

Az öntözés és az alap- és fejtrágyázás hatása a kukorica hibridek klorofill-koncentrációjára és termésére extrém száraz évben

SZÉLES ADRIENN - HORVÁTH ÉVA - SIMON KÁROLY - ZAGYI PÉTER
Debreceni Egyetem MÉK
Földhasznosítási, Műszaki és Precíziós Technológiai Intézet, Debrecen

Összefoglalás

A tanulmány célja annak vizsgálta, hogy az öntözés és a nitrogén alap- és fejtrágyázás mennyisége és annak kijuttatási ideje hogyan hat a különböző genotípusú kukorica hibridek klorofill-koncentrációjára (SPAD) és szemtermésére mészlepedékes csernozjom talajon, extrém száraz évben (2022). Kimutattuk, hogy a nedvességhiány rontotta a műtrágyák növények általi felvehetőségét, hasznosíthatóságát. A műtrágyázás a SPAD értéket nem öntözött változatban a Fornad hibrid (V12₁₈₀, $p < 0,05$) kivétel nem befolyásolta. Öntözött változatban mindhárom hibrid az A₆₀ kezelés hatására érte el a maximális értéket ($p < 0,05$). A klorofill-koncentráció a szárazságnak köszönhetően minden fejlődési szakaszban rendkívül alacsony volt. A V8 fenofázisra kialakult a maximális SPAD érték ($p < 0,05$)(43,2–48,8), mind a nem öntözött, mind az öntözött változatban, majd a betakarítás időszakára jelentősen lecsökkent (10,5–15,4). A hibridek között a korai vegetációs időben volt kimutatható SPAD érték különbség, mégpedig az Armagnac és a Merida hibrid között ($p < 0,05$), ahol a Merida hibrid rendelkezett magasabb SPAD értékkel mindkét változatban. A termésmennyiséget a N 120 kg/ha alaptrágyaként (A₁₂₀) kijuttatva növelte ($p < 0,05$), kivéve a Merida hibrid nem öntözött változatát, ami jól jelzi a hibrid szárazságtűrését (41,0 SPAD érték, V6₁₅₀ kezelés, 10,060 t/ha). A klorofilltartalom érzékeny a nedvességhiányra, így a klorofill lebomlása már a korai vegetációs időszakban megkezdődött, az öntözés késleltette ezt a folyamatot, amely genotípustól és műtrágyakezeléstől függően a szemtermés mennyiségében megmutatkozott. Az öntözés hatása az Armagnac hibridnél V6₁₅₀ (5,267 t/ha), a Fornad

hibridnél V₆₉₀ (4, 075 t/ha) és a Merida hibridnél az A₁₂₀ (4,160 t/ha) kezelésben volt a legnagyobb. Megállapítottuk, hogy speciális körülmények között (extrém szárazság) a klorofill-koncentráció hatékony támogatást nyújt a szárazságtűrő hibridek kiválasztásához. Továbbá, hogy természetes csapadékelátottság mellett, extrém aszályos évben a korai érésű Merida (FAO 380) hibrid V₆₁₅₀ kezeléssel, ha lehetőség van az öntözésre, akkor a középérésű Armagnac (FAO 490) hibrid A₁₂₀ kezeléssel javasolható a termesztésre. A szántóföldi tartamkísérlet egyéves eredménye nem elegendő ahhoz, hogy egyértelmű megállapítást tegyünk, azonban ilyen extrém aszályos év négy évtizede nem fordult elő hazánkban.

Kulcsszavak: klorofill-koncentráció, öntözés, N-műtrágyázás

The impact of irrigation and basal and top dressing fertilisation on the chlorophyll concentration and yield of maize hybrids in extreme dry years

A. SZÉLES - É HORVÁTH - K. SIMON - P. ZAGYI

University of Debrecen, Faculty of Agricultural and Foods Sciences and
Environmental Management, Institute of Land Use, Engineering and
Precision Farming Technology, Debrecen

Summary

The aim of this study was to investigate the effect of irrigation and the amount and timing of application of nitrogen basal and top dressing fertilisation on the chlorophyll concentration (SPAD) and grain yield of maize hybrids of different genotypes on chernozem soil with lime deposits in an extreme dry year (2022). It was shown that moisture deficit impaired the uptake and utilisation of fertilisers by plants. The SPAD value was not affected by fertiliser application in the non-irrigated version, with the exception of the Fornad hybrid (V₁₂₁₈₀, $p < 0.05$). In the irrigated version, all three hybrids reached the maximum value ($p < 0.05$) under the A₆₀ treatment. Chlorophyll concentration was extremely low at all developmental stages due to drought. The maximum SPAD value ($p < 0.05$) (43.2–48.8) was reached at the V8 phenophase in both the non-irrigated and irrigated versions, and then decreased

significantly (10.5–15.4) by the harvesting period. A difference in SPAD value was detected between the hybrids at the early vegetation period, between Armagnac and Merida ($p < 0.05$), where Merida had higher SPAD values in both versions. Yield was increased ($p < 0.05$) when N was applied as a basal fertiliser (A_{120}) at 120 kg/ha, except for the non-irrigated version of the Merida hybrid, which is indicative of the drought tolerance of the hybrid (41.0 SPAD value, V_{6150} treatment, 10.060 t/ha). Chlorophyll content is sensitive to moisture deficit, so that chlorophyll degradation started early in the growing season, irrigation delayed this process, which was reflected in grain yield depending on genotype and fertiliser treatment. The effect of irrigation was greatest in the treatment V_{6150} (5.267 t/ha) of the Armagnac hybrid, V_{690} (4.075 t/ha) of the Fornad hybrid and A_{120} (4.160 t/ha) of the Merida hybrid. It was found that, under specific conditions (extreme drought), chlorophyll concentration is an effective aid in selecting drought tolerant hybrids. Furthermore, under natural rainfall conditions, in extreme drought years, the early maturity Merida (FAO 380) hybrid can be recommended for cultivation with the V_{6150} treatment, while the medium maturity Armagnac (FAO 490) hybrid can be recommended for cultivation by applying the A_{120} treatment, if irrigation is possible. The one-year results of the field experiment are not sufficient to make a definite conclusion, but such an extreme drought year has not occurred in Hungary for four decades.

Keywords: chlorophyll concentration, irrigation, N fertilisation

Bevezetés

A Világ népessége átlépte a 8 milliárd fős mérföldkövet és a becslések szerint 2050-re eléri a 9,9; és 2100-re a 10,4 milliárd főt (UNDESA 2022). Ennek következtében a főbb élelmiszernövények termelését a FAO (2020) tájékoztatója szerint 70%-kal növelni kell, és mindezt a szántóterületek növelése nélkül kell elérni. E helyzetet tovább nehezíti a klímaváltozás okozta nehézségek.

A mezőgazdasági termelés nagyon érzékeny az időjárásra és az éghajlat változására (Walsh et al. 2020, Wilson et al. 2022). Az éghajlatváltozás egyes régiókban javíthatja, máshol megnehezítheti a mezőgazdasági termelést (Gowda et al. 2018). Több tanulmány kimutatta, hogy a hőmérséklet- és a csapadéktrendek változása negatív hatást gyakorol a terméshozamokra, így a világ egyik fő növényére, a kukoricára is (Marton et al. 2005a, Lobell et al. 2011, Jägermeyr és Frieler 2018, Huzsvai et al. 2020, Maitah et al. 2021).

Az évjárat kedvezőtlen hatása, ésszerű tápanyag- és vízgazdálkodással elkerülhető, illetve mérsékelhető (Bocz et al. 1984, Nagy 1997, Csajbók et al. 2003, Wiswakumar et al. 2008, Berzsényi et al. 2011, Szilágyi et al. 2013, Pepó 2021, Jolánkai et al. 2022). A tápanyagok közül ebben a nitrogénnek kulcsszerepe van. A nitrogén műtrágya ugyanis az egyik létfontosságú növényi tápanyag, nélkülözhetetlen a levelek fotoszintetikus aktivitásának fenntartásához, a növényi növekedéshez (Carter és Knapp 2001, Berzsényi 2009, Zang és Shangguan 2011, Terrer et al. 2019, Simkó et al. 2020), növeli a vegetatív tömeget és alapvető szerepet tölt be a termésmennyiség növekedésében (Li et al. 2007, Árendás et al. 2018, Nagy 2021, Szabó et al. 2022), valamint hatással van a termés minőségére (Izsáki 2009, Ványiné Széles és Nagy 2012, Széles et al. 2019, Illés et al. 2020, Horváth et al. 2021, Fejér et al. 2022) és más tápelemek felvételére (Kádár és Csathó 2015, Csathó et al. 2017, Xue et al. 2021). Egyre fontosabb cél a nitrogén-felhasználás hatékonyságának javítása gazdasági és környezetvédelmi okokból egyaránt (Barbieri et al. 2008, Yadav et al. 2017, Bojtor et al. 2022).

Az éghajlatváltozással összefüggő magasabb átlaghőmérséklet és az egyre gyakoribb szárazság miatt a víz egyre limitálóbb tényezővé válik a kukoricatermesztésben. Víztstressz alakulhat ki akár túlzott vízmennyiség, akár vízhiány miatt. A túl nagy mennyiség (csapadék, öntözővíz) korlátozza a kukoricagyökerek légzését és csökkenti a fiziológiai fejlődést (Niu et al. 2014, Tian et al. 2019, Pan et al. 2021). A túl kevés vízmennyiség (szárazságstressz) pedig korlátozza a növények talajon keresztüli tápelemfelvételét (Árendás et al. 2008, Cramer et al. 2009, Sardans és Peñuelas 2012), csökkenti a fotoszintézist (Song et al. 2019), és rontja a genetikai termőképességet (Marton et al. 2005b), továbbá nem elegendő a növény alapvető életteni fejlődéséhez (Zheng et al. 2022), ami a termés hozam jelentős csökkenését eredményezi (Spitkó et al. 2014, Horváth et al. 2021, Nagy 2021, Mohammed et al. 2022). A súlyos víztstressz hatására leáll a fotoszintézis, anyagcsere-zavar lép, ami végül a növény pusztulásához vezet (Jaleel et al. 2008, Costa et al. 2014). A műtrágya és a víz optimalizált összekapcsolása előfeltétele annak, hogy magasabb erőforrás-felhasználási hatékonyságot érjünk el, magasabb terméssel és minőséggel együtt (Rácz és Nagy 2011, Csajbók 2018, Plett et al. 2020).

A műtrágyák megfelelő kijuttatásához szükség van a növényekben található nitrogén alapos értékelésére, amihez a növény szenzorok alkalmazása lehetőséget biztosít a tápanyagállapot gyors és kevésbé költséges felmérésére és nyomon követésére (Schepers et al. 1996, Nagy 2010, Ványiné et al. 2012, Ványiné és Nagy 2012, Gabriel et al. 2019, Simkó és Veres 2019, Rhezali és Aissaoui 2021, Zagyi et al. 2022).

Vizsgálatunk célja az agrotechnikai elemek közül a nitrogén alap- és fejtrágyázás mennyiségének és a kijuttatás időzítésének, valamint az öntözés hatásának értékelése a kukorica klorofill koncentrációjára és szemtermésére, extrém száraz körülmények között.

Anyag és módszer

Vizsgálatainkat a Debreceni Egyetem Látóképi Kísérleti Telepén végeztük, löszön képződött, alföldi mészlepedékes csernozjom talajon. A kísérlet sávos elrendezésű, kétismétléses kisparcellás szántóföldi tartamkísérlet, amely 2011. évben lett beállítva (1. ábra). Jelen dolgozatban nem öntözött és öntözött körülmények között a Merida (FAO 380), Fornad (FAO 420) és az Armagnac (FAO 490) hibridek extrém száraz évi (2022) klorofill-koncentráció- és terméseredményei kerültek elemzésre.

Az időjárást a kísérleti területen elhelyezett automata időjárás állomás által mért és rögzített adatok alapján értékeltük. Az értékeket az 1981–2010-es időszak átlagához viszonyítottuk (OMSZ 2020). A 2022-es tenyészidőszakot megelőző téli félévben kevés csapadék hullott, ami nem tudta a talaj mélyebb rétegeit átmedvesíteni. Ez a későbbi szárazságot tovább súlyosbította. Áprilisban az átlaghoz közeli 54,1 mm csapadék biztosította a magágy kellő nedvességtartalmát, a kelés zavartalanságát. Ezt követően augusztus végéig rendkívül száraz és meleg időjárás uralkodott, az utóbbi évtizedekben nem tapasztalt súlyosságú aszály alakult ki. Június 12-től július 30-ig 3,1 mm csapadék hullott. A csapadék megkésve érkezett, a szeptemberben lehullott 162 mm csapadék az átlag több mint háromszorosa volt. Össességében a 2022. év tenyészidőszakát magas középhőmérséklet (18,5 °C) és alacsony csapadékkellátottság (294 mm), és annak nem megfelelő eloszlása jellemezte (2. ábra).

1. ábra. Az alap- és fejtrágyázási tartamkísérlet elrendezése
(Széles A. által alapítva, 2011)

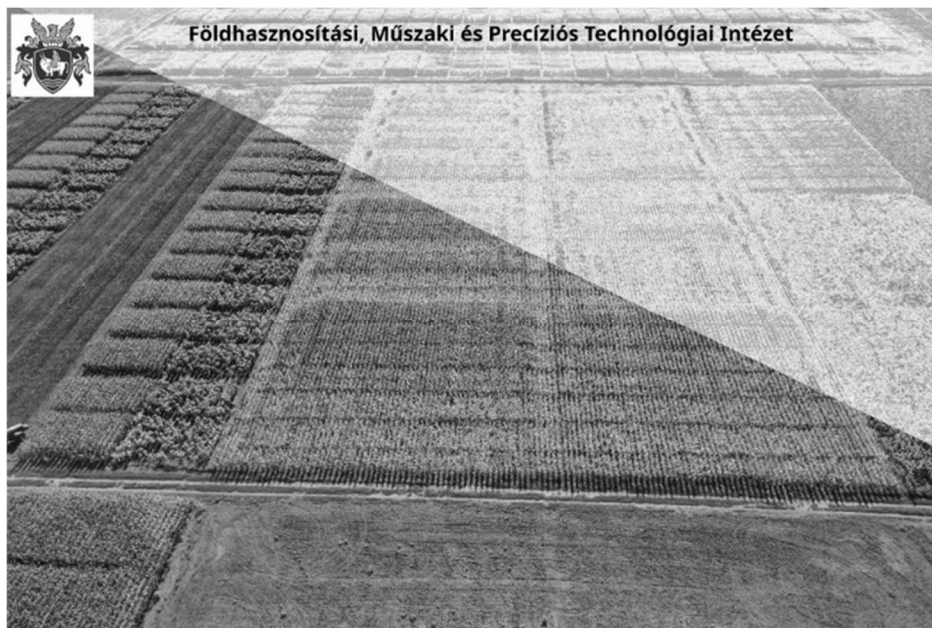


Figure 1. Design of the basal and top-dressing fertilisation long-term experiment (established by A. Széles, 2011)

A kísérletben hét műtrágyakezelést alkalmaztunk. A műtrágyázás nélküli (A_0) kezelés mellett, a tavaszi alaptrágyaként kijuttatott 60 és a 120 kg N/ha (A_{60} , A_{120}) dózist, amelyet kétszeri fejtrágyázás követett V6 ($V_{6_{90}}$, $V_{6_{150}}$) majd V12 ($V_{12_{120}}$, $V_{12_{180}}$) fenofázisban, mennyisége +30 és +30 kg N/ha volt. A növényszám 73 ezer növény/ha, az elővetemény kukorica volt. A kukorica vetése 2022. 04. 14-én, betakarítása 2022. 10. 05-én volt. A kijuttatott öntözővíz mennyisége összesen 115 mm volt, az alábbi bontásban: 25 mm (május 21.), 30 mm (június 13-16.), 30 mm (július 3.), 30 mm (július 16.). A betakarított szemtermés 14%-os nedvességtartalomra korrigálva lett megadva.

A növények leveleinek klorofill-koncentrációját a SPAD-502 klorofill mérőműszerrel a kukoricaállomány V6, V8, V10, V12, Vn, Vt, R1, R3 és R6 fenológiai szakaszában végeztük. Figyelembe vettük, hogy a klorofillok nem

oszlanak el homogéneen a levéllemezen (Jordan et al. 2012, Gabriel et al. 2019), ezért a méréseket a legmegfelelőbb helyen, a levél csúcsa és a levélörv felezőpontjában, a levélszélről és a főértől egyenlő távolságban végeztük. A méréseket Costa et al. (2001) útmutatása alapján minden növény azonos levelén végezzük, a hatleveles és a virágzás közötti fejlettségi stádiumban a legkésőbb megjelent teljesen kifejlett levélen, címerhányás után a csőnél levő levélen.

2. ábra. A csapadék és a hőmérséklet alakulása a tenyészidőszakban (Debrecen, 2022)

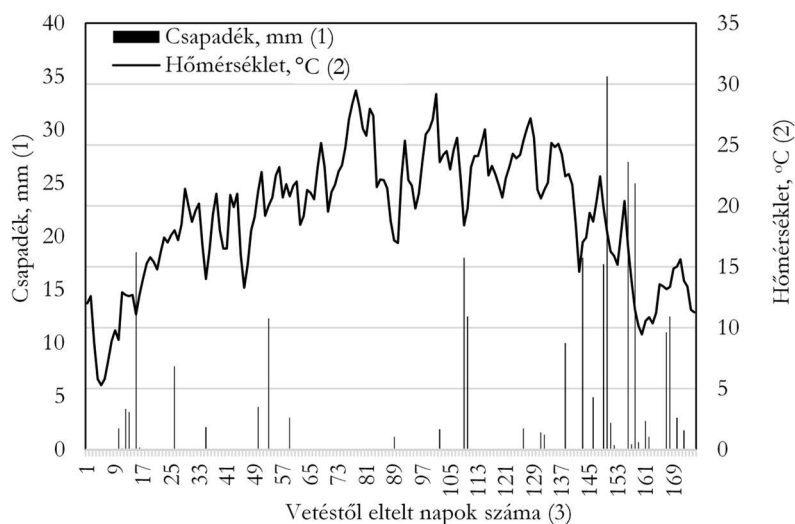


Figure 2. Rainfall and temperature trends during the growing season (Debrecen, 2022). (1) Precipitation (mm), (2) Temperature (°C), (3) Number of days since sowing

A kezelések függő változóra gyakorolt hatását általános lineáris modellel (GLM) vizsgáltuk (Huzsvai és Vincze 2013). A kezeléskombinációk középértékeinek összehasonlítását Duncan-tesztrel végeztük. Az alap szignifikancia szint 5% volt. A kiértékelést az SPSS for Windows 23.0 statisztikai programcsomaggal végeztük.

Eredmények

A kukorica hibridek klorofill-koncentrációja (SPAD) nem öntözött változatban

Nem öntözött változatban az Armagnac hibrid esetében az A₀ kezelés (31,8) SPAD értékét az A₆₀ 20,4 és az A₁₂₀ kezelés 16,7%-kal növelte. Az alap 120 kg N/ha-ra V6 és V12 fenológiai fázisban +30 és +30 kg N/ha növeléssel (V12₁₈₀) 21,7%-os emelkedést értünk el. A Duncan teszt azonban egy homogén csoportot képezett. A Fornad hibridnél az A₆₀ kezelés 14,7%-os, a 120 kg N/ha alapkezelés (A₁₂₀) 16,9%-os növekedést eredményezett. A statisztikailag igazolt legnagyobb SPAD érték azonban a V12₁₈₀ kezeléssel (40,5; p<0,05) volt elérhető, amely az A₀ kezeléshez viszonyítva 24,2%-os növekedés jelent. A Merida hibrid esetében az A₁₂₀ kezelés 19,6%-kal növelte a SPAD értéket az A₀ kezeléshez viszonyítva (34,1). A két alapkezelés között minimális, 3,8%-os volt az eltérés. A Duncan teszt nem különítette el a kezeléseket, egy homogén csoportot képezett. Műtrágya-kezelésenként értékelve a hibridek közötti eltérést megállapítható, hogy a Merida hibrid minden tápanyagszinten meghaladta az Armagnac és a Fornad hibrid SPAD értékét. Jelentős különbség az A₁₂₀ kezelésben az Armagnac és a Merida hibrid között volt, ahol a Merida hibrid klorofill-koncentrációja 3,7 SPAD értékkel volt nagyobb, mint az Armagnac hibridé (3. ábra).

A hibridek klorofill-koncentrációja fenofázisonként eltérést mutatott. A V6 fenológiai szakaszban legnagyobb SPAD értékkel a Merida hibrid rendelkezett (43,6; p<0,05) megelőzve 11,5%-kal a hosszabb tenyészidejű Armagnac, és 15,0%-kal a Fornad hibrideket. Az Armagnac és Fornad hibrid között szignifikáns eltérés nem volt. A V8 fejlődési fázisban hasonlóan alakultak a hibridek SPAD értékei. A Merida hibrid 48,8 SPAD értéke jelentősen meghaladta mind az Armagnac (45,5), mind a Fornad hibrid (44,1) klorofill-koncentrációját (p<0,05). A két hosszabb tenyészidejű hibrid között igazolt eltérés volt kimutatható. A V10 stádiumban továbbra is a Merida hibrid SPAD értéke volt a legnagyobb (48,2), de az Armagnac hibrid értékétől (45,7) szignifikánsan nem különbözött, a Fornad hibrid értékét 8,3%-kal haladta meg (p<0,05). Az Armagnac és a Fornad hibrid között megbízható különbség nem alakult ki a SPAD értékben. A V12 fenofázisban a legnagyobb SPAD értékkel a Merida hibrid rendelkezett (42,0), ezzel 10,5%-kal megelőzve az Armagnac hibrid értékét (p<0,05), de a Fornad hibridtől szignifikáns eltérést nem mutatott. Az Armagnac és a Fornad

hibrid között ebben a fázisban sem volt statisztikailag igazolt különbség. Az utolsó levél megjelenésekor (Vn), bár már jelentősen csökkent a klorofill-koncentráció, a Merida hibrid értéke volt még mindig a legnagyobb (34,8; $p < 0,05$). Az Armagnac és a Fornad hibrid SPAD értéke a Duncan teszt alapján egy csoportot képezett. A VT, R1 és R3 fenológiai fázisokban a hibridek között megbízható eltérés nem volt. A fiziológiai érettség (R6) szakaszában a Fornad hibrid klorofill-koncentrációja volt a legnagyobb (15,4) eltérést mutatva az Armagnac és a Merida hibridek értékétől ($p < 0,05$). Az Armagnac és a Merida hibrid SPAD értékei között igazolt különbség nem volt (4. ábra).

3. ábra. Az alap- és fejtrágyázás hatása a kukorica hibridek klorofill-koncentrációjára (SPAD), nem öntözött változat (Debrecen, 2022)

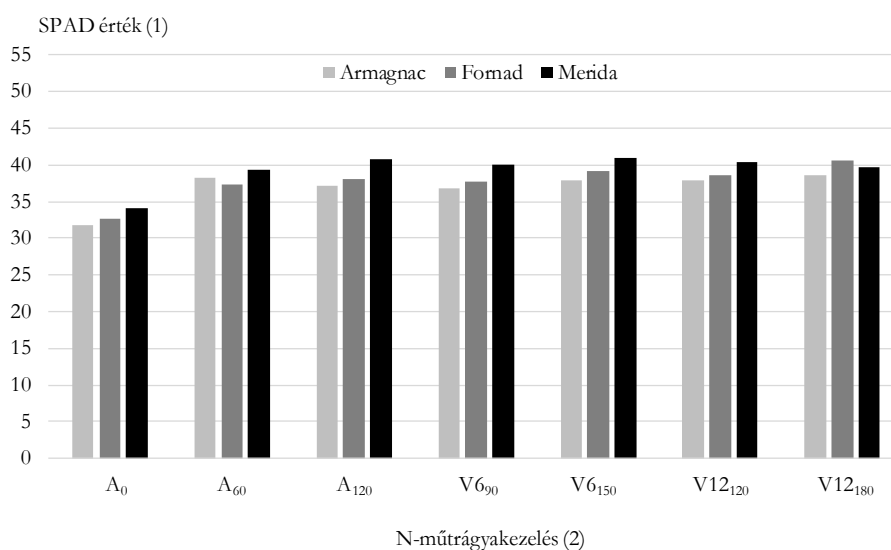


Figure 3. Effect of basal and top dressing fertilisation on chlorophyll concentration (SPAD) of maize hybrids, non-irrigated (Debrecen, 2022). (1) SPAD value, (2) N fertiliser treatment

4. ábra. A fenofázis hatása a kukorica hibridek klorofill-koncentrációjára (SPAD), nem öntözött változat (Debrecen, 2022)

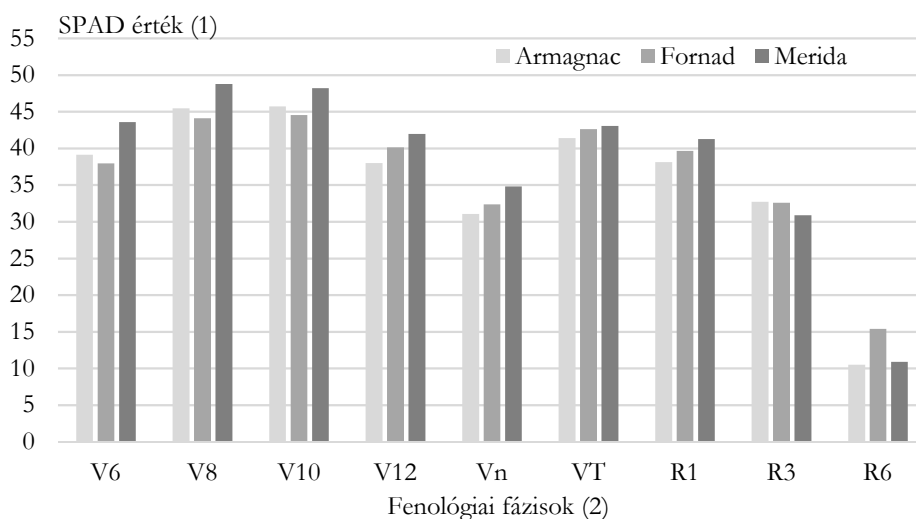


Figure 4. Effect of phenophase on chlorophyll concentration (SPAD) in maize hybrids, non-irrigated version (Debrecen, 2022). (1) SPAD value, (2) Phenological phases

A kukorica hibridek klorofill-koncentrációja (SPAD) öntözött változatban
 Öntözött változatban az Armagnac hibrid az A_0 kezelés (30,7) SPAD értékét az A_{60} kezelés 22,5%-kal, az A_{120} kezelés 31,3%-kal növelte. Ez 7,0 és 9,6 SPAD érték növekedés. A fejtrágyakezelések közül a $V_{6_{150}}$ kezelés adta a legnagyobb klorofilltartalmat (41,8). Megbízható SPAD érték növelő kezelés az A_{60} kezelésben ($p < 0,05$) volt. A Fornad hibridnél a nem műtrágyázott kezeléshez viszonyítva (30,5) a két tavaszi alapkezelés növelte a SPAD értéket (A_{60} , 39,3%; A_{120} , 34,9%). A fejtrágyázás hatására szignifikáns növekedés nem alakult ki. A 60 kg N/ha alapkezelés (A_{60}) biztosította a szignifikánsan igazolt legnagyobb SPAD értéket (42,5; $p < 0,05$). A Merida hibridnél a tavaszi 60 kg N/ha alapkezelés (39,1) az A_0 kezeléshez képest (32,2) 21,4%-os növekedést ért el, de az A_{120} kezelésre V_6 fejlődési szakaszban +30 kg N/ha-ral tovább lehetett növelni a klorofill-koncentrációt (44,7). Ez azonban statisztikailag nem mutatott megbízható növekedést. Eredményesnek az A_{60} kezelés bizonyult ($p < 0,05$). A hibridek között az alap- és fejtrágyakezelésekben nem volt megbízható különbség, kivéve az

Armagnac és a Fornad hibrid között, az A₆₀ kezelésben. A Fornad hibrid klorofill-koncentrációja 4,9 SPAD értékkel ($p < 0,05$) volt nagyobb, mint az Armagnac hibridé (5. ábra).

5. ábra. Az alap- és fejtrágyázás hatása a kukorica hibridek klorofill-koncentrációjára (SPAD), öntözött változat (Debrecen, 2022)

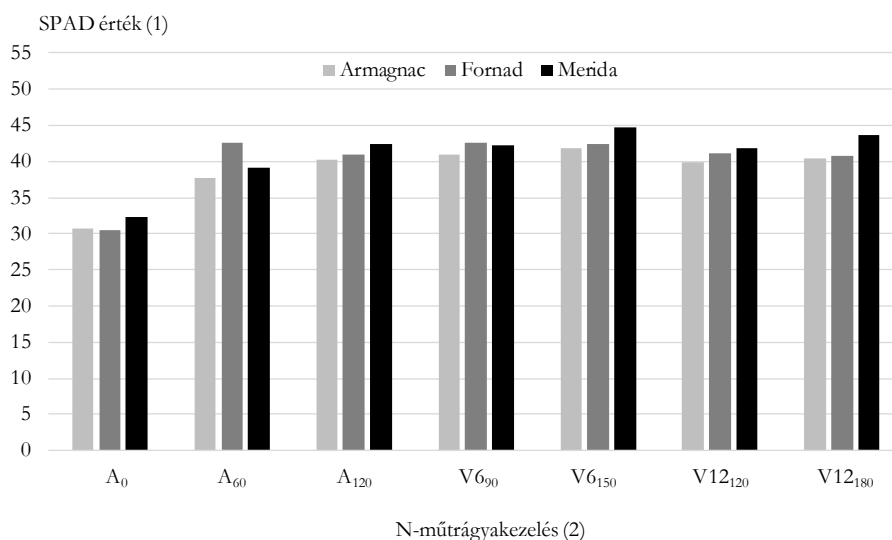


Figure 5. Effect of basal and top dressing fertilisation on chlorophyll concentration (SPAD) of maize hybrids, irrigated (Debrecen, 2022). (1) SPAD value, (2) N fertiliser treatment

A hibridek klorofill-koncentrációja között a hatleveles (V6) és az utolsó levél megjelenése (Vn) időszakban volt igazolt különbség. A V6 fenofázisban a Merida hibrid rendelkezett a legnagyobb SPAD értékkel (41,0), ezzel 10,5%-kal megelőzve az Armagnac és 12,6%-kal a Fornad hibridet ($p < 0,05$). Az Armagnac és a Fornad hibridek között megbízható eltérés nem volt. A Vn fenológiai fázisban szintén a Merida hibrid klorofill-koncentrációja volt a legnagyobb (36,8), de megbízhatóan csak az Armagnac hibrid SPAD értékétől tért el ($p < 0,05$). Az Armagnac és a Fornad hibridek közötti eltérés nem igazolt (6. ábra).

6. ábra. A fenofázis hatása a kukorica hibridek klorofill-koncentrációjára (SPAD), öntözött változat (Debrecen, 2022)

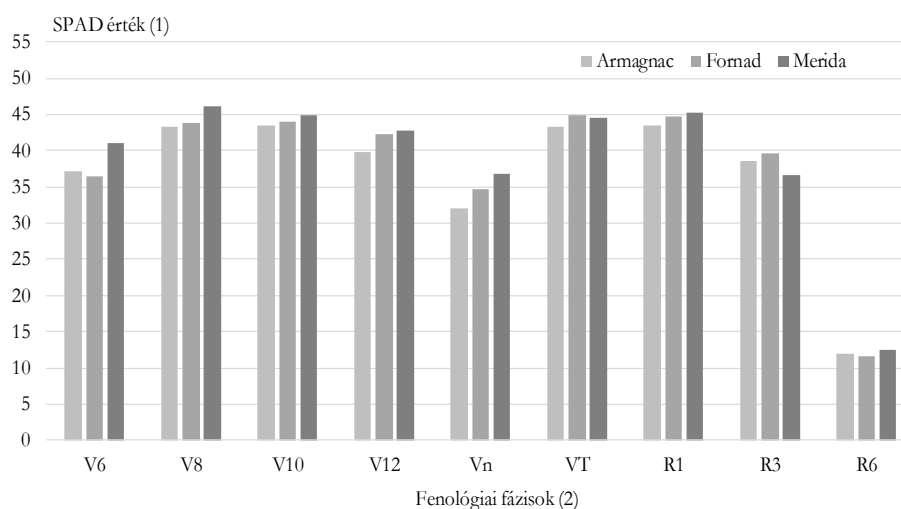


Figure 6. Effect of phenophase on chlorophyll concentration (SPAD) in maize hybrids, irrigated version (Debrecen, 2022). (1) SPAD value, (2) Phenological phases

Öntözés hatása a kukorica hibridek klorofill-koncentrációjára (SPAD)

Az alap- és fejtrágyakezelésenként elvégzett értékelés azt mutatta, hogy mindhárom hibridnél a nem műtrágyázott (A_0) kezelésben magasabb volt a klorofill-koncentráció, mint az öntözött változatban, illetve az Armagnac és a Merida hibridnél az A_{60} kezelésben. Az A_{120} és a fejtrágyakezelésekben az öntözött változatban volt mindhárom hibrid esetében magasabb a SPAD érték, azonban a legnagyobb különbség hibridenként eltérő tápanyagszinten alakult ki. Az Armagnac hibridnél a V_{690} (4,1), a Fornad hibridnél az A_{60} (5,1) és a Merida hibridnél V_{12180} (4,0) kezelésben. A kezelések átlagában a legkisebb öntözéshatás a Merida hibridnél volt (2,1%), az Armagnac hibridnél (3,4%) és a Fornad hibridnél (3,8%) közel azonosan alakult.

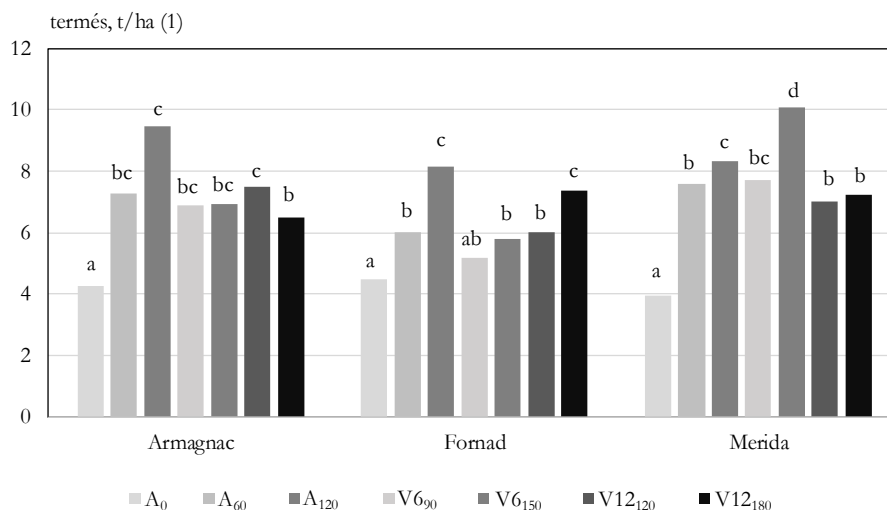
Fenológiai fázisonként vizsgálva az öntözés hatását a műtrágyakezelések átlagában, megállapítható, hogy mindhárom hibridnél a V6 és V10 között a nem öntözött, míg a V12 és R6 között az öntözött kezelésben volt magasabb a SPAD érték. Az R3 fenofázisban jelentős volt az öntözés hatására kialakult

SPAD érték növekedés, az Armagnac hibridnél 5,9 (18,%), a Fornad hibridnél 7,1 (21,5%) és a Merida hibridnél 5,8 (18,8%).

A kukorica hibridek termése nem öntözött változatban

A különböző genotípusú kukorica hibridek termése a kezelések átlagában 3,966 és 10,060 t/ha között alakult (7. ábra).

7. ábra. Az alap- és fejtrágyázás hatása a kukorica hibridek termésére, nem öntözött változat (Debrecen, 2022)



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

Figure 7. Effect of basal and top dressing fertilisation on the yield of maize hybrids, non-irrigated version (Debrecen, 2022) (1) Yield (t/ha), Note: Yield values marked with different letters are significantly different from each other based on Duncan's test at the $p < 0.05$ probability level.

Az *Armagnac* hibrid esetében az A₀ (4,236 t/ha) kezelés terméseredményét a tavaszi alapkezelések jelentősen növelték, a 60 kg N/ha műtrágya 7,266 t/ha-ra (71,5%), a 120 kg N/ha 9,454 t/ha-ra (123,2%) növelte a termést ($p < 0,05$). A 60 kg N/ha mennyiséget (A₆₀) +30 kg N/ha mennyiséggel növelve (V₆₉₀) szignifikáns eltérést nem okozott, illetve a 12 leveles állapotban kijuttatott további 30 kg N/ha (V₁₂₁₂₀, 7,499 t/ha) 9,3%-os növekedés sem mutatott megbízható

többleteredményt. A 120 kg N/ha alapkezelést (A_{120}) tovább növelve ($V_{6_{150}}$) kismértékű nem szignifikáns csökkenés volt, majd a $V_{12_{180}}$ kezelésben már jelentős terméscsökkenés mutatkozott (6,500 t/ha; $p < 0,05$). Eredményes műtrágyakezelésnek az A_{120} kezelés bizonyult ($p < 0,05$).

A *Fornad hibridnél* is a termések hasonlóan alakultak a műtrágyakezelések hatására. Az A_{60} kezelésre (6,025 t/ha) 35% és az A_{120} kezelésre (8,151 t/ha) 82,6%-os növekedéssel reagált az A_0 kezeléshez (4,463 t/ha) képest ($p < 0,05$). A két alapkezelés között 35,3% különbség volt ($p < 0,05$). A fejtrágyázás hatására szignifikáns különbséget nem tudunk kimutatni. A *Fornad hibridnél* az A_{120} kezelés alkalmazása indokolt ($p < 0,05$).

A *Merida hibrid* a 3,966 t/ha-os nem műtrágyázott kezelését az A_{60} kezelés 3,604 t/ha-ral (90,9%), az A_{120} kezelés 4,376 t/ha-ral (110,3%) múlta felül. A két alapkezelés közötti eltérés 10,2% ($p < 0,05$). Az alap 60 kg N/ha kezelést (A_{60}) a két fenológiai szakaszban további N/ha mennyiséggel növelve nem hozott megbízható termésnövekedést, míg a 120 kg N/ha kezelést (A_{120}) V_6 fenofázisban +30 kg N/ha mennyiséggel növelve ($V_{6_{30}}$) jelentős termésnövekedést eredményezett (10,060 t/ha; $p < 0,05$). A további N-műtrágya kijuttatása ($V_{12_{180}}$) már terméscsökkenést okozott (7,211 t/ha; $p < 0,05$). A *Merida hibridnél* a $V_{6_{150}}$ fejtrágyakezelés volt eredményes.

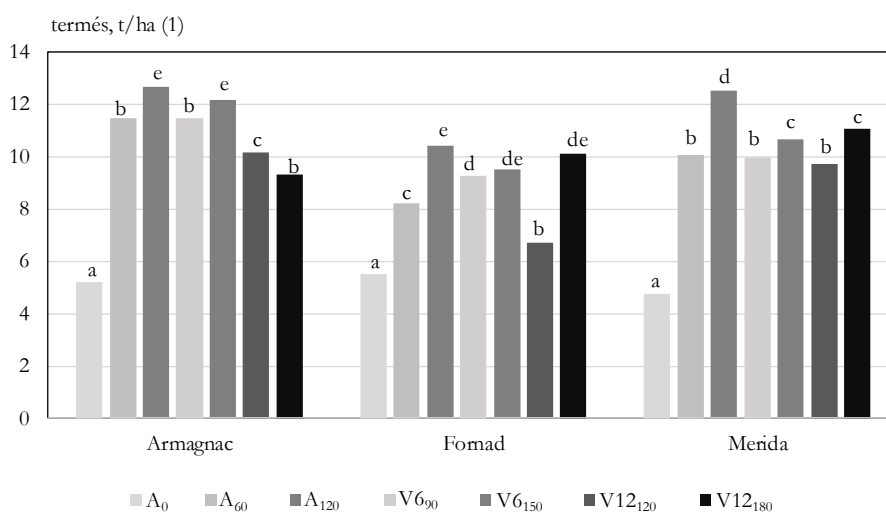
A hibrideket műtrágyakezelésenként egymással összehasonlítva, megállapítható, hogy a kontroll kezelésben (A_0) megbízható eltérés a *Fornad* és a *Merida hibrid* között volt. A *Fornad hibrid* 12,5%-kal magasabb hozammal rendelkezett ($p < 0,05$). A 60 kg N/ha (A_{60}) alaptrágya kezelés átlagosan 64,7%-kal emelte a termést ($p < 0,05$), amely a *Merida hibrid* estében volt a legnagyobb, a termésnövekedés 90,9%-os volt. Ebben a kezelésben a legalacsonyabb termésmennyisége a *Fornad hibridnek* volt, amelyet az *Armagnac hibrid* 20,6%-kal ($p < 0,001$), a *Merida hibrid* 25,6%-kal ($p < 0,01$) múlt felül. A 60 kg N/ha alaptrágyát (A_{60}) további 30 kg N/ha dózissal növelt kezelésben ($V_{6_{30}}$) mindhárom hibridnél nem szignifikáns csökkenés mutatkozott. A $V_{6_{30}}$ kezelésben a *Merida* és az *Armagnac hibrid* között megbízható különbség nem volt. A *Fornad hibrid* termése azonban kevesebb volt 24,7%-kal, mint az *Armagnac* ($p < 0,05$) és 33,2%-kal, mint a *Merida hibrid* termése ($p < 0,001$). A $V_{12_{120}}$ kezelésben a *Fornad* és az *Armagnac hibrid* ($p < 0,001$), illetve a *Fornad* és a *Merida* ($p < 0,01$) hibrid között volt kimutatható igazolt különbség. Az A_{120} kezelésben az *Armagnac hibrid* termése jelentősen magasabb volt, mint a *Fornad* és a

Merida hibridé, amely eltérés minkét esetben 0,1%-os szinten igazolt. A V6₁₅₀ kezelésben az Armagnac és a Fornad hibridek között megbízható eltérés nem volt, azonban a Merida hibrid 45,4%-kal ($p < 0,001$) meghaladta az Armagnac, és 74%-kal ($p < 0,001$) a Fornad hibrid termését. A V12₁₈₀ kezelésben a hibridek termésmennyisége között statisztikailag igazolt különbség nem volt.

A kukorica hibridek termése öntözött változatban

Műtrágyakezelésenként vizsgáltuk a hibridek termését öntözött körülmények között, az értékek 4,738 és 12,668 t/ha között változtak (8. ábra).

8. ábra. Az alap- és fejtrágyázás hatása a kukorica hibridek termésre, öntözött változat (Debrecen, 2022)



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

Figure 8. Effect of basal and top dressing fertilisation on the yield of maize hybrids, irrigated version (Debrecen, 2022) (1) Yield (t/ha), Note: Yield values marked with different letters are significantly different from each other based on Duncan's test at the $p < 0.05$ probability level.

Az Armagnac hibridnél az A₀ kezelés 5,189 t/ha-os terméséhez viszonyítva a legkisebb alapidózisú N műtrágyakezelés (A₆₀) 6,256 t/ha-al (120,6%;

$p < 0,05$), a nagyobb 120 kg N/ha kezelés (A_{120}) 7,479 t/ha-al (144,1%; $p < 0,05$) növelte a termést. A két alapkezelés közötti eltérés 1,223 t/ha volt ($p < 0,05$). A V6 szakaszban kijuttatott +30 kg N/ha (V_{690}) nem befolyásolta a termés alakulását, azonban V12 fenofázisban a további +30 kg N/ha (V_{12120}) jelentős csökkenést eredményezett (1,323 t/ha; $p < 0,05$). Az A_{120} alapkezeléshez viszonyítva a V_{6150} kezelés hatására szignifikáns változás nem volt kimutatható, majd a további N adag kijuttatására (V_{12180}) már 2,895 t/ha-ral csökkent a termés ($p < 0,05$). A statisztikailag igazolt legnagyobb termésmennyiség az A_{120} kezelés hatására alakult ki ($p < 0,05$).

Fornad hibridnél az A_0 kezeléshez (5,518 t/ha) viszonyítva az alap 60 kg N/ha (A_{60}) 8,195 t/ha-ra, az alap 120 kg N/ha (A_{120}) 10,420 t/ha-ra növelte a termést, amely 48,5% és 88,8%-os növekedést jelent. Eredményes volt 60 kg N/ha + a V6 fenofázisban további 30 kg N/ha kijuttatása (V_{690} ; 9,242 t/ha), amely 1,047 t/ha-os szemtermés növekedés ($p < 0,05$). Növelve a műtrágyamennyiséget (V_{12120}) már jelentős termésnövekedést realizáltunk (2,536 t/ha; $p < 0,05$). Az A_{120} kezelés 10,420 t/ha terméseredményét a további fejtrágya-kezelések pozitívan nem befolyásolták ($p < 0,05$). Az alkalmazott kezelések közül a legnagyobb termésmenővelő hatásúnak a tavaszi alap 120 kg N/ha kezelés tekinthető ($p < 0,05$).

Merida hibridnél a 60 kg N/ha tavaszi alapkezelés (10,069 t/ha) 112,5%-os növekedést hozott a nem műtrágyázott kezeléshez képest (4,738 t/ha). Az A_{120} kezelésnek 163,5%-os termésmenővelő hatása volt, elérve a 12,502 t/ha-t, ezzel a legeredményesebb kezelés volt ($p < 0,05$). A fejtrágyakezelések hatására pozitív változás nem alakult ki.

A hibrideket műtrágyakezelésenként egymással összehasonlítva, megállapítható, hogy a kontroll kezelésben (A_0) megbízható eltérés az Armagnac és a Fornad hibrid között nem volt. A Merida termése volt alacsonyabb mindkét hibrid termésétől ($p < 0,05$). Az alap 60 kg N/ha kezelésben (A_{60}) az Armagnac hibrid jelentősen meghaladta a Fornad (39,7% $p < 0,001$) és a Merida hibrid (13,7%; $p < 0,01$) termését. A Merida hibridnek 22,9%-kal volt több szemtermése, mint a Fornad hibridnek ($p < 0,001$). Mindhárom hibrid esetében a legeredményesebb tápanyagkezelésben (A_{120}) az Armagnac és a Fornad hibridek termése között volt a legjelentősebb eltérés. A hosszabb tenyészidejű Armagnac hibrid termése 2,248 t/ha haladta meg a Fornad hibrid termését ($p < 0,001$). Az Armagnac és Merida hibridek között 1%-os szinten igazolt eltérés volt. A

Merida hibrid 2,082 t/ha-os terméstöbblettel reagált erre a kezelésre a Fornad hibridhez képest ($p < 0,001$). A fejtrágyakezelésekben szignifikáns eltérés volt a hibridek között, kivéve az Armagnac és Merida hibridek V12₁₂₀ kezelését. A hibridek között a legnagyobb eltérés az Armagnac és Fornad hibrid között volt kimutatható a V12₁₂₀ kezelésben (3,444 t/ha; $p < 0,001$), ahol az Armagnac hibrid (10,150 t/ha) terméseredménye volt eredményesebb.

Öntözés hatása a kukorica hibridek termésére

Az öntözés a műtrágyakezelések átlagában az Armagnac hibridnél volt a legjelentősebb (3,381 t/ha), míg a Fornad és a Merida hibrideknél közel azonos volt (2,3 t/ha). Minden tápanyagszinten kivéve az A₀ (Fornad hibrid) és a V12₁₈₀ (Merida hibrid) kezelést, az Armagnac hibridnél volt az öntözésnek a legnagyobb termésnövelő hatása. A legnagyobb mértékű termésnövelő hatás hibridenként eltérő tápanyagszinten alakult ki, az Armagnac hibridnél V6₁₅₀ (5,267 t/ha), a Fornad hibridnél a V6₉₀ (4,075 t/ha) és a Merida hibridnél az A₁₂₀ (4,160 t/ha) kezelésben.

Következtetések

A legrövidebb tenyészidejű Merida hibrid (FAO 370-390) klorofill-koncentrációja – a kezelések átlagában – volt a legnagyobb, míg az Armagnac hibridé, amely a legnagyobb FAO számmal rendelkezett (FAO 490) volt a legkisebb, mind a nem öntözött mind az öntözött változatban.

Nem öntözött körülmények között a Fornad hibridnél a V12₁₈₀ kezelés (40,5; $p < 0,05$), öntözött körülmények között mindhárom hibridnél az A₆₀ kezelés hatására mértük a legnagyobb SPAD értéket ($p < 0,05$), amely a Fornad hibridnél volt jelentősebb (39,3%) az A₀ kezelés értékéhez képest. A hibridek között megbízható különbség az Armagnac és a Fornad hibrid között volt, öntözött változatban, az A₆₀ kezelésben. A Fornad hibrid klorofill-koncentrációja 4,9 SPAD értékkel (13,0%; $p < 0,05$) volt nagyobb, mint az Armagnac hibridé.

Az öntözés mindhárom hibridnél az A₁₂₀ és a fejtrágyakezelések mindegyikében növelte a klorofill-koncentrációt. Megbízható hatásúnak ($p < 0,05$) az Armagnac hibridnél a V6₉₀, a Fornad hibridnél az A₆₀ és a Merida hibridnél a V12₁₈₀ kezelés bizonyult. A kezelések átlagában a Merida hibridnél mutatható ki a

legkisebb (2,1%), míg a Fornad hibridnél a legnagyobb (3,8%) öntözéshatás. Fenológiai szakaszonként értékelve az öntözés hatását, azt tapasztaltuk, hogy a korai vegetatív szakaszokban (V6, V8 és V10) az öntözés hatására mindhárom hibridnél csökkent, majd a V12 fenofázistól növekedett a SPAD érték. Az R1 és R3 fenofázisban már jelentős volt az öntözéshatás. A Fornad hibrid klorofill-koncentrációja növekedett a legnagyobb mértékben az R3 fenofázisban, 21,5%-kal.

Nem öntözött változatban a hibridek természetes tápanyag-hasznosító képességét tekintve a Fornad és a Merida hibrid között volt kimutatható eltérés ($p < 0,05$). Az Armagnac és a Fornad hibridnél az A₁₂₀ kezelés volt megbízható hatással a terméshozásra ($p < 0,05$), ahol az Armagnac hibrid termése 1,303 t/ha-val volt magasabb, mint a Fornad hibridé ($p < 0,001$). A Merida hibridnél a V₆₁₅₀ fejtrágyakezelés (10,060 t/ha) volt eredményes ($p < 0,05$). A legnagyobb különbséget a hibridek között a V₆₁₅₀ kezelésben tudtuk kimutatni, a Fornad és a Merida hibrid között, ahol a Merida hibrid 4,278 t/ha-val ($p < 0,001$) haladta meg a Fornad hibrid termését.

Öntözött körülmények között mindhárom hibridnél az A₁₂₀ kezelés volt legnagyobb hatással a termés alakulására ($p < 0,05$). Ebben a kezelésben jelentős eltérés az Armagnac és Fornad között volt, ahol az Armagnac termése 2,248 t/ha-val volt nagyobb, mint a Fornad hibridé ($p < 0,001$). A fejtrágyakezelések hatására nem alakult ki szignifikáns terméshozás egyik hibridnél sem.

Az öntözés hatását értékelve megállapítható, hogy mindhárom hibridnél minden tápanyagszinten az öntözés növelte a termés mennyiségét. Az öntözés legnagyobb terméshozó hatása hibridenként eltérő tápanyagszinten alakult ki, az Armagnac hibridnél a V₆₁₅₀ (5,267 t/ha), a Fornad hibridnél V₆₉₀ (4,075 t/ha), és a legrövidebb tenyészidejű Merida hibridnél az A₁₂₀ kezelésben (4,160 t/ha). Ez az Armagnac és Fornad hibridnél 76,1 és 78,9%-os, míg a Merida hibridnél 49,9%-os növekedést jelent.

Kimutattuk, hogy természetes csapadékellátottság mellett, extrém aszályos évben a korai érésű Merida (FAO 380) hibrid V₆₁₅₀ kezeléssel, ha lehetőség van az öntözésre, akkor az középérésű Armagnac (FAO 490) hibrid A₁₂₀ kezeléssel javasolható a termesztésre.

Köszönetnyilvánítás

A tanulmány alapjául szolgáló kutatást a TKP2021-NKTA-32 számú projekt a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból biztosított támogatással, a TKP2021-NKTA pályázati program finanszírozásában, illetve a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj támogatásával készült.

IRODALOM

- Árendás T.–Bónis P.–Marton L. Cs.–Berzsenyi Z.: 2008. Aszály után köpönyeg? Martonvásár: az MTA Mezőgazdasági Kutatóintézetének Közleményei. 20. 1: 10–11.
- Árendás T.–Berzsenyi Z.–Bónis P.–Szőke Cs.–Marton L. Cs.–Fodor N.: 2018. A vetésforgó, a trágyázás és a növényszám hatása a kukorica termésére. *Agrofórum Extra*. 75: 98–103.
- Barbieri, P. A.–Echeverría, H. E.–Saínez Rozas, H. E.–Andrade, F. H.: 2008. Nitrogen Use Efficiency in Maize as Affected by Nitrogen Availability and Row Spacing. *Agron. J.* 100: 1094–1100.
- Berzsenyi, Z.: 2009. Studies on the effect of N fertilisation on the growth of maize (*Zea mays* L.) hybrids II. Plant growth analysis and growth parameters. *Acta Agronomica Hungarica*. 57. 3: 267–276.
- Berzsenyi, Z.–Arendas, T.–Bonis, 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.
- Bocz E.–Nagy J.–Pepó P.–Sárvári M.: 1984. A tápanyag- és vízellátás hatása az őszi búza és kukoricafajták termésmennyiségére, minőségére és öntözési reakciójára. *Agrártudományi Egyetem Tudományos Közl. Debrecen*. 101–112.
- Bojtor, Cs.–Mousavi, S. M. N.–Illés, Á.–Golzardi, F.–Széles, A.–Szabó, A.–Nagy, J.–Marton, Cs. L.: 2022. Nutrient Composition Analysis of Maize Hybrids Affected by Different Nitrogen Fertilisation Systems. *Plants-Basel*. 11: 1593.
- Carter, G. A.–Knapp, A. K.: 2001. Leaf optical properties in higher plants: Linking spectral characteristics to stress and chlorophyll concentration. *Am. J. Bot.* 88: 677–684.
- Costa, C.–Dwyer, L. M.–Dutilleul, P.–Stewart, D. W.–Ma, B. L.–Smith, D. L.: 2001. Inter-relationships of applied nitrogen, SPAD, and yield of leafy and non-leafy maize genotypes. *J. Plant Nutr.* 24: 1173–1194.
- Costa de Oliveira, A.–Marini, N.–Farias, D. R.: 2014. Climate Change: New Breeding Pressures and Goals. [In: Neal, K. Van Alfen (ed.) *Encyclopedia of Agriculture and Food Systems*.] Academic Press. 284–293.

- Cramer, M. D.–Hawkins, H. J.–Verboom, G. A.: 2009. The importance of nutritional regulation of plant water flux. *Oecologia*. 161: 15–24.
- Csajbók J.: 2018. Az öntözés gyakorlata, a növényeink vízigénye. Agrofórum. Online. 2018. november 7.
- Csajbók, J.–Kutasy, E.–Borbélyné, H. É.: 2003. The yield stability of maize and winter wheat in a long-term experiment. The environment resources and sustainable development: International Scientific Session Oradea. Romania. 43.
- Csathó P.–Kádár I.–Márton L.–Shalaby, M. H.–Turán T.: 2017. A főbb makro-és mikroelemek közötti kölcsönhatások kísérletes vizsgálata. (Kádár I.–Csathó P. szerk.) MTA Agrártudományi Kutatóközpont. Martonvásár.
- 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*. 1406-894X.
- Food Security Indicators (FAO)*: 2020. <http://www.fao.org/economic/ess/ess-fs/ess-fadata/en/#.XiYStoh7mcw>
- Gabriel, J. L.–Quemada, M.–Alonso-Ayuso, M.–Lizaso, J. I.–Martín-Lammerding, D.: 2019. Predicting N status in maize with clip sensors: Choosing sensor, leaf sampling point, and timing. *Sensors (Basel)*. 19. 18: 3881.nn.
- Gowda, P.–Steiner, J. L.–Olson, C.–Boggess, M.–Farrigan, T.–Grusak, M. A.: 2018: Agriculture and Rural Communities. [In: Reidmiller et al. (eds.) *Impacts, Risks, and Adaptation in the United States: Fourth National Climate Assessment, Volume II.*] U.S. Global Change Research Program. Washington DC. USA. 391–437.
- Horváth, É.–Gombos, B.–Széles, A.: 2021. Evaluation phenology, yield and quality of maize genotypes in drought stress and non-stress environments. *Agronomy Research*. 19. 2: 408–422.
- Huzsvai L.–Vincze Sz.: 2013. SPSS-Books. Debrecen. 325.
- Huzsvai, L.–Zsembeli, J.–Kovács, E.–Juhász, Cs.: 2020. Can technological development compensate for the unfavorable impacts of climate change? Conclusions from 50 years of maize (*Zea mays* L.) production in Hungary. *Atmosphere*. ISSN 2073–4433. <https://doi.org/10.3390/atmos11121350>
- Illés, Á.–Mousavi, S. M. N.–Bojtor, C.–Nagy J.: 2020. The plant nutrition impact on the quality and quantity parameters of maize hybrids grain yield based on different statistical methods. *Cereal Res. Commun.* 48: 565–573.
- Izsáki, Z.: 2009. Effect of nitrogen supply on the nutrition of maize. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* 40: 960–973.
- Jaleel, C. A.–Gopi, R.–Sankar, B.–Gomathinayagam, M.–Panneerselvam, R.: 2008. Differential responses in water use efficiency in two varieties of *Catharanthus roseus* under drought stress. *Comp. Rend. Biol.* 331: 42–47.

- Jägermeyr, J.–Frieler, K.: 2018. Spatial variations in crop growing seasons pivotal to reproduce global fluctuations in maize and wheat yields. *Sci. Adv.* 4. 11: eaat4517.
- Jolánkai M.–Kassai M. K.–Kende Z.–Tarnawa Á.: 2022. Aszály és növénytermesztés – a szélsőséges hatások áttekintése. *Növénytermelés.* 71. 3–4: 87–93.
- Jordan, D. R.–Hunt, C. H.–Cruickshank, A. W.–Borrell, A. K.–Henzell, R. G.: 2012. The relationship between the stay-green trait and grain yield in elite sorghum hybrids grown in a range of environments. *Crop Science.* 52. 3: 1153–1161.
- Kádár I.–Csathó P.: 2015. A nitrogén és a réz közötti kölcsönhatás vizsgálata szabadföldi kukorica kísérletben. *Agrokémia és Talajtan.* 64. 1: 177–188.
- Li, X.–Hu, C.–Delgado, J. A.–Zhang, Y.–Ouyang, Z.: 2007. Increase nitrogen use efficiency as a key mitigation alternative to reduce nitrate leaching in north china plain. *Agr. Water Manage.* 89: 137–147.
- Lobell, D. B.–Schlenker, W.–Costa-Roberts, J.: 2011. Climate trends and global crop production since 1980. *Science.* 333: 616–620.
- Maitah, M.–Malec, K.–Maitah, K.: 2021. Influence of precipitation and temperature on maize production in the Czech Republic from 2002 to 2019. *Sci Rep.* 11: 10467.
- Marton L. Cs.–Árendás T.–Bónis P.–Nagy J.–Berzsenyi Z.: 2005a. A vízellátás hatása különböző tenyésztési kukorica hibridek agronómiai tulajdonságaira. „AGRO-21” Füzetek. Klímaváltozás –hatások –válaszok. 41: 95–101.
- Marton, L. Cs.–Szundy, T.–Pók, I.: 2005b. Effect of the year on the vegetative and generative phases in the growing period of maize. *Acta Agronomica Hungarica.* 53. 2: 133–141.
- Mohammed, S.–Alsafadi, K.–Enarubbe, G. O.–Bashir, B.–Elbeltagi, A.–Széles, A.–Alsalmán, A.–Harsányi, E.: 2022. Assessing the impacts of agricultural drought (SPI/SPEI) on maize and wheat yields across Hungary. *Sci Rep.* 12. 1: 8838.
- Nagy, J.: 1997. The effects of fertilization on the yield of maize (*Zea mays* L.) with and without irrigation. *Cereal Res. Commun.* 25. 1: 6–76.
- Nagy, J.: 2010. Impact of Fertilization and Irrigation on the Correlation between the Soil Plant Analysis Development Value and Yield of Maize. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 41. 11: 1293–1305.
- Nagy J.: 2021. *Kukorica. A nemzet aranya – Élelmiszer, takarmány, bioenergia.* Szaktudás Kiadó Ház Zrt. Budapest.
- Niu, X. L.–Hu, T. T.–Liu, T. T.–Wu, X.–Feng, P. Y.–Liu, J.–Li, K.–Zhang, F. C.: 2014. Appropriate partial water stress improving maize root absorbing capacity. *J. Agric. Eng.* 30: 80–86.
- OMSZ: 2020. https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/eghajlati_adatsorok/Debrecen/adatok/napi_adatok/index.php

- Pan, J.-Sharif, R.-Xu, X.-Chen, X.: 2021. Mechanisms of Waterlogging Tolerance in Plants: Research Progress and Prospects. *Front. Plant Sci.* 11: 627331.
- Pepó P.: 2021. Évjáratok és agrotechnikai tényezők hatásának komplex értékelése tartamkísérletben. *Növénytermelés.* 70. 4: 43-58.
- Plett, D. C.-Ranathunge, K.-Melino, V. J.-Kuya, N.-Uga, Y.-Kronzucker, H. J.: 2020. The intersection of nitrogen nutrition and water use in plants: new paths toward improved crop productivity. *Journal of Experimental Botany.* 71. 15: 4452-4468.
- Rácz Cs.-Nagy J.: 2011. A víz- és tápanyagellátottság, illetve -hasznosulás megítélésének kérdései kukorica terméseredmények vonatkozásában. *Növénytermelés.* 60. 1: 97-114.
- Rhezali, A.-Aissaoui, A. E.: 2021. Feasibility Study of Using Absolute SPAD Values for Standardized Evaluation of Corn Nitrogen Status. *Nitrogen.* 2: 298-307.
- Sardans, J.-Peñuelas, J.: 2012. The role of plants in the effects of global change on nutrient availability and stoichiometry in the plant-soil system. *Plant Physiol.* 160: 1741-1761.
- Schepers, J. S.-Blackmer, T. M.-Wilhelm, W. W.-Resende, M.: 1996. Transmittance and Reflectance Measurements of Corn Leaves from Plants with Different Nitrogen and Water Supply. *J. Plant Physiol.* 148: 523-529.
- Simkó, A.-Gáspár, S.-Kiss, L.-Makleit, P.-Veres, Sz.: 2020. Evaluation of Nitrogen Nutrition in Diminishing Water Deficiency at Different Growth Stages of Maize by Chlorophyll Fluorescence Parameters. *Plants-Basel.* 9. 6: 676.
- Simkó, A.-Veres, Sz.: 2019. Evaluation of the correlation between SPAD readings and absolute chlorophyll content of maize under different nitrogen supply conditions. *Acta Agraria Debreceniensis.* 2: 121-126.
- Song, L.-Jin, J.-He, J.: 2019. Effects of Severe Water Stress on Maize Growth Processes in the Field. *Sustainability.* 11: 5086.
- Spitkó, T.-Nagy, Z.-Tóthné Zsubori, Zs.-Halmos, G.-Bányai, J.-Marton, L. Cs.: 2014. Effect of drought on yield components of maize hybrids (*Zea mays* L). *Maydica.* 59: 161-169.
- Szabó, A.-Széles, A.-Illés, Á.-Bojtor, C.-Mousavi, S. M. N.-Radócz, L.-Nagy, J.: 2022. Effect of Different Nitrogen Supply on Maize Emergence Dynamics, Evaluation of Yield Parameters of Different Hybrids in Long-Term Field Experiments. *Agronomy.* 12: 284.
- 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.
- Szilágyi, G.-Vad, A.-Pepó, P.: 2013. Nutrient and water utilisation analyses of maize on chernozem soil in a long-term field experiment. *Acta Agraria Debreceniensis.* 52: 77-82.

- Terrer, C.–Jackson, R. B.–Prentice, I. C.–Keenan, T. F.–Kaiser, C.–Vicca, S.–Fisher, J. B.–Reich, P. B.–Stocker, B. D.–Hungate, B. A.–Peñuelas, J.–McCallum, I.–Soudzilovskaia, N. A.–Cernusak, L. A.–Talhelm, A. F.–Van Sundert, K.–Piao, S.–Newton, P. C. D.–Hovenden, M. J.–Franklin, O.: 2019. Nitrogen and phosphorus constrain the CO₂ fertilization of global plant biomass. *Nat Clim Chang*. 9. 9: 684–689.
- Tian, L.–Li, J.–Bi, W.–Zuo, S.–Li, L.–Li, W.–Sun, L.: 2019. Effects of waterlogging stress at different growth stages on the photosynthetic characteristics and grain yield of spring maize (*Zea mays* L.) Under field conditions. *Agric. Water Manag.* 218: 250–258.
- United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division: 2022. World Population. Prospects 2022: Summary of Results. UN DESA/POP/2022/TR/NO. 3
- Ványiné Széles, A.–Megyes, A.–Nagy, J.: 2012. Irrigation and nitrogen effects on the leaf chlorophyll content and grain yield of maize in different crop years. *Agric. Water. Manag.* 107: 133–144.
- Ványiné Széles, A.–Nagy, J.: 2012. Effect of nutrition and water supply on the yield and grain protein content of maize hybrids. *Aust. J. Crop Sci.* 6. 3: 381–290. ID 73644747
- Walsh, M. K.–Backlund, P.–Buja, L.–DeGaetano, A.–Melnick, R.–Prokopy, L.–Takle, E.–Todey, D.–Ziska, L.: 2020. Climate Indicators for Agriculture. USDA Technical Bulletin 1953. Washington DC. 70.
- Wilson, A. B.–Avila-Diaz, A.–Oliveira, L. F.–Zuluaga, C. F.–Mark, B.: 2022. Climate extremes and their impacts on agriculture across the eastern corn belt region of the U.S. *Weather Clim. Extrem.* 37: 100467.
- Wiswakumar, A.–Muller, R. W.–Sundermeier, A.–Dygert, C. E.: 2008. Tillage and nitrogen application methodology on corn grain yield. *J. Plant Nutr.* 31: 1963–1974.
- Xue, Y.–Yan, W.–Gao, Y.–Zhang, H.–Jiang, L.–Qian, X.–Cui, Z.–Zhang, C.–Liu, S.–Wang, H.–Li, Z.–Liu, K.: 2021. Interaction Effects of Nitrogen Rates and Forms Combined With and Without Zinc Supply on Plant Growth and Nutrient Uptake in Maize Seedlings. *Front. Plant Sci.* 12: 722–752.
- Yadav, M. R.–Kumar, R.–Parihar, C. M.–Yadav, R. K.–Jat, S. L.–Ram, H.–Meena, R. K.–Singh, M.–Birbal, Verma, A. P.–Kumar, U.–Ashis Ghosh–Jat, M. L.: 2017. Strategies for improving nitrogen use efficiency: A review. *Agricultural Reviews.* 38. 1: 29–40.
- Zagyi P.–Rácz D.–Tamás A.–Vad A.–Horváth É.–Széles A.: 2022. A relatív klorofilltartalom és a termésmennyiség kapcsolatának vizsgálata eltérő genotípusú kukorica hibridekben. *Növénytermelés.* 71. 2: 101–120.

Zhang, X.-Shangguan, Z.: 2011. Effects of nitrogen fertilization on leaf photosynthesis and respiration of different drought-resistance winter wheat varieties. Ying Yong Sheng Tai Xue Bao J. Appl. Ecol. 17: 2064–2069.

Zheng, M. J.-Zhang, L. H.-Zhai, L. H.-Dong, Z. Q.-Jia, X. L.: 2022. Comparison of irrigation strategies for summer maize under deficit irrigation: Grain yield and water use efficiency. Chin. J. Ecol. Agric. 30: 203–215.

A tartamkísérletek eredményeiből jelen cikk szerzőinek közreműködésével megjelent legújabb publikációk jegyzéke az 57–62. oldalon található.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

*Dr. Kakuszi-Széles Adrienn – Dr. Horváth Éva – Simon Károly – Zagyi Péter

Debreceni Egyetem MÉK

Földhasznosítási, Műszaki és Precíziós Technológiai Intézet

Debrecen

Böszörményi út 138.

H-4032

*szelesa@agr.unideb.hu