

A BÚZA MINŐSÉGÉNEK VÁLTOZÁSA EXTRÉM MAGAS HŐMÉRSÉKLET HATÁSÁRA

BALLA KRISZTINA, BENCZE SZILVIA ÉS VEISZ OTTÓ

MTA Mezőgazdasági Kutatóintézete, Martonvásár

Két különböző fejlődési stádiumban extrém magas hőmérsékletnek (35°C, 38°C) kitett növényeken vizsgáltuk a termés mennyiségének, fehérjetartalmának és fehérje-összetevők %-os arányának változását. A magas hőmérséklet hatására – mind szárbaindulás elején, mind kalászosítás után 12 nappal alkalmazva – szignifikánsan csökkent a növények termésprodukciója. Fiatalabb fejlődési stádiumban a fajták sokkal érzékenyebbek voltak a hőstresszre, mint szemtelítődés idején, mivel szemtermésükben (átlag 48,7%) és szemszámukban (átlag 49,7%) jelentősebb csökkenés következett be. Az UPP% és a glutenin/gliadin arány csökkenő értékei a minőség romlására utalnak a relatív fehérjetartalom növekedés ellenére. A magas hőmérséklet hatására a szemtelítődés fázisában bekövetkezett relatív fehérjetartalom emelkedésére az ezerszemtömegnek (átlag 22,19%) a lecsökkenése szolgálhatott magyarázatul. A szárbainduláskori stresszhatásra bekövetkezett relatív fehérje növekedés legfőképpen a növényenkénti drasztikus szemszám és termés csökkenésnek volt az eredménye (ezerszemtömeg növekedés mellett: átlag 13,84%), mivel a szárbainduláskor alkalmazott magas hőmérséklet drasztikusan csökkentette a kalászkák differenciálódását.

Kulcsszavak: hőstressz, fehérje tartalom, szemtelítődés, szárbaindulás, őszi búza

CHANGES IN WHEAT QUALITY IN RESPONSE TO EXTREMELY HIGH TEMPERATURE

K. BALLA, SZ. BENCZE, O. VEISZ

Agricultural Research Institute of the Hungarian Academy of Sciences,
Martonvásár

Changes in the yield, protein content and ratio of protein components were studied in plants exposed to extremely high temperatures (35°C, 38°C) in two stages of development. High temperature, whether applied at the beginning of shooting or 12 days after heading, caused a significant reduction in the yield. The varieties were much more sensitive to heat stress in the early development stage than during grain filling, exhibiting greater decreases in grain yield (48.7% on average) and grain number (49.7% on average). Reductions in UPP% and the glutenin/gliadin ratio were indicative of quality deterioration despite the increase in relative protein content. The rise in the relative protein content after exposure to high temperature during grain filling could be attributed to the reduction in the thousand-kernel weight (22.19% on average). The relative increase in the protein content after stress in the shooting stage was mainly due to the drastic reduction in grain number and yield per plant, combined with a rise in the thousand-kernel weight (13.84% on average), as high temperature at shooting led to the disruption of spikelet differentiation.

Key words: heat stress, protein content, grain filling, shooting, winter wheat

Bevezetés

A magas hőmérséklet, hasonlóan a szárazsághoz jelentős károkat okoz a mezőgazdaságban. A kutatási eredmények bizonyították, hogy nemcsak a virágzás utáni, hanem a virágzás előtti stressz is jelentősen csökkenti a szemtermést és a szemszámot. A legérzékenyebbnek a szármegnyúlás, a legkevésbé érzékenyek pedig a kalászolás és virágzás közötti szakasz bizonyultak (Ugarte *et al.* 2007). A szemtelítődés alatt a búzát ért stressz még kritikusabb lehet, mivel a szemtelítődés mértékének a csökkenését idézi elő (Wardlaw és Moncur 1995), gyorsabb sejtelhalást és az aratási érettség korábbi bekövetkezését eredményezheti (Altenbach *et al.* 2003). A nagy termésvesztésért a keményítő tartalomnak a csökkenése okozza, mivel a gabonák szárazsúlyának több, mint 65%-át keményítő alkotja (Barnabás *et al.* 2008). A keményítő akkumulációja összhangban van a szemek szaharóz tartalmával, a szaharóz-szintáz és más szintézisben fontos szerepet játszó enzimek aktivitásával (Yan *et al.* 2008). Mindez arra utal, hogy a kevés szaharóz készlet és a keményítő szintézisben működő enzimek aktivitásának visszaesése a felelős a keményítő akkumulációjának csökkenéséért. A fehérjék akkumulációja szintén megváltozik. Az addig bioszintézisben és metabolizmusban aktívan részt vevő fehérjék akkumulációja a raktározó és a biotikus/abiotikus stressz elleni védelemben szerepet játszó fehérjék képzésének irányába tolódik el. Bizonyítást nyert, hogy a virágzás után hőstresszt kapott szemek fehérje tartalma szignifikánsan növekedett a hőstressz hatására (Balla és Veisz 2007). A glutenin-gliadin arányában bekövetkezett csökkenés – a megnövekedett fehérje tartalom ellenére – negatív hatással van a liszt minőségére (Bencze *et al.* 2004). A magas hőmérséklet ugyanis a szemtelítődés alatt jelentősen képes befolyásolni a glutén fehérjék akkumulációs szintjét.

A jó minőségű búza termesztésének alapfeltétele a megfelelő genetikai adottságokkal rendelkező fajta. A minőségbeli változások attól is függenek, hogy milyen a talaj, a tápanyagellátás, a növényvédelem és még sok más agrotechnikai beavatkozás minősége. A legfontosabb tényező az, hogy a fent említett hatások és főként az abiotikus faktorok, mint a hőstressz is, melyik fenofázisban érik a növényeket. Ugyanis döntő hatásúak lehetnek az adott évi termés hozamra és minőségre. Éppen ezért jelen dolgozatunkban két eltérő fenofázisban alkalmazott hőstressz hatásának vizsgálatát tűztük ki célul különböző őszi búzafajtákon.

Anyag és módszer

A hőstressz hatásának vizsgálatát a martonvásári fitotron klímakamráiban végeztük kontrollált körülmények között. A kísérletben négy őszi búzafajtát (Plainsman V., Fatima 2, Mv Magma, GK Öthalom) fiatalkori (szárba indulás elején (8. hét)) és időskori fejlődési stádiumában (kalászolás után 12 nappal) teszteltük. 15 napos stresszkezelést alkalmaztunk. A kezelések 6 ismétlésben és ismétlésenként 4 növényen folytak. A hőmérsékletet a kontroll növényeknél még fiatalkori stádiumban 17/13°C-ra (nappal/éjjel), az időskorú kontroll növényeknél 24/20°C-ra programoztuk. Fiatalkori hőstressz esetén a kamrák hőmérsékletét 30/20°C-ra, időskori hőstressz

kezelésnél 35/20°C és 38/20°C-ra állítottuk be (Tischner et al. 1997). Aratás után mértük a növényenkénti szemszámot, szemtermést, valamint ezerszemtömeget (TKW). A fehérjetartalmat Perten Inframatic 8611 mérőműszerrel határoztuk meg. A szemek súlyát és átmérőjét Single Kernel Characterization System 4100 típusú berendezéssel mértük. A minták összes glutenin-, gliadin tartalmát SE-HPLC technikával Batey (1991) módosított módszere alapján határoztuk meg. Az oldhatatlan polimer frakció (UPP%) mennyiségének meghatározásához Gupta és MacRitchie (1993) módszerét használtuk. Az adatok statisztikai kiértékeléséhez kétféle variációs varianciaanalízist alkalmaztunk.

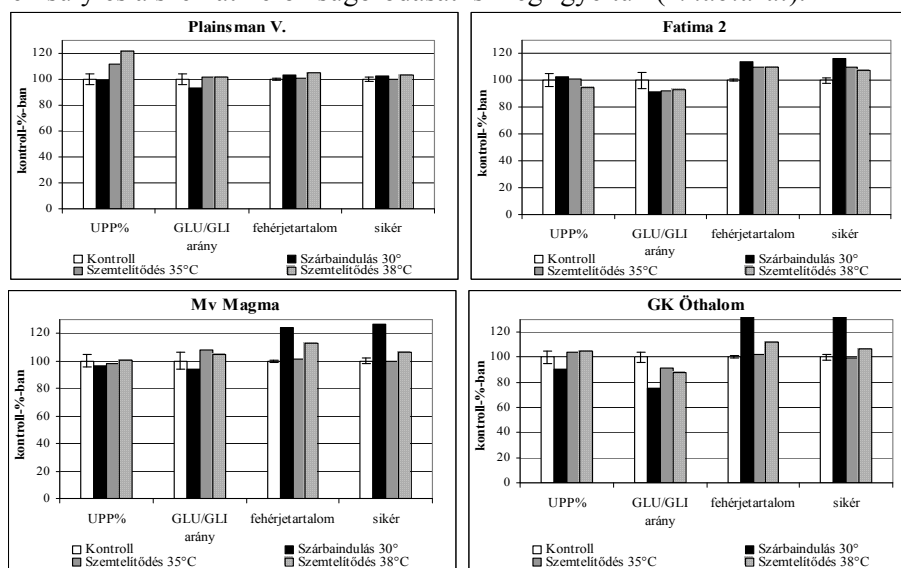
Eredmények és következtetések

A hőstressz a szemtermésben és a minőségben mind a két fenofázisban jelentős mértékű változásokat eredményezett. Fiatalabb fejlődési stádiumban a fajták sokkal érzékenyebbek voltak a hőstresszre, mint szemtelítődés idején. Ezt mutatja (1. táblázat), hogy szemtermésük fiatalkori stressz hatására átlagosan 48,7%-al csökkent, míg a szemtelítődéskor a 35°C-on kezelték átlagosan 23,27%-kal, a 38°C-on kezelték, pedig átlagosan 34,92%-kal esett vissza. A szemszám változásában is jelentős különbségek voltak kimutathatók: a szárbaindulás elején kapott 30°C-os hőmérséklet a szemszámban átlagosan 49,7%-os csökkenést okozott, míg a 35°C-os kezelés következtében átlagosan 9,39%-os csökkenés történt. A 38°C-os magas hőmérsékleten 10,44%-kal estek vissza a szemszám értékek.

1. táblázat. A szemsúly, a szemátmérő, a szemtermés, a szemszám és az ezerszemtömeg (TKW) változása a hőstressz kezelés hatására

Plainsman V.						Fatima 2				
Kontroll %-ban	Szem-súly (%)	Szemát-mérő (%)	Ter-més (%)	Szem-szám (%)	TKW (%)	Szem-súly (%)	Szemát-mérő (%)	Termés (%)	Szem-szám (%)	TKW (%)
Kontroll	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Szárbaindulás 30°C	97,3	95,3	81,4	91	90,8	106	107	52	46,4	121
Szemtelítődés 35°C	98,6	97,6	79,0	90,8	86,1	87,2	91,5	69,3	88,9	78,8
Szemtelítődés 38°C	90,5	90,8	69,1	87,8	79,4	81,7	86,6	62,6	89,4	70,9
SzD _s %	11,4	8,0	16,7	17,1	10,8	10,3	7,8	17,8	18,8	10,1
Mv Magma						GK Óthalom				
Kontroll %-ban	Szem-súly (%)	Szemát-mérő (%)	Ter-més (%)	Szem-szám (%)	TKW (%)	Szem-súly (%)	Szemát-mérő (%)	Termés (%)	Szem-szám (%)	TKW (%)
Kontroll	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Szárbaindulás 30°C	95,3	96,4	42,6	45,5	95	145	131	29,0	18,1	149
Szemtelítődés 35°C	84,4	88,8	75,8	87,3	85,8	94,9	95,8	82,8	95,5	82,8
Szemtelítődés 38°C	75,0	77,4	59,1	87,8	66,4	83,7	86,4	69,5	93,3	72,2
SzD _s %	10,7	7,9	15,1	14,8	10,8	10,5	7,7	13,9	15,5	9,3

A termés minőségét elemezve (1. - 4. ábra), megállapítottuk, hogy a szemek relatív fehérjetartalmában mindkét fenofázisban, mindegyik fajtánál szignifikáns növekedés ment végbe. A legnagyobb mértékű változást a fiatalkori hőstressz okozta, ami főként – a gyors kalászásolás következményeként – a növényenkénti drasztikus termésnövekedéssel és szemszám csökkenéssel volt magyarázható, 13,84%-os ezerszemtömeg növekedés mellett. A minőségi adatokból készített korrelációs analízis alapján a fiatal korban stresszkezelt búzafajták termésének és a fehérje tartalmának igen szoros negatív korrelációját tudtuk kimutatni. Szemtelítődés idején a 35°C-on hőstressz kezelt növények szemtermésében is tapasztalható volt relatív fehérje növekedés, de általában nem olyan mértékű, mint a 38°C-os hőmérsékletnek kitett növényeknél. A 38°C-os hőmérséklet jobban megnövelte (9,7%) a szemek relatív fehérjetartalmát, mint a 35°C-os kezelés (3,8%). Míg a stresszkezelések hatására fiatal korban a GK Óthalomnak emelkedett meg a legnagyobb mértékben a relatív fehérjetartalma, addig az időskori 35°C-os kezelés az Mv Magmára, a 38°C-os kezelés pedig a Fatima 2-re hatott fokozottan. Az átlagos ezerszemtömeg csökkenésével és a keményítőtartalom drasztikus visszaesésével is magyarázható (Barnabás *et al.* 2008, Yan *et al.* 2008), hogy a szemek fehérjetartalma megnőtt a stresszkezelések hatására (szemtelítődés idején). Mindezzel párhuzamosan a szemsúly és a szemátmérő zsugorodását is megfigyeltük (1. táblázat).



1.-4. ábra Az UPP% (oldhatatlan polimer fehérje frakció), a Glu/Gli arány (glutenin/gliadin), a fehérjetartalom és a sikér változása hőstressz kezelés hatására

A relatív fehérjetartalom emelkedések azonban nem jelentettek jobb szemtermés minőséget, mivel a glutenin/gliadin aránynak és az UPP% (oldhatatlan polimer fehérje) értékének a lecsökkenése, rosszabb sütőipari minőség kialakulását vonja maga után. Megállapítottuk, hogy a fajták

minőségének romlását a legtöbb esetben a glutenin/gliadin arányának szignifikáns csökkenése jelezte (1. - 4. ábra). Szárbaindulás idején kapott hőstressz hatására ugyanis mind a 4 fajtának csökkent a glutenin/gliadin arány értéke. Ezt a romló tendenciát az UPP% szignifikáns csökkenése csak a GK Öthalomnál tudta fokozni. A Plainsman V. fajta kivételével a többi esetben nem tudunk szignifikáns változást kimutatni az UPP%-ban. A Plainsman V. a kontrollhoz viszonyítva sokkal ellenállóbbnak bizonyult. Ez megmutatkozott abban is, hogy szentelítődéskori magas hőmérséklet hatására szignifikáns növekedést kaptunk az UPP%-ban (a glutenin/gliadin aránya viszont nem változott). A GK Öthalomnak és a Fatima 2-nek a minősége nemcsak, hogy fiatalabb korban romlott le a stressz hatására, hanem az időskori kezelések okozta szignifikáns glutenin/gliadin arány csökkenése fokozott minőségromlást is jelzett.

Köszönetnyilvánítás

A dolgozat a 203288 sz. EU-FP7-REGPOT 2007-1 és a K63369 számú OTKA pályázat támogatásával készült.

Irodalom

- Altenbach, S. B., DuPont, F. M., Kothari, K. M., Chan, R., Johnson, E. L., Lieu, D. (2003): Temperature, water and fertilizer influence the timing of key events during grain development in a US spring wheat. *Journal of Cereal Science*, **37**, 9-20.
- Balla K., Veisz O. (2007): Changes in the quality of cereals in response to heat and drought stress. *Acta Agronomica Óvariensis*, **49**, 2. 451-455.
- Barnabás, B., Jäger, K., Fehér, A. (2008): The effect of drought and heat stress on reproductive processes in cereals. *Plant, Cell and Environment*, **31**, 11-38.
- Batey, I. L., Gupta, R. B., MacRitchie, F. (1991): Use of size-exclusion high-performance liquid chromatography in the study of wheat flour proteins: an improved chromatographic procedure. *Cereal Chemistry*, **68**, 207-209.
- Bencze, S., Veisz, O., Bedő, Z. (2004): Effects of high atmospheric CO₂ and heat stress on phytomass, yield and grain quality of winter wheat. *Cereal Research Communications*, **32**, 1. 75-82.
- Gupta, R. B., Khan, K., MacRitchie, F. (1993): Biochemical basis of flour properties in bread wheats. I. Effects of variation in the quality and size distribution of polymeric protein. *Journal of Cereal Science*, **18**, 23-41.
- Tischner, T., Rajkainé Végh, K., Kőszegi, B. (1997): Effect of growth medium on the growth of cereals in the phytotron. *Acta Agronomica Hungarica*, **45**, 187-193.
- Ugarte, C., Calderini, D. F., Slafer, G. A. (2007): Grain weight and grain number responsiveness to pre-anthesis temperature in wheat, barley and triticale. *Field Crops Research*, **100**, 240-248.
- Wardlaw, I. F., Moncur, L. (1995): The response of wheat to high temperature following anthesis. I. The rate and duration of kernel filling. *Australian Journal of Plant Physiology*, **22**, 391-397.
- Yan, S. H., Yin, Y. P., Li, W. Y., Li, Y., Liang, T. B., Wu, Y. H., Geng, Q. H., Wang, Z. L. (2008): Effect of high temperature after anthesis on starch formation of two wheat cultivars differing in heat tolerance. *Acta Ecologica Sinica*, **28**, 12. 6138-6147.