

AZ EMELT LÉGKÖRI CO₂ KONCENTRÁCIÓ ÉS A VÍZMEGVONÁS KOMBINÁLT HATÁSAI ŐSZI BÚZAJÁRTÉK PRODUKTIVITÁSÁRA ÉS VÍZHASZNOSÍTÓ KÉPESSÉGÉRE

COMBINED EFFECTS OF THE ELEVATED ATMOSPHERIC CO₂ CONCENTRATION AND THE WATER SHORTAGE ON THE PRODUCTIVITY AND WATER USE EFFICIENCY OF WINTER WHEAT GENOTYPES

Varga Balázs, Varga-László Emese, Veisz Ottó

Kalászos Gabona Nemesítési Osztály, MTA Agrártudományi Kutatóközpont, Magyarország

Kulcsszavak:

Klíímaváltozás
Szárzság stressz
Vízhasznosító képesség
Fenntartható mezőgazdaság

Keywords:

Climate change
Drought stress
Water use efficiency
Sustainable agriculture

Cikktörténet:

Beérkezett 2016. január 31.
Átdolgozva 2016. február 28.
Elfogadva 2016. március 31.

Összefoglalás

Az egyre gyakoribbá váló időjárási anomáliák közül az aszály kialakulása jelenti a legkomolyabb kockázatot a szántóföldi termelésben, azáltal, hogy olyan stresszhelyzetet eredményez, mely a termésmennyiséget jelentős mértékben csökkentheti. A mezőgazdaságban a víztakarékos termesztési rendszerek alkalmazása során szükség van olyan fajták termesztésbe vonására, melyek képesek a talajban rendelkezésre álló vízkészletek hatékony felhasználására. Mivel optimális körülmények között a modern búzafajták vízhasznosítása hatékony, azt vizsgáltuk, hogyan alakul a transpiráció produktivitása limitált vízellátás mellett. Kísérletünkben a fejlődés különböző fázisaiban jelentkező vízhiány produkcióbiológiai tulajdonságokra, valamint a vízhasznosító képességre kifejtett hatásait vizsgáltuk normál és emelt légköri CO₂ koncentráció mellett.

Abstract

Extreme weather events seem to getting more frequent and intense. Among the weather extremes the intensive drought poses the highest risk for the field crop production. Lack of the water could cause stress for plants which leads to a decrease in the harvested yield. There are water saving cultivation technologies in practice but there is a need for cultivars which could use the water stored in the soil effectively themselves. Under optimum watering the modern varieties could utilize the water effectively but it is especially important how this property is changing under limited water supply. In the present study the effects of the water shortage on production and water use efficiency was examined under ambient and elevated atmospheric CO₂ concentrations.

1. Bevezetés

A klímaváltozás a Kárpát-medencében elsősorban a csapadék és a hőmérséklet alakulásában követhető nyomon. A hőmérsékletet egyértelmű növekvő tendencia jellemzi, jelentős éven belüli különbségek mellett. A csapadék esetében nem elsősorban a mennyiségi változások a kiemelkedők, hanem az éven belüli eloszlásban és a csapadék intenzitásában tapasztalható eltolódás. A csapadék átrendeződése és a felmelegedés az őszi kalászosok fejlődését és terméspotenciálját is alapjaiban fogja meghatározni Közép-Európában (Brázdil és mtsai. 2008; Barnabás és mtsai. 2008). A hóhullámokkal párosuló aszályhelyzetek és az extrémításokból eredő, növekvő termés-variabilitás várhatóan a potenciális termésmennyiség elérését jelentősen csökkentik (Trnka és mtsai. 2014). A hőmérsékletemelkedés várhatóan csökkenti a tenyészidőszak hosszát, ennek hatása nemcsak a termésmennyiségben, hanem a felhasznált vízkészletek hasznosulásában is változásokat fog okozni. Az átlaghőmérséklet emelkedésének elsődleges oka a légköri CO₂ szint növekedése. A nagyobb koncentrációban rendelkezésre álló CO₂, az abiotikus stressz hatások, így a vízhiány terméscsökkentő hatását is mérsékelheti (Varga és Bencze 2009). A termésmennyiség alakulása, továbbá a felvett vízkészletek és tápanyagok hasznosulása szempontjából a legfontosabb a virágzás és a szemtelítődés szakasza (Qiu és mtsai. 2008). Számos, a talaj vízkészletének megőrzését szolgáló talajművelési rendszer létezik, azonban ahhoz, hogy ezeket hatékonyan lehessen alkalmazni, szükség van olyan fajták elterjedésére, melyek a talajban rendelkezésre álló vízkészletekkel önmaguk is hatékonyan gazdálkodnak. A szárazságtűrés és a vízhasznosító képesség javítását célzó nemesítés rendkívül összetett folyamat, mert a jó szárazságtűrő és a vízhasznosító képesség több növényfenológiai és fiziológiai tulajdonság eredőjeként jön létre. Számos szerző kimutatta, hogy jelentős különbség van az egyes őszi búzafajták transpirációs produktivitása között (Dong és mtsai. 2011; Miranzadeh és mtsai. 2011), azonban annak ismerete is fontos, hogy a produktivás hogyan változik abban az esetben, ha a növény vízellátása limitált (Varga és mtsai. 2013; Varga és mtsai. 2015). A talajvízkészlet csökkenésének növényekre kifejtett hatása, valamint az, hogy a növényfejlődés mely fázisa a legkritikusabb a szárazság szempontjából, régióként jelentős eltéréseket mutat. Világviszonylatban az őszi búza vízhasznosító képessége jellemzően 0,4 és 2,5 kg/m³ között mozog, az egyes régiók között azonban jelentős különbségek mutatkoznak, különösen az alkalmazott termesztési rendszer függvényében (Xue és mtsai. 2006; Kang és mtsai. 2002; Qiu és mtsai. 2008; Howell és mtsai. 1995; Sun és mtsai. 2006).

Kísérletünkben az MTA Agrártudományi Kutatóközpontban őszi kalászosok produkcióbiológiai tulajdonságait és vízhasznosító képességét vizsgáltuk. Célunk volt, hogy (1) szárazságtűrés tekintetében modellfajtákhoz hasonlítva meghatározzuk a különböző búzafajták vízhasznosító képességét a produkció és a tenyészidőszak alatt felvett vízmennyiség alapján (2) megvizsgáljuk, hogy hogyan módosul a vízhasznosítás hatékonysága az optimális vízellátás és szimulált szárazságstressz esetén (3) továbbá meghatározzuk, hogy az emelt légköri CO₂ koncentráció hogyan befolyásolja a vizsgált tulajdonságokat.

2. Anyag és módszer

Öt őszi búzafajtát (Mv Toborzó /TOB/; Mv Mambó /MAM/; Bánkúti 1201 /BKT/; Plainsman V /PLA/ és Cappelle Desprez /CAP/) vizsgáltunk üvegházi körülmények között az MTA Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézetben, Martonvásáron. A Plainsman V fajta szárazságtűrő, míg a Cappelle Desprez szárazságra érzékeny kontrollként került be a kísérletbe. A Bánkúti 1201 a régi magyar fajtákat képviselte. A modern fajták közül az Mv Toborzó a martonvásári fajtaválaszték legkorábban érő tagja, míg az Mv Mambó egy keményszemű, nagy termőképességű fajta. 42 napos jarovizáció után 10 literes cserepekbe ültettünk cserepenként 5 növényt. Az öntözést hetente három alkalommal végeztük, súlyra végzett öntözéssel. A felvett tápanyagokat hetente pótoltuk a stressz-kezelések kezdetéig, Volddünger komplex műtrágya alkalmazásával. A vízhiányt akkor kezdtük szimulálni, amikor a növények 50%-a elérte a szárbaindulás (SZ) illetve a kalászolás (KAL) állapotát. A vízutánpótlást a talajvíztartalom mérése alapján végeztük, általában 7-10 napon keresztül. A tenyészedeények talajának víztartalmát a szántóföldi vízkapacitás 60%-os szintjére állítottuk be és a kontroll (K) kezelésben ezen a szinten tartottuk, mely 20-25 v/v%-os talajvíztartalomnak felelt meg. A víztartalom a kezelt cserepeknél a stressz időszak végére 3-5 v/v%-ra csökkent. A szimulált vízhiányt követően a növények vízpótlását helyreállítottuk és a teljes érésig

optimális szinten adagoltuk a vizet. A tenyészemények tömegét folyamatosan mértük, így határoztuk meg a két öntözés között a vízfelhasználást. A talaj párolgásának kiküszöbölésére a tenyészemények talaját fóliával borítottuk. Az érést követően elvégeztük a teljes növényanalízist, kezelésként 3 ismétlésben. Meghatároztuk az összes szemtermést, valamint kiszámítottuk a tenyészidőszak kumulált vízfogyasztást. A transpirációs produktivitását (WUE) (kg/m^3) a szemtermés és a vízfogyasztás hányadosaként számítottuk (1). A Harvest-indexet (HI) a szemtermés (g) és a száraz biomassa (g) arányaként határoztuk meg (2). A növénynevelést három azonos módon beállított üvegházi kamrában végeztük, eltérést csak a légköri CO_2 koncentráció jelentett, melyet 400, 700 és 1000 ppm-re állítottunk be.

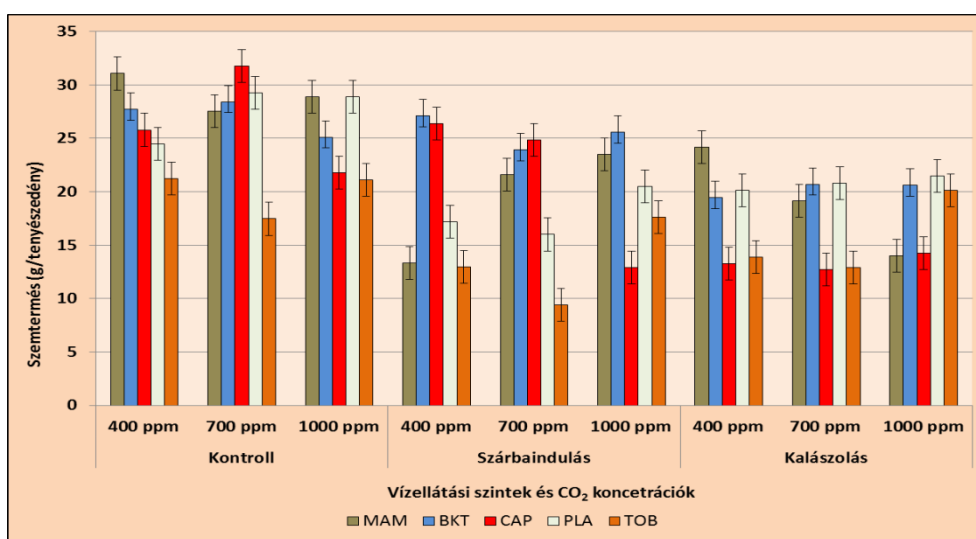
$$\text{transpirációs produktivitás } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) = \frac{\text{szemtermés (kg)}}{\text{vízfelhasználás (m}^3\text{)}} \quad (1)$$

$$\text{Harvest – index (\%)} = \frac{\text{szemtermés (g)}}{\text{összes biomassa (g)}} \quad (2)$$

3. Eredmények

3.1. A fenológiai és terméseredmények alakulása

Kísérletünkben a fajta és a vízellátás szignifikánsan befolyásolta a terméseredmények alakulását, azonban a CO_2 koncentráció hatása önmagában statisztikailag nem volt igazolható. A fajta és a vízellátás hatásaival kombinálva azonban a CO_2 kezelés hatása is szignifikáns volt. A termésmennyiség elemzése során a MAM és BKT fajták esetében CO_2 reakciót nem tapasztaltunk a vízellátási szintek átlagában, viszont a PLA és a TOB fajta estében különösen 1000 ppm koncentráción jelentősen növekedett a szemtermés (1. ábra).

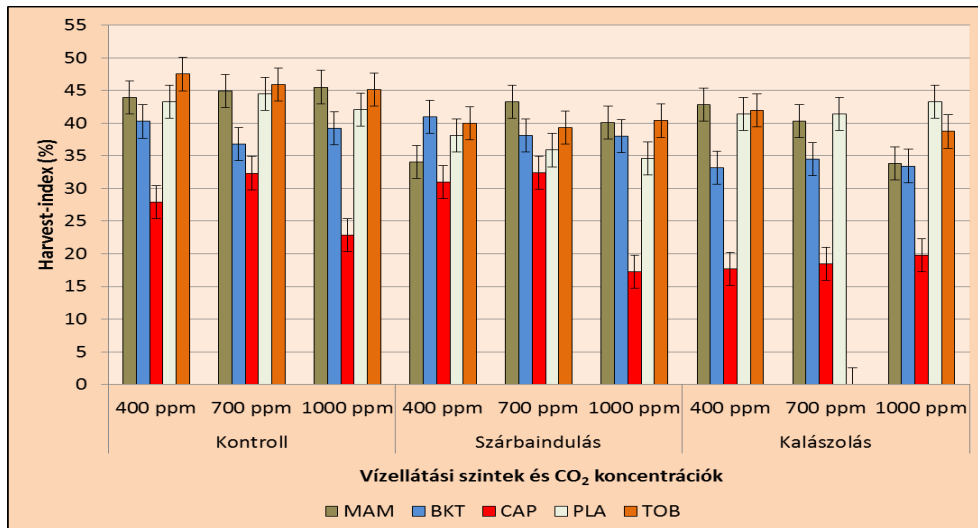


1. ábra. Őszi búzafajták szemtermése különböző vízellátás és légköri CO_2 koncentráció mellett (A hibaszáv a vízellátás szignifikáns hatást jelöli, értéke: 1,535)

A CAP fajtánál a 700 ppm CO_2 koncentráción növekedett a termésmennyiség a 400 ppm-hez viszonyítva, azonban 1000 ppm-en már jelentősen csökkent. A TOB fajtánál megállapítottuk, hogy az 1000 ppm szintre emelt CO_2 koncentrációnak pozitív hatása volt mind az SZ, mind pedig a KAL kezeléseknél, a 400 ppm-es kontrollhoz képest. A MAM fajtánál a korai fejlődési fázisban a vízhiány terméscsökkentő hatásait az emelt CO_2 koncentráció részben ellensúlyozta, azonban a kalászoláskor jelentkező vízhiány esetében azt tapasztaltuk, hogy minél magasabb a légköri CO_2 koncentráció, annak hatásai annál kedvezőtlenebbek voltak. A különböző vízellátási szinteken a fajták átlagában vizsgálva a terméseredményeket megállapítottuk, hogy az SZ és a KAL kezelés jelentősen, de közel azonos mértékben csökkentette a terméseredményeket a különböző széndioxid-koncentráción. Az egyes fajták esetében azonban a két szárazságstressz kezelésben jelentős különbségeket tapasztaltunk a tekintetben, hogy a szimulált vízmegvonás és az emelt légköri CO_2 koncentráció milyen irányú változásokat generált a szemtömeg mennyiségében. Az Mv

Mambó esetében az SZ kezelésben 1000 ppm koncentráción mértük a legmagasabb szemtermést, viszont az 1000 ppm-es CO₂ koncentráció a kalászoláskor a K és SZ kezelésekhez képest jelentősen kisebb termést eredményezett (1. ábra).

A fajta és a vízellátás hatása önmagában is kimutatható volt a HI alakulására, azonban a CO₂ koncentrációnak nem volt szignifikáns hatása (2. ábra). A MAM és a TOB fajtáknál már a szárbainduláskor szimulált aszály is jelentős HI csökkenést eredményezett, azonban ennek oka lehetett az is, hogy optimális vízellátásnál ezek a fajták szignifikánsan jobb HI értékekkel rendelkeztek a többi genotípushoz viszonyítva. A fajták átlagában vizsgálva a HI értékeit megállapítottuk, hogy az már a SZ kezelésben is jelentősen csökkent függetlenül a CO₂ koncentrációjától, azonban a HI csökkenésének mértéke jelentősen magasabb volt a kontroll kezeléshez képest a kalászoláskor stresszelt állományban. Az alacsony HI értékeket jellemzően a magasabb CO₂ koncentrációkon mértük. Emelt CO₂ szinten a biomassa-csökkenés mértéke kisebb volt, mint a szemtermés csökkenése és ez okozta a módosulásokat a HI értékeiben. Az 1000 ppm szén-dioxid koncentráción fejlődött növényeket vizsgálva a vízellátási szintek átlagában megállapítottuk, hogy minden fajtánál elmaradt a HI értéke a 400 ppm koncentráción fejlődött állományokhoz képest. A különböző CO₂ koncentráción nevelt növényeket a fajták átlagában vizsgálva azt tapasztaltuk, hogy a 700 ppm CO₂ koncentráció nem okozott jelentős csökkenést a HI alakulásában, a szárbainduláskor fejlődött állományban kismértékben növekedtek is az értékek, viszont az 1000 ppm CO₂ szint mindhárom vízellátási szinten a K és az SZ kezelésekhez képest is alacsonyabb HI értékeket eredményezett, a 400 ppm-es szinthez viszonyítva (2. ábra).

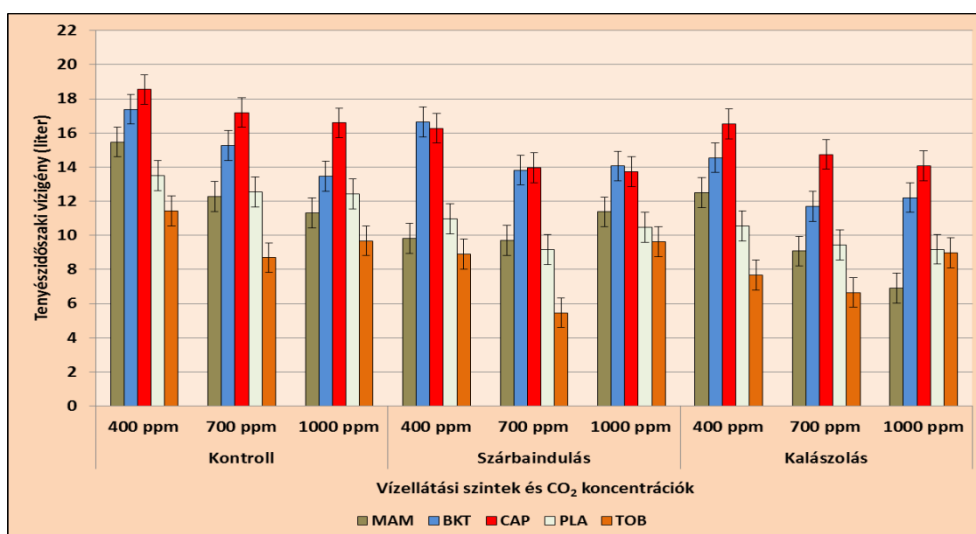


2. ábra. Őszi búzafajták Harvest-indexe különböző vízellátás és légköri CO₂ koncentráció mellett (A hibásáv a vízellátás szignifikáns hatást jelöli, LSD_{5%}: 2,534)

3.2. A vízfelvétel és a transpirációs produktivitás alakulása

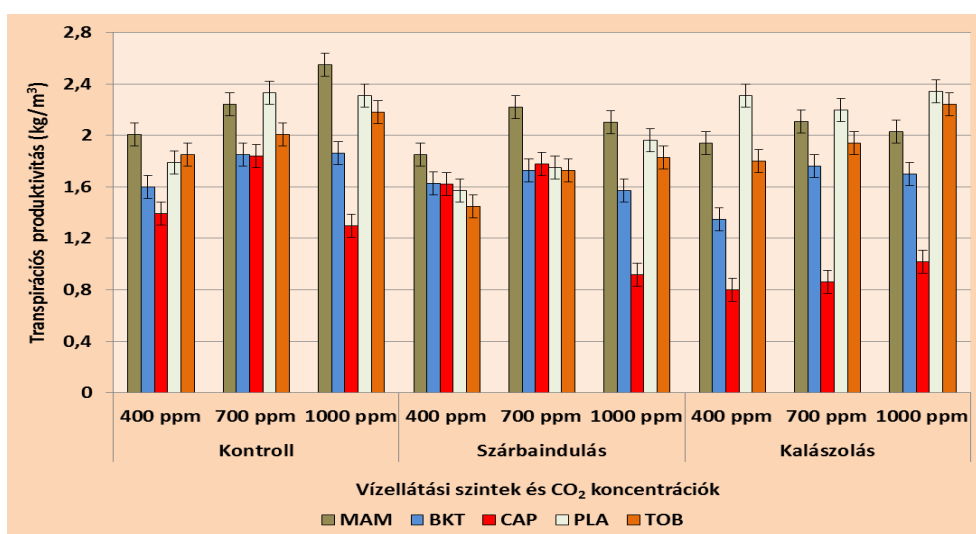
Mindhárom vizsgált faktor önmagában is szignifikánsan befolyásolta a felvett vízmennyiséget, a CO₂ szint a fajta, vagy a vízellátás hatásaival kombinálva is statisztikailag kimutathatóan szerepet játszott a vízfelvételben (3. ábra). A fajták közül optimális vízellátás mellett a legalacsonyabb vízfogyasztást a TOB fajtánál mértük, ezt meghaladta a PLA és MAM fajták vízfelhasználása, a legnagyobb vízigényt a BKT és CAP fajtáknál határoztunk meg. A MAM, BKT és TOB fajtáknál egyértelmű pozitív CO₂ reakció volt kimutatható, szemben a CAP és PLA fajtákkal. A szárbainduláskor szimulált szárazság jellemzően csökkentette a fajták tenyészidőszaki vízfelvételét, azonban a csökkenés 400 ppm CO₂ koncentráción volt a legnagyobb mértékű, emelt koncentráción jellemzően kisebb. A fajták átlagában vizsgálva megállapítottuk, hogy optimális vízellátás mellett a CO₂ koncentráció emelésével párhuzamosan csökkent a vízfogyasztás is. A CO₂ koncentrációk átlagában megállapítottuk, hogy a szárbaindulás kori vízmegvonás mellett a legalacsonyabb vízfelvétel a TOB fajtánál volt mérhető, ennél magasabb, de közel azonos szinten állt a PLA és a MAM, még nagyobb vízigény jellemezte a CAP és BKT fajtákat. A kalászoláskor szimulált vízhiánynál a TOB kivételével a CO₂ szint emelésével párhuzamosan csökkent a vízfelvétel mértéke

is. Míg 400 ppm-en több fajta esetében is az SZ kezeléshez hasonló értékeket határoztunk meg, addig emelt CO₂ koncentráción jellemzően csökkent a felvett vízmennyiség (3. ábra).



3. ábra. Őszi búzafajták vízfelvétele különböző vízellátás és légköri CO₂ koncentráció mellett (A hibasáv a szignifikáns CO₂ hatást jelöli, LSD_{5%}: 0,8723)

A vízhasznosító képességet mindhárom vizsgált faktor külön-külön is szignifikánsan befolyásolta. A vízhasznosító képesség a következőképpen alakult a különböző kezelésekben: MAM: 1.85-2.55 kg/m³; BKT: 1.35-1.86 kg/m³; CAP: 0.8-1.84 kg/m³; PLA: 1.57-2.34 kg/m³; TOB: 1.45-2.24 kg/m³ (4. ábra). A WUE tekintetében legkisebb változatosság a BKT fajtát jellemezte, egy csoportba tartoztak a MAM, PLA és TOB fajták, melyek hasonlóan reagáltak a különböző környezeti hatásokra, a legnagyobb változatosságot a CAP fajtánál tapasztaltuk. Optimális vízellátás mellett a fajták CO₂ reakciójában különbségeket határoztunk meg. Míg a MAM és TOB fajták esetén azt tapasztaltuk, hogy a CO₂ koncentráció emelésével párhuzamosan emelkedett a WUE értéke, addig a PLA és a BKT esetében 700 ppm-en szignifikánsan javult a vízhasznosítás 400 ppm-en fejlődött állományhoz képest, 1000 ppm koncentráción viszont nem emelkedett tovább a vízhasznosítás hatékonysága. A K és az SZ kezelésekben is azt tapasztaltuk, hogy a CAP fajta WUE értéke 700 ppm-en javul a 400 ppm koncentráción fejlődött állományhoz képest, azonban az 1000 ppm-en a 400 ppm-en mért szint alá csökkent az értéke.



4. ábra. Őszi búzafajták vízhasznosító képessége különböző vízellátás és légköri CO₂ koncentráció mellett

(A hibasáv a szignifikáns CO₂ hatást jelöli, LSD_{5%}: 0,0893)

A fajták általában kalászás kori vízmegvonás hatására csökkentek a WUE értékei a kontrol vízellátáshoz képest, de az SZ kezeléshez képest kedvezőbb értékeket kaptunk, különösen 1000 ppm CO₂ koncentráción. A vizsgált fajták közül a TOB CO₂ reakciója volt a legintenzívebb. A fajták általában megállapítottuk, hogy a CO₂ koncentráció növekedése a WUE értékének növekedésével párosult, különösen a kontrol és a kalászáskor stresszkezelt állományokban. A MAM és a BKT fajtáknál a legjobb WUE értékeket 700 ppm koncentráción mértük stresszelt állományokban, míg a PLA WUE értékei mindhárom CO₂ koncentráción különösen magasak voltak a kalászáskor kezelt állományokban. Kiemelkedő eredmény, hogy az Mv Mambó WUE értéke függetlenül a vízellátástól, egyik emelt CO₂ koncentráción sem csökkent 2.0 kg/m³ alá, és 400 ppm koncentráción is csak kevéssel maradt el a WUE értéke ettől a szinttől. A rövid tenyészidejű TOB és PLA fajtáknál az SZ kezelésben tapasztaltuk a legalacsonyabb WUE értékeket, azonban azt tapasztaltuk, hogy az emelt CO₂ koncentráció kedvező hatásai ebben a kezelésben a legszembetűnőbbek. Ezeknél a fajtáknál különösen az 1000 ppm CO₂ koncentráció teljes mértékben ellensúlyozni tudta a H kezelésben a vízmegvonás kedvezőtlen hatásait a WUE tekintetében, ez azt jelenti, hogy a vízfelhasználás csökkenésével arányosan csökkent a szemtermés mennyisége is (4. ábra).

Köszönetnyilvánítás

A kutatásainkat az Országos Tudományos Kutatási Alapprogramok OTKA K-05949 számú kutatási pályázata támogatta.

Irodalomjegyzék

- [1] Barnabás, B., Jäger, K. és Fehér, A., 2008. The effect of drought and heat stress on reproductive processes in cereals. *Plant, cell & environment*, 31(1), o.11–38.
- [2] Brázdil, R., Trnka, M., Dobrovolný, P., Chromá, K., Hlavinka, P. és Žalud, Z., 2008. Variability of droughts in the Czech Republic, 1881–2006. *Theoretical and Applied Climatology*, 97(3-4), o.297–315.
- [3] Dong, B., Shi, L., Shi, C., Qiao, Y., Liu, M. és Zhang, Z., 2011. Grain yield and water use efficiency of two types of winter wheat cultivars under different water regimes. *Agricultural Water Management*, 99(1), o.103–110.
- [4] Farshadfar, E., Farshadfar, M. és Sutka, J., 2001. COMBINING ABILITY ANALYSIS OF DROUGHT TOLERANCE IN WHEAT OVER DIFFERENT WATER REGIMES. *Acta Agronomica Hungarica*, 48(4), o.353–361.
- [5] Howell, T.A., Steiner, J.L., Schneider, A.D. és Evett, S.R., 1995. Evapotranspiration of irrigated winter wheat - Southern high plains. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, 38(3), o.745–759.
- [6] Kang, S., Zhang, L., Liang, Y., Hu, X., Cai, H. és Gu, B., 2002. Effects of limited irrigation on yield and water use efficiency of winter wheat in the Loess Plateau of China. *Agricultural Water Management*, 55(3), o.203–216.
- [7] Miranzadeh, H., Emam, Y., Pilesjö, P. és Seyyedi, H., 2011. Water use efficiency of four dryland wheat cultivars under different levels of nitrogen fertilization. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 13(6), o.843–854.
- [8] Qiu, G.Y., Wang, L., He, X., Zhang, X., Chen, S., Chen, J. és Yang, Y., 2008. Water use efficiency and evapotranspiration of winter wheat and its response to irrigation regime in the north China plain. *Agricultural and Forest Meteorology*, 148(11), o.1848–1859.
- [9] Sun, H.-Y., Liu, C.-M., Zhang, X.-Y., Shen, Y.-J. és Zhang, Y.-Q., 2006. Effects of irrigation on water balance, yield and WUE of winter wheat in the North China Plain. *Agricultural Water Management*, 85(1-2), o.211–218.
- [10] Trnka, M., Rötter, R.P., Ruiz-ramos, M., Kersebaum, K.C., Olesen, J.E., Žalud, Z. és Semenov, M.A., 2014. production will become more frequent with climate change. *Nature*, 4(May), o.637–643.
- [11] Varga, B. és Bencze, S., 2009. Proceedings of the VIII. Alps-Adria Scientific Workshop, 27 April–2 May 2009, Neum, Bosnia-Herzegovina — CROP PRODUCTION AND PLANT PROTECTION. *Cereal Research Communications*, 37(0), o.4–364.
- [12] Varga, B., Varga-László, E., Bencze, S., Balla, K. és Veisz, O., 2013. Water use of winter cereals under well-watered and drought-stressed conditions. *Plant, Soil and Environment*, 59(4), o.150–155.
- [13] Varga, B., Vida, G., Varga-László, E., Bencze, S. és Veisz, O., 2015. Effect of Simulating Drought in Various Phenophases on the Water Use Efficiency of Winter Wheat. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 201(1), o.1–9.
- [14] Xue, Q., Zhu, Z., Musick, J.T., Stewart, B.A. és Dusek, D.A., 2006. Physiological mechanisms contributing to the increased water-use efficiency in winter wheat under deficit irrigation. *Journal of Plant Physiology*, 163(2), o.154–164.