

Dulai Sándor<sup>1</sup>, Molnár István<sup>2</sup> és Lángné Molnár Márta<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Plant Physiology, Eszterházy College, Eger, <sup>2</sup>Agricultural Research Institute of the Hungarian Academy of Sciences, Martonvásár, Hungary

## Összefoglalás

A fotoszintetizáló apparátus hőmérsékleti toleranciáját vizsgáltuk különböző termőhelyekről származó szárazságtűrő kecskebúza fajokban és ősi búza fajtákban. A sötétadaptált mintákon (normál vízellátottság) mérhető hőmérsékleti tolerancia viszonylag alacsonynak bizonyult az eredeti élőhely hőmérsékleti viszonyait figyelembe véve. Fényadaptált helyzetben, az egyensúlyi fluoreszcencia szint ( $F_0$ ) hőmérsékletfüggése ( $F_0$ -T görbék) alapján mérsékelt termotabilitás növekedést mutattunk ki. Az aszályos időszakokra jellemző körülmények (közepesen magas fényintenzitás, erős vízdeficit,  $RWC \leq 75\%$ ) tovább növelték a fotoszintetizáló apparátus hőmérsékleti stabilitását a jó vízellátottságú növényekhez képest. Eredményeink szerint a természetet búzával való szoros genetikai-filogenetikai rokonságot mutató *Ae. tauschii* MvGB 589, 605 és az *Ae. speltioides* MvGB 1042 genotípusok alkalmasak lehetnek a búza abiotikus stresszkel szembeni ellenálló képességének növelésére nemzetség keresztezés révén.

## Abstract

Heat stability changes of PSII to drought were examined in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) and in drought tolerant wild wheat genotypes originating from habitats with different annual rainfalls and daily temperatures. Heat tolerance of PSII in well watered plants determined on the basis of the  $F_0$  vs. T curves (practically in darkness) was not sufficient for tolerating such high temperatures that are peculiar to their original habitats. Heat stability measured at  $1000 \mu E m^{-2} s^{-1}$  actinic light intensity increased moderately, indicating a higher thermal tolerance of plants. Water deficit (RWC<75%, 10-14 day drought treatment) resulted in a significant increase in thermal stability for wheat and for several *Aegilops* genotypes. In a dark-adapted state the critical values of the  $F_0$  vs. T curves did not shift towards significantly higher temperatures with an increase in water deficit. The results indicate that some *Aegilops* genotypes originating from arid habitats have very promising heat tolerance during drought, making them appropriate for improving the heat tolerance of wheat enabling it to survive the dry and hot periods in the field.

## Eredmények és következtetések

Az 1. ábra az  $F_0$  hőmérsékletfüggését mutatja a  $T_c$  küszöbhőmérséklettel, melyet általában alkalmaznak a magasabb rendűek hőmérsékleti érzékenységének jellemzésére (Bilger *et al.* 1984) a *Triticum* és *Aegilops* nemzetségek fajain is (Rekita *et al.* 1997). Az 1. táblázat adatai azt is világosan mutatják, hogy ebben a tekintetben gyakorlatilag nincs különbség a vizsgált búzafajták és az *Aegilops* vonalak között, valamint az értékek viszonylag alacsonyak az eredeti élőhely hőmérsékleti viszonyait figyelembe véve. Minel azonban az  $F_0$  hőmérsékletfüggésének felvétele gyakorlatilag sötétben történik, nem alkalmas a fényadaptált helyzetben, egyensúlyi szinten fotoszintetizáló minták hőmérsékleti toleranciájának meghatározására. Hasonlóan bizonyos kétszikiúken már kimutató eredményekhez (Molnár *et al.* 1998) fényadaptált helyzetben, az egyensúlyi szinten fotoszintetizáló minták egyensúlyi fluoreszcencia szintjének ( $F_0$ ) hőmérsékletfüggése ( $F_0$ -T görbék) termotabilitás-növekedést eredményezett a vadbúza genotípusokban és a búzafajtákban.

Az aszályos időszakokra jellemző körülmények (közepesen magas fényintenzitás, erős vízdeficit,  $RWC \leq 75\%$ ) tovább növelték a fotoszintetizáló apparátus hőmérsékleti stabilitását az öntözött növényekhez képest. Ez a fenotípusok plaszticitás változás a már előzőleg szárazságtűrőnek bizonyult kecskebúza vonalaknál (Dulai *et al.* 2006), a jó vízellátottságú növényekre jellemző sötétadaptált helyzetben mért értékekhez képest elérte az 5-8 °C-ot, 48-51 °C körüli kritikus hőmérsékleti értékekkel (2. ábra, 1. táblázat). Ezzel párhuzamosan az egyensúlyi szinten fotoszintetizáló mintákon meghatározott PS II effektív kvantumhatásfokának ( $\Delta F/F_m$ ) hőmérsékletfüggése is magasabb termotabilitást jelzett a normál vízellátású növényekhez képest (3. ábra). Habár az Mv9Kr1 búzafajta abszolút hőmérsékleti toleranciáját csak az *Ae. tauschii* MvGB605 haladja meg szignifikánsan ( $P < 0,05$ ), a magas hőmérséklettel szemben erős szárazságtűrős mellett az *Ae. tauschii* MvGB589, az *Ae. speltioides* MvGB1042, valamint a tetraploid *Ae. biuncialis* MvGB382 vonalak jó fenotípusok plaszticitás mutatnak.

Ezek a tulajdonságok – a búzával való keresztezhetőségük révén – alkalmasá teheti a vizsgált kecskebúza genotípusokat a természetet több szárazságtűrő és magas hőmérsékleti stresszkel szembeni ellenálló képességének növelésére.

## Bevezetés

Magyarország éghajlatából adódóan a vegetációs időszakok tíz éves periódusokra számítva adott mértékben, 3-5 évben aszályosak. Az 1970-es évek végétől kezdődően az évi csapadékhiány még inkább fokozódott, ami jelentősen csökkentheti a búza éves termésátlagát. Ezen túlmenően, a szárazság kedvezőtlen hatását tovább serkenti a víziánnyal párhuzamosan megjelenő magas hőmérséklet. A természetet búza szárazsággal és magas hőmérséklettel szembeni toleranciájának fokozására jó módszer lehet az adott stressz-tényezőkkel szemben ellenálló, "közelrokon" vad fajok hasznos agronómiai tulajdonságainak átvitele nemzetségkeresztés révén (Molnár-Láng *et al.* 2002, Hoffmann 2008). Ebből a szempontból kiemelkedően fontos lehet néhány diploid kecskebúza faj: *Ae. tauschii* Coss. (2n=2x=14, DD), *Ae. bicornis* ((2n=2x=14, SbSb) és az *Ae. speltioides* Tausch. ((2n=2x=14, SS), hiszen ezekből a hasznos tulajdonságokat hordozó kromoszóma szegmensek átvitele a hexaploid búzába könnyebben kivitelezhető (Schneider *et al.* 2008).

A magasabb rendű növények hőmérséklet érzékenységet közvetlenül meghatározza a fotoszintetizáló apparátus, azon belül is a második fotokémiai rendszer (PS II) hőmérsékleti stabilitása, ami kitűnően jellemezhető a sötétben mérhető kezdeti fluoreszcencia szint ( $F_0$ ) hőmérsékletfüggése alapján (Bilger *et al.* 1984, Dulai *et al.* 1998). Ugyanakkor szabadföldön, aszályos időszakok alatt a magas hőmérséklet mellett vízhány és magas fényintenzitás is fellép, azaz amellett, hogy e három stressz tényező egyidejű kivédése szükséges, ezek módosíthatják is a növény hőmérsékleti érzékenységét (Molnár *et al.* 1998, Dulai *et al.* 2006, Zsófi *et al.* 2009). Ennek megfelelően, a magas hőmérséklettel szembeni tolerancia vizsgálatunknál mindezeket figyelembe szükséges vennünk.

Poszterünkben néhány szárazságtűrő kecskebúza genotípus (Molnár *et al.* 2004, 2005) hőmérsékleti érzékenységét mutatjuk be sötét és fényadaptált, valamint optimális és az alatti vízellátottság mellett. Eredményeink szerint néhány szárazságtűrő *Aegilops* genotípus kifejezetten magas hőmérsékleti toleranciával rendelkezik, ami alkalmasá teheti a búza szárazságtűrősének növelése mellett hőmérsékleti toleranciájának fenntartására is.

## Irodalom

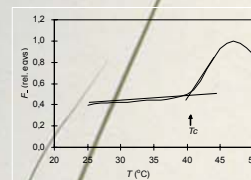
- Bilger H. W., Schreiber, U. and Lange O. L. (1984): Determination of leaf heat resistance: comparative investigation of chlorophyll fluorescence changes and tissue necrosis methods. *Oecologia* 63, 256-262.
- Dulai, S., Molnár, I., and Lehoczi E. (1998): Effects of growth temperatures of 5 and 25 °C on long-term responses of photosystem II to heat stress in atrazine-resistant and susceptible biotypes of *Ergerson canadensis*. *Australian Journal of Plant Physiology*, 25, 145-153.
- Dulai S., Molnár, I., Prónay, J., Csemák, A., Tarnai, R., and Molnár-Láng, M. (2006): Effects of drought on photosynthetic parameters and heat stability of PS II in wheat and in *Aegilops* species originating from dry habitats. *Acta Biologica Szegediensis* 50, 11-17.
- Hoffmann, B. (2008): Alteration of drought tolerance of winter wheat caused by translocation of rye chromosome segment 1RS. *Cereal Research Communications*, 36(2): 269-278.
- Hoffmann, B., Cseuz, L. és Pauk J. (2008) Az őszibúza szárazságtűrősre történő nemesítésének lehetőségei és korlátai. pp191-224. A búza nemesítésének tudományos alapjai (Szerk. Dudás Dénes). MTA Szegedi Biológiai Központ, Winter Fair Kft., Szeged.
- Molnár, I., Csizi, K., Dulai, S., Dáró, É. and Lehoczi, E. (1998): Light dependence of thermostability of photosynthetic apparatus. In Garab G. ed., *Photosynthesis: Mechanisms and Effects*. Kluwer, Dordrecht, 2241-2244.
- Molnár, I., Dulai, S., Csemák, A., Prónay, J., and Molnár-Láng, M. (2005): Photosynthetic responses to drought stress in different *Aegilops* species. *Acta Biologica Szegediensis* 49, 141-142.
- Molnár, I., Gáspár, L., Sárvári, É., Dulai, S., Hoffmann, B., Molnár-Láng, M. and Galiba, G. (2004): Physiological and morphological responses to water stress in *Aegilops biuncialis* and *Triticum aestivum* genotypes with differing tolerance to drought. *Functional Plant Biology* 31, 1189-1199.
- Molnár-Láng, M., Linc G., Nagy E. D., Schneider A., Molnár I. (2002) Molecular cytogenetic analysis of wheat-rye hybrids and derivatives. *Acta Agronomica Hungarica*. Vol 50 (3): 303-311.
- Rekita, D., Monneveux, P. and Havaux, M. (1997) - In the vivo tolerance of photosynthetic membranes to high and low temperatures in cultivated and wild wheats of the *Triticum* and *Aegilops* Genera. *Journal of Plant Physiology* 150, 734-738.
- Schneider, A., Molnár, I. and Molnár-Láng, M. (2008): Utilisation of *Aegilops* (goatgrass) species to widen the genetic diversity of cultivated wheat. *Euphytica*, 163: 1-19
- Zsófi, Z., Várad, G., Báló, B., Marschall, M., Nagy, Z. and Dulai, S. (2009): Heat acclimation of grapevine leaf photosynthesis: mezo- and macroclimatic aspects. *Functional Plant Biology* (in press).

## Anyagok és módszerek

Vizsgálatainkat őszi búza genotípusokon (Mv9Kr1, Plainsmann), valamint a martonvásári génebankban fenntartott száraz termőhelyekről származó *Aegilops tauschii*, *Ae. bicornis*, *Ae. speltioides* és *Ae. biuncialis* kecskebúza fajokon végeztük. A növények laboratóriumi körülmények között csíráztak, majd a fiatal növényeket 1,5 kg-os talaj konténerekbe helyeztük, ezután üvegházban növelték 20-25 °C-on 4 hétig. A szárazságteljesítés az öntözött megvonással történt. A növények relatív víztartalmának (RWC) meghatározása Hoffmann *et al.* (2006) alapján történt. A mérések a kontroll és a szárazságteljesített növények teljesen kifejtett inaktív levelein történtek.

A klorofill a fluoreszcencia hőmérsékletfüggését Dulai *et al.* (1998) által leírt módon követték nyomon. A következő paramétereket mértük, illetve számítottuk:  $\Delta F/F_m$  (PSII), optimális és effektív kvantum hatások).

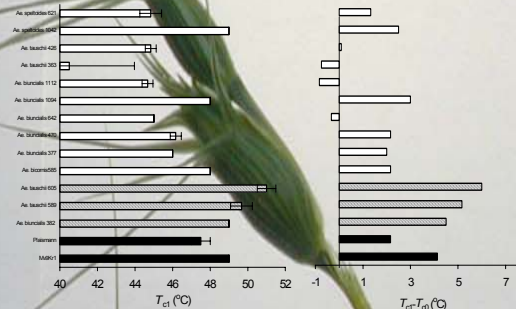
A kezdeti és az egyensúlyi fluoreszcenciaszint hőmérsékletfüggésének felvétele a levelek egyenletes intenzitással (1 °C min<sup>-1</sup>) történő 650 nm-es gyenge 1.6 MHz-es modulált mérőfényt, ill. 1000  $\mu E m^{-2} s^{-1}$  aktinikus fényt alkalmazva. Az  $F_0$ - és  $F_v$ -T görbék regisztrálása után meghatároztuk azok inflexió pontját:  $T_c$  (kritikus hőmérsékleti érték).



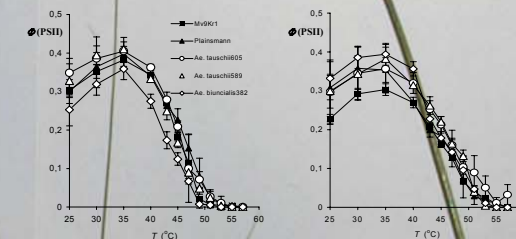
1. ábra A típusi  $F_0$  és  $F_v$  v. T görbe a kritikus hőmérsékleti ( $T_c$ ) ponttal

1. táblázat Az  $F_0$  és az  $F_v$  v. T görbék kritikus hőmérsékleti ( $T_c$ ) értékei (°C)  $T_c$  (sötét) a sötétadaptált helyzetben, normál vízellátottság mellett mért kritikus hőmérsékleti érték.  $T_{c0}$  a fényadaptált helyzetben, normál vízellátottság mellett mért kritikus hőmérsékleti érték.  $T_{c1}$  a fényadaptált helyzetben, szárazságteljesítés után mért kritikus hőmérsékleti érték.

Faj, fajta	$T_c$ (sötét)	$T_{c0}$ (1000 $\mu E m^{-2} s^{-1}$ )	$T_{c1}$ (1000 $\mu E m^{-2} s^{-1}$ )
Mv9Kr1	43,5±0,817	45,7±0,473	49,0±0,000
Plainsmann	42,7±0,251	46,2±0,251	47,5±0,500
<i>Ae. tauschii</i> 605	43,0±0,000	44,4±0,360	51,0±0,500
<i>Ae. tauschii</i> 589	42,3±0,577	44,5±0,000	49,6±0,577
<i>Ae. bicornis</i> 595	43,4±0,655	46,8±0,404	48,0±0,000
<i>Ae. speltioides</i> 1042	43,0±0,642	46,5±0,286	49,0±0,000
<i>Ae. biuncialis</i> 382	41,3±0,577	44,6±0,288	49,0±0,000



2. ábra Az  $F_0$ -T görbék kritikus értékei ( $T_c$ ) a szárazságteljesített növényekben 1000  $\mu E m^{-2} s^{-1}$  (balra) és a szárazságteljesítés utáni hőmérsékleti stabilitás növekmény (jobbra)



3. ábra A PS II effektív kvantumhatásfokának ( $\Delta F/F_m = (F_v - F_0)/F_m$ ) hőmérsékletfüggése az egyensúlyi fluoreszcenciaszint mellett mért maximális fluoreszcencia,  $F_m$  az egyensúlyi fluoreszcencia hőmérsékletfüggésének normál vízellátottság mellett (balra) és a szárazságteljesítés után (jobbra) 1000  $\mu E m^{-2} s^{-1}$  fényintenzitáson a jó fenotípusok plaszticitás mutató vonalán estében.

## Köszönetnyilvánítás

A poszter a Generation Challenge Programme (CGIAR GCP SP3, G4007, 23) és a K 75466 sz. OTKA pályázat támogatásával készült.