

A búza (*Triticum aestivum* L.) és a kukorica (*Zea mays* L.) szárazságtűrésének vizsgálata

FUTÓ ZOLTÁN

MATE Környezettudományi Intézet, Szarvas

Összefoglalás

A kísérleteket Szarvason, a MATE KÖTI Öntözésfejlesztési és Meliorációs Tanszékéhez tartozó galambosi kísérleti telepén található fóliában állítottuk be. Tenyészedenként 10 literes műanyag fehér színű vödörket használtunk. A vödör átmérője 27,5 cm, így a talaj felülete 593,6 cm². A búzakísérlet beállítására 2020. november 4-én került sor három búzafajtaival, három vízellátási szinten (VKsz40%, VKsz60% és VKsz80%), három ismétlésben, összesen 27 tenyészedenként. A kukoricakísérlet beállítására 2021. április 19-én került sor öt kukorica hibriddel, három nedvességszinten, három ismétlésben, összesen 45 tenyészedenként.

Az általunk használt talajban a leiszapolható részek mennyisége 31,6%, tehát homokos vályog fizikai féleségű talaj, a kémhatása gyengén savanyú (pH_{H₂O} 6,54), meszet nem tartalmaz, a vízben oldható összes sótartalom alapján kis sótartalmú (só%<0,1).

A kísérletben három különböző búzafajta (MV Nemere, GK Szilárd és a Sothys) és öt kukorica hibrid (GKT 4486 (Lehel), GK SILOSTAR, GKT 372, GKT 376, GKT 3385) szárazságtűrését vizsgáltuk a természetes csapadéktól elzárt körülmények között.

A kísérletben a következő fenológiai paraméterek mérése történt: relatív klorofilltartalom (SPAD) Konica SPAD 501 műszerrel, levélterület (cm²) (CI-203 Handheld Laser Leaf Area Meter), levélterület index (LAI m²/m²), növénymagasság (cm), levél- és szártömeg (g), gyökértömeg (g), kalász/csőtömeg (g), terméskepző paraméterek.

A kísérletben mindhárom búzafajta igen jól reagált a vízadagok növekedésére. Az összes biomasza és a gyökértömeg is növekedett, de a változás VKsz40%-ról VKsz60%-ra nagyobb léptékű volt, mint VKsz60%-ról VKsz80%-ra.

A szemtermés mennyiségének vizsgálatánál a legkisebb vízellátás esetén (VKsz40%) a legtöbb termést a Sothys produkálta (34,15 g/tenyészedeny; 5,75 t/ha), míg a legkisebb hozamot az Mv Nemere adta (26,69 g/tenyészedeny; 4,50 t/ha). A legnagyobb terméseket a legjobb vízellátás esetén kaptuk. A Sothys VKsz80%-os vízellátás esetén nagyon jó hozamot produkált (69,58 g/tenyészedeny; 11,72 t/ha), valamint a legkisebb hozamot itt is az MV Nemere érte el (56,70 g/tenyészedeny; 9,55 t/ha) termés eredménnyel.

A búza minőségvizsgálati eredményei azt mutatták meg, hogy a növekvő vízellátás hatására a három vizsgált fajta minőségi paraméterei egységesen romlottak. A nagyobb elérhető vízmennyiség jelentősen növeli a hozamokat, ami negatívan befolyásolta a minőséget.

A kukoricakísérlet eredményeiből levonható, hogy a kukorica hibridek klorofilltartalma a jó és közepes vízellátás mellett (VKsz80% és VKsz60%) magasabb volt, illetve a hibridek tovább maradtak zöldek, tovább fotoszintetizáltak, vagyis jó vízellátás mellett meghosszabbodott a kukorica hibridek tenyészideje.

Száraz körülmények között (VKsz40%) két hibrid teljesítménye volt kiugró. A GKT 372 és a GKT 376 kukorica hibridek ilyen körülmények között közel 65%-kal adtak nagyobb csőtömeget az utánuk következő hibridekétől. A másik fontos vizsgált tulajdonság, hogy milyen a hibridek „öntözési reakciója”. A vizsgálataink alapján a GK SILOSTAR egy kifejezetten jó öntözési reakcióval rendelkező, de szárazságra érzékeny típusú kukorica hibrid, míg a GKT 376 egy kiváló öntözési reakcióval és mellette jó szárazságtűréssel is rendelkező kukorica hibrid.

Kulcsszavak: szárazság stressz, kukorica, búza, vízellátás, fenológiai paraméterek

Examination of drought tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.) and maize (*Zea mays* L.)

Z. FUTÓ

MATE Institute of Environmental Sciences, Szarvas

Summary

The experiments were set up in the foil tent in Szarvas, at the Galambos experimental site belonging to the MATE KÖTI Department of Irrigation Development and Land Improvement. 10 liter white plastic buckets were used as cultivation pot. The diameter of the bucket is 27.5 cm, so the ground surface is 593.6 cm². The wheat experiment was set up on November 4, 2020, with 3 wheat varieties, at 3 water supply levels (Field Water Capacity „FWC”; FWC40%, FWC60% and FWC80%) in 3 repetitions, in a total of 27 cultivation pots. The maize experiment was set up on April 19, 2021, with 5 maize hybrids, at 3 water supply levels, in 3 repetitions, in a total of 45 cultivation pots.

In the soil we use, the amount of parts that can be silted is 31.6%, so it is a sandy loam physical type soil, the chemistry is weakly acidic (pH_{H₂O} 6.54), based on the total salt content soluble in water, it has a low salt content (salt%<0.1).

In the experiment, the drought tolerance of 3 different wheat varieties (MV Nemere, GK Szilárd and Sothys) and 5 maize hybrids (GKT 4486 (Lehel), GK SILOSTAR, GKT 372, GKT 376, GKT 3385) was investigated under conditions deprived of natural precipitation.

The following phenological parameters were measured in the experiment: Relative chlorophyll content (SPAD) with a Konica SPAD 501 instrument, Leaf area (cm²) (CI-203 Handheld Laser Leaf Area Meter), Leaf area index (LAI m²/m²), Plant height (cm), Leaf and stem weight (g), Root weight (g), Ear/Tube weight (g) and yielding parameters.

In the experiment, all three wheat varieties responded very well to the increase in water content. Total biomass and root mass also increased, but the change from FWC40% to FWC60% was on a larger scale than from FWC60% to FWC80%.

When examining the amount of grain yield, in the case of the lowest water supply (FWC40%), the most yield was produced by Sothys (34.15 g/cultivation pot; 5.75 t/ha), while the lowest yield was given by Mv Nemere (26.69 g/cultivation pot; 4.50 t/ha). The largest yields were obtained in the case of the best water supply. Sothys produced a very good yield (69.58 g/cultivation pot; 11.72 t/ha) with a water supply

of FWC80%, and the lowest yield here was also achieved by MV Nemere (56.70 g/cultivation pot; 9.55 t/ha) with yield.

The quality test results of the wheat showed that the quality parameters of the three investigated varieties uniformly deteriorated as a result of the increased water supply. The value of the larger amount of available water increases the yields, which negatively affected the quality.

From the results of the maize experiment, it can be deduced that the chlorophyll content of the maize hybrids was higher with good and average water supply (FWC80% and FWC60%), and that the hybrids remained green longer and photosynthesized longer, that is, the growing time of the maize hybrids was extended with good water supply.

In dry conditions (FWC40%), the performance of two hybrids was outstanding. Under these conditions, the maize hybrids GKT 372 and GKT 376 gave 65% more cob mass than the hybrids following them. The other important investigated property is the "irrigation reaction" of the hybrids. Based on our tests, GK SILOSTAR is a maize hybrid with a good reaction to irrigation but sensitive to drought, while GKT 376 is a maize hybrid with an excellent reaction to irrigation and also drought tolerance.

Key words: drought stress, maize, wheat, water supply, phenological parameters

Bevezetés

Az őszi búza a világon a legnagyobb jelentőséggel bíró gabonaféle, amelynek Magyarországon is kiemelkedő szerepe van. A termesztésének egyre kritikusabb pontja azonban a megfelelő vízellátás, ugyanis egyre gyakrabban alakulnak ki hazánkban is olyan évjáratok, amikor a búza terméseredményeit a vízhiány akadályozza a legnagyobb mértékben.

Ruzsányi (2000) rámutatott, hogy a hidrometeorológiai szélsőségek a búza termésének stabilitására igen nagy hatással vannak. Kutatása alapján a stabilitás növekedését az átlagos évjárat biztosítja. Száraz évjárat esetében közepes stabilitás mutatható ki, csapadékos évjáratban pedig gyenge stabilitás várható. *Barabás* (1987) szerint a búza legvízigényesebb időszaka a szárba szökéstől a szemképződésig tart. Ha ilyenkor vízhiány van, akkor fejlődése lelassul, a megtermékenyülés romlik, ami terméseszköket okoz.

A termesztésben a víz túlzott jelenléte, avagy hiánya már az egyedfejlődés korai szakaszában is komoly határokat szabhat a növények fennmaradásában, növekedésében. Huzamosan fennálló vízhiányt a különböző növényfajták eltérő mértékben képesek átvészelni. Ezt alapvetően a fajta egyedi vízhasznosító képessége és a genetikailag determinált szárazságtűrése határozza meg (*Wilson et al.* 2001). A búza evapotranszpirációja ősszel, télen, kora tavasszal alacsony, és ezt az igényt a téli félév csapadéka biztosítani tudja. Az Alföldön várható ETP-értékek a következők: márciusban 40 mm, áprilisban 80 mm, májusban 120 mm, júniusban 140 mm (*Budavári* 1978). Ezzel szemben *Bocz* (1992) leírja, hogy a búza minőségét a hagyományos öntözés rontja, az idényen kívüli öntözés javítja. A virágzáskori öntözés hatására víztartalék képződik, amely elősegíti a gazdagabb szénhidrátképződést szemterméskor. Ellenben az idényen kívüli öntözés 60–80 mm körüli vízmennyisége erősebb vegetatív fejlettséget okoz, amely a szemképződés időszakára relatív vízhiányt mutat. Az érés időszakára a talajban keletkezett vízhiány már a termést nem csökkenti, hanem az öntözés terméstmennyisége mellett a búza jó minőségének kialakulását eredményezi. *Bocz* (2005) kutatása szerint az öntözés a hátsági területek legjobb talajaira tevődött át. Ennek oka, hogy ezeken a területeken mutatkozik meg a legjobban az öntözés termésmenvelő hatása. Ezen talajokon a búza termése akár 9,75 t/ha-ra növelhető. Az öntözés termésmennyiséget növelő hatása eltérő lehet az ökológiai, termesztéstechnológiai feltételektől, illetve a fajta tulajdonságaitól függően. Száraz években az öntözés termésmenvelő hatása 25–40%-os (1–1,8 t/ha), míg átlagos vagy csapadékos években 5–20%-os (0,3–0,8 t/ha) (*Csajbók* 2004).

A globális klímaváltozás következményeként az abiotikus stressz (pl. aszály, UV-sugárzás) időszakok száma várhatóan növekedni fog. A termésbiztonság ennél fogva az abiotikus stresszekkel szembeni ellenálló képesség függvénye lesz. Szárazságstressz akkor alakul ki, mikor a növény számára nem áll rendelkezésre megfelelő mennyiségű víz. A növényben akkor lép fel vízhiány, amikor a párologtatás sebessége meghaladja a vízfelvételt. A vízhiány kialakulásának alapvetően két oka lehet. Az egyik, hogy rövidebb vagy hosszabb ideig az átlagosnál kevesebb csapadék hullik, amelynek következtében a növény számára nem áll rendelkezésre elegendő víz. A másik, hogy a növény nem képes annyi vizet felvenni, amennyit elpárologtat, így a belső vízegyensúlya megbomlik. Ennek oka lehet a magas hőmérséklet (hőstressz), illetve a

talajban felhalmozódó só (sóstressz). A növények válaszreakciója a szárazság- és a sóstresszre nagy hasonlóságot mutat, ezért általában ezeket az abiotikus stresszfaktorokat együtt szokták vizsgálni (Nagy *et al.* 2017).

A szárazság hatásának ellensúlyozására a növények különböző stratégiákat alkalmaznak. A szárazságtűrő növények a dehidratáltság ellenére képesek az élettani funkcióik megtartására. Az elkerülő stratégia esetén a növények még a nedves évszakban befejezik az életciklusukat, a száraz periódus előtt. A vízpotenciál csökkenését kivédő növények képesek fenntartani a szövetek hidratáltságát, ezen belül vagy vízmegőrző stratégiát követnek, tehát spórolnak a vízzel, vagy a vizet továbbra is nagy mennyiségben fogyasztják, de gondoskodnak annak pótlásáról, például mélyebb gyökérszint segítségével (Guóth 2009). A szárazságstressz a növénytermesztésben az egyik leggyakoribb abiotikus stresszfaktor. A talaj kiszáradása magával vonja a sókoncentráció megnövekedését, valamint a száraz talaj növeli a mechanikai ellenállást a gyökerek számára. Ha a vízellátottság csökken, a hajtás növekedése gyakran jobban gátolt, mint a gyökéré (Akinci és Lösel 2012). Balla és Veisz (2007) kísérlete rámutatott arra, hogy a termés kiesés rendkívül nagymértékű lehet a stresszhatások következtében. Vizsgálataik eredménye szerint a hőstressz hatására a termés 27%-kal, az ezerszemtömeg 20%-kal csökkent. A szárazságstressz a termés 54%-os, az ezerszemtömeg 44%-os csökkenését okozta, valamint ha a két stresszfaktor együttesen volt jelen, akkor ez a szám már 70%-ra, illetve 62%-ra növekedett.

Pepó (2010) vizsgálatai alapján összegzi, hogy a búza minőségét az ökológiai tényezők közel egyharmadrészben (ahol az időjárás 22%, a talaj 10%-ban) befolyásolják nem extrém körülmények mellett. Nyíri (1997) véleménye szerint a nemesítők elsősorban a nagy termőképességű fajták előállításában, a betegségekkel szembeni védekezés kialakításában, a szárszilárdság, illetve a növény minőségének javításában érdekeltek. Csak ezek után jöhet szóba közvetlen nemesítési célként a szárazsággal, az aszályal szembeni tűrőképesség.

A kukorica a búzánál is érzékenyebb az optimális vízellátásra, mert a legvízigényesebb időszaka gyakran esik egybe a Magyarországon kialakuló száraz, aszályos periódusokkal.

Szász és Tőkei (1997) valamint Varga és Varga-Haszonits (2003) a szárazság index alapján megállapították, hogy az 1860–1900-as évek közötti időszakban a nedves és a száraz évjáratok előfordulási aránya megegyezett

(22,5%), az átlagos évjáratok a vizsgált évek több mint felére (55%) voltak jellemzőek, míg az 1980–2000-es évek közötti periódusban az aszályos évjáratok aránya lényegesen nőtt (52,6%) az átlagos évjáratok rovására (26,3%). Ezek a változások jelentős hatást gyakorolnak a kukorica életjelenségeire. Az aszályos évek előfordulása egyre gyakoribbá válik és egyre nagyobb szerepet tölt be a mezőgazdaságban az aszály elleni védekezés (Nyíri 1997).

A címerhányás időszakában érkező aszály 53%-kal, míg a szemtelítődésnél végbemenő aszály 30%-kal képes csökkenteni a termést (Futó és Sárvári 2015). Menyhért (1979), valamint Futó és Sárvári (2015) szerint a kukorica vízigénye 450–550 mm, ami közepesnek mondható. A napi vízfogyasztása 4,5–5,5 mm/ha. A kukorica statikai vízigénye 67–79, ami azt jelenti, hogy a talaj pórustérfogatának hány %-át tölti ki víz és hány %-át levegő. A kukorica transzspirációs együtthatója 350 l/kg, amiből azt tudjuk meg, hogy egységnyi szárazanyag előállításához mennyi vizet használ el a növény. Rafique (2023) megállapította, hogy a vízstressz körülmények között lévő kukoricánövények számos fontos fiziológiai választ mutatnak, beleértve a csökkent sejtturgort. Ezenkívül a szénhidrát-anyagcsere az egyik legfontosabb növényi folyamat a fotoszintézis során keletkező energia elnyelésében, és ennek szubsztrátjairól is bizonyított, hogy részt vesznek a növények szárazságstresszre adott válaszreakcióiban.

Az aszályos stressz jelentős veszélyt jelent a kukoricatermesztésre, ami a stressz súlyosságától és időtartamától függően 30–90%-os termésvesztéshez vezet. A stressz a kukoricát különböző szakaszokban érinti, a kelésétől a szemtelítődésig és különösen káros a virágzás során, amikor a vízhiány késleltetheti a virágzat növekedését és megnöveli nővirágzás idejét, gátolva ezzel a megtermékenyítést és termésvesztéshez vezet (McMillen et al. 2022, Yi et al. 2022).

A kukoricát virágzáskor sújtó szárazságstressz járhat a legnagyobb terméscsökkentő hatással, mivel a vízhiány következtében csökken a szemek és a sorok száma is. Ilyenkor a szárazság okozta kár elérheti a 370 kg/napot is. A szemtelítődéskor bekövetkező szárazság befolyásolja a szem méretét (ezerszemtömegét), illetve a szemtermés-vesztés elérheti akár a 180 kg/napot is (Antal 2005). A vízstressz megzavarhatja a növények növekedését, fejlődését, és különféle élettani folyamatokat, végső soron csökkentve a biomasszát és a termést (Ren et al. 2023).

Ha száraz körülmények között gazdálkodunk – ami a mai viszonytárságos időjárásban elég gyakori –, akkor a termésnövelésnek az egyedüli útja a

hatékonyabb vízhasznosítású, tehát a víz hiányát jól tűrő, ugyanakkor nagy terméspotenciálú hibridek termesztése. A szárazságtűrő/vízstressz tűrő hibridek nemesítése egy olyan korszerű feladat, ami megkönnyíti a termelést egy aszályosabb évjáratban is egyszerűen egy fajtaválasztással, illetve a fajtához igazodó öntözéssel tudunk igazán stabil és gazdaságos termelést végrehajtani, amihez a kutatási leszűrt szaktanácsadás fog előre vezetni (*Futó és Sárvári 2015*).

Anyag és módszer

A kísérleteket Szarvason, a MATE KÖTI Öntözésfejlesztési és Meliorációs Tanszékéhez tartozó galambosi kísérleti telepén található fóliában állítottuk be. Tenyészedényként 10 literes műanyag fehér színű vödörket használtunk. A vödör átmérője 27,5 cm, így a talaj felülete 593,6 cm². A búzakísérlet beállítására 2020. november 4-én került sor három búzafajtaival, három vízellátási szinten, (VKsz40%, VKsz60% és VKsz80%) három ismétlésben, összesen 27 tenyészedényben. A kukoricakísérlet beállítására 2021. április 19-én került sor öt kukorica hibriddel, három nedvességszinten, három ismétlésben, összesen 45 tenyészedényben (*1. ábra*).

Az általunk használt talajban a leiszapolható részek mennyisége 31,6%, tehát homokos vályog fizikai féleségű talaj, a kémhatása gyengén savanyú (pH_{H₂O} 6,54), meszet nem tartalmaz, a vízben oldható összes sótartalom alapján kis sótartalmú (só%<0,1).

A kísérletben három különböző búzafajta (MV Nemere, GK Szilárd és a Sothys) és öt kukorica hibrid (GKT 4486 (Lehel), GK SILOSTAR, GKT 372, GKT 376, GKT 3385) szárazságtűrését vizsgáltuk a természetes csapadéktól elzárt körülmények között.

Az őszi búza kísérletben vödörként 35 db mag lett vetve, majd kelés után minden edényben a tőszámot 31 db-ra állítottuk be, ami megfelel a hektáronkénti 5 millió átlagos tőszámnak. A növényeket a hőmérséklet és a talaj nedvességtartalma alapján öntöztük, kezdetben hetente egyszer azonos mennyiségű vízzel, majd a hőmérséklet emelkedésével növeltük az öntözések gyakoriságát. A különböző vízadagok szétválasztására 2020. április 27-én került sor.

1. ábra. Az őszi búza és a kukorica tenyészedényes kísérletek (Szarvas)

*Figure 1. Experiments with winter wheat and maize in culture pots (Szarvas)*

A búza és a kukorica növények tápanyagellátása is tápoldattal történt az öntözések alkalmával. A növényfajok igényének megfelelően a kezelések azonos mennyiségű tápanyagot kaptak. Tápoldat készítésére kétféle vízóldható műtrágyát használtunk, kezdetben a Péti Starter Plusz kloridmentes komplex műtrágyát, amely 15% nitrogént (N), 30% foszfort (P_2O_5), 15% káliumot (K_2O) és 0,2% mikroelemet tartalmazott, majd a szárbaindulás kezdetétől Volldünger Linz alacsony kloridtartalmú 14-7-21% NPK és 1% mikroelem-tartalmú trágyát. A magnézium- és vashiány elkerülése érdekében néhány alkalommal Mikromix A oldatot is kaptak, amely magnézium-szulfátot és vaskelátot tartalmazott. A tenyészidőszak alatt kétszer kaptak Pétisót szilárd formában, elsősorban a N-, másodsorban a Ca-ellátás megerősítése miatt.

Mindkét növényenél három vízellátottsági szintet alkalmaztunk három ismétlésben. A nedvességtartalmakat a talaj szabadföldi vízkapacitásának (VKsz) a függvényében állítottuk be. A szabadföldi vízkapacitás az a vízmennyiség a talajban, amit természetes körülmények között a talaj, egy beázás után, a gravitációval szemben vissza tud tartani (*Stefanovits et al.* 1999). Homokos vályog talaj esetében a szabadföldi vízkapacitás értéke jó megközelítéssel 25 térfogat% körül van, ebből a növények számára 15 térfogat% felvehető, hasznosítható víz (diszponibilis víz, DV), és 10 térfogat% a növényi gyökerek számára nem hozzáférhető (holtvíz, HV).

A következő nedvességszinteket alkalmaztuk:

1. kezelés VKsz40%-a ($25 \times 0,4 = 10$ térfogat% nedvesség)
2. kezelés VKsz60%-a ($25 \times 0,6 = 15$ térfogat% nedvesség)
3. kezelés VKsz80%-a ($25 \times 0,8 = 20$ térfogat% nedvesség)

Az 1. kezelés esetében a holtvíz közelében tartottuk a növényeket, a 2. kezelésnél már kielégítettük a növények nedvességigényét ($HV+0,3DV = 10+4,5 = 14,5$ térfogat%). A 3. kezelés során már luxus vízellátásban is részesültek, hiszen a talajban a hasznosítható víz 65%-a ($HV+0,65DV = 10+9,75 = 19,75$ térfogat%) rendelkezésre állt.

Az öntözések alkalmával a külső hőmérsékletet és párolgást figyelembe véve, ezt a szintet tartottuk. A hűvösebb időszakokban, késő ősszel, télen és kora tavasszal általában heti egy alkalommal történt öntözés, majd a külső hőmérséklet emelkedésével szükségessé vált a napi öntözés, ami általában a reggeli órákban történt.

A kísérletben a következő fenológiai paraméterek mérése történt: relatív klorofill tartalom (SPAD) Konica SPAD 501 műszerrel, levélterület (cm^2) (CI-203 Handheld Laser Leaf Area Meter), levélterület index (LAI m^2/m^2), növénymagasság (cm), levél- és szártömeg (g), gyökértömeg (g), kalász/csőtömeg (g), termésképző paraméterek.

Eredmények

Az őszi búza kísérlet eredményei

A kísérlet értékelése során folyamatosan nyomon követtük a talaj nedvességtartalmát, ami jól jelezte a növény vízellátottságát.

A kísérletben nyomon követtük a fajták egyedi teljesítményét különböző vízellátási szinteken, ahol a szemtermést, a föld feletti hajtás/szalma tömegét, illetve a szem:szalma arány változásait követtük nyomon (1. táblázat).

A fajtánkénti eredmények lehetőséget adnak arra, hogy a fajták egyedi reakcióit, termésük alakulását, a száraz körülményekre adott válaszreakcióikat nyomon tudjuk követni. A búza – mint az egyik legfontosabb gabonaféle – vízellátási válaszreakcióit is vizsgáltuk, ezért megnéztük az eredményeket a fajták átlagában is a különböző kezelésekből.

1. táblázat. Az őszi búza szemtermésének, szalmatömegének és szem:szalma arányának alakulása különböző vízellátottsági szinteken

	Szemtermés tenyész- edényben (g) (1)	Szemtermés (t/ha) (2)	A szemtermés változása (%) (3)	Szalma tömeg (g) (4)	Szem:szalma arány (5)
MV Nemere (6)					
VKsz40% (7)	28,62	4,82	55,12	39,20	1:1,4
VKsz60% (8)	42,30	7,12	81,47	47,87	1:1,1
VKsz80% (9)	51,92	8,75	100,00	54,70	1:1
SzD _{5%} (10)	7,42	1,25	-	5,55	
GK Szilárd (6)					
VKsz40% (7)	30,15	5,09	56,48	42,80	1:1,4
VKsz60% (8)	47,00	7,91	88,05	54,29	1:1,2
VKsz80% (9)	53,38	8,99	100,00	65,08	1:1,2
SzD _{5%} (10)	6,17	1,04	-	9,16	
Sothys (6)					
VKsz40% (7)	36,67	6,18	55,56	39,58	1:1,1
VKsz60% (8)	53,04	8,93	80,36	50,90	1:1
VKsz80% (9)	66,00	11,12	100,00	59,22	1:0,9
SzD _{5%} (10)	8,06	1,36	-	8,36	-
Kezelések átlaga (11)					
VKsz40% (7)	31,81	5,36	55,72	40,53	-
VKsz60% (8)	47,45	7,99	83,29	51,02	-
VKsz80% (9)	57,10	9,62	100,00	59,67	-

Table 1. Evolution of grain yield, straw weight and grain:straw ratio of winter wheat at different water supply levels. (1) Grain yield in pot, (2) Yield (t/ha), (3) Grain yield change (%), (4) Straw mass, (5) Grain:Straw ratio (6) Varieties, (7) Field Water Capacity FWC40%, (8) FWC60%, (9) FWC80%, (10) LSD_{5%}, (11) Average of treatments

A búzafajták szemtermésének elemzésekor látható, hogy a romló vízellátás minden esetben szignifikáns szemtermés csökkenéssel járt. A jó vízellátási körülmények között elért szemtermés eredmények mindhárom fajta esetében jelentősen csökkentek, mintegy 55,12–56,48%-ára az optimális szemtermésnek. Ez azt mutatja, hogy a fajtákban rejlő potenciális termőképességet

a szárazságstressz akár 50%-kal is csökkentheti. A területre vetített hozamok a vizsgált három búzafajtánál szárazságstressz körülményei között 4,82–5,36 t/ha között alakultak. A közepes vízellátási körülmények közt a növények kevésbé voltak kitéve a vízhiány okozta stresszhatásoknak, bár a maximális terméshez szükséges vízmennyiséget itt sem kapták meg a növények. A három fajta azonban nem reagált azonos módon a közepes vízellátási körülmények hatására. Két fajta, az MV Nemere és a Sothys az optimális vízellátási körülményekhez képest 81,47%-on és 80,36%-on realizálta a szemtermését (7,12 t/ha és 8,93 t/ha), míg a GK Szilárd ugyanezen körülmények között az optimális terméseredményének több mint 88,05%-át képes volt elérni. Ez azt mutatja, hogy a kedvezőbb körülményeket a GK Szilárd jobban tudta hasznosítani a termésképzése során, ez a fajta rendelkezik a legjobb szárazságstressz-toleranciával.

Nagyon szembetűnő változás még a föld feletti szalma tömegének csökkenése. Minden esetben szignifikánsan csökkent szárazságstressz körülményei között a szalma tömege, de nem azonos arányban a különböző vízellátási szinteken. Szárazságstressz körülményei között a szemtermés tömege sokkal drasztikusabban csökken, mint a búza szalmatömege – száraz körülmények között 1:1,1–1,4 szem:szalma arány alakult ki. Ez arra utal, hogy a növény a csökkent vízellátásban még a vegetatív növényi részeket ki tudja fejleszteni, de a termésképzéshez már nem rendelkezik elegendő vízzel.

Az optimális vízellátási körülmények között, szárazságstressz-mentes körülmények között a búza szem:szalma aránya 1:0,9–1,2 volt, amely sokkal kedvezőbb volt. Ilyen körülmények között a búza ugyanannyi szemtermést tudott képezni, mint amennyi volt a vegetatív részek tömege, esetenként még akár többet is a szalma tömegénél. Mindhárom fajta esetében megfigyelhető volt, hogy a szárazságstressz hatására egységesen romlott a szem:szalma arány.

A szárazságstressz hatásait elemezve megállapítható, hogy a fajták között a szárazságtűrésben jelentős különbségek nem találhatók. A VKsz40%-os kezelésben a fajták átlagosan 55,72%-ra mérsékeltek szemtermésüket, amitől az egyedi reakciók nem térnek el szignifikáns módon, tehát a vizsgált fajták közt szignifikáns különbségeket nem találtunk. Az azonban nagyon figyelemre méltó, hogy az eddig kifejezetten jó szárazságtűréssel jellemzett őszi búza esetén is közel 50%-os szemtermés-depressziót mértünk a szárazságstressz

hatására, amely egyre gyakrabban és egyre nagyobb mértékben fordul elő a szántóföldi termesztésben is.

Azonban ha a reális terméseredményeket vizsgáljuk, és nem csak a változás nagyságát, akkor láthatjuk, hogy a Sothys fajta érte el mindegyik kezelésben a legnagyobb szemterméseket, termésátlaga minden vízellátási szinten több mint 25%-kal meghaladta a leggyengébb fajtáét (MV Nemere) (2. táblázat).

2. táblázat. *Különböző búzafajták terméseredményeinek változása eltérő vízellátási körülmények között*

Fajták (1)	VKsz40%		VKsz60%		VKsz80%	
	(2)		(3)		(4)	
	Termés- átlag (t/ha)	Arány (%)	Termés- átlag (t/ha)	Arány (%)	Termés- átlag (t/ha)	Arány (%)
	(5)	(6)	(5)	(6)	(5)	(6)
MV Nemere	4,82	100,00	7,12	100,00	8,75	100,00
GK Szilárd	5,09	105,35	7,91	111,11	8,99	102,81
Sothys	6,18	128,13	8,93	125,39	11,12	127,12

Table 2. Changes in the yield of different wheat varieties under different water supply conditions. (1) Varieties, (2) Field Water Capacity FWC40%, (3) FWC60%, (4) FWC80%, (5) Yield average (t/ha), (6) Ratio (%)

Az eredmények azt mutatták, hogy a fajták genetikai háttere, a különböző termőképességük közt alakultak ki nagy különbségek. Mivel a fajták vízellátását és a szárazságstressz körülményeit azonos módon állítottuk be, így azt elmondhatjuk, hogy a fajták között a nagy szemtermést produkáló Sothys búzafajta jobban tudta hasznosítani a számára biztosított vizet, mint a GK Szilárd vagy az MV Nemere.

Ennek a háttere sok tényezőtől függhet pl. a növény biomassza tömegétől, a gyökérszét nagyságától, annak szívóerejétől, a fotoszintézis hatékonyságától stb. amelyet további kutatásokkal kell majd alá támasztani.

Végül vizsgáltuk a búzafajták minőségi paramétereinek változásait mindhárom fajtánál a szárazság hatására (3. táblázat).

A kísérletben egyértelműen látható volt, hogy a vízellátás javulásával a növekvő termésátlagot a búza a minőség romlásával együtt tudta produkálni.

A termésmennyiség és a -minőség között fordított korreláció áll fenn, a nagy termés hatására bekövetkező „hígulási effektus” itt is megfigyelhető volt. A minőségi paraméterek többségében statisztikailag is igazolható volt a különbség, szignifikáns különbségek csak a nedvességtartalomban és az MV Nemere esetében mért nedves sikértartalom esetében nem alakultak ki. Minden más paraméterben a különbség elérte a szignifikáns határt.

3. táblázat. *Különböző búzafajták minősége eltérő vízellátási körülmények között*

	Nedvesség (%) (1)	Fehérje (%) (2)	Sikér (%) (3)	Keményítő (%) (4)	Zeleny (5)
MV Nemere (6)					
VKsz40% (7)	9,9	21,7	47,0	56,3	80,7
VKsz60% (8)	10,6	19,4	46,1	58,5	79,5
VKsz80% (9)	10,6	19,0	45,7	58,4	78,1
SzD _{5%} (10)	0,61	1,64	1,57	1,44	2,27
GK Szilárd (6)					
VKsz40% (7)	10,5	21,8	49,5	59,3	83,0
VKsz60% (8)	10,6	18,4	42,8	62,6	79,6
VKsz80% (9)	10,6	18,6	42,7	60,3	79,3
SzD _{5%} (10)	0,54	1,59	2,11	1,16	2,19
Sothys (6)					
VKsz40% (7)	10,5	18,2	44,6	61,6	78,5
VKsz60% (8)	10,5	16,7	41,3	63,4	74,8
VKsz80% (9)	10,6	16,2	39,6	63,4	71,2
SzD _{5%} (10)	0,57	1,62	2,04	1,67	2,48
Kezelések átlaga (11)					
VKsz40% (7)	10,3	20,6	47,0	59,1	80,7
VKsz60% (8)	10,6	18,2	43,4	61,5	78,0
VKsz80% (9)	10,6	17,9	42,7	60,7	76,2

Table 3. The quality of wheat varieties under different water supply conditions. (1) Moisture (%), (2) Protein (%), (3) Gluten (%), (4) Starch (%), (5) Zeleny, (6) Varieties, (7) Field Water Capacity FWC40%, (8) FWC60%, (9) FWC80%, (10) LSD_{5%}, (11) Average of treatments

A búza minőségének legerőteljesebb jelzője annak fehérje- és nedvessikértartalma, amely a vízellátás javulásával minden esetben szignifikánsan csökkent. Érdekes azonban, hogy az összetett sütőipari mérőszám a Zeleny-érték esetében is egy kismértékű, de szignifikáns minőségromlást tapasztaltunk. Ez valószínűleg azzal függ össze, hogy a Zeleny-érték nem teljesen független a búza fehérje- és sikértartalmától.

A minőségi paraméterek romlása nagyon jól látható, amikor a kezelések hatását vizsgáljuk a fajták átlagában, mert fajtától függetlenül igaz, hogy a szárazságstressz miatt alacsony termésátlag, de jobb minőség alakul ki a búza esetében.

A kukoricakísérlet eredményei

A kísérletben vizsgáltuk a kukorica csőlevelének relatív klorofilltartalmát, SPAD értékét, és annak két időpontban történő változását. A klorofilltartalom mennyisége a levelekben nagymértékben képes befolyásolni a fotoszintézis volumenét, amely jelentős hatással lehet a megtermelt szervesanyag mennyiségére. A vízhiány hatására olyan élettani folyamatok indulhatnak meg a növényi szövetekben, amely a klorofilltartalom csökkenésével jár, ezt szerettük volna alátámasztani a SPAD érték (relatív klorofilltartalom) mérésével (4. táblázat). A relatív klorofilltartalmat két alkalommal, 2021. július 20-án és 2021. augusztus 3-án mértük.

Az első SPAD mérés alkalmával (2021. július 20.) a tenyészedényekben a VKsz60%-os vízellátás adta a legnagyobb SPAD értéket, ez állt a legközelebb a kukorica optimális vízellátottságához. A GKT 4486 kukorica hibrid SPAD értékei mind alacsony (VKsz40%), mind pedig magas vízellátási szinten (VKsz80%) jelentősen elmaradt a közepes vízellátási szinten (VKsz60%) mért relatív klorofilltartalom értékektől.

A második SPAD mérés alkalmával (2021. augusztus 3.) igen érdekes mérési eredményeket kaptunk, amikor a növények fenológiai fázisa már átlépett az öregedés szakaszába. Jól megfigyelhető volt, hogy az előző méréshez képest csökkent minden hibridnél a mért SPAD érték, vagyis csökkent a levelek klorofilltartalma. Ennek a mérésnek az időpontjában azonban a szárazságstressz határozott, markáns különbséget okozott a levelek klorofilltartalmában. A legnagyobb klorofilltartalmat kivétel nélkül a legnagyobb vízádag (VKsz80%) mellett mértük. Ennek oka az volt, hogy a csökkent vízellátási szintek mellett

a klorofill bomlása a levélben gyorsabban és dinamikusabban zajlik, vagyis a növények öregedési folyamatai gyorsabban zajlanak le. Ez azzal jár, hogy lényegesen rövidebb idő áll rendelkezésre a hasznos, fotoszintetikusan aktív periódus számára, és ez gyakran alacsonyabb klorofilltartalommal is párosul. Összességében egy rövidebb és „klorofill-szegényebb” időszak áll rendelkezésre a szárazságstressznek kitett kukorica növények esetében.

4. táblázat. *Kukorica hibridek SPAD értékeinek alakulása különböző vízellátási szinteken*

Időpont (1)	Hibridek (2)					Átlag (3)
	GKT	GK	GKT	GKT	GKT	
2021. július 20.	4486	SILOSTAR	372	376	3385	
VKsz40% (4)	40,57	42,43	43,18	36,95	38,07	40,24
VKsz60% (5)	44,47	44,68	43,83	45,48	43,33	44,36
VKsz80% (6)	37,67	42,23	43,27	40,28	42,78	41,25
SzD _{5%} (7)						2,87
2021. augusztus 3.	4486	SILOSTAR	372	376	3385	Átlag (3)
VKsz40% (4)	27,85	25,97	29,23	28,33	28,93	28,06
VKsz60% (5)	32,05	30,72	30,92	31,98	34,32	32,00
VKsz80% (6)	39,92	39,27	39,63	39,00	38,63	39,29
SzD _{5%} (7)						4,55

Table 4. SPAD value of maize hybrids under different water supply conditions. (1) Dates, (2) Hybrids, (3) Mean SPAD value, (4) Field Water Capacity FWC40%, (5) FWC60%, (6) FWC80%, (7) LSD_{5%}

A szárazságstressz hatását vizsgáltuk a fotoszintézis szempontjából kiemelt jelentőségű levélterület nagyságának alakulására is. A levélterületet az teljesérés elején mértük, amikor további jelentős levélnövekedés már nem volt. A levélterületi index értékek alakulását az 5. táblázatban láthatjuk.

A levélterületi index azt fejezi ki, hogy mekkora levélterület (m²) van 1 m² talajfelszínen. Ezzel a területre érkező globálsugárzás hasznosítására, a területen elérhető fotoszintézis nagyságára tudunk következtetni.

5. táblázat. *Kukorica hibridek levélterületi indexének (LAI, m²/m²) értékeinek alakulása különböző vízellátottsági szinteken*

	Hibridek					Átlag (2)
	(1)					
	GKT 4486	GK SILOSTAR	GKT 372	GKT 376	GKT 3385	
VKsz40% (3)	2,157	2,115	1,753	2,338	1,899	2,052
VKsz60% (4)	2,855	3,079	2,878	2,812	2,930	2,911
VKsz80% (5)	3,426	3,754	3,183	3,322	3,242	3,385
SzD _{5%} (6)						0,394

Table 5. Changes in the values of the leaf area index (LAI, m²/m²) of maize hybrids under different water supply conditions. (1) Hybrids, (2) Mean LAI value, (3) Field Water Capacity FWC40%, (4) FWC60%, (5) FWC80%, (6) LSD_{5%}

Kísérleti eredmények alapján kijelenthetjük, hogy egyértelmű és statisztikailag is igazolható szignifikáns levélterület-csökkentő hatása van a szárazságstressz hatásának. A jobb vízellátás egyértelműen és bizonyíthatóan növeli a kukorica hibridek levélterületi index (LAI) értékeit. A legnagyobb LAI értéket a GK SILOSTAR hibrid érte el, amely a hibrid nemesítési, genetikai hátterét igazolja, hiszen ez a hibrid jellemzően nagy biomassza-termelő képességgel rendelkező, elsősorban szilázs hasznosítási irányú kukorica hibrid.

A szárazságstressz hatására a legnagyobb levélterület csökkenést a GK 372 és a GKT 3385 hibridek szenvedték el a holtvíz tartalom közeli alacsony vízellátási szinten (VKsz40%). Ezzel együtt viszont az is kijelenthető, hogy a legdinamikusabb növekedést is ezek a hibridek mutatták javuló vízellátás hatására, amely a hibridek kiváló öntözési reakcióját mutatja.

A GKT 376 hibrid minden vízellátási szinten magas LAI értéket mutatott, és kifejezetten kedvező LAI értéket ért el alacsony vízellátási szint (VKsz40%) mellett (2,34 m²/m²). A javuló vízellátási körülmények ennél a hibridnél is dinamikus levélterület növekedéssel jártak. A száraz körülmények között mutatott nagy levélterületi index arra utal, hogy a vizsgált öt kukoricahibrid közül az egyik legjobb szárazságtűrővel rendelkező hibrid.

A kísérlet során elért levélterületi index értékek nem érik el a szántóföldön elvárható 3,4–5,2 m²/m² LAI értékeket, amely arról ad tájékoztatást, hogy a kukorica hosszú tenyészidejű, és nagy biomassza

tömeget adó növényként nem nevelhető fel teljesen tenyészedényben, számára a termesztő közeg mérete a fejlődésének középső hányadától már rendkívül szűkös, viszont a hibridek reakcióinak vizsgálatára kiválóan alkalmas, jó háttérrel biztosít. A vizsgálatokat célszerű szántóföldön beállított szárazságstressz vizsgálatokkal kiegészíteni, hogy teljes, komplex képet láthassunk a levélterület alakulásáról.

A növényi szervesanyag termelés kiindulópontja a víz- és tápanyagfelvétel, amelyet a kukorica hibridek csak fejlett gyökérrendszer és megfelelő felszívó felület mellett képesek akadálytalanul folytatni. A gyökértömeg jó jelzés arra, hogy a szárazságstressz hogyan változtatja meg a különböző kukorica hibridek gyökértömegét (6. táblázat).

6. táblázat. *Kukoricahibridek gyökértömeg (g) értékeinek változása*

	Hibridek					Átlag (2)
	(1)					
	GKT 4486	GK SILOSTAR	GKT 372	GKT 376	GKT 3385	
VKsz40% (3)	181,73	224,59	132,07	188,09	225,48	190,39
VKsz60% (4)	329,23	300,96	190,80	246,28	248,71	263,20
VKsz80% (5)	424,12	381,90	226,23	277,63	360,41	334,06
SzD _{5%} (6)						48,40

Table 6. Changes in root weight (g) values of maize hybrids. (1) Hybrids, (2) Mean of root weight, (3) Field Water Capacity FWC40%, (4) FWC60%, (5) FWC80%, (6) LSD_{5%}

A gyökértömeg az a növényi fenológiai paraméter, amely a legegységesebb reakciót mutatta a szárazságstressz hatására. A vízhiány hatására a hibridek gyökértömege egyértelmű, statisztikailag is igazolható csökkenést mutatott, a hibridek reakciói azonban eltérőek voltak.

A különböző vízadagokra adott válaszreakciók tekintetében is jelentős különbséget mutatnak a vizsgált kukorica hibridek. A legkisebb gyökértömeget minden hibrid száraz körülmények között, az alacsony vízellátási szinten (VKsz40%) érte el. A vizsgált kukorica hibridek közül a legkisebb gyökértömege a GKT 372 hibridnek volt. Valószínűleg ennek hatására az előzetesen bemutatott

LAI értékeknél is alacsony levélterületi index alakult ki a hibridnél, így a hibrid vízháztartása nem borult fel, a csőképződés zavara nem következett be, és így a csőtömegek kedvezően alakultak, amit a későbbiekben is láthatunk.

A vizsgált kukorica hibridek közül a GKT 376 hibrid hasonló tulajdonságokkal rendelkezett, a legkisebb vízadagnál rendelkezett kisebb gyökértömeeggel. A legnagyobb gyökértömeget a GK SILOSTAR hibrid érte el, de ezzel együtt a LAI értéke is a legnagyobb volt, amely növelte a párolgási vízvesztésüket, ezzel érzékenyebbé tette a hibridet a szárazságstresszre, amely a csőtömegeknél be is igazolódott.

A javuló vízellátási szinteken (VKsz60% és VKsz80%) a gyökértömegek szignifikáns növekedését figyelhettük meg. A hibridek típusai közötti különbségek továbbra is megmaradtak, de a gyökértömegek a levélterületi értékekhez (LAI) hasonlóan növekedtek. A kapott eredmények alapján egyértelműen megállapítottuk, hogy a gyökértömeg önmagában nem jó indikátora, jelzője egy-egy hibrid szárazságtűrésének. A gyökértömegeket a szár/levél, vagyis a párolgásért, szervesanyag-termelésért felelős növényi részek arányában kell vizsgálni, az sokkal jobban megmutatja a hibridek valódi reakcióit a vízmennyiség változására.

Természetesen a legnagyobb gyökértömeget a legjobb vízellátás mellett alakult ki (VKsz80% szinten), amely lehetővé tette a nagy víz- és tápanyagfelvételt, és ez igen szoros összefüggésben volt a növények későbbi csőtömeg nagyságával. Azt azonban megfigyelhetjük, hogy nem a legnagyobb gyökértömeget adó kezelésben érték el később a legnagyobb csőtömegeket, tehát a termés kialakításában a jobb vízellátási szinteken is a biomassza tömeg/gyökértömeg vagy a LAI/gyökértömeg arány lesz a nagyobb hatású.

Végül a tenyészedényes kísérletben vizsgáltuk a szárazságstressz körülményei között kialakult csőtömegeket, a hibridek által elért csöves termés nagyságát (7. táblázat). A termések nagyságát a hibridek egyedi reakciói és a különböző vízellátási szintek függvényében elemeztük.

Az eredményekből jól látható, hogy az erős szárazságstressz körülmények között (VKsz40%) két hibrid teljesítménye jelentősen nagyobb, mint a többi hibridé. A GKT 372 és a GKT 376 kukorica hibridek ilyen körülmények között közel 65%-kal adtak nagyobb csőtömeget az utánuk következő GKT 3385 és GKT 4486 hibridekétől, illetve több mint 345,5%-kal nagyobb csőtömeget értek el a GK SILOSTAR hibridhez képest. A kísérlet

eredményeként elmondható, hogy a legjobb szárazságtűréssel a GKT 372 és a GKT 376 kukorica hibridek rendelkeznek, így ezek a hibridek ajánlhatók azon területen gazdálkodók számára, akik aszályos, száraz körülmények közt természetnek kukoricát.

7. táblázat. *Kukorica hibridek csőtömeg (g) értékeinek változása*

	Hibridek					Átlag (2)
	(1)					
	GKT 4486	GK SILOSTAR	GKT 372	GKT 376	GKT 3385	
VKsz40% (3)	31,38	15,57	53,81	53,80	32,67	37,44
VKsz60% (4)	70,06	80,82	80,46	83,28	87,95	80,52
VKsz80% (5)	113,49	145,13	112,80	129,93	118,44	123,96
SzD _{5%} (6)						27,34

Table 7. Changes in cob weight (g) values of maize hybrids. (1) Hybrids, (2) Mean of cob weight, (3) Field Water Capacity FWC40%, (4) FWC60%, (5) FWC80%, (6) LSD_{5%}

A másik fontos vizsgált tulajdonság, hogy a kukorica hibridek hogyan reagálnak a javuló vízellátási feltételekre, milyen az „öntözési reakciójuk”. Az eredmények alapján megállapítottuk, hogy a GK SILOSTAR és a GKT 376 kukorica hibridek azok, amelyek a jó vízellátási körülmények között kiemelkedő csőtömeg elérésére voltak képesek. Ezek azok a hibridek, amelyek igen jól tudják hasznosítani normál vagy jó vízellátási körülmények között a rendelkezésre álló vizet. Kijelenthető tehát, hogy a vizsgálataink alapján a GK SILOSTAR egy rendkívül jó öntözési reakcióval rendelkező, de szárazságstresszre nagyon érzékeny típusú kukorica hibrid, míg a GKT 376 egy kiváló öntözési reakcióval és mellette jó szárazságtűréssel is rendelkező kukorica hibrid. A vizsgálatok alapján megállapítottuk, hogy a hibridek között lényeges különbség lehet a vízfelhasználás/hasznosítás területén is, így a hibridek között kialakíthatunk hibridspecifikus öntözési technológiákat, illetve megismerhetjük a hibridek egyedi öntözési, vagy épp szárazságtűrési reakcióit is.

Eredmények értékelése, következtetések

A kísérletben vizsgált három búzafajta igen jól reagált a vízadagok növekedésére. Az összes biomassa, szalmatömeg változása VKsz40%-ról VKsz60%-ra nagyobb léptékű volt, mint VKsz60%-ról VKsz80%-ra. A kísérlet során egyértelműen bebizonyosodott, hogy szárazságstressz hatására a búzafajták szemtermése szignifikáns módon csökken, valamint a szem/szalma arány is romlik, amely kedvezőtlen agronómiai tulajdonság.

A búza szemtermés mennyiségének változásánál azt tapasztaltuk, hogy a három genotípus a szárazságstressz hatására jelentősen csökkent szemtermést produkált. A legnagyobb termést a Sothys fajta, a legnagyobb hozamot a legjobb vízellátási körülmények között érte el. A legkisebb hozamot az Mv Nemere adta.

A búza termesztése során kiemelkedően fontos annak minősége. A minőségvizsgálati eredmények azt mutatták, hogy a növekvő hozamok hatására a három vizsgált búzafajta minőségi paraméterei egységesen rosszabbak voltak, mint a szárazságstressz körülményei között elért minőségi értékek. A nagyobb elérhető vízmennyiség a növekvő szemtermés mennyiség „hígulási effektust” alakít ki, amely negatívan befolyásolta a minőséget.

A Sothys búzafajta terméseredményei alapján leginkább ajánlható a mennyiségi búzatermesztésre berendezkedőknek. A nagyobb hozam kompenzálni tudja a kissé alacsonyabb minőséget. Ellenben, ha a gazdálkodó a magasabb minőség elérésére törekszik, akkor a két magyar fajta vetése lehet a megoldás.

A kukorica tenyészedényes kísérletben a SPAD értékek vizsgálatánál megállapítható volt, hogy száraz talajon csökkent a levelek relatív klorofilltartalma. A növény öregedése száraz körülmények között gyorsabban következik be, vagyis a klorofilltartalom szempontjából a kukorica nagyon érzékeny a száraz körülményekre, a vízhiányos talajokra.

A kísérlet eredményei alapján a kukorica hibridek a jó és közepes vízellátás mellett (VKsz80% és VKsz60%) vagy öntözött körülmények között tovább maradnak zöldek, tovább fotoszintetizálnak, vagyis meghosszabbodik a kukorica hibridek tenyészideje. Ezzel szemben a csökkent vízellátás gátló tényező a fotoszintézis szempontjából, így a szervesanyag termelés is csökken.

A kukorica hibridek levélterületi index értéke a kísérletben 2,05–3,38 m²/m² között alakult. A kísérletben egyértelmű, és statisztikailag is igazolható szignifikáns levélterület-csökkentő hatása van a szárazságstressznek.

Minden vizsgált hibrid a legkisebb gyökértömeget a holtvíz-tartalom közeli vízellátási szinten (VKsz40%) érte el. A javuló vízellátási szinteken (VKsz60% és VKsz80%) a gyökértömegek jelentős növekedését figyelhettük meg. A hibridek közötti különbségek továbbra is megmaradtak, de a gyökértömegek a biomassza/LAI értékekhez hasonlóan változtak. Megállapítottuk, hogy a gyökértömeg önmagában nem jó indikátora egy-egy hibrid szárazságtűrésének. A gyökértömegeket a szár/levél, vagyis a párolgásért, szervesanyag termelésért felelős növényi részek arányában kell vizsgálni, így az sokkal jobban megmutatja a hibridek valódi reakcióit a vízmennyiség változására.

A csőtömegek esetében száraz körülmények között (VKsz40%) két hibrid teljesítménye volt nagyobb. A GKT 372 és a GKT 376 kukorica hibrid ilyen körülmények között közel 65%-kal adott magasabb csőtömeget az utánuk következő hibridekétől. Megvizsgáltuk azt is, hogy a kukorica hibridek hogyan reagálnak a javuló vízellátási feltételekre, milyen az „öntözési reakciójuk”. Kijelenthető, hogy a vizsgálataink alapján a GK SILOSTAR egy kifejezetten jó öntözési reakcióval rendelkező, de szárazságra érzékeny kukorica hibrid, míg a GKT 376 egy kiváló öntözési reakcióval és mellette jó szárazságtűréssel is rendelkező kukorica hibrid.

IRODALOM

- Akinci, S.–Lösel, M. D.*: 2012. Plant Water-Stress Response Mechanisms. [In: I. Md. M. Rahman (ed.) Water Stress.] ISBN: 978-953-307-963-9. DOI: 10.5772/29578
- Antal J.*: 2005. Növénytermesztés I. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- Balla K.–Veisz O.*: 2007. A kalászosok minőségének változása hő- és szárazságstressz hatására. Acta Agronomica Óváriensis. 49. 2: 451–455.
- Barabás Z. (szerk.)*: 1987. A búzatermesztés kézikönyve. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 538.
- Bocz E.*: 2005. A modern magyar növénytermesztés alapjai. Korszakváltás a hazai mezőgazdaságban: a modern növénytermesztés alapjai. Debrecen, 2005. november 8. 9–21.

- Bocz E. (szerk.):* 1992. Szántóföldi növénytermesztés. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 887.
- Budavári K. (szerk.):* 1978. Mezőgazdasági vízhasznosítás. Öntözés. A Vízügyi Dokumentációs és Továbbképző Intézet és a Mezőgazdasági Könyvkiadó Vállalat kiadványa. Budapest. 627.
- Csajbók J.:* 2004. A növénytermesztési tér vízgazdálkodása. Debreceni Egyetem. Egyetemi jegyzet. Debrecen. 161.
- Futó Z.-Sárvári M.:* 2015. A kukoricatermesztés technológiájának fejlesztési lehetőségei. Szarvas. 108.
- Guóth A.:* 2009. Búzafajták szárazságtűrésének élettani indikátorai. Doktori (PhD) értekezés. SZTE. Szeged. 108.
- McMillen, M. S.-Mahama, A. A.-Sibiya, J.-Lübberstedt, T.-Suza, W. P.:* 2022. Improving drought tolerance in maize: tools and techniques. *Front. Genet.* 13: 1001001.
- Menyhért Z.:* 1979. Kukoricáról a termelőknek. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 82.
- Nagy É.-Kenny, P.-Kondic-Spika, A.-Grausgruber, H.-Allahverdiyev, T.-Sass L.-Vass I.-Pauk J.:* 2017. A szárazság- és sóstressz hatásának vizsgálata búza fajtákon üvegházi fenotipizálási kísérletben. *Növénytermelés.* 66. 2: 69-87.
- Nyíri L.:* 1997. Az aszálykárok mérséklése. Szántóföldi növénytermesztés. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 156.
- Pepó P.:* 2010. A magyar búzatermesztés agronómiai értékelése. *Növénytermelés.* 59. 2: 85-100.
- Rafique, S.:* 2023. Physiological and biochemical responses in maize under drought stress. *Maize improvement: current advances in yield, Quality and Stress Tolerance under Changing Climatic Scenarios.* Springer. 117-136.
- Ren, H.-Zhang, F.-Zhu, X.-Lamlom, S. F.-Liu, X.-Wang, X.-Zhao, K.-Wang, J.-Sun, M.-Yuan, M.:* 2023. Cultivation model and deficit irrigation strategy for reducing leakage of bundle sheath cells to CO₂, improve ¹³C carbon isotope, photosynthesis and soybean yield in semi-arid areas. *J. Plant Physiol.* 285: 153979.
- Ruzsányi L.:* 2000. Hidrometeorológiai szélsőségek növénytermesztési értékelése. *Növény- és talajtudomány a mezőgazdaságban. Talaj, növény és környezet kölcsönhatásai.* Debrecen. 2000. augusztus 7. 145-159.
- Stefanovits P.-Filep Gy.-Füleky Gy.:* 1999. Talajtan. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 470.
- Szász L.-Tőkei G.:* 1997. Meteorológia mezőgazdáknak, kertészeknek, erdészeknek. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- Varga Z.-Varga-Haszonits Z.:* 2003. A meteorológiai viszonyok hatása a kukorica életjelenségeire I. *Agroinform Kiadó.* Budapest. *Növényvédelmi tanácsok.* 12. 12: 18-19.

- Wilson, K. B.-Baldocchi, D. D.-Hanson, P. J.:* 2001. Leafage affects the seasonal pattern of photosynthetic capacity and net ecosystem exchange of carbon in a deciduous forest. *Plant Cell and Environment*. 24: 571-583.
- Yi, J.-Li, H.-Zhao, Y.-Zhang, H.-Liu, M.:* 2022. Assessing soil water balance to optimize irrigation schedules of flood-irrigated maize fields with different cultivation histories in the arid region. *Agric. Water Manag.* 265: 107543.

A szerző levelezési címe – Address of the author:

Dr. Futó Zoltán
MATE Környezettudományi Intézet
Öntözésfejlesztési és Meliorációs Tanszék
Szarvas
Szabadság u. 1-3.
H-5540
futo.zoltan@uni-mate.hu