

Éghajlatváltozás és szemes cirok (*Sorghum bicolor* L.) termesztés Magyarországon – Irodalmi áttekintés

Climate Change and Grain Sorghum (*Sorghum Bicolor* L.) Cultivation in Hungary – A Review

Tóth Ariel* és Tóth Zoltán

MATE Georgikon Campus, Növénytermesztési-tudományok Intézet Agronómia Tanszék

**Levelezőszerző: tothariel96@gmail.com*

Összefoglalás: A globális éghajlatváltozás nagymértékben átstrukturálhatja egyes mezőgazdasági területek jellemzőit, melynek következtében a megszokott szántóföldi növények gazdaságos előállítása nehezebbé válhat. Az érintett területeken előremutató lehet olyan növények termesztésében gondolkodni, melyek számára kedvezőbb a megváltozott klíma, ahol a konvencionális kultúrák már nem termeszthetők gazdaságosan. A szemes cirok (*Sorghum bicolor* L.) a kukorica kiváló alternatívája lehet az aszályal sújtott területeken. Ezen szakirodalmi áttekintésben kifejtésre kerülnek a klímaváltozás várható hatásai, továbbá azok megjelenése a magyar kukoricatermesztésben. A cirok származása és termőhelyi igényei mellett áttekintést kaphatunk azon morfológiai és fiziológiai tulajdonságairól is, melyek segítségével elviseli a klímaváltozás negatív hatásait. A cikk fő célja felhívni a figyelmet az éghajlatváltozás révén szárazabbá vált területekben rejlő új lehetőségek kiaknázhatóságára és az agronómiai struktúra átalakításának szükségességére.

Kulcsszavak: *szemes cirok, klímaváltozás, kukorica, vízhiány, alkalmazkodóképesség*

Abstract: Global climate change may restructure the characteristics of some agricultural areas, in consequence of which, the production of conventional arable crops may become more difficult. In the affected areas, it can be forward-looking to grow plants, for which the changed climate – where conventional crops can no longer be grown economically – is also favorable. Grain sorghum (*Sorghum bicolor* L.) can be a good alternative to corn in areas affected by drought. In this literature review, the expected effects of climate change, as well as their appearance in Hungarian corn production are explained. In addition to the origin of sorghum and its requirements, we can also get an overview about its morphological and physiological properties, with the help of which it can withstand the negative effects of climate change. The main aim of the article is to draw attention to the new opportunities, inherent in areas, that have become drier due to climate change, furthermore to the necessity of reforming the agronomic structure.

Keywords: *grain sorghum, climate change, corn, water shortage, adaptability*

1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

Az éghajlatváltozás a Kárpát-medencében elsősorban a tavaszi vetésű növények tenyészidejében okoz hőmérsékleti stresszt és vízhiányt (Németh, 2017). A hazai termelői

tapasztalatok is azt mutatják, hogy a klímaváltozás negatív hatásai egyre drasztikusabban mutatkoznak meg ezen növények - főként a kukorica - terméserejében, különösen öntözés hiányában és rosszabb vízgazdálkodású talajokon. A szubtropikus eredetű szemes cirok (*Sorghum bicolor* L.) kézenfekvő lehetőség lehet azon gazdák számára, akik a kukorica helyett keresnek olyan alternatívát, amely toleránsabb a szárazság és a változó időjárás viszontagságaival szemben. A világ számos régiójában (pl. Szudán, Etiópia, Argentína, USA és Kína egyes részein), ahol a termőhelyi feltételek nem kedveznek a kukoricatermesztésnek, a magas terméshozamú, széleskörűen felhasználható, kiváló víz- és hőmérsékleti stressztűrőképességű szemes cirokkal helyettesítik a kukoricát.

1.1. Éghajlatváltozási forgatókönyvek

A csapadék és a hőmérséklet azok a kulcsfontosságú tényezők, melyek a legnagyobb mértékben befolyásolják a növények növekedését, fejlődését és hozamát (Yu et al., 2014). A források túlnyomó többsége egyetért abban, hogy az elkövetkezendő évtizedekben a világ és Magyarország klímája is melegebbé fog válni a sokéves átlaghoz képest. Habár teljes egyetértés nincsen a felmelegedés mértékét és időzítését illetően, a különböző éghajlati modellek az elkövetkező évszázadra 2,3-5,2 °C-os átlaghőmérséklet-emelkedést prognosztizálnak (Kaiser 1991, Ciscar et al., 2011). Vautard (2014) szimulációinak eredményei arra mutatnak rá, hogy Közép-Európában a globális átlagnál is nagyobb mérvű felmelegedés várható. Az üvegházhatás erősödése miatt a magyarországi klíma is szárazabbá és napfényben gazdagabbá válhat (Mika, 2002). Fontos megemlíteni azonban, hogy a regionális éghajlat különféle folyamatok összetett eredménye, amelyek a földrajzi elhelyezkedéstől függően erősen változnak, ezért eltérően reagálhatnak a globális méretű hőmérsékletváltozás hatásaira (IPCC, 2013).

A klímaváltozás egy további velejárója, hogy az átlaghőmérséklet emelkedésén túl a hőmérsékleti szélsőségek gyakoriságában és intenzitásában is növekedés várható (Evans, 2009). Várható ezen felül az extrém szelek, hóhullámok, aszályos időszakok és rövid idő alatt lehulló nagyobb mennyiségű csapadékkal járó időjárási események gyakoribbá válása is (IPCC, 2021). A szezonális csapadékmennyiség télen várhatóan növekedni, nyáron pedig csökkenni fog, ami azt jelenti, hogy az éves csapadékeloszlás valószínűleg át fog strukturálódni (Bartholy, 2007).

1.2. A kukorica helyzete Magyarországon

A kukorica relatíve vízigényes növény, így a jó termés érdekében kiváltképp fontos, hogy a kritikus fejlődési fázisokban álljon rendelkezésre megfelelő mennyiségű diszponibilis víz (Henry és Krutz, 2016). Tenyészidőszakban, fajta függvényében 370-440 mm vízre van szüksége, transzspirációs koefficiense 163-368 l víz/1 kg szárazanyag (Dobos és Megyes, 2013). A szélsőségesebbé váló éves csapadékeloszlás következménye, hogy a víz sokszor nem akkor kerül a mezőgazdasági területekre, amikor a növényeknek szüksége lenne rá. Király (2017) kutatásában felhívta a figyelmet arra, hogy a magyar kukoricatermesztés az elmúlt években egyre kockázatosabbá vált és ennek oka elsősorban a vízhiány, továbbá a csapadékviszonyok átstrukturálódása. Tóth et al. (2022) kutatásukban Thornthwaite-Mather féle kompenzációs evapotranszpirométerben vizsgálták a kukorica víz-stresszre adott, főbb növényi mutatókban megnyilvánuló válaszait a 2021-es év kifejezetten száraz és meleg tenyészidőszakában Keszthelyen, állandó vízellátás mellett és a csapadék szélsőséges időbeli eloszlását modellezve, hetente öntözött csemegekukorica állományokban. Eredményeiket tekintve a víz kezelés szignifikáns hatással volt a növénymagasságra, a csőtömögre, az ezerszemtömögre és egyes beltartalmi mutatók (nyerszír, keményítőtartalom) alakulására.

Felhívták a figyelmet arra, hogy ezen mutatók romlása ipari körülmények között nagy gazdasági veszteségekhez vezethet.

Az öntözési lehetőségek bővítése sok esetben nem opció, így kézenfekvőbb megoldás lehet a vetésszerkezet átalakítása, mely nem igényel akkora beruházást sem (Illés, 2018). Ezek alapján kifizetődő lehet a gyengébb vízellátású területeken (pl.: Közép- és Dél-magyarországi régió) alternatív növények (pl. szemes cirok) termesztésében gondolkodni. Staggenborg et al. (2008) hasonló következtetésre jutottak. Kutatásukban a szemes cirok és a csemegekukorica terméseredményeinek összehasonlítását végezték aszályos körülmények mellett. Eredményeikben leírták, hogy ahogy emelkedett a júliusi és augusztusi maximum hőmérséklet, úgy nőtt a terméskülönbség a szemes cirok javára.

1.3. A cirok származása és térfoglalása Magyarországon

A pászitfűfélék (*Poaceae*) családjába tartozó cirok (*Sorghum*) Afrikából, Etiópia és Szudán sztyepp-szavanna területeiről származik (Borsos et al., 1994). A mai termesztett cirokfélék a vadon élő *Sorghum bicolor* subsp. *Arundinaceum*-ból származtathatók (Doggett 1988). Az ie. ~4000 évvel történt háziasítást követően több, mint 100 országba juttatták el. Ma Argentína, Etiópia, India, Mexikó, Nigéria és az Egyesült Államok a legnagyobb ciroktermelő országok (Venkateswaran et al., 2019). Gyakorlati csoportosítás szerint a fontosabb mai termesztett cirokfélék közé a seprűcirok (*Sorghum vulgare* var. *technicum*), a különféle takarmánycirokok (*Sorghum bicolor* L. *Moench*), melyek összefoglaló neve a szemes cirokok (*Sorghum vulgare* var. *frumentaceum*), a cukorcirok (*Sorghum vulgare* var. *saccharatum*) és a szudáni fű (*Sorghum vulgare* var. *sudanense*) tartoznak (Borsos et al., 1994). A szemes cirok a világ 5. legjelentősebb gabonaféléje a kukorica, a rizs, a búza és az árpa után (Balakrishna et al., 2019). Hazánkban az 1970-2000-es évek közötti 80-100.000 hektáros vetésterülethez képest a birtokszerkezetek átalakulása és a nagyüzemi állattartó telepek számának drasztikus csökkenése miatt 20-22.000 hektárra (ennek kétharmada szemes cirok) esett vissza a cirok vetésterülete.

A cirokfélék eredményes termesztése már évi 450-500 mm csapadékmennyiség mellett is lehetséges. Magyarország a ciroktermesztési övezet északi határán fekszik, így termesztésére elsősorban a déli országrész éghajlata az ideális, ahol a júliusi átlaghőmérséklet meghaladja a 21 °C-ot (Borsos et al., 1994). A cirok a könnyű vályogtól a nehéz agyagosig a legtöbb talajtípuson megterem (Kimber, 2000). Kivételt képeznek a hideg, sülevényes futóhomok és az erősen savanyú (4 pH alatti) talajok (Borsos et al., 1994). Napjainkban elsősorban a déli országrész gyengébb talajú, melegebb, csapadékban szegényebb arid és szemi-arid (főleg öntözőrendszer hiányában), esetenként aszályal sújtott területein termesztik, viszont a klímaváltozás hatására megváltozott termőhelyi feltételek egyre nagyobb teret nyitnak a magyarországi ciroktermesztésnek.

1.4. A cirok morfológiai és fiziológiai alkalmazkodási stratégiái az abiotikus és biotikus stressztényezőkhöz

A cirok számára különféle morfológiai és fiziológiai tulajdonságok teszik lehetővé, hogy elviselje a szárazságot és a hőmérsékleti stresszt azáltal, hogy elkerüli, mérsékli, vagy éppen tolerálja azok hatásait, a fiziológiai- és anyagcsere-tevékenységeinek fenntartása érdekében.

A mély gyökérrendszer (mélyreható bojtos gyökérzet, mely a felszíni talajréteget is sűrűn behálózza), a vastag levélkutikula és a levelek pöndörödése jelenti a fő morfológiai előnyöket a növény számára a szárazság elviselésében (Ndlovu et al., 2021).

A cirokfélék gyökere akár 1,5-2,4 m mélységig is elérhet (Kimber, 2000). A kiterjedt gyökérrendszer nagymértékben hozzájárul a cirok szárazságállóságához és alkalmassá teszi, hogy akár gyengébb talajokon is eredményesen termesztendő legyen.

Aszályos körülmények között a 40-100 cm hosszúságú 4-10 cm széles levelek felfelé és befelé görbülnek, csökkentve a párologtatást és a nedvességvesztést azáltal, hogy csökkentik a sugárzásnak kitett felületet. Ezen felül a szár és a levelek fehér viaszréteggel borítottak, mely szintén a párologtatást fékezi. A kutikuláris viaszok hidrofób vegyületek keverékei, amelyek egyes szárazföldi növények felületét borítják (Jeffree, 2007). Xiao et al. (2020) kutatásukban, többek között a szemes cirok kutikuláris viaszbevonatának összetételét vizsgálták. Összesen nyolc összetevő vegyületet azonosítottak, köztük zsírsavakat, aldehideket, primer alkoholokat, alkánokat, szekunder alkoholokat, ketonokat, szterolokat és kisebb mennyiségben triterpenoidokat. A fűfélék továbbá kovasavat vesznek fel a talajból, felhalmozzák, és szilárd szilícium-oxidként tárolják el leveleikben (Kumar et al., 2016). A levelekben talált szabálytalan alakú szilícium-dioxid lerakódások a szárazságtűréssel hozhatók összefüggésbe (Doggett, 1988). A levél felületén lerakódott szilícium-dioxid fizikai gátként működik, amely tovább mérsékeli a víz-stresszt azáltal, hogy csökkenti a párologtatást, és megakadályozza a kártevők fizikai behatolását a növényi szövetekbe (Ma, 2004).

A cirokfélék fotoszintézise a C3-as növényekétől eltérően az alternatív C4-es úton folyik, így a fotoszintézisben a CO₂ először nem a 3 szénatomos szerves savakat eredményező Calvin-ciklusban, hanem a 4 szénatomos savakat eredményező dikarbonsav-ciklusban kötődik meg. A dikarbonsav-ciklus CO₂ kötő kulcsenzime meleg körülmények közt, zárt gázcsere nyílások mellett, 600-szor kisebb CO₂ koncentráció mellett képes CO₂ kötésre, mint a Calvin-ciklus kulcsenzime. A dikarbonsav-ciklus a mezofillum sejtekben zajlik le. Innen a 4 szénatomos szerves savak beáramlanak az edénnyalábokat körülvevő, parásodott falú hüvelyparenchimasejtekbe, ahol felszabadul belőlük a CO₂ és újra megkötődik, már a Calvin-ciklusban. A kétszeres megkötés eredménye, hogy a C4-es növények meleg viszonyok közt, vízhiány esetén is képesek szerves anyagok előállítására. Ezzel szemben a C3-as növények a nap sugarainak energiáját fotorespirációval vezetik el és ezzel jelentős mennyiségű szerves anyagot bontanak le. A C4-es növények száraz viszonyok között is jelentős mennyiségű szénhidrátot állítanak elő (Bratek, 2013). Ennek következményeként a cirok, mint C4-es fiziológiájú növény takarékosabb párologtatásra képes aszályos meleg időben, mint a C3-as növények azáltal, hogy gázcsere nyílásait nappal zárva tartja. A C4-es növények közül is a cirokfélék alkalmazkodtak a legjobban az aszályos körülményekhez (Wagaw, 2019).

A cirok vízhasznosítása a többi gabonaféléhez képest meglehetősen hatékony. Transzspirációs koefficiense 150-250 l víz/1 kg szárazanyag (Assefa et al., 2010).

A cirok számos előnye mellett fontos megemlíteni, hogy a kezdeti fejlődési fázisban (első 20-25 nap) gyenge kompetitor a gyomokkal szemben. A korai szakaszban tapasztalt akár csak alacsony szintű gyomfertőzés is káros lehet a cirok terméshozamára. Az egyszikű gyomokkal való fertőzés a kezdeti fázisban, a kelést követő 2 hétben akár 20 %-kal is visszavetheti a szemes cirok termését (Barber et al., 2015). A megfelelő hozam elérése érdekében cirok állományban indokolt a preemergens és a posztemergens kémiai és a mechanikai gyomirtás.

2. Következtetések és javaslatok

A klimatológiai előrejelzések alapján Magyarország egyes területei egyre alkalmatlanabbá válhatnak a kukorica termesztésére, főként rosszabb minőségű talajokon, öntözési lehetőségek hiányában. Kézenfekvő megoldás lehet, hogy ezeken a területeken átforgalmazzuk a termesztett növények körét, és a kukorica termésvesztését az emberi táplálkozásban és állati takarmányozásban is széleskörűen felhasználható szemes cirokkal pótoljuk.

Irodalom

- Assefa, Y., Staggenborg, S. A., Prasad, V. P. V. 2010. Grain Sorghum Water Requirement and Responses to Drought Stress: A Review. *Crop Management*. **9** (1) 1–11. <http://dx.doi.org/10.1094/CM-2010-1109-01-RV>
- Balakrishna, D., Vinodh, R., Madhu, P., Avinash, S., Rajappa, P. V., Venkatesh Bhat, B. 2019. Tissue Culture and Genetic Transformation in Sorghum bicolor. *Breeding Sorghum for Diverse End Uses*. 115–125. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-08-101879-8.00007-3>
- Barber, T., Scott, B., Norsworthy, J. 2015. Weed Control in Grain Sorghum. Arkansas Grain Sorghum Production Handbook.
- Bartholy, J. 2007. Regional climate change expected in Hungary for 2071-2100. *Applied Ecology and Environmental Research*. **5** (1) 1–17. https://doi.org/10.15666/aeer/0501_001017
- Borsos, J., Pusztai, P., Radics, L., Szemán, L., Tomposné, L. V. 1994. Szántóföldi növénytermesztés. Kertészeti és Élelmiszeripari Egyetem, Kertészeti Kar.
- Bratek, Z. 2013. 4. Fejezet – Légzés és szénhidrát anyagcsere. In Bratek, Z., Fodor, F., Király, I., Nyitrai, P., Parádi, I., Rácz, I., Rudnóy, Sz., Sárvári, É., Solti, Á., Szigeti, Z., Tamás, L., Fodor, F. (szerk.) A növényi anyagcsere élettana. Eötvös Loránd Tudományegyetem. 131–150.
- Ciscar, H. C., Iglesias, A., Feyen, L., Szabó, L., Regemorter, D. V., Amelung, B., Nicholls, R., Watkiss, P., Christensen, O. B., Dankers, R., Garrote, L., Goodess, C. M., Hunt, A., Moreno, A., Richards, J., Soria, A. 2011. Physical and economic consequences of climate change in Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. **108** (7). 2678–2683. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1011612108>
- Dobos, A., Megyes, A. 2013. Irrigated Farming. University of Debrecen.
- Doggett, H. 1988. Sorghum. 2nd Edition. Longman Scientific and Technical, Harlow. 512.
- Evans, J. P. 2009. 21st century climate change in the Middle East. *Climate Change*. **92** (3) 417–432. <https://doi.org/10.1007/s10584-008-9438-5>
- Henry W. B., Krutz, L. J. 2016. Water in Agriculture: Improving Corn Production Practices to Minimize Climate Risk and Optimize Profitability. *Current Climate Change Reports*. **2** (2) 49–54. <https://doi.org/10.1007/s40641-016-0035-9>
- Illés, B. 2018. Koromszennyezés hatásainak vizsgálata a kukorica víz- és energiaforgalmára és néhány mikroklíma elemére. Doktori (PhD) értekezés. Keszthely: Pannon Egyetem Georgikon Kar Festetics Doktori Iskola.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) 2013. Climate change 2013 - The Physical Science Basis (Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324>
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) 2021. Climate Change 2021 - The Physical Science Basis (Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157896>
- Jeffree, C. E. 2007. The Fine Structure of the Plant Cuticle. Annual Plant Reviews Volume 23: Biology of the Plant Cuticle. 11–125. <http://dx.doi.org/10.1002/9780470988718.ch2>
- Kaiser, H. M. 1991. Climate Change and Agriculture. *Northeastern Journal of Agricultural and Resource Economics*. **20** (2). <http://dx.doi.org/10.1017/S0899367X0000297X>
- Kimber, C. T. 2000. Origins of domesticated sorghum and its early diffusion to India and China. In Smith, C. W., Frederiksen, R. A. (eds.), John, W. Sorghum: Origin, history, technology and production. New York. 3–98.
- Király, G., 2017. Éghajlatváltozás és alkalmazkodás a mezőgazdaságban. Magyarok a Kárpát-medencében 2.: Tudományos Nemzetközi Konferencia. Szeged. 369–379.

- Kumar, S., Milstein, Y., Bami, Y., Elbaum, M., Elbaum, R. 2016. Mechanism of silica deposition in sorghum silica cells. *New Phytologist*. **213** (2). <https://doi.org/10.1111/nph.14173>
- Ma, J. F. 2004. Role of silicon in enhancing the resistance of plants to biotic and abiotic stresses. *Soil Science and Plant Nutrition*. **50** (1) 11–18. <http://dx.doi.org/10.1080/00380768.2004.10408447>
- Mika, J. 2002. A globális klímaváltozásról (Egy meteorológus kutató szemszögéből). *Fizikai Szemle* **52** (9), 258–268.
- Ndlovu, E., van Staden, J., Maphosa, M. 2021. Morpho-physiological effects of moisture, heat and combined stresses on Sorghum bicolor [Moench (L.)] and its acclimation mechanisms. *Plant Stress*. **2**. 100018. <https://doi.org/10.1016/j.stress.2021.100018>
- Németh, N. 2017. A Magyar Mezőgazdálkodók Éghajlatváltozással Szembeni Alkalmazkodóképességének Vizsgálata Győr Moson-Sopron és Vas Megyékben. Doktori (PhD) értekezés. Sopron: Soproni Egyetem Lámfalussy Sándor Közgazdaságtudományi Kar, Széchenyi István Gazdálkodás- És Szervezéstudományok Doktori Iskola.
- Staggenborg, S. A., Dhuyvetter, K. C., Gordon, W. B. 2008. Grain Sorghum and Corn Comparisons: Yield, Economic, and Environmental Responses. *Agronomy Journal*. **100** (6). 1600–1604. <http://dx.doi.org/10.2134/agronj2008.0129>
- Tóth, A., Soós, G., Simon, Sz., Simon-Gáspár, B. 2022. Examination of the evapotranspiration dynamics of maize in Thornthwaite-Mather type compensation evapotranspirometer. *Acta Agraria Kaposváriensis*. **26** (1) 55–69. <http://dx.doi.org/10.31914/aak.2851>
- Vautard, R., Gobiet, A., Sobolowski, S., Kjellström, E., Stegehuis, A., Watkiss, P., Mendlik, T., Landgren, O., Nikulin, G., Teichmann, C., Jacob, D. 2014. The European climate under a 2 °C global warming. *Environmental Research Letters*. **9** (3) 034006. <http://dx.doi.org/10.1088/1748-9326/9/3/034006>
- Venkateswaran, K., Elangovan, M., Sivaraj, N. 2019. Chapter 2 - Origin, Domestication and Diffusion of Sorghum bicolor. *Breeding Sorghum for Diverse End Uses*, Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. 15–31. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101879-8.00002-4>
- Wagaw, K. 2019. Review on Mechanisms of Drought Tolerance in Sorghum (Sorghum bicolor (L.) Moench) Basis and Breeding Methods. *Journal of Agricultural Science and Research*. **7** (2) 87–99.
- Xiao, Y., Li, X., Xu, D., Yao, L., Li, Y., Zhang, X., Li, Z., Xiao, Q., Ni, Y., Guo, Y. 2020. Chemical profiles of cuticular waxes on various organs of Sorghum bicolor and their antifungal activities. *Plant Physiology and Biochemistry*. **155** 596–604. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.08.026>
- Yu, Q., Li, L., Luo, Q., Eamus, D., Xu, S., Chen, C., Wang, E., Liu, J., Nielsen, D. C. 2014. Year patterns of climate impact on wheat yields. *International Journal of Climatology*. **34** (2) 518–528. <http://dx.doi.org/10.1002/joc.3704>

A műre a Creative Commons 4.0 standard licenc alábbi típusa vonatkozik:
CC-BY-NC-ND-4.0.

This work is licensed under a
Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

