

Szegedi őszi búzafajták (*Triticum aestivum* L.) szárazságstresszre adott válasza esőárnyékoló alatt

NAGY DÁNIEL - CSEUZ LÁSZLÓ - PAUK JÁNOS
Gabonakutató Nonprofit Közhasznú Kft., Szeged

Összefoglalás

Kísérletük során arra kerestük a választ, hogy a nemesítési programunkból származó fajták közül melyek azok, amelyek kedvező szárazság-toleranciával rendelkeznek. A kísérletek 2013-tól 2022-ig tartó időszakban, tenyészkeri körülmények között, az Intézetünk automata esőárnyékoló berendezése alatt, míg közvetlenül mellette a kontroll kezelések kerültek beállításra. A vizsgálat során 12 szegedi búzafajta és egy szárazságtűrő kontroll fajta (a *Plainsman V.*) szárazságstresszre adott válaszreakcióját hasonlítottuk össze - három agronómiailag fontos paramétert (kalászolási idő, növénymagasság, és terméskülönbség) figyelembe véve. A vízmegvonás hatására a termésmennyiség reagált a legérzékenyebben, ennél a tulajdonságnál átlagosan 31%-os termésdepressziót realizáltunk a vizsgált fajtáknál. A kalászolási idő és a növénymagasság nem reagált ennyire érzékenyen a vízmegvonásra, azonban egyes fajták esetében e paraméterek alapján is jelentős eltérések mutatkoztak. A vizsgált fajták közül egyes esetekben az átlag értékektől pozitív és negatív irányban is számottevő eltérést figyeltünk meg. Eredményeink alapján megállapítható, hogy mely fajták alkalmasak az aszály sújtotta területeken történő termesztésre, és használhatóak fel a szárazságstressz hatásainak további részletes kutatásához, valamint szolgálhatnak alapanyagul a szárazságtűrésre történő nemesítés számára.

Kulcsszavak: búza, szárazság, tolerancia, esőárnyékoló berendezés, fenotipizálás

Response of Szeged winter wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.) to drought stress

D. NAGY - L. CSEUZ - J. PAUK
Cereal Research Non-Profit Ltd., Szeged

Summary

In our experiments, we aimed to identify which cultivars from the applied breeding program have favorable drought stress resistance properties. The experiments described in this paper were conducted under field conditions from 2013 to 2022, using the automatic rain shelter system of our institute, as well as the adjacent control treatments. Twelve Szeged wheat cultivars and one drought-tolerant control cultivar, *Plainsman V.*, were compared for their response to drought stress based on three agronomically important parameters (heading time, plant height and yield). The effect of water deprivation was most pronounced on yield, with an average yield depression of 31% observed in the tested cultivars. Heading time and plant height were not as sensitive to water deprivation, but significant differences were observed in some cultivars based on these parameters as well. In some cases, considerable deviations were observed in positive and negative directions from the average values among the tested cultivars. Based on the obtained results, it can be concluded which cultivars are suitable for cultivation in drought-prone areas, can be used for further detailed research on the effects of drought stress, and can serve as a breeding material for drought tolerance.

Keywords: wheat, drought, tolerance, rainout shelter, phenotyping

Bevezetés

Magyarországon a 2022-es évi középhőmérséklet országos átlagban 1,1 °C-kal volt melegebb az 1991–2020-as éghajlati normálnál. A 2022-es év – a 2019-es és 2018-as évek után – a harmadik legmelegebb volt az elmúlt 122 évben (OMSZ 2022). Az év során lehullott csapadék mennyisége országos átlagban a homogenizált adatok alapján 497 mm volt, melynek eloszlása mind térben, mind időben szélsőségesen alakult (OMSZ 2022). Az őszi búza termésátlaga a

2022-es évben elmaradt a várttól, a KSH adatai szerint országosan mindössze 4,4 tonna búzát takarítottunk be hektáronként, az országos termésmennyiség nem sokkal haladta meg a 4 millió tonnát. Ez közel negyedével kevesebb, mint az elmúlt öt év átlaga (KSH 2022). Ezek az adatok rávilágítanak a szárazságtűréssel kapcsolatos kutatások fontosságára.

A növényeket életük során számos stresszhatás éri, amelyek a növekedésüket és a termésmennyiségüket is befolyásolják (Mohammadi 2018). A szárazságstressz a mezőgazdasági termelést leggyakrabban befolyásoló abiotikus tényező (Nezhadahmadi et al. 2013). Mezőgazdasági értelemben akkor beszélhetünk vízhiányról, amikor a talajban nincs elegendő víz a növények számára, azonban a növények vízfelvevő képességét együttesen számos környezeti tényező befolyásolhatja (Lipiec et al. 2013). Ennek értelmében a szárazságtűrés rendkívül komplex tulajdonság, melynek létrejöttében biokémiai és molekuláris adaptációs mechanizmusok, sejt- és szervezetszintű válaszreakciók, valamint morfológiai adottságok együttesen vesznek részt (Passioura 1996). A vízhiány hatására kialakuló válaszreakciók nem csak a stressz erősségétől és időtartamától, hanem a növény fejlődési fázisától és genetikailag meghatározott stressztoleranciájától is függenek (Rizhsky et al. 2002, Bartels és Sunkar 2005). A nemzetközi és a hazai szakirodalom azt a növényt nevezi szárazságtűrőnek, melynek termése aszályos években is csak kis mértékben csökken, tehát a cél olyan nagy termőképességű fajták előállítása lenne, melyek száraz körülmények között is gazdaságos hozamot képesek adni (Heszky 2007). Morfológiailag az ideális szárazságtűrő búza a körülményekhez alkalmazkodó jó bokrosodási képességgel, mélyre hatoló és szerteágazó gyökérszettel, felálló, kis felületű, viaszolt levélzettel és szálkázott kalásszal rendelkezik, továbbá előnyös, ha korai éréscsoportba tartozik és vékonyak az edényfaljai (Cseuz 2009).

A szárazságtűrés öröklődésének mechanizmusa nem teljesen tisztázott és a tulajdonsággal kapcsolatba hozható gének kölcsönhatásairól is hiányosak az ismereteink. Jelenleg a nemesítők nem rendelkeznek egyszerűen alkalmazható módszerrel az aszálytűrés tesztelésére (Heszky 2012). Ebből kifolyólag a szárazságtűrésre történő nemesítés számos problémába ütközik, mindazonáltal korunk elkerülhetetlen feladata (Bányai 2017), hogy a szárazságtűrés agronómiai, élettani, genetikai hátterét minél mélyebben megismerjük. Nemesítési szempontból tovább nehezíti a helyzetet, hogy a szárazságtűrés

és a termőképesség negatívan korrelál egymással (*Ashraf* 2010), vagyis az ellenálló genotípusok egyes vizsgálatokban aszályos körülmények között is kevesebbet teremnek, mint az intenzív, nagy termőképességű fajták (*Mir et al.* 2012). Az elmúlt évtizedek genetikai és növényélettani kutatásai tovább szélesítették a szárazság toleranciával kapcsolatos ismereteinket (*Abd El-Aty et al.* 2022).

A nemesítési anyag szárazságtűrésre történő tesztelése vizuális felvételezésből, laboratóriumi és fiziológiai tesztekkel, valamint több termőhelyes szántóföldi kísérletek kiértékeléséből áll (*Cseuz* 2009). A termésmennyiség a búzanemesítés legjelentősebb értékmérő attribútuma, így e tulajdonság vizsgálata minden esetben kardinális (*Voltas et al.* 2005), azonban vízhiányos körülmények között a szelekció nem az aszály túlélését segítő tulajdonságokra kell, hogy irányuljon, hanem a terméssel szoros összefüggésbe hozható paraméterekre (*Bartels et al.* 2006). A szárazságtűrés termés alapján történő számszerűsítésének egyik mutatója a stressztolerancia index (STI), ami a vizsgált genotípus stresszelt és optimálisan öntözött termés tömegének és az öntözött populáció termés négyzetének hányadosa (*Mohammadi* 2016). Megbízható eredményekhez szántóföldi kísérletek során juthatunk, azonban nagyban nehezíti ezt a környezeti változékonyság, mely sokszor a stressztényezők együttes megjelenését eredményezi (*Tuberosa* 2012). A szárazságtűrés szántóföldi körülmények között történő vizsgálatára így megoldásul szolgálhat az automata esőárnyékoló berendezés használata, mellyel mesterségesen idézhető elő vízhiányos körülmény (*Cseuz et al.* 2008). Az esőárnyékoló berendezések lehetnek egyszerű, stabil szerkezetek, amelyek állandó védelmet nyújtanak az eső ellen, vagy bonyolultabb, behúzható elemeket is magukba foglalhatnak, melyek lehetővé teszik az időjárásváltozáshoz való alkalmazkodást (*Kant et al.* 2017). Előnyük, hogy az alájuk vetett parcellák esetében a kísérleteket gyakran befolyásoló tényezők nagy része (kiszámíthatatlan csapadék, talajfoltok) kizárható (*Mwadzingeni et al.* 2016).

Szegeden több évtizede végzünk szárazságtűréssel kapcsolatos kísérleteket. Cikkünkben cégünk őszi búza fajtasortimentjének egy részével esőárnyékoló berendezés alatt végzett kísérleti eredményeit bemutatjuk be.

Anyag és módszer

A szárazságtűrési kísérleteket a szegedi Gabonakutató Nonprofit Kft. Kecskés-telepen működtetett automata esőárnyékoló berendezése alatt állítottuk be. A berendezés egy 60 m × 12 m × 2,5 m méretű építmény fém vázszerkezettel, esőérzékelő szenzorokkal vezérelt, automatikusan nyílózáródó fólia tetővel és oldalfalakkal van ellátva. A talajnedvesség átszivárgását drénárok akadályozza meg, amely a környező talajszelvények elszívargó víztartalmát gyűjtőaknába, majd egy szivattyú segítségével a csatornarendszerbe továbbítja. A berendezést minden évben március első hetétől működtettük és a tenyészidőszak végéig üzemelt. Intézetünkben a szántóföldi körülmények között évről évre beállított szárazságtűrési kísérlet fő célja a fajtabejelentés előtt álló genotípusok tesztelése. Az általunk vizsgált fajták nem feltétlen azonos években szerepeltek a kísérletben, mivel a kontroll szerepét töltötték be, azonban minden esetben kezelésként hat ismétlést vettünk figyelembe. A kísérletsorozatból kiválogatott fajták eredményeinek kiértékelése egyrészt az Intézet őszi búza portfóliójának szárazságstresszre adott reakcióit reprezentálja, másrészt előkísérletként szolgál egy szárazságtűrésre irányuló doktori kutatáshoz.

Minden évben azonos rendszert követtünk, három vízmegvonásos és három normál csapadékellátottságú parcella képviselt egy genotípust, véletlen blokk elrendezésben, mely a vizsgált fajtákon kívül minden évben magába foglalta a nemesítési anyagunk bejelentés előtt álló törzseit is. A kísérleti anyagot október közepén, kétsoros parcellákba vetettük el, a parcellaméret 0,3 m² volt. A parcellák hossza és beállottsága azonos mértékű volt. Az értékelés során kontrollként a nemzetközileg is jól ismert, szárazságtűrő 'Plainsman V.' fajtát használtuk. A kontroll fajta és a vizsgált fajták között nem állt fenn rokonsági kapcsolat. A kísérletek során figyelemmel követtük a csapadékmennyiséget és a hőmérsékletváltozást. A meteorológiai adatokat az OMSZ Dél-magyarországi Regionális Központja szolgáltatta, melynek mérőállomása a kísérlet közelében található. Amennyiben az adott vegetációs periódus alatt nem hullott elegendő csapadék, az esőárnyékoló melletti parcellákat öntözéssel segítettük, hogy a többéves átlaghoz közeli vízellátást kapjanak (1. táblázat).

1. táblázat. Szegedi csapadékmennyiség és átlaghőmérséklet adatok a kísérletsorozat ideje alatt, havi bontásban, kiegészítve az öntözővíz mennyiségével

		Vizsgálati évek					
		(1)					
		2012/13	2013/14	2014/15	2015/16	2016/17	
Öntözés (4)		0	0	0	0	0	
Havi csapadékmennyiség (2)	Július (5)	43,0	24,6	143,0	23,3	89,9	
	Augusztus (6)	8,1	26,2	96,2	62,5	41,4	
	Szeptember (7)	35,8	56,4	116,0	35,5	48,4	
	Október (8)	73,0	33,4	73,7	76,5	77,7	
	November (9)	31,1	38,6	15,3	35,2	31,9	
	December (10)	29,4	0,1	51,6	2,6	0,6	
	Január (11)	39,4	29,0	57,7	46,4	15,2	
	Február (12)	54,6	24,6	17,2	78,9	18,3	
	Március (13)	97,7	20,9	29,8	29,3	14,7	
	Április (14)	32,4	45,4	11,8	37,3	38,7	
	Május (15)	100,0	139,0	67,5	45,0	34,8	
	Június (16)	41,8	86,2	22,0	117,0	94,1	
	Normál vízellátottságú parcellák (17)		586	525	703	589	506
	Szárasságstresszelt parcellák (18)		314	233	572	361	323

Havi átlaghőmérséklet (3)

Az 1. táblázat folytatás a következő oldalon...

... az 1. táblázat folytatása

		Vizsgálati évek					
		(1)					
		2017/18	2018/19	2019/20	2020/21	2021/22	
	Öntözés (4)	0	0	0	0	60	
Havi csapadékmennyiség (2)	Július (5)	33,7	56,3	30,4	84,9	44,6	
	Augusztus (6)	16,8	19,9	22,4	57,0	35,3	
	Szeptember (7)	51,2	18,5	33,5	22,3	31,8	
	Október (8)	34,4	11,1	15,6	83,5	31,7	
	November (9)	38,9	21,3	54,9	16,2	49,6	
	December (10)	46,9	28,1	23,3	48,5	57,2	
	Január (11)	38,3	19,5	13,1	44,4	8,2	
	Február (12)	77,5	13,4	37,9	28,4	11,8	
	Március (13)	83,3	1,7	55,5	27,2	4,2	
	Április (14)	9,9	58,3	6,1	31,2	29,6	
	Május (15)	68,9	121,0	31,8	55,0	33,9	
	Június (16)	141,0	117,0	97,9	18,2	22,7	
		Normál vízellátottságú parcellák (17)	641	486	422	517	421
		Szárazságstresszelt parcellák (18)	338	188	231	385	270

Havi átlaghőmérséklet (3)

Megjegyzés: a táblázat oszlopaiban a vizsgálati évek lettek feltüntetve, melyekhez tartozik egy öntözési vízmennyiség (mm), minden hónap esetében egy összcsapadék-mennyiség, valamint egy átlaghőmérséklet (°C). A szaggatott vonallal szegélyezett hónapok ideje alatt az esőárnyékoló berendezés üzemelt. Az utolsó előtti sor a teljes évi csapadékmennyiséget, azaz a normál vízellátottságú parcellákra jutó víz mennyiségét, míg az utolsó sor (összcsapadékból kivonva az üzemidő alatt hullott csapadék mennyisége) a szárazságstresszelt parcellákra jutó vízmennyiséget szemlélteti. A kézirat vizsgálati anyagai a fehér színnel jelölt évekből származnak.

Table 1. Szeged precipitation amount and average temperature data during the experimental period, on a monthly basis, supplemented with the amount of irrigation water. (1) Experimental years, (2) monthly precipitation amount, (3) monthly average temperature, (4) irrigation, (5) normal water-supplied plots, (6) drought-stressed plots. Note: The columns of the table display the study years, accompanied by an irrigation water quantity (mm), total precipitation amount, and average temperature (°C) for each month. The rainout shelter was in operation during the months bordered by dashed lines. The second-to-last row represents the total annual precipitation, which corresponds to the amount of water received by the plots with normal water supply. The last row, obtained by subtracting the precipitation that occurred during the operating period, illustrates the water quantity received by the drought-stressed plots. The research materials for the manuscript are derived from the years marked in white.

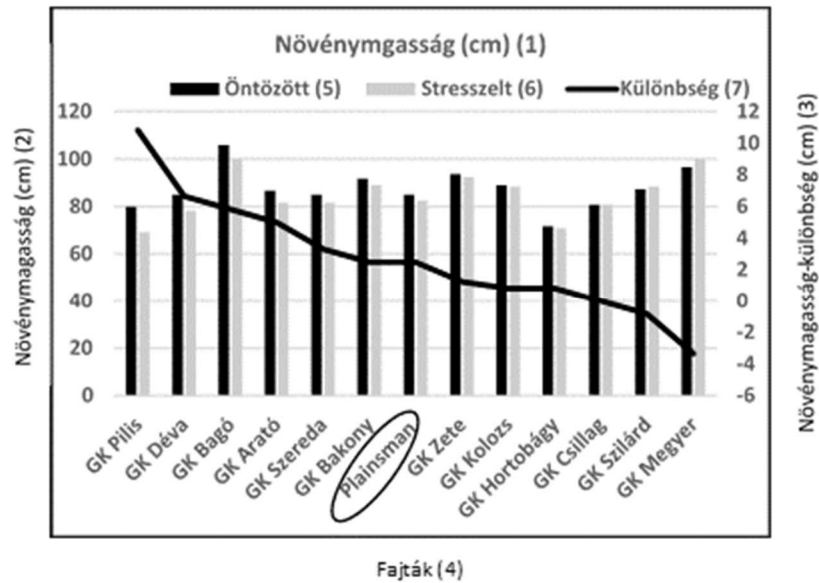
A kísérletek során évről évre a legfontosabb fenológiai változások (kalászás, érés) mellett agronómiailag fontos paraméterek (növénymagasság, termésszint, ezerszemtömeg), a levélfelületi hőmérséklet és a beltartalmi értékek adatai is meghatározásra kerültek. Ebben a dolgozatban ebből most hármat (kalászási idő, növénymagasság és terméskülönbség) mutatunk be. A fajták kalászási idejét napokban adtuk meg, ez az időintervallum január elsejétől addig a napig tartott, amíg a főkalászok a parcella több mint felén teljes egészében el nem hagyták a levélhüvelyt. A növénymagasságot a teljes érést követően vételeztük fel, a talajtól a növény csúcsáig mért magasságot jegyeztük fel, amibe a száka hosszát már nem mértük bele. A növénymagasság meghatározása mérőrúd használatával történt és a parcellák átlagmagasságát vettük figyelembe. A parcellákat kézzel arattuk le július végén, majd elektromos kévecséplő-géppel csépeltük le és tisztítottuk meg.

Eredmények

Magyarországon a 2022-ben bekövetkezett aszály tekinthető az elmúlt évek egyik súlyosabb agrometeorológiai eseményének. Szegeden a sokéves átlaghoz képest 50%-kal volt kevesebb a csapadékösszeg a tavalyi év során. Habár nem a 2022-es volt az elmúlt évtizedek legszárazabb éve, a jelentős mezőgazdasági károkhoz hozzájárultak a nyaranta egyre gyakrabban és hosszabb ideig tartó hőhullámok, valamint hogy a 2021-es évben szintén átlag alatti csapadékmennyiséget mértünk.

A tartós vízhiány egyik legszembetűnőbb következménye a növénymagasság csökkenése. A szárazság hatására a növények szára rövidül, így nem képesek elérni a jól öntözött körülmények között mért magasságukat. A növénymagasság változása nagymértékben genotípus függő, az általunk vizsgált fajták esetében eltérő reakciókat tapasztaltunk. Az *1. ábrán* látható, hogy a vizsgált fajták növénymagassága öntözött körülmények között 72 cm és 106 cm között váltakozott, míg szárazságstressz hatására 69 cm és 100 cm közötti értékeket mértünk. A normál vízellátottságú parcellák esetében az átlagos abszolút eltérés 6,02 cm, a szórás pedig 8,08 cm volt, míg a stresszelt parcellák esetében az átlagos abszolút eltérés 7,55 cm, a szórás pedig 9,14 cm volt.

1. ábra. A szegedi búzafajták növénymagasság (cm) változásának adatai öntözött és vízmegvonásos (stresszelt) kísérleti körülmények között

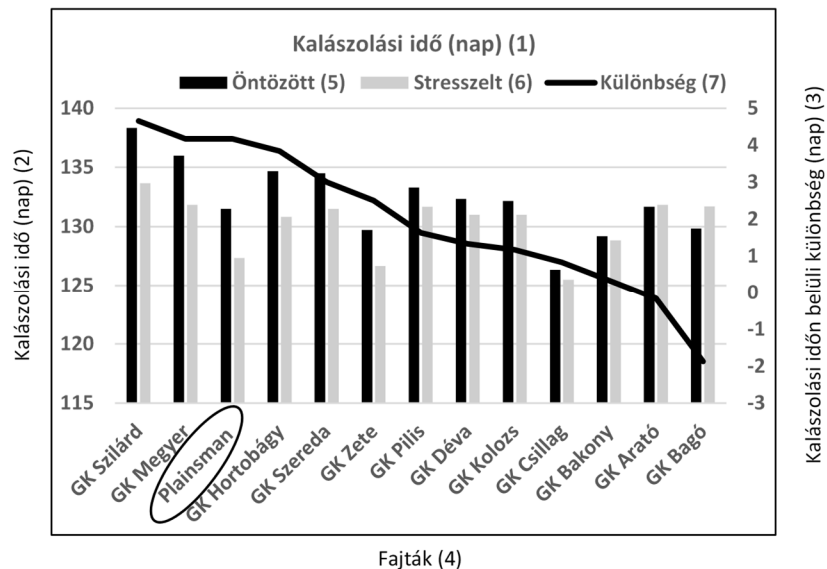


Megjegyzés: az „x” tengelyen a vizsgált fajták kerültek feltüntetésre, az „y” tengely bal oldalán a növénymagasság (cm) értéke látható, míg a jobb oldalán az öntözött és vízmegvonási kísérlet közötti növénymagasság-különbség figyelhető meg. Az ovális bekeretezés a szárazságtűrő *Plainsman V.* fajtát jelöli.

Figure 1. Plant height (cm) variation data of Szeged wheat varieties under irrigated and water-withdrawal (stressed) experimental conditions. (1) Plant height (cm), (2) Plant height (cm), (3) Plant height difference (cm), (4) Varieties, (5) Irrigated, (6) Stressed, (7) Difference. Note: the examined varieties are listed on the "x" axis, the values of plant height (cm) is on the left side of the "y" axis, while the difference in plant height between the irrigated and stressed experiments is visible on the right side. The oval frame marks the drought-tolerant *Plainsman V.* variety.

A 2. ábra a kalászolási idő változását mutatja be az általunk vizsgált fajták esetében. A fajták kalászolási idejét napokban fejeztük ki, ez az időintervallum január elsejétől addig a napig tartott, amíg a főkalászok a parcella több mint felén teljes egészében a zászlóslevél gallérja fölé nem nőttek.

2. ábra. A szegedi búzafajták kalászolási idejének (nap) változása öntözött és vízmegvonásos (stresszelt) kísérleti körülmények között



Megjegyzés: az „x” tengelyen a vizsgált fajták kerültek feltüntetésre, az „y” tengely bal oldalán a kalászolási idő (nap) értéke látható, míg a jobb oldalán az öntözött és a stresszelt kísérlet közötti kalászolási időn belüli eltérés figyelhető meg. Az ovális bekeretezés a szárazságtűrő *Plainsman V* fajtát jelöli.

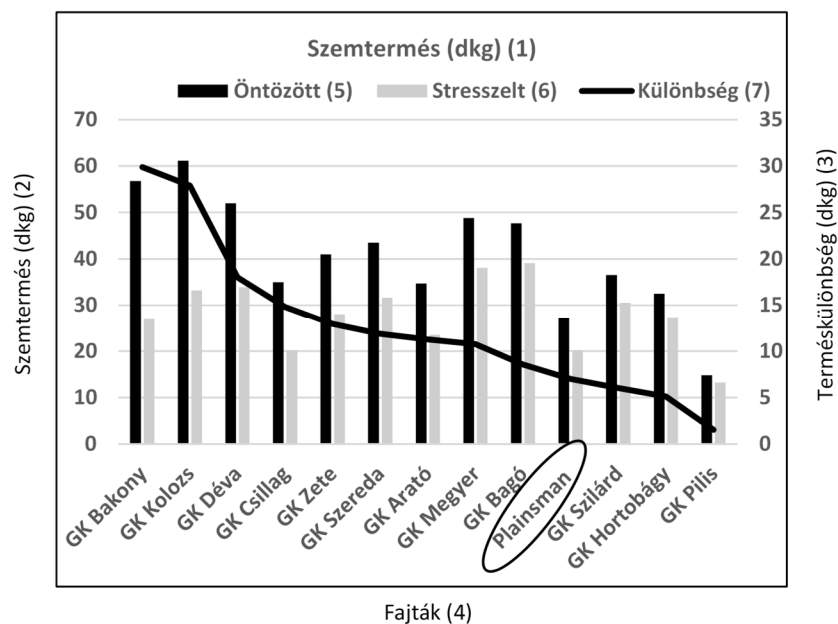
Figure 2. The data on changes in the heading date (days) of wheat varieties in Szeged under irrigated and water-withdrawal (stressed) experimental conditions. (1) Heading date (days), (2) Heading date (days), (3) Variation within heading (days), (4) Varieties, (5) Irrigated, (6) Stressed, (7) Difference. Note: the examined varieties are indicated on the "x" axis, the values of heading time (in days) are shown on the left side of the "y" axis, while the difference in heading time within the irrigated and stressed experimental conditions can be observed on the right side. The oval enclosure marks the drought-tolerant *Plainsman V* variety.

A legtöbb fajta szárazságstressz hatására korábban kalászolt, mint normál vízellátottság mellett. A 2. ábrán jól látható az általunk vizsgált fajták kalászolási ideje öntözött körülmények között (bal oldali oszlopok) és vízhiány hatására (jobb oldali oszlopok). A folytonos vonal a két kezelés hatására, a fajták kalászolási idejében kialakult eltérést mutatja. A megfelelő vízellátottságú területen a növények kalászolási ideje a 129. és a 138. nap között alakult, míg a stresszelt körülmények között növekedett fajták esetében ez az intervallum

nagyjából a 125. és a 134. nap közé esett. A kontroll fajta négy nappal kalászolt korábban az aszály hatására, az általunk vizsgált fajták nagy része (12-ből 10 fajta) ennél kisebb eltérést mutatott a kalászolási idő tekintetében. Az utolsó két oszlopban látható, hogy nem minden esetben okoz korábbi kalászolást a szárazságstressz. Átlagosan két nappal korábbi kalászolást jegyeztünk fel a stresszelt genotípusok javára. A normál vízellátottságú parcellák esetében az átlagos abszolút eltérés 2,45 cm volt, a szórás pedig 3,1 cm. A szárazságstressznek kitett parcellák esetében az átlagos abszolút eltérés 1,95 cm volt, a szórás pedig 2,32 cm.

Nemesítési szempontból a legfontosabb paraméter a szemtermés mennyisége, ezen értékmérő tulajdonság a szárazságtűrés szempontjából is meghatározó. A 3. ábrán a szemterméshozam variabilitását mutatjuk be szárazságstressz hatására. A diagramról leolvasható, hogy jó vízellátottságú parcellák termése 15 dkg és 61 dkg közötti értékeket mutat, míg az esőárnyékoló berendezés alatti parcellák esetében ez az érték 13 dkg és 39 dkg közötti. Jelen esetben is a bal oldali oszlopok mutatják egy fajta öntözött parcelláinak, a jobb oldali oszlopok pedig a vízmegvonás alá került parcellák terméseredményeit. A 3. ábrát átlósan keresztülszelő vonal a két kezelés hatására létrejött terméskülönbséget szemlélteti az egyes fajták esetében. A kontroll fajta esetén 7 dkg-os terméseszkendést jegyeztünk fel (26%-os termésdepresszió), amelynél három vizsgált fajta szerepelt jobban a kísérletben. Az adatokat összehasonlítva az átlagos terméskülönbség közel 13 dkg volt, ami átlagosan 31%-os termésdepressziót jelent. A 3. ábrán jól látszik, hogy egyes fajták ennél sokkal jobban szerepeltek, míg más fajták az átlagnál is több termést veszítettek a szárazság hatására. A normál vízellátottságú parcellák esetében az átlagos abszolút eltérés 9,93 dkg volt, a szórás pedig 7,25 dkg. A szárazság-stresszelt parcellák esetében az átlagos abszolút eltérés 5,78 dkg volt, míg a szórás 7,17 dkg. A vizsgált fajták közül a szárazságra legérzékenyebb majdnem 53%-os termésveszteséggel reagált (*GK Bakony*), míg a legkevésbé érzékeny fajta (*GK Pilis*) mindössze 10,5%-át veszítette el a termésének az öntözött parcella terméséhez képest. Azok a genotípusok, amelyek ilyen kismértékű termésdepresszióval reagálnak a vízhiányra, kiváló alapananyagul szolgálhatnak új szárazságtoleráns fajták előállításához.

3. ábra. A szegedi búzafajták szemtermésének (dkg) változásának adatai öntözött és vízmegvonásos (stresszelt) kísérleti körülmények között



Megjegyzés: az „x” tengelyen a vizsgált fajták kerültek feltüntetésre, az „y” tengely bal oldalán a szemtermés (dkg) értéke látható, míg a jobb oldalán az öntözött és a stresszelt kísérlet közötti terméskülönbség figyelhető meg. Az ovális bekeretezés a szárazságtűrő *Plainsman V.* fajtát jelöli.

Figure 3. The data of changes in the grain yield (dkg) of wheat varieties from Szeged under irrigated and water deficit (stressed) experimental conditions. (1) Grain yield (dkg), (2) Grain yield (dkg), (3) Yield difference, (4) Varieties, (5) Irrigated, (6) Stressed, (7) Difference. Note: the "x" axis shows the examined varieties, the "y" axis on the left side displays the grain yield (in decagrams), while on the right side, the yield difference between the irrigated and stressed experiments can be observed. The oval framing indicates the drought-tolerant *Plainsman V.* variety.

A kis mintaszámra való tekintettel, valamint annak figyelembe vételével, hogy a jelen tanulmány csupán előkísérletként szolgál a további tudományos munkához, az eredmények komolyabb statisztikai értékelésétől eltekintettünk. Mindazonáltal a tulajdonságok közötti korrelációanalízist elvégeztük, minden esetben kihagytuk a fiziológiailag várható trendtől eltérő eredményeket. A kalászolási időben jelentkező különbség és a növénymagasságkülönbség között nem találtunk kimutatható összefüggést. A növénymagasság-

különbség és a szemtermés-különbség között gyenge negatív korrelációt detektáltunk (-0,41), melynek értelmében feltételezhető lehet, hogy az erőteljes növénymagasság csökkenés kisebb mértékű termésdepresszióval társul. A kalászolási időben jelentkező eltérés és a szemtermés-különbség közötti összefüggés szintén negatív korrelációt mutatott (-0,68), ez esetben azonban mérsékelt erő volt az összefüggés, ami arra enged következtetni, hogy a korábbi kalászolási idő is a termésdepresszió csökkentését szolgálhatja.

Következtetések

Kísérletünk során a szegedi Gabonakutató Nonprofit Kft. őszi búza fajtáinak vízmegvonás hatására jelentkező reakcióit elemeztük három fontos értékmérő tulajdonság vizsgálata során. A kísérletet tenyészkeri körülmények között végeztük, normál vízellátottságú és szárazságnak kitett parcellákon. A szárazságstressz hatását esőárnyékoló berendezés használatával szimuláltuk, amely segítségével szántóföldön vizsgálhattuk a növényeket, kizárva az egyenetlen csapadékeloszlást. Az általunk vizsgált három agronómiai szempontból fontos tulajdonság a növénymagasság, a kalászolási idő és a szemtermés tömege volt. Legnagyobb érzékenységet a szárazságtoleranciára a termésmennyiség mutatta, szinkronban mások eredményeivel (*Rizza et al. 2004, Ashraf et al. 2010, Mir et al. 2012*). Ebben a tulajdonságban jelentős különbséget mértünk az öntözött és a vízhiányos parcellák között. A fajták átlagos termésdepressziója 31% volt, ettől az értéktől mind pozitív, mind negatív irányban jelentős eltéréseket mértünk, mint azt a szakirodalomban is leírták. A növénymagasság és a kalászolási idő kevésbé érzékenyen reagált az erős szárazságstressz hatására, hasonlóan mások (*Barnabás et al. 2008, Rollins et al. 2013*) eredményeihez. Kísérletünk eredményeként beazonosítottunk szárazságot jól toleráló fajtákat, melyek a későbbi szárazságtűrésre irányuló kutatásban és a nemesítésben is jó alapanyagok lesznek. A legjobban szereplő fajták az aszályos területeken való termesztésre is bátran ajánlhatók. Kísérletünk során megállapítottuk, hogy az általunk vizsgált fajták közül a *GK Bakony*, *GK Kolozs* és *GK Déva* érzékenyen reagált a szárazságra, a *GK Csillag*, *GK Zete*, *GK Szereda*, *GK Arató*, *GK Megyer* és *GK Bagó* közepes érzékenységet mutatott, míg a *GK Szilárd*, *GK Hortobágy* és *GK Pilis* jól

tolerálta a vízmegvonás hatásait, megelőzve a szárazságtűrő kontroll fajtát. A tulajdonságok közötti statisztikai összefüggések vizsgálatára a kis mintaszám miatt csak említőlegesen térünk ki, melyeknek eredményeiből nem vonhatók le hosszútávú következtetések. A doktori kutatás keretein belül nagyobb mintaszámú kísérlet kerül beállításra, mely során fokozott figyelmet fogunk szentelni az esetleges adaptációs mechanizmusok felderítésére.

Összegzés

Kísérletünk során arra kerestük a választ, hogy a nemesítési programunkból származó fajták közül melyek azok, amelyek kedvező szárazságstressztoleranciával rendelkeznek. A kísérlet tenyészkerti körülmények között, a Gabonakutató Kft. szegedi automata esőárnyékoló berendezése alatt került beállításra, valamint közvetlen mellette lévő kontroll parcellákon. A vizsgálat során 12 szegedi búzafajta és egy szárazságtűrő kontroll fajta a *Plainsman V.* szárazságstresszre adott válaszreakcióját hasonlítottuk össze három fontos tulajdonság (kalászolási idő, növénymagasság és termés mennyiség) alapján. Fontos megjegyezni, hogy jelen kísérlet keretein belül igyekeztünk csupán a szárazságstressz hatását vizsgálni. Szárazság hatására a legnagyobb érzékenységet a szemtermés mennyisége mutatta – átlagosan 31%-os termésdepressziót mértünk –, azonban ettől az értéktől mind pozitív, mind negatív irányban lényeges eltérések mutatkoztak. A növénymagasság és a kalászolási idő kevésbé érzékenyen reagált a vízhiányra. Eredményeinkből látható, hogy a 12 vizsgált fajta közül három fajta (*GK Szilárd*, *GK Hortobágy*, *GK Pilis*) jobban teljesített a szemtermés tekintetében, mint a kontroll fajta, ami termésének a 26%-át veszítette el erős szárazság hatására. A vizsgálataink rámutatnak, hogy milyen jelentős termés kieséssel jár az aszály és a vele járó egyéb abiotikus stresszhatások (hősokk, UV sugárzás) kombinálódása. Sikerült olyan ellenálló fajtákat azonosítanunk, melyek megfelelő megelőzési és védekezési megoldások (talajtakarás, vízmegtartás, öntözés) mellett képesek csökkenteni az aszályos években a termésveszteséget.

IRODALOM

- Abd El-Aty, M. S.-Katta, Y. S.-Abd Eel Moaty, B.-El-Abd-Mahmoud, S. M.-Ibrahim, O. M.-Ewada, M. A.-El-Saadony, M. T.-Abou Qamar, S. F.-El-Tarabily, K. A.-El-Taha, A. M.*: 2022. The combining ability for grain yield and some related characteristics in rice (*Oryza sativa* L.) under normal and water stress conditions. *Frontiers in Plant Science*. 13: 866-742.
- Ashraf, M.*: 2010. Inducing drought tolerance in plants: Recent advances. *Biotechnology Advances*. 28: 169-183.
- Barnabás, B.-Jager, K.-Fehér, A.*: 2008. The effect of drought and heat stress on reproductive process in cereals. *Plant, Cell & Environment*. 31: 11-38.
- Bartels, D.-Sunkar, R.*: 2005. Drought and salt tolerance in plants. *Plant Science*. 24: 23-58.
- Bartels, D.-Ditzler, A.-Furini, A.*: 2006. What can we learn from resurrection plants? [In: Ribaut, J. M. (ed.) *Drought adaptation in cereals.*] The Haworth Press Inc. Binghamton. NY. 599-562.
- Bányai J.*: 2017. A szárazságstressz morfológiai, fiziológiai és terméshiológiai hatásának tanulmányozása durumbúzában. Doktori (PhD) értekezés. Szent István Egyetem. Gödöllő. 167.
- Cseuz, L.-Pauk, J.-Fónad, P.-Kovács, E.-Matuz, J.*: 2008. Field selection of winter wheat genotypes tolerant to water shortages with a mobile automatic rain shelter (MARS) and chemical desiccation. 11th International Wheat Genetics Symposium. 2008. 3: 882-884.
- Cseuz L.*: 2009. A szárazságtűrő őszi búza (*Triticum aestivum* L.) nemesítésének lehetőségei és korlátai. Doktori (PhD) értekezés. Szent István Egyetem. Gödöllő. 125.
- Heszky L.*: 2007. Szárazság és a növény kapcsolata. *Agrofórum*. 18: 36-41.
- Heszky L.*: 2012. Miért nincsenek szárazságtűrő növényfajtáink? *Agrofórum*. 23. 10: 6-10.
- Kant, S.-Thoday-Kennedy, E.-Joshi, S.-Vakani, J.-Hughes, J.-Maphosa, L.*: 2017. Automated Rainout Shelter's Design for Well-Defined Water Stress Field. *Phenotyping of Crop Plants*. *Crop Sci*. 57: 327-331.
- KSH*: 2022. A búza termelése vármegye és régió szerint. https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0071.html. (lekérdezés időpontja: 2023. 03. 23.)
- Lipiec, J.-Doussan, C.-Nosalewicz, A.-Kondracka, K.*: 2013. Effect of drought and heat stresses on plant growth and yield: a review. *International Agrophysics*. 27: 463-477.
- Mir, R. R.-Zaman-Allah, M.-Sreenivasulu, N.-Trethowan, R.-Varshney, R. K.*: 2012. Integrated genomics, physiology and breeding approaches for improving drought tolerance in crops. *Theoretical and Applied Genetics*. 125: 625-645.
- Mohammadi, R.*: 2016. Efficiency of yield-based drought tolerance indices to identify tolerant genotypes in durum wheat. *Euphytica*. 211: 71-89.

- Mohammadi, R.*: 2018. Breeding for increased drought tolerance in wheat: a review. *Crop & Pasture Science*. 69: 223–241.
- Mwadzeingeni, L.–Shimelis, H.–Tesfay, S.–Tsilo, T. I.*: 2016. Breeding wheat for drought tolerance. Progress and technologies. *Journal of Integrative Agriculture*. 15. 5: 935–943.
- Nezhadahmadi, A.–Hossian, Z.–Prodhon, H.–Faruq, G.*: 2013. Drought tolerance in wheat. Hindawi Publishing Corporation. *The Scientific World Journal*. Article ID: 610721. 12.
- OMSZ*: 2022. Elmúlt évek időjárása. https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/eghajlata_visszatekinto/elmult_evek_idojarasa/ (lekérdezés időpontja: 2023. 03. 23.)
- Passioura, J. B.*: 1996. Drought and drought tolerance. *Plant Growth Regulation*. 20. 2: 79–83.
- Rizhsky, L.–Liang, H.–Mittler, R.*: 2002. The combined effect of drought stress and heat shock on gene expression in tobacco. *Plant Physiology*. 130. 3: 1143–1151.
- Rizza, F.–Badeck, F. W.–Cattivelli, C.–Destri, O. D.–Fonzo, N.–Sanca, A. M.*: 2004. Use of water stress index to identify barley genotypes adapted to rainfed and irrigated conditions. *Crop Science*. 44. 6: 2127–2137.
- Rollins, J. A.–Habte, E.–Templer, S. E.–Colby, T.–Schmidt, J.–Korff, M.*: 2013. Leaf proteome alterations in the context of physiological and morphological responses to drought and heat stress in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Journal of Experimental Botany*. 64. 11: 3201–3212.
- Tuberosa, R.*: 2012. Phenotyping for drought tolerance of crops in the genomics era. *Frontiers in Physiology*. 3: 1–26.
- Voltas, J.–López-Córcoles, H.–Borrás, G.*: 2005. Use of biplot analysis and factorial regression for the investigation of superior genotypes in multi environmental trials. *European Journal of Agronomy*. 22. 3: 309–324.

A szerzők levelezési címe - Address of the authors:

Nagy Dániel – Dr. Cseuz László – *Dr. Pauk János
Gabonakutató Nonprofit Közhasznú Kft.
Szeged
Alsó kikötő sor 9.
H-6726
*janos.pauk@gabonakutato.hu