási arányára (Debrecen 2021) (A hibásávok a standard hibát jelölik.).....	71
47. ábra Vízellátás és állománysűrítés hatása a kukorica hibridek csőhosszára (Debrecen 2021) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)	73
48. ábra Genotípus (a) és állománysűrűség (b) hatása a kukorica hibridek termésére (Debrecen 2021) (Kezelésként az eltérő betűk a hibridek (48.a) vagy a tőszámok (48.b) közötti szignifikáns differenciát jelzik $p=5\%$ szinten.) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)	75
49. ábra Genotípus (a) és állománysűrűség (b) hatása a kukorica hibridek termésére eltérő vízellátás mellett (Debrecen 2021) (Kezelésként az eltérő betűk a hibridek (49.a) vagy a tőszámok (49.b) közötti szignifikáns differenciát jelzik $p=5\%$ szinten.) (A hibásávok a standard hibát jelölik.).....	76
50. ábra Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukorica hibridek termésére 2021-ben (Debrecen 2021) (A hibásávok a standard hibát jelölik.).....	77
51. ábra Vízellátás és állománysűrűség együttes hatása a kukorica hibridek fehérjetartalmára 2021-ben (Debrecen 2021) (Kezelésként az eltérő betűk a hibridek (51.a) vagy a tőszámok (51.b) közötti szignifikáns differenciát jelzik $p=5\%$ szinten.) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)	78
52. ábra Vízellátás hatása a kukorica hibridek fehérjetartalmára 2021-ben (Debrecen 2021) (Kezelésként az eltérő betűk a hibridek (52.a) vagy a tőszámok (52.b) közötti szignifikáns differenciát jelzik $p=5\%$ szinten.) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)	78

53. ábra Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukorica hibridek fehérjetartalmára (Debrecen 2021) <i>(Kezelésenként az eltérő betűk a hibridek közötti szignifikáns differenciát jelzik) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)</i>	79
54. ábra Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukorica hibridek keményítőtartalmára 2021-ben (Debrecen 2021) <i>(Kezelésenként az eltérő betűk a hibridek (54.a) vagy a tőszámok (54.b) közötti szignifikáns differenciát jelzik $p=5\%$ szinten.) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)</i>	80
55. ábra Vízellátás hatása a kukorica hibridek keményítőtartalmára 2021-ben (Debrecen 2021) <i>(Kezelésenként az eltérő betűk a hibridek (55.a) vagy a tőszámok (55.b) közötti szignifikáns differenciát jelzik $p=5\%$ szinten.) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)</i> 80	
56. ábra Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukorica hibridek keményítőtartalmára (Debrecen 2021) <i>(A hibásávok a standard hibát jelölik.)</i>	81
57. ábra Állománysűrűség hatása a relatív klorofilltartalom változására eltérő vízellátás mellett (Debrecen, 2019 és 2021 átlagában) (a: öntözetlen, b: öntözött) <i>(A hibásávok a standard hibát jelölik.)</i>	84
58. ábra Genotípus hatása a relatív klorofilltartalom változására eltérő vízellátás mellett (Debrecen, 2019 és 2021 átlaga) (a: öntözetlen, b: öntözött) <i>(A hibásávok a standard hibát jelölik.)</i>	85
59. ábra Állománysűrűség hatása a Normalizált Vegetációs Index változására eltérő vízellátás mellett (Debrecen, 2019 és 2021 átlagában) (a: öntözetlen, b: öntözött) <i>(A hibásávok a standard hibát jelölik.)</i>	86
60. ábra Genotípus hatása a Normalizált Vegetációs Index változására eltérő vízellátás mellett (Debrecen, 2019 és 2021 átlaga) (a: öntözetlen, b: öntözött) <i>(A hibásávok a standard hibát jelölik.)</i>	86
61. ábra Állománysűrűség hatása a levélterület változására eltérő vízellátás mellett (Debrecen, 2019 és 2021 átlaga) (a: öntözetlen, b: öntözött) <i>(A hibásávok a standard hibát jelölik.)</i>	87
62. ábra Genotípus hatása a levélterület változására eltérő vízellátás mellett (Debrecen, 2019 és 2021 átlaga) (a: öntözetlen, b: öntözött) <i>(A hibásávok a standard hibát jelölik.)</i>	87
63. ábra Vízellátás hatása a kukorica hibridek csövenkénti szemtömegére 2019 és 2021-ben (Debrecen 2019 és 2021) <i>(Kezelésenként az eltérő betűk a hibridek közötti szignifikáns differenciát jelzik $p=5\%$ szinten.) (A hibásávok a standard hibát jelölik.)</i> 88	

64. ábra Állománysűrítés hatása a kukoricahibridek csövenkénti szemtömegére 2019 és 2021-ben (Debrecen 2019 és 2021) <i>(Kezelésként az eltérő betűk a tőszámok közötti szignifikáns differenciát jelzik $p= 5\%$ szinten.) (A hibasávok a standard hibát jelölik.)</i>	89
65. ábra Vízellátás és állománysűrítés hatása a kukoricahibridek csövenkénti szemtömegére 2019 és 2021-ben (Debrecen 2019 és 2021) <i>(A hibasávok a standard hibát jelölik.)</i>	89
66. ábra Vízellátás hatása a kukoricahibridek morzsolási arányára 2019 és 2021-ben (Debrecen 2019 és 2021) <i>(Kezelésként az eltérő betűk a hibridek közötti szignifikáns differenciát jelzik $p=5\%$ szinten.) (A hibasávok a standard hibát jelölik.)</i>	90
67. ábra Állománysűrítés hatása a kukoricahibridek morzsolási arányára 2019 és 2021-ben (Debrecen 2019 és 2021) <i>(Kezelésként az eltérő betűk a tőszámok közötti szignifikáns differenciát jelzik $p= 5\%$ szinten.) (A hibasávok a standard hibát jelölik.)</i>	91
68. ábra Vízellátás és állománysűrítés hatása a kukoricahibridek morzsolási arányára 2019 és 2021-ben (Debrecen 2019 és 2021) <i>(A hibasávok a standard hibát jelölik.)</i>	91
69. ábra Vízellátás hatása a kukoricahibridek csőhosszára 2019 és 2021-ben (Debrecen 2019 és 2021) <i>(Kezelésként az eltérő betűk a hibridek közötti szignifikáns differenciát jelzik $p=5\%$ szinten.) (A hibasávok a standard hibát jelölik.)</i>	92
70. ábra Állománysűrítés hatása a kukoricahibridek csőhosszára 2019 és 2021-ben (Debrecen 2019 és 2021) <i>(Kezelésként az eltérő betűk a tőszámok közötti szignifikáns differenciát jelzik $p= 5\%$ szinten.) (A hibasávok a standard hibát jelölik.)</i>	92
71. ábra Vízellátás és állománysűrítés hatása a kukoricahibridek csőhosszára 2019 és 2021-ben (Debrecen 2019 és 2021) <i>(A hibasávok a standard hibát jelölik.)</i>	93
72. ábra Vízellátás és állománysűrítés együttes hatása a kukoricahibridek termésére 2019 és 2021-ben (Debrecen 2019 és 2021) <i>(Kezelésként az eltérő betűk a hibridek (72.a) vagy a tőszámok (72.b) közötti szignifikáns differenciát jelzik $p= 5\%$ szinten.) (A hibasávok a standard hibát jelölik.)</i>	96
73. ábra Vízellátás hatása a kukoricahibridek termésére 2019 és 2021-ben (Debrecen 2019 és 2021) <i>(Kezelésként az eltérő betűk a hibridek (73.a) vagy a tőszámok (73.b) közötti szignifikáns differenciát jelzik $p= 5\%$ szinten.) (A hibasávok a standard hibát jelölik.)</i>	96
74. ábra Vízellátás és állománysűrítés hatása a kukoricahibridek termésére 2019 és 2021-ben (Debrecen 2019 és 2021) <i>(A hibasávok a standard hibát jelölik.)</i>	97
75. ábra Genotípus (a) és állománysűrítés (b) hatása a kukoricahibridek termésére (Debrecen 2019 és 2021 átlaga) <i>(Kezelésként az eltérő betűk a hibridek (75.a) vagy a</i>	

<i>tőszámok (75.b) közötti szignifikáns differenciát jelzik $p= 5\%$ szinten.) (A hibasávok a standard hibát jelölik.)</i>	98
76. ábra Genotípus (a) és állománysűrűség (b) hatása a kukorica hibridek termésére eltérő vízellátás mellett (Debrecen 2019 és 2021 átága) (Kezelésként az eltérő betűk a hibridek (76.a) vagy a tőszámok (76.b) közötti szignifikáns differenciát jelzik $p= 5\%$ szinten.) (A hibasávok a standard hibát jelölik.)	99
77. ábra Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukorica hibridek fehérjetartalmára 2019 és 2021-ben (Debrecen 2019 és 2021) (A hibasávok a standard hibát jelölik.)	99
78. ábra Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukorica hibridek keményítőtartalmára 2019 és 2021-ben (Debrecen 2019 és 2021 átága) (Kezelésként az eltérő betűk a hibridek (78.a) vagy a tőszámok (78.b) közötti szignifikáns differenciát jelzik $p= 5\%$ szinten.) (A hibasávok a standard hibát jelölik.)	100
79. ábra Vízellátás hatása a kukorica hibridek keményítőtartalmára 2019 és 2021-ben (Debrecen 2019 és 2021 átága) (Kezelésként az eltérő betűk a hibridek (79.a) vagy a tőszámok (79.b) közötti szignifikáns differenciát jelzik $p= 5\%$ szinten.) (A hibasávok a standard hibát jelölik.).....	101
80. ábra Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukorica hibridek keményítőtartalmára 2019 és 2021-ben (Debrecen 2019 és 2021) (A hibasávok a standard hibát jelölik.) ..	102

13.3. Táblázatok jegyzéke

1. táblázat: A kísérleti terület talajvizsgálatai adatai (Debrecen, 2015)	20
2. táblázat: A kísérleti terület talajának vízgazdálkodását jellemző mutatók (Debrecen, 2019)	21
3. táblázat: A kísérleti területen végzett talajmunkák és egyéb munkaműveletek	26
4. táblázat: Növényfiziológiai vizsgálatok időpontjai	27
5. táblázat: A talajmintavételek időpontjai	28
6. táblázat: Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukorica hibridek csövenkénti szentömegére (Debrecen 2019)	38
7. táblázat: Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukorica hibridek morzsolási arányára (Debrecen 2019)	39
8. táblázat: Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukorica hibridek csőhosszúságára (Debrecen 2019)	41
9. táblázat: A termés és a termésképző elemek közötti összefüggés vizsgálata Pearson-féle korreláció analízissel az öntözetlen állományban (Debrecen, 2019).....	42

10. táblázat: A termés és a termésképző elemek közötti összefüggés vizsgálata Pearson-féle korreláció analízissel az öntözött állományban (Debrecen, 2019)	43
11. táblázat: A termés és a termésképző elemek közötti összefüggés vizsgálata Pearson-féle korreláció analízissel az öntözött és öntözés nélküli kezelések átlagában (Debrecen, 2019)	44
12. táblázat: Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukoricahibridek csövenkénti szentömegére (Debrecen 2021)	68
13. táblázat: Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukoricahibridek morzsolási arányára (Debrecen 2021).....	70
14. táblázat: Vízellátás és állománysűrűség hatása a kukorica csőhosszúságára (Debrecen 2021)	72
15. táblázat: A termés és a termésképző elemek közötti összefüggés vizsgálata Pearson-féle korreláció analízissel az öntözetlen állományban (Debrecen, 2021).....	73
16. táblázat: A termés és a termésképző elemek közötti összefüggés vizsgálata Pearson-féle korreláció analízissel az öntözött állományban (Debrecen, 2021)	74
17. táblázat: A termés és a termésképző elemek közötti összefüggés vizsgálata Pearson-féle korreláció analízissel az öntözött és öntözés nélküli kezelések átlagában (Debrecen, 2021)	75
18. táblázat: A termés és a termésképző elemek közötti összefüggés vizsgálata Pearson-féle korreláció analízissel az öntözetlen állományban (Debrecen, 2019 és 2021)	94
19. táblázat: A termés és a termésképző elemek közötti összefüggés vizsgálata Pearson-féle korreláció analízissel az öntözött állományban (Debrecen, 2019 és 2021).....	94
20. táblázat: A termés és a termésképző elemek közötti összefüggés vizsgálata Pearson-féle korreláció analízissel az öntözött és öntözés nélküli kezelések átlagában (Debrecen, 2019 és 2021).....	95
21. táblázat: A kukorica vízfelhasználása 1 kg szemtermés előállításához (liter kg ⁻¹) a vetéstől betakarításig hullott csapadék és öntözővíz figyelembevételével (Debrecen 2019-2021)	104
22. táblázat: A kukorica vízfelhasználása 1 kg szemtermés előállításához (liter kg ⁻¹) a vetést megelőző év augusztus elsejétől a betakarításig hullott csapadék és öntözővíz figyelembevételével (Debrecen 2019-2021).....	106

13.4. Mellékletek jegyzéke

1. melléklet Pearson-féle korreláció értékek az öntözött állományban (Debrecen, 2019)	135
2. melléklet Pearson-féle korreláció értékek az öntözés nélküli állományban (Debrecen, 2019)	136
3. melléklet Pearson-féle korreláció értékek öntözés nélküli állományban (Debrecen, 2020)	137
4. melléklet Pearson-féle korreláció értékek az öntözött állományban (Debrecen, 2021)	138
5. melléklet Pearson-féle korreláció értékek az öntözés nélküli állományban (Debrecen, 2021)	139

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Szeretném köszönetemet kifejezni témavezetőimnek, Dr. Kutasy Erika Tünde egyetemi docensnek és Dr. Vad Attila Miklós igazgató úrnak, akik szakmai útmutatásukkal, kritikai észrevételeikkel nagymértékben segítettek munkámat, jelentősen növelve annak szakmai értékét.

Köszönöm Dr. Csajbók József egyetemi tanárnak a tudományos útmutatását, valamint az eredményeim statisztikai elemzésében nyújtott segítségét.

Köszönöm Prof. Dr. Pepó Péternek és Prof. Dr. Sárvári Mihálynak, valamint a Növénytermesztéstani-, Tájökológiai és Növénynevelés Tanszék munkatársainak a szakmai és emberi támogatást, amit az évek során kaptam tőlük.

Köszönöm Dr. Csüllög KITTINEK, Forgács Fanni Zsuzsának és Dr. Lelesz Juditnak a szakmai támogatásukat.

Köszönetet szeretnék mondani a DE AKIT DTTI Látóképi Növénytermesztési Kísérleti Telep munkatársainak a kísérlet beállításában és az abban végzett munkákban való segítségükért.

Köszönettel tartozom elhunyt szüleimnek, nagyszüleimnek és nagybátyámnak, hogy támogattak egyetemi tanulmányaimban és megalapozták a szakma iránti alázatos tiszteletemet.

Köszönöm Németh Angélnak és Györki Istvánnak, hogy doktori képzésem alatt is segítettek a gazdaságom vezetésében.