

# A NÖVÉNY SZEREPE A VÍZTAKARÉKOS SZÁNTÓFÖLDI GAZDÁLKODÁSBAN

Veisz Ottó Varga Balázs

az MTA doktora, tud. tanácsadó, osztályvezető  
veisz.otto@agrar.mta.hu

PhD, tudományos főmunkatárs  
varga.balazs@agrar.mta.hu

MTA Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár

## *Bevezetés*

A mezőgazdaság a várható klímaváltozás kedvezőtlen hatásainak egyik leginkább kitett gazdasági ágazat. A növénytermesztés eredményessége alapvetően befolyásolja az élelmeszer-előállítás biztonságát, ezért stratégiai cél a kedvezőtlen hatások okozta veszteségek elkerülése vagy mérséklése. Az MTA Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézetében – Európa egyik legnagyobb fitotronjában és szántóföldi tenyészkertjeiben – végzett kísérletek eredményeire alapozva több mint két évtizede foglalkozunk a klímaváltozás várható hatásainak alap- és alkalmazott kutatásával, azok mértékének meghatározásával, alkalmazkodóképes fajtak előállításával.

Magyarország földrajzi fekvése és természeti adottságai a térség medence jellegéből adódóan növelik a termelés eredményességének bizonytalanságát. Az ország klímája három klímazóna (atlanti, mediterrán, kontinentális) határán helyezkedik el, így az időjárás attól függően alakul, hogy mely hatás kerül túlsúlyba. A szélsőségesebbé váló időjárás közvetlen hatásai további kockázatnövekedést jelentenek a növénytermelés, a talajállapot és az állattenyésztés vonatkozásában is.

Növeli a sérülékenységet és csökkenti a produktivitást. Az időjárás változékonysága és szélsőségekre való hajlama miatt nem jelent megoldást az ország egyes tájait célzó, eltérő környezeti igényű fajtak nemesítése és köztermesztésbe történő bevezetése. Olyan fajtákra van szükség, melyek optimális feltételek között nagy termést adnak, de kedvezőtlenebb körülmények között is képesek megfelelő temésszintek elérésére, mivel a szárazodás és a csapadékcsökkenés minden mezőgazdasági területet érint és érinteni fog.

A mezőgazdasági termelés hatékonyságát és jövedelmezőségét a mikro- és makrogazdasági környezet határozza meg, melyhez a termelők a megfelelő gazdasági stratégia megválasztásával tudnak alkalmazkodni. A szántóföldi növénytermesztés során különösen fontos a terület adottságaihoz leginkább alkalmazkodni képes fajta kiválasztása, a megfelelő termesztéstechnológia alkalmazása, mely az agrotechnika elemeinek okszerű megválasztásán túlmenően magában foglalja a megfelelő vetésszerkezet kialakítását is. A termelés sikerességét alapjaiban meghatározó környezeti, időjárási hatások jelentős részére fel lehet készülni, lehet hozzájuk alkalmazkodni és csökkenteni lehet az ebből eredő károkat.

*Meghatározó tényező a víz*

Az egyik legnagyobb kihívás, mellyel a jövő mezőgazdaságának szembe kell néznie, az, hogy a folyamatosan növekvő népességet el kell látni élelemmel, miközben ehhez egyre csökkenő vízkészletek állnak rendelkezésre (Pask – Reynolds, 2013). Az előrejelzett trendek alapján – Európában különösen a kontinens déli és középső részén – melegebb és szárazabb nyarak várhatók (IPCC, 2007), és ez az aszály egyre gyakoribb kialakulásához vezethet (Lehner et al., 2006). A magas hőmérséklettel párosuló aszályhelyzetekből és az egyéb időjárási extrémításokból eredően növekedhet a termésátlagok variabilitása (Jones et al., 2003) és jelentősen csökkenhet a potenciális termésmennyiség elérésének valószínűsége (Trnka et al., 2004). A hőmérséklet-emelkedés várhatóan módosítja – a kalászosoknál jellemzően lerövidíti – a tenyészidőszak hosszát, ami a termésmennyiség csökkenése mellett a felhasznált vízkészletek hasznosulását is megváltoztathatja.

A deficit vízhiánytartás a legjobb agroökológiai körzeteinket (Mezőföld, Dunamenti-síkság, Hajdúság, Bácskai-hátság stb.) is érintheti. Magyarország területe már ma is aszályveszélyeztetett. Az éghajlatváltozás elemei közül a legnagyobb kárt az aszály okozza (száz évből huszonnyolc aszályos). Az elmúlt másfél évtizedben az összes elemi csapásból származó káron belül az aszály több mint 42%-os részarányt tett ki.

Mivel Magyarország területének legnagyobb hányadán a talajban raktározott vízzel kell gazdálkodni, a növénytermesztőknek a víztakarékos agrotechnikai eljárások mellé a vízkészleteket jól hasznosító fajtákra van szükségük. A növények vízforgalmának a teljes tenyészidőszakot lefedő vizsgálata eddig ko-

moly nehézségekbe ütközött. Napjainkban azonban egy *in situ* gyökérszkenner műszerrel üvegházi modellkísérletben és szántóföldi körülmények között is nyomon követhető a gyökérrendszer fejlődése és annak lebomlása (1. kép). Az eszközzel készített felvételek szoftverrel elemezhetőek, a gyökerek hossza, átmérője, térfogata számszerűsíthető, az elágazások száma és struktúrája jellemezhető.

A növényi vízforgalmat a következő évtizedekben jelentősen befolyásolhatja a légkör növekvő CO<sub>2</sub>-koncentrációja is. A CO<sub>2</sub> emelkedő koncentrációja számos negatív következménnyel járó folyamatot generál, de a nagyobb koncentrációban rendelkezésre álló CO<sub>2</sub> a növények számára tápanyagforrást jelent, mivel ez a fotoszintézis egyik alapanyaga. Azon túl, hogy kedvezőbb tápanyag-hozáférést jelent a növények számára, a CO<sub>2</sub> szerepet játszik többek közt az abiotikus stresszhatások,



1. kép • A CI-600 típusú gyökérszkenner és a talajba helyezett mérőtubus

így a vízhiány terméscsökkentő hatásának mérséklésében is (Varga – Bencze, 2009).

A nemesítők az elmúlt évtizedekben a különböző hatású törpeség gének genomba történő beépítésével elérték, hogy a jelenleg termesztett búzafajták növénymagassága átlagosan 90–100 cm közötti legyen. Ennek eredményeként a fajták állóképessége jelentősen javult, azonban a föld feletti biomassa mennyiségének csökkenése kedvezőtlenül hathat a stressztűrő képességre. A kisebb biomassa kedvező hatású a vízhasznosítás hatékonyságának szempontjából, viszont ezek a gének feltehetően a gyökérfejlődésre is hatással vannak, ami vízhiányos környezetben akadályozhatja a limitált vízkészletek felvételét.

A 4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0064 számú TÁMOP-pályázat támogatásával megvalósult kutatásainkban modellkísérletek eredményei alapján meghatároztuk az őszi búza vízfelvétele és a termésképződése tekintetében fontos periódusaiban jelentkező aszályhelyzetek hatását a növények vízfelvételeinek dinamikájára és a vegetációs periódusban felhasznált vízmennyiség hasznosulására. Elemeztük a különböző vízellátási szinteknek a kalászosok gyökérfejlődésére, továbbá annak irányára és mértékére gyakorolt hatását. A vízhasznosító képességgel párhuzamosan megvizsgáltuk a különböző törpeség géneket hordozó fajták gyökérfejlődését, valamint meghatároztuk a törpeség gének és a produkcióbíológiai tulajdonságok interakcióit. Vizsgálatokat folytattunk annak meghatározására is, hogy a különböző szintekre emelt légköri CO<sub>2</sub>-koncentráció hogyan módosítja a vízforgalmi paraméterek alakulását.

#### *Kutatáshoz használt anyagok és módszerek*

A vízhasznosító képesség meghatározásához öt őszi búza (*Triticum aestivum* L.) genotípust

(Mv Toborzó /TOB/; Mv Mambó /MAM/; Bánkúti 1201 /BKT/; Plainsman V /PLA/ és Cappelle Desprez /CAP/) vizsgáltunk üvegházi modellkísérletben az MTA Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézetben, Martonvásáron. Ezek közül a Plainsman V fajta szárazságtűrő, míg a Cappelle Desprez fajta a szárazságra érzékeny kontrollként szerepelt. A Bánkúti 1201 régi magyar fajta, az Mv Toborzó a martonvásári fajtasortiment legkorábban érő tagja, míg az Mv Mambó egy keményszemű, nagy termőképességű fajta, mely már több korábbi kísérletben bizonyította kiváló stressztoleranciáját (Varga et al., 2012; Varga et al., 2013). A negyvenkét napos vernalizációt követően tízliteres tenyész-eredényekbe nyolc növényt ültettünk. A növényeket hetente háromszor súlyra öntöttük, a tápanyag-utánpótlást hetente végeztük a szárazságstressz kezdetéig Volldünger komplex műtrágyával. A vízhiányt a szárba induláskor és kalászolásakor szimuláltuk, hét–tíz napig tartó teljes vízmegvonással. A tenyész-eredények talajának víztartalmát a szántóföldi vízkapacitás 60%-os szintjére állítottuk be, és a kontrollkezelésben a teljes tenyészidőszakban ezen a szinten tartottuk, mely 20–25 v/v %-os víztartalomnak felelt meg. A talaj víztartalma a stresszkezelés végére 3–5 v/v %-ra csökkent. A stresszállapot elérését követően a teljes érésig optimális szinten adagoltuk a vizet. A tenyész-eredények tömegét kétnaponként mértük, így határoztuk meg a vízfelhasználást két öntözés közötti időszakban. Az evaporáció kiküszöbölésére a tenyész-eredények talaját PVC-fóliával borítottuk. Az érést követően elvégeztük a teljes növény analízist, minden kezelésben három ismétlésben. Meghatároztuk a tenyész-eredényekben felnevelt növények összes szemtermését, valamint kiszámítottuk a tenyészidőszak kumulált vízfogyasztását.

A transzspirációs produktivitást (WUE, kg/m<sup>3</sup>) a szemtermés és a vízfogyasztás hányadosaként számítottuk. A növénynevelést három azonos módon beállított üvegházi kamrában végeztük, eltérést csak a légköri CO<sub>2</sub>-koncentráció jelentett, melyet 400, 700 és 1000 ppm-re állítottunk be.

A gyökérfejlődés vizsgálatához három őszi búza genotípust használtunk, melyeket a génkészletükben található különböző törpesség gének alapján választottunk ki (Mv Karéj Rht1; Mv Karizma Rht2; Mv Pálma Rht8). A növényeket a szántóföldi kísérletekben használatos sortávolságra és tőszámmal 1 m<sup>3</sup> térfogatú tenyészederényekbe ültettük, a tenyészederényt egy vízszigetelő réteggel két azonos méretű részre választottuk szét. A tenyészederény egyik oldalán a teljes tenyészidőszakban optimális vízellátást biztosítottunk, míg a másik felében a kalász hasban fejlődési fázisig a növények 70%-kal csökkentett vízádagot kaptak. A kalácsolást megelőzően a stresszkezelt növények vízellátását is helyreállítottuk azzal a céllal, hogy megállapítsuk, a növény gyökérének fejlődése hogyan változik az aszályt követően csapadékosabbra forduló időjárás esetén. A talajfelszínnel párhuzamosan 30 cm, 60 cm és 90 cm mélységben átlátszó falú mérőtubusokat helyeztünk el mindkét kezelésben. A növények gyökérfejlődését hetente mértük a különböző talajszinteken CI-600 típusú gyökérszkennerrel. A módszerrel roncsolásmentesen mérhető a gyökerek hossza és átmérője. A szkennelrel elkészített felvételeket RootSnap szoftverrel értékeltük.

#### *Vízhasznosító képesség meghatározása*

A teljes tenyészidőszakban optimális vízellátás mellett nevelt növényállományban az Mv Mambó és Mv Toborzó fajták WUE értéke

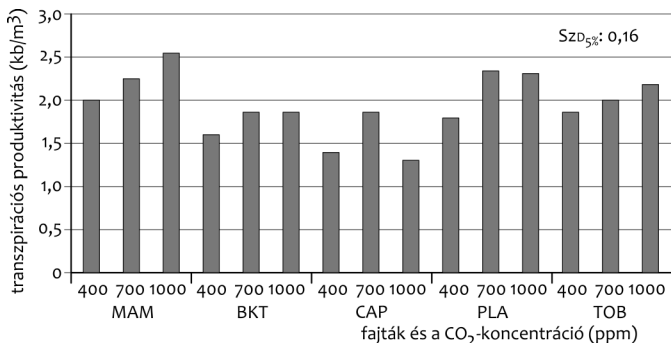
a légköri CO<sub>2</sub>-koncentráció emelkedésével párhuzamosan nőtt. A Bánkúti 1201-es és a Plainsman V fajtáknál már 700 ppm koncentráción is jelentősen nagyobb WUE-értékeket mértünk, mint 400 ppm mellett, azonban a koncentráció további növelésének már statisztikailag igazolható hatása nem volt a WUE értékeire (1. ábra). Eredményeink alapján megállapítható, hogy a búza genotípusok vízhasznosító képessége a légköri CO<sub>2</sub>-koncentráció növekedésének hatására javul, de ennek mértéke és dinamikája genotípusfüggő.

A szárbaindulás időszakában alkalmazott vízmegvonás jellemzően csökkentette a WUE-értékeket a kontrollkörülmenyek között nevelt növényekéhez viszonyítva, azonban jelentős különbségeket tapasztaltunk a CO<sub>2</sub>-koncentráció függvényében (2. ábra). Az optimális szinten öntözött állományhoz viszonyítva a legkisebb mértékű WUE-csökkenést 700 ppm koncentráción mértük.

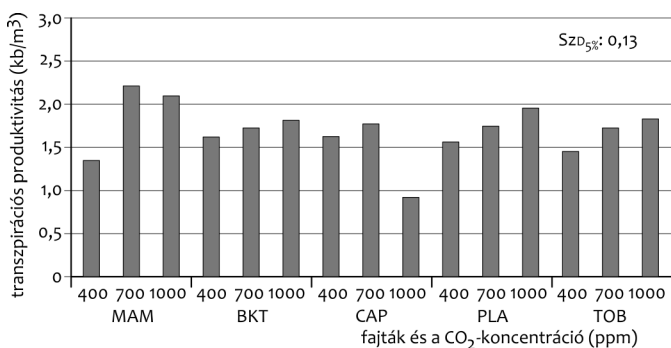
A szárbainduláskor alkalmazott stressz hatására az Mv Mambó, Plainsman V és Mv Toborzó fajtáknál a magasabb légköri CO<sub>2</sub>-koncentráció kedvezőbb vízhasznosítást eredményezett. A Bánkúti 1201-es fajtánál a CO<sub>2</sub> koncentrációjának nem volt kimutatható hatása, míg a Cappelle Desprez fajtánál – hasonlóan a kontrollállományhoz – jelentős WUE-csökkenést tapasztaltunk 1000 ppm koncentráción (2. ábra).

Az érés időszaka alatt alkalmazott vízmegvonás a Plainsman V és Mv Toborzó fajtáknál egyik CO<sub>2</sub>-koncentráción sem módosította a WUE értékét a kontrollállományhoz képest. Ez azt jelentette, hogy a termésmennyiséggel arányosan csökkent a vízfelhasználás (3. ábra).

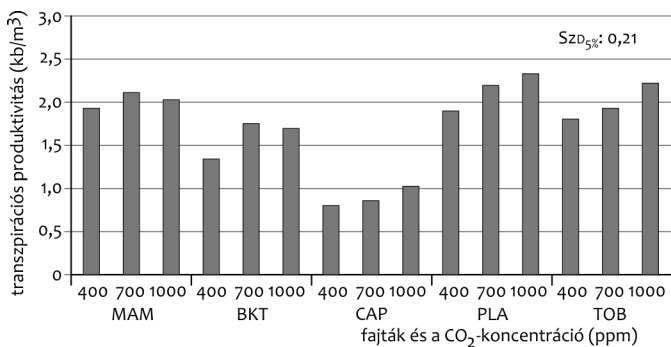
Az Mv Mambó kivételével – melynek eleve magas volt a transzspirációs produktivitása – minden fajtánál az emelt légköri CO<sub>2</sub>-koncentráció kedvezőbb WUE-értékeket



1. ábra • Őszi búza genotípusok transpirációs produktivitása különböző CO<sub>2</sub>-szinteken optimális vízellátásnál



2. ábra • Őszi búza genotípusok transpirációs produktivitása különböző CO<sub>2</sub>-szinteken a szárbainduláskor szimulált aszály esetén



3. ábra • Őszi búza genotípusok transpirációs produktivitása különböző CO<sub>2</sub>-szinteken kalászoláskor szimulált aszály esetén

eredményezett az éréskor vízmegvonással kezelt állományokban, mint 400 ppm koncentráción. Eredményeink arra engednek következtetni, hogy a légkör emelkedő CO<sub>2</sub>-koncentrációja kedvezően befolyásolhatja a búzafajták transpirációs produktivitását a vízellátás szintjétől függetlenül, azonban a fajták CO<sub>2</sub>-reakciói között jelentős különbségek lehetnek.

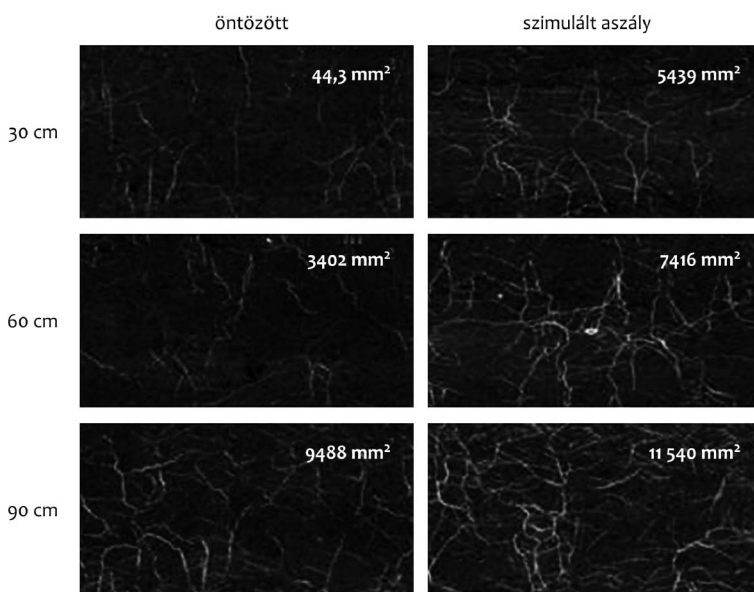
Tapasztalataink alapján a rövid tenyészidejű fajták vízhasznosító képességét a fejlődés korai fázisában jelentkező vízhiányos állapot csökkentette a legnagyobb mértékben, a hosszú tenyészidejű genotípusoknál ezzel szemben a kalászoláskor, valamint a szemtelítődés időszakában bekövetkező vízhiányos állapot következményei voltak súlyosabbak (4. ábra).

A növények által felvett víz szemtermésbe történő hatékony beépítése kiemelkedő jelentőségű, hiszen a cél a rendelkezésre álló – sok esetben limitált – vízkészletekből a lehető

legtöbb piacképes termék előállítására. Amellett hogy a modern fajtáknak jó vízhasznosító képességgel kell rendelkezniük, fontos hogy a vízfelhasználás hatékonysága stabil maradjon az optimálistól eltérő környezeti feltételek között is. Ha a szemtermés a szárazság hatására csökken, akkor az a kedvező, ha a felhasznált vízmennyiség is arányosan csökken, mint ahogy azt az Mv Toborzónál megfigyeltük. Kedvezőtlen, ha a vízfogyasztás nem, csupán a szemtermés csökken például a Bánkúti 1201 fajtánál, mert ilyen esetekben nem csupán a termévesztéséből adódó károkkal kell számolni, hanem a talaj vízkészleteinek további jelentős csökkenése is fokozhatja az aszály negatív következményeit.

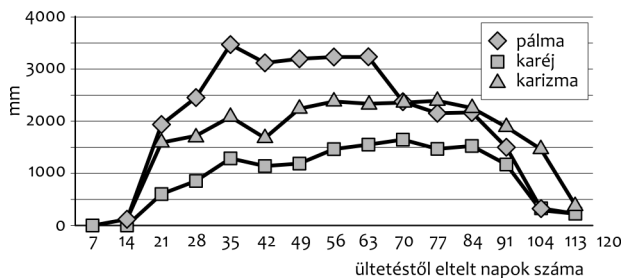
#### *Gyökér növekedésének in situ vizsgálata*

A fajták gyökértömegében optimális vízellátás mellett is jelentős eltéréseket mértünk, de a különbség általában nagyobb volt aszályos körülmények között. A vízmegvonás jellem-



2. kép • A gyökerek fejlődése a talaj különböző szintjeiben, optimális vízellátottság és aszály esetén





4. ábra • Mv Pálma: gyors gyökérfejlődés, majd hirtelen csökkenés. Mv Karéj: jelentősen kisebb gyökértömeg, a fejlődés menete megegyezik az Mv Karizmával. Mv Karizma: a szárbá indulás után megáll a gyökérfejlődés, hasonlóan a többi fajtához.

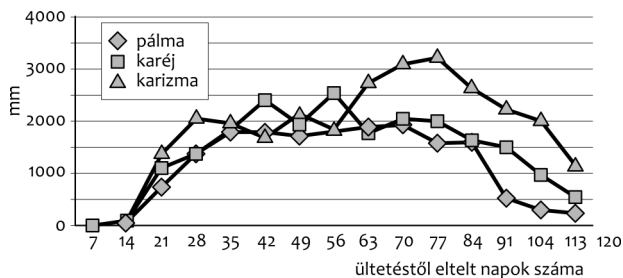
zően fokozott gyökérfejlődést indukált, különbség ennek mértékében volt, valamint abban, hogy a talaj melyik rétegében zajlott. Az Mv Karizma, mely szántóföldi kísérletekben is bizonyította jó stressztűrő képességét, jellemzően fejlettebb gyökérrzel rendelkezik még optimális vízellátás mellett is, mint a másik két fajta. A stresszkezelte, majd újra öntözött állományban (2. kép, 5. és 6. ábra) az Mv Karizmánál tapasztaltunk a talaj felső régiójában a fokozott gyökérfejlődést.

Az általunk használt mérőrendszert úgy alakították ki, hogy szántóföldi körülmények között is használható legyen. Erre a célra 1,8 méter hosszúságú mérőtubusok állnak rendelkezésre, melyek a talajfelszínhez képest 45

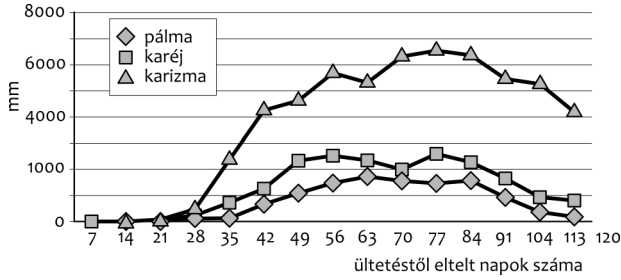
fokos szögben, speciális fúróberendezéssel juttathatók a növényállományok alá. A szántóföldi kísérletek folyamatban vannak, ezek előnye, hogy bolygatatlan, természetes szerkezetű talajban lehet vizsgálni a gyökérrzel fejlődését, hátránya, hogy nehezebb a környezeti feltételek, elsősorban a talajnedvesség szabályozása.

*Mi a teendő?*

Magyarországon évente több mint egymillió hektáron természetnek őszi búzát 4 t/ha körüli átlagterméssel. A búzafajták a környezeti hatásoktól függően jelenleg átlagosan 1,0–1,2 kg szemtermést állítanak elő 1 m<sup>3</sup> víz felhasználásával (Lantos, 2007). Ehhez éven-



5. ábra • Mv Pálma: kevésbé fejlett gyökérrzel, az ültetéstől az 5. hétig fejlődik, kalászás után csökken. Mv Karéj: gyökérrzete fejlettebb, mint a kontrollkezelésben, fejlődésmenete az Mv Karizmához hasonló. Mv Karizma: a stresszidőszakot követően intenzív gyökérrzel fejlődés.



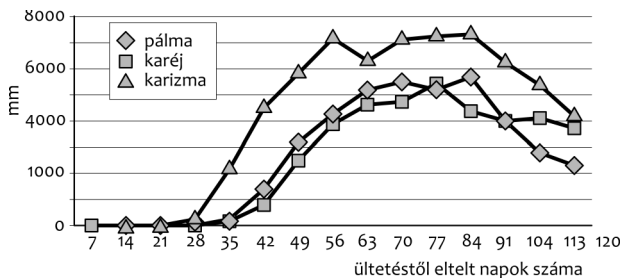
6. ábra • Mv Pálma és Mv Karéj: hasonló fejlődésmentet, az Mv Karéj gyökérzete kismértékben fejlettebb. Mv Karizma: a többi fajtához képest háromszoros gyökérmennyiség a kalászlósig.

te mintegy 3600 millió m<sup>3</sup> vízre van szükség, ami kedvezőtlen vízhasznosítási hatékonyságnak tekinthető. A vízfelhasználás hatékonyságának növelésével a talajok vízkészletének egy része megőrizhető lenne, ami az aszálykárokat részben képes lenne ellensúlyozni. Annak ellenére, hogy Magyarország felszíni és felszín alatti vizekben gazdag, a mezőgazdaságban a vízhiány abból adódik, hogy a víz térben és időben nem ott és nem akkor van jelen, amikor arra szükség lenne. Mivel az őszi búza öntözése nem gazdaságos, fontos lenne, hogy a növénytermesztők mellett (vízmegőrző talajművelési rendszerek alkalmazása) a növények is hatékonyan gazdálkodjanak a vízkészletekkel. A növények

vízhasznosító képességét jelentősen megtámasztja a fajta genetikai adottsága, ami lehetőséget biztosít a növény nemesítés számára a kevés vízből nagyobb termést előállítani képes fajta nemesítésére.

A kutatáshoz szükséges eszközök beszerzése, valamint a segédszemélyzet foglalkoztatása a TÁMOP 4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0064 számú projekt által biztosított forrásból valósult meg.

Kulcsszavak: mezőgazdaság, növénytermesztés, gabonafélék, alkalmazkodóképesség, vízhasznosító képesség, növekvő légköri CO<sub>2</sub>-koncentráció



7. ábra • Mv Pálma és Mv Karéj: a gyökérzet mennyisége duplája, mint optimális vízellátás mellett, a fejlődésmentet hasonló. Mv Karizma: gyorsabb gyökérfejlődés, mint optimális vízellátásnál, de a mennyiségi változások nem jelentősek.



IRODALOM

IPCC (2007): *IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007*. • <https://www.ipcc.ch/report/ar4/>

Jones, James W. – Hoogenboom, G. – Porter, C. H. – Boote, K. J. – Batchelor, W. D. – Hunt, L. A. – Wilkens, P. W. – Singh, U. – Gijsman, A. J. – Ritchie, J. T. (2003): DSSAT Cropping System Model. *European Journal of Agronomy*. 18, 235–265. DOI:10.1016/S1161-0301(02)00107-7 • [https://www.researchgate.net/profile/Gerrit\\_Hoogenboom/publication/222005349\\_The\\_DSSAT\\_cropping\\_system\\_model/links/00b49524db9e54be75000000.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Gerrit_Hoogenboom/publication/222005349_The_DSSAT_cropping_system_model/links/00b49524db9e54be75000000.pdf)

Lantos Zsuzsanna (2007): Gazdasági növények vízhasznosítása. *Acta Agronomica Óváriensis*. 49, 2/1, 353–358. • [http://www.mtk.nyme.hu/fileadmin/user\\_upload/acta/acta49-2/1-kotet.pdf](http://www.mtk.nyme.hu/fileadmin/user_upload/acta/acta49-2/1-kotet.pdf)

Lehner, Bernhard – Döll, P. – Alcamo, J. – Henrichs, T. – Kaspar, F. (2006): Estimating the Impact of Global Change on Flood and Drought Risk in Europe: A Continental Integrated Analysis. *Climatic Change*. 75, 273–299. DOI: 10.1007/s10584-006-6338-4 • <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10584-006-6338-4#page-1>

Pask, Alistair J. D. – Reynolds, Mathew P. (2013): Breeding for Yield Potential Has Increased Deep Soil Water Extraction Capacity in Irrigated Wheat.

*Crop Science*. 53, 2090–2104. DOI: 10.2135/cropsci2013.01.0011 • <https://www.crops.org/publications/cs/articles/53/5/2090>

Trnka, Miroslav – Dubrovsky, M. – Zalud, Z. (2004): Climate Change Impacts and Adaptation Strategies in Spring Barley Production in the Czech Republic. *Climatic Change*. 64, 227–255. DOI: 10.1023/B:CLIM.0000024675.39030.96 • <http://link.springer.com/article/10.1023%2FB%3ACLIM.0000024675.39030.96#page-1>

Varga Balázs – Bencze Szilvia (2009): Comparative Study of Drought Stress Resistance in Two Winter Wheat Varieties Raised at Ambient and Elevated CO<sub>2</sub> Concentration. *Cereal Research Communications*. 37, 209–212. DOI: 10.1556/CRC.37.2009.Suppl.2 • <http://docs.agrisafe.eu/Publications/VargaI.pdf>

Varga Balázs – Janda T. – Varga-László E. – Veisz O. (2012): Influence of Abiotic Stresses on the Antioxidant Enzyme Activity of Cereals. *Acta Physiologiae Plantarum*. 34, 849–858. DOI: 10.1007/s11738-011-0882-x • <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11738-011-0882-x#page-1>

Varga Balázs – Varga-László E. – Bencze S. – Balla K. – Veisz O. (2013): Water Use of Winter Cereals under Well Watered and Drought Stressed Conditions. *Plant Soil and Environment*. 59, 150–155. • <http://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/87627.pdf>

