



# ACTA AGRONOMICA ÓVÁRIENSIS



VOLUME 62.

NUMBER 2.

Mosonmagyaróvár  
2021



SZÉCHENYI  
EGYETEM  
UNIVERSITY OF GYŐR





# ACTA AGRONOMICA ÓVÁRIENSIS



Mosonmagyaróvár

VOLUME 62.

NUMBER 2.

2021

**SZÉCHENYI ISTVÁN UNIVERSITY**  
Faculty of Agricultural and Food Sciences  
Mosonmagyaróvár  
Hungary

**SZÉCHENYI ISTVÁN EGYETEM**  
Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar  
Mosonmagyaróvár

Közleményei

**Volume 62. Number 2.**

**Mosonmagyaróvár**

**2021**

**Editorial Board/Szerkesztőbizottság**

Bali Papp Ágnes Jolán PhD	Pinke Gyula DSc
Hanczné Dr Lakatos Erika PhD	Reisinger Péter CSc
Hegy Judit PhD	Salamon Lajos CSc
Kovács Attila József PhD	Schmidt Rezső CSc
Kovácsné Gaál Katalin CSc	Szalka Éva PhD <i>Editor-in-chief</i>
Manninger Sándor CSc	Varga László DSc
Molnár Zoltán PhD	Varga-Haszonits Zoltán DSc
Nagy Frigyes PhD	Varga Zoltán PhD
Neményi Miklós MHAS	
Ördög Vince DSc	

**Reviewers of manuscripts/A kéziratok lektorai**

Acta Agronomica Óváriensis Vol. 62. No. 1.

Bakcsa Flórián, Bujdosó Géza, Gombkötő Nóra, Hoffmann Borbála, Jäger Katalin,  
Kalmár Sándor, Kerekes Gábor, Keszthelyi Sándor, Kocsis Sándor, Koppány Krisztián,  
Kovács Norbert, Makra László, Nádasyné Iharosi Erzsébet, Szalay László, Szalka Éva,  
Weidinger Tamás

Acta Agronomica Óváriensis Vol. 62. No. 2.

**Cover design/Borítóterv:** Andorka Zsolt © 2000  
Competitor-21 Kiadó Kft., Győr

**Address of editorial office/A szerkesztőség címe**  
H-9201 Mosonmagyaróvár, Vár tér 2.





## CEGLÉDI KAJSZIFAJTÁK FAGYTŰRÉSÉNEK VIZSGÁLATA SZABADFÖLDI FELVÉTELEZÉSEK ALAPJÁN

MENDELNÉ PÁSZTI EDINA - MENDEL ÁKOS

MATE, Gyümölcsstermesztési kutatóintézet, Ceglédi Kutatóállomás

### ÖSSZEFOGLALÁS

A jelenleg Európában kapható kajszi fajták (*Prunus armeniaca* L.) rendkívül magas száma, valamint a termelés magas kockázata miatt egyre égetőbb kérdés, hogy mely fajtákat lehet sikeresen termesztetni és értékesíteni. A kísérletet a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kertészettudományi Intézetének Gyümölcsstermesztési Kutató Központjának Ceglédi Kutatóállomásán eltelepített ültetvényekben végeztük. Ebben a kísérletben 36 genotípust (27 fajtát és 9 hibridet) vizsgáltunk három egymást követő évben (2017-2019). Minden érték három ismétlés átlagából tevődik össze. Fajtánként 100-100 virágrügyet megvizsgálva, ki tudjuk mutatni a megtermékenyítésre alkalmatlan virágok százalékos arányát. Az egymást követő években mért százalékos fagykár adatok egymásra halmozásával ki tudjuk mutatni a kumulatív kárt, vagyis egy-egy fajta tavaszi fagyokkal szembeni ellenállóképességét jellemezhetjük. Egyértelmű, hogy a régi, hagyományos magyar kajszifajták (Ceglédi bíborkajszi, Rózsakajszi, Ligeti óriás) igen alacsony mértékben állnak ellen a tavaszi fagyoknak. A későbbi szelekciók, mint a Roxana, a Ceglédi szilárd, a Bukurija, a Ceglédi óriás, a Mandulakajszi, a Magyarkajszi, a Ceglédi kedves már kevésbé érzékenyek. A legújabb fajták rendelkeznek a legnagyobb fagytürelőképességgel: Ceglédi arany, Nyujtó Ferenc emléke, Ceglédi zamatos, Ceglédi Piroska, és Ceglédi bájos.

**Kulcs szavak:** Ceglédi bájos, fagytürés, Magyarkajszi, kajszi

---

**BEVEZETÉS ÉS IRODALMI ÁTTEKINTÉS**

A Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kertészettudományi Intézetének Ceglédi Kutatóállomásán és jogelődei több mint 70 éves fennállása óta 17 kajszibarack fajtája kapott állami elismerést, amely a jelenleg minősített fajták több mint 43%-a. A NÉBIH nyilvántartása szerint 2001-2014 között a Magyarországon előállított kajszibarack oltványok 62%-át adták ceglédi fajták. A hungarikumnak minősített kajszibarack ökológiai adaptációs képessége rendkívül alacsony, így a fajtaelőállítás és fajtahasználat rendkívüli módon meghatározza az ágazat sikerességét nemzetgazdasági szinten is. A hazai agrárkutatás szempontjából létfontosságú a megbízható eredetű és minőségű alapanyag biztosítása a fajtafenntartás és kutatás számára, amely hozzájárulhat a keresztezéses nemesítés sikerességéhez.

A jelenleg Európában kapható kajszifajták rendkívül magas száma, valamint a termelés magas kockázata miatt egyre égetőbb kérdés, hogy mely fajtákat lehet sikeresen termesztetni és értékesíteni. A Ceglédi Kutatóállomás gyűjteményeiben rendelkezésre állnak a feltételek a keresztezéses nemesítéshez, hibrid vonalak és fajták előállításához. Komoly előzményei vannak a kajszifajtaelőállításnak Cegléden. A fajtaelőállítás során termelők, kereskedők, szaktanácsadók észrevételei figyelembevételével meghatározzuk az igényeket, kívánatos tulajdonságokat.

Nagyon sok, egymástól jól elkülöníthető fajtacsoport jött létre, melyeknek mind megvannak a sajátos pozitív tulajdonságai. Ezen tulajdonságok (és az azokért felelős genetikai háttér) megőrzése, megismerése fontos alapköve a nemesítésnek, a kutatásnak. A fajtakutatás hosszadalmas folyamat, ezért szükséges a megfigyelések, mérések minden évben azonos körülmények között történő elvégzése, valamint az új kísérletek beállítása a termelői igényeknek megfelelően. Az eltelt 50 évben megváltozott az alany- és fajtahasználat, a termelési rendszer (*Soltész, 1998; Brózik és Kállay, 2000*). A klíma változékonysága újabb kihívások elé állítja a gyümölcsfákat mind ökológiai, mind növénykórtani szempontból. A kajszifenntartható termesztését nagyban veszélyezteti a virágzáskori fagykárból adódó termésingadozás, ami egyre nagyobb nehézségek elé állítja a gazdákat (*Szalay et al., 2005*). A magyarországi kajszifajta termesztés egyik fő veszélye a gyakran jelentkező téli és tavaszi fagykár. Helyenként 3-4 évből csak egyszer lehet teljes értékű termést betakarítani.

A nemesítési folyamat felgyorsítása érdekében érdemes kidolgozni olyan molekuláris markereket, melyek már a magok csírázása után közvetlenül alkalmazhatók a téli és tavaszi fagyűrés előrejelzésére. A dormancia hosszát meghatározó gének kívánt alléljaival kapcsolt markerek alkalmazhatóságának vizsgálata nemcsak a kajszi fajtkutatást, hanem más csonthéjas fajok kutatását is elősegítheti, felgyorsíthatja a fajtaelőállítást. Marker segítette szelekciós módszerekkel felgyorsítható a változó klímához adaptált, innovatív fajták előállítása, melyekkel csökkenthető a termelés kockázata.

Számos kutatás irányult korábban is a kajszi virágrügyei fagyűrésének mélyebb megismerésére, ám mindegyik leíró jellegű volt. Sikerült megállapítani az egyes fajták fagyűrésének időbeli változásait, az évjáratok közötti különbségeket. Hazánkban Dr. Szalay László és munkatársai fektették le a virágrügyek fagyűrésének vizsgálati módszereinek alapjait. A téli időszakban bizonyos időközönként vesszőmintát gyűjtöttek a kérdéses fajták fáról, melyeket különböző hőmérsékleteken fagyasztva meg tudták állapítani a fagyűrés mértékét. Vizsgálataik szerint az egyes kajszifajtáknak eltérő módon alakul a fagyűrése a nyugalmi időszak során, így másképp is viselik az eltérő mértékű tavaszi fagyokat is. A téli és tél végi hőmérsékletek nagyban befolyásolják a dormancia alakulását, hatással vannak a virágzás idejére. Ezekből a vizsgálatokból kimutatható, hogy a magyar nemesítésű kajszifajták (főleg az újabb szelekciók) jobb fagyűréssel rendelkeznek, mint az olasz vagy spanyol fajták (Szalay *et al.* 2016; Szalay *et al.* 2019).

Szerbiában Tomo Milošević kutatócsoportja végzett hasonló kutatásokat Čačakon. Szintén mesterséges fagyasztásos módszert alkalmaztak, mellyel modellezni lehet a fagyűrés időbeli változásait. A szerb kajszifajták mellett magyar kajszifajtákat is bevontak vizsgálataikba, melyekből kiderül, hogy a mediterrán származású fajtákkal ellentétben a kontinentális éghajlaton szelektált változatok fagyűrése jobb (Glišić *et al.* 2019).

A mediterrán klímával rendelkező Olaszországban ritkábban fordulnak elő késő tavaszi fagyok, ennek ellenére ott is foglalkoznak a virágrügyek fagyűrésével. A kajszifajták hidegigénye, eltérő fejlődési dinamikája szükségessé teszi a melegebb éghajlaton termesztett fajták esetében is az ilyen jellegű kutatásokat. A jobb fagyűrésű fajták a fagyok által ritkábban sújtott területeken is gazdaságosabban termesztethetők. Viti és munkatársai az olasz nemesítésű kajszifajták vizsgálatakor megállapították, hogy bár



alacsonyabb a hidegigényük, és kisebb mértékben állnak ellen a fagyoknak, mint a kontinentális fajták, komoly különbségek mutathatók ki közöttük is. Ezek között is kiemelhetők a jobban teljesítők, és segítségével a késő tavaszi fagyoknak jobban ellenálló fajták állíthatók elő. Vizsgálataik kiterjedtek a fagytűrés és a hidegigény öröklődésére is az utópopulációkban. A jobb fagytűrés kimutatható volt az utódok között is. (Viti *et al.*, 2010a; Viti *et al.*, 2010b).

Ruiz *et al.* (2007) vizsgálataik során azt találták, hogy a kajszi fajták téli hidegigénye között akár 100% is lehet az eltérés (596-1266 óra). Számos kajszi fajta vizsgálata során kifejlesztettek egy módszert, mely felhasználásával pontosabban ki tudták mutatni az egyes genotípusok hidegigényét. Méréseiket a virágrügyek súlygyarapodásának dinamikájára alapozták, így ki tudták küszöbölni az évjáratok közötti különbségeket.

Sánchez-Pérez *et al.* (2014) nagyszabású összefoglaló munkája tartalmazza azokat a géneket, melyek a virágzás idejével kapcsolatosan rendelkezésre állnak a csonthéjas gyümölcsfajoknál (kajszi, őszibarack, szilva, cseresznye, mandula és vad *Prunus* fajok).

Balogh *et al.* (2019) kísérletei során azonosítottak a CBF és DAM géncsaládba tartozó géneket (*ParCBF1*, *ParDAM5*, *ParDAM6*), melyek felelősek a kajszi nyugalmi állapotának fenntartásáért. Ezek a gének megtalálhatók a kajszi, őszibarack, cseresznye, mandula és vad *Prunus* fajokban is, szekvenciájuk nagyfokú hasonlóságot mutat. Ez alapján a vizsgált génekkel kapcsolt markerek nagy valószínűséggel átvihetők a többi termesztett csonthéjas gyümölcsfajra is. Hasonló CBF géneket írtak le *Prunus mume*, valamint szőlő fajták vizsgálata során is (Xiao *et al.* 2006; Guo *et al.* 2014).

Ji-hao *et al.* (2010) *Prunus salicina* fajban azonosítottak sHSP géncsaládot, melyek nemcsak a rügyek és virágok elfagyását befolyásolják, hanem a nyári hőstresszre adott reakciókat is csökkentik. Ezen géncsalád tagjai szintén megtalálhatók minden mérsékeltövi gyümölcsfajban. Az ezen géncsalád tagjaival kapcsolt markerek alkalmazása elősegítheti a hősokknak ellenálló vonalak azonosítását is a fagytűrés vizsgálata mellett.

Bielenberg *et al.* (2015) őszibarack populációkat vizsgálva sikeresen azonosítottak olyan QTL-eket (qCR1, qCR2, qCR4a, qCR4b, qCR5a, qCR5b, qCR8), melyek a hidegigényhez és rügynyugalomhoz nagymértékben kapcsoltan öröklődnek. Az ezekhez a helyekhez legközelebb álló molekuláris markereket felhasználva el tudták különíteni a korán és későn virágzó vonalakat.

Ezekkel a molekuláris technikákkal, valamint a virágrügyek fagyűrésének vizsgálatával összeállítható egy módszer, mellyel biztonságosan megállapítható egy-egy fajta vagy nemesítési vonal fagyűrése akár már a magonc populációban. Ezzel az innovatív megközelítéssel lényegesen lecsökkenthető az új kajszifajták nemesítésének idő- illetve forrásigénye.

## ANYAG ÉS MÓDSZER

A kísérletet a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kertészettudományi Kutató Központ Gyümölcsstermesztési Kutató Intézetének Ceglédi Kutatóállomásán eltelepített ültetvényekben végeztük. A terület mérsékeltövi kontinentális klímával, szemiárid mikroklímával jellemezhető. Az Alföld ezen része teljesen sík, helyenként 1-2 méteres szintkülönbséggel. A tengerszint feletti magasság 96 m. A terület nem optimális kajszi termesztésre, mégis a magyarországi kajsziültetvények egyharmada hasonló adottságú területeken helyezkedik el. A kísérleti ültetvény aszfaltozott útról könnyen megközelíthető, kerítés veszi körül. A sorközöket természetes gyep borítja. Alanyként vadkajszi magoncot használtunk. Évente két metszésben és azt követő lombtrágyázásban részesül az ültetvény. A vizsgált években az ültetvényt nem öntöztük.

A kísérleti ültetvényt 2000 tavaszán ültettük 8 x 5 m-es térállásban (5 méter a tőtávolság, 8 méter a sortávolság), a sorközöket természetes gyep borítja. Fajtánként és égtájanként 100-100 virágrügyet megvizsgálva, ki tudjuk mutatni a megtermékenyítésre alkalmatlan virágok százalékos arányát. Az esetek többségében a teljes rügy nem fagy el, csak a bibe szenved fagykárt. Kajszi esetében ilyenkor még ki is nyílnak a virágok, ám nem termékenyülnek (*1. Kép*). A virágzási időt a virágzás kezdetétől (amikor a virágok 20%-a már nyílt állapotban van) a szíromhullás kezdetéig tekintjük. A fővirágzás idejében a virágrügyek 50%-ának nyílt állapotban van.



1. Kép Ép virág

Picture 1: Intact flower

Elfagyott bibe

Frozen stigma

Teljesen elfagyott rügy

Frozen flower

Ebben a kísérletben 36 genotípust (27 fajtát és 9 hibridet) vizsgáltunk három egymást követő évben (2017-2019). Minden érték három ismétlés átlagából tevődik össze.

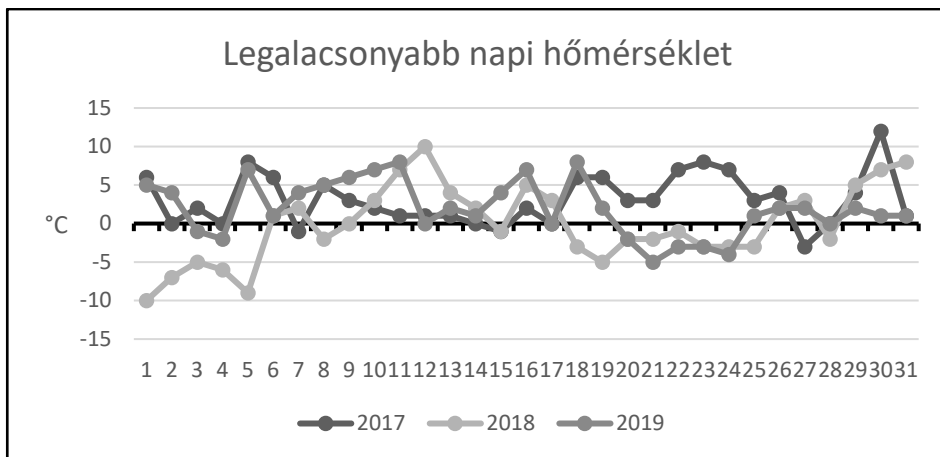
Az időjárásra vonatkozó méréseket MilliMet-2 mérőállomással (Boreas Kft) végeztük, ami az ültetvénytől 30 méterre helyezkedik el, a gyűjtött adatokat InterMet3 program segítségével értékeltük.

## EREDMÉNYEK ÉS MEGVITATÁSUK

A vizsgált három év márciusában mért napi legalacsonyabb hőmérsékleti értékeket az 1. ábra foglalja össze.

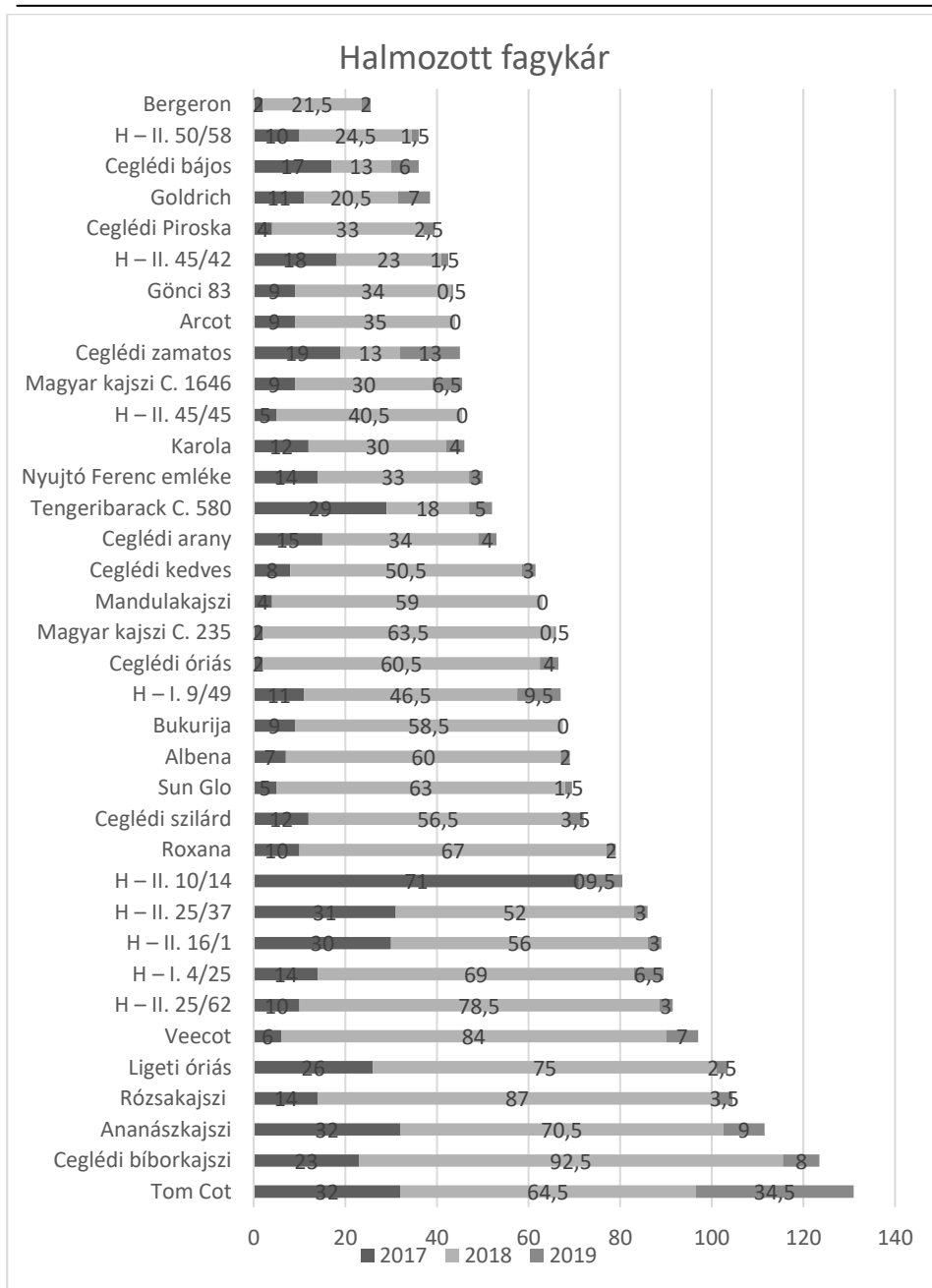
2017 tavaszán a fővirágzás ideje március 24. és március 30-a között volt a Ceglédi Kutatóállomás ültetvényében. A virágzás kezdetét megelőző két hétben kizárólag március 15-én hajnalban csökkent a hőmérséklet fagypontra alá ( $-1^{\circ}\text{C}$ ). A virágzási időszak alatt csak március 27 hajnala hozott  $-1,2^{\circ}\text{C}$ -ot, más fagy nem történt ezidőben.

Amint a 2. ábrán láthatjuk, a különböző fajták és hibridek eltérő mértékben mutatnak toleranciát a virágzás környékén fellépő fagyokkal szemben. 2017-ben a vizsgált tételek fagykárának főátlaga 20,1% volt. A vizsgált években volt ennél nagyobb károsodás is, ám ebben az esetben könnyebb kimutatni az eltéréseket. A legjobb toleranciát mutató fajták a Bergeron (2%), a Magyarkajszai C. 235 (2%), a Ceglédi óriás (2%) voltak, melyeket a Ceglédi Piroska (4%), a Mandulakajszai (4%), a H-II 45/45 (5%), a Sun Glo (5%) és a Veecot (6%) követett. A legnagyobb kárt a H-II 10/14 jelű hibrid, az Ananászkajszai, valamint a Tom Cot szenvedték (71%, 32% és ugyancsak 32%).



1. ábra: Hőmérsékleti minimumok a vizsgált évek márciusaiban.  
 Figure 1: Minimum temperatures in March of the observed years

2018-ban a virágzási idő a hűvös tavasz miatt elhúzódott, március 22-től április 10-éig tartott. A virágzást megelőző hetekben az időjárás nagyon változékony volt. Március első hete igen kemény volt, a fagyos reggelek  $-10^{\circ}\text{C}$ ,  $-9^{\circ}\text{C}$ -okat is hoztak. A hónap második hete enyhébb volt, fagyot ekkor nem észleltünk. A rügyek gyors fejlődésnek indultak, hamar elérték a pirosbimbós állapotot. A következő hetekben a fagyok ismét visszatértek, ezzel jókora károkat okozva a már fejlett virágbimbók épségében. A virágzást követően számos hajnali fagy érkezett még, emiatt a gyümölcskötődés a legtöbb fajtánál átlagon aluli mértékű volt. 2018. márciusi hidegei 48,6%-os átlagos kárt okoztak a vizsgált fajták virágrügyeiben. 2018 legtoleránsabb fajtája a 2017 legrosszabbja lett: a H-II 10/14 egyáltalán nem mutatott fagykárt (0%). A Ceglédi bájos (13%), a Ceglédi zamatos (13%) és a Tengeribarack C.580 (18%) volt az azt követő sorrend. Néhány vizsgált fajta (és hibrid) kifejezetten nagy fagykárt szenvedett el ebben az évben, mint például a Ceglédi bíborkajszi (92,5%), a Rózsakajszi (87%), a Veecot (84%) és a H-II 25/62 (78,5%).



2.ábra: A vizsgált kajszifajták halmozott fagykára százalékban megadva 2017, 2018, 2019-ben.

Figure 2: The varieties, tested, in percentages of cumulative frostbite in 2017, 2018, 2019.

A kajszi fővirágzás ideje 2019-ben március 14-től március 24-ig tartott a ceglédi ültetvényben. Ezalatt az időintervallum alatt nem tapasztaltunk fagyot, ám 25-én és 26-án is fagypont alá csökkent a hőmérséklet. Ennek a két fagyos reggelnek csak egy kisebb hatása volt a gyümölcskötődésre. 2019-ben nem a virágzás ideje alatti fagyok hatását tudtuk kimutatni, inkább a kötődés utáni alacsony hőmérsékletét. A következő fajták tekintetében semmilyen kárral nem tudunk számolni: Arcot, H-II 45/45, Mandulakajszi és Bukurija. Kismértékű kárt szenvedett a Gönci 83 (0,5%), a Magyarkajszi C. 235 (0,5%), a H-II 50/58 (1,5%), a H-II 45/42 (1,5%), a Sun Glo (1,5%), a Bergeron (2%), a Roxana (2%) és az Albena (2%). Ezen fajták fagykára szabadszemmel észrevehetően marad az ültetvényben. A nem túl zord időjárás ellenére volt fajta, melyen komolyabb kárt is felmértünk: ez a Tom Cot volt 34,5% virágrügy kárral. A fajták fagykárának főátlag 4,5% volt ebben az évben.

Az időjárás megállíthatatlan változásainak kivédésére folyamatosan fejlesztenünk kell, újabb és újabb abiotikus stressztoleráns fajtákra van szükség, és ez a gyümölcsfélékre különösen igaz. (*Szabó 1997; Campoy et al. 2011*).

Az egymást követő években mért százalékos fagykár adatok egymásra halmozásával ki tudjuk mutatni a kumulatív kárt, vagyis egy-egy fajta tavaszi fagyokkal szembeni ellenállóképességét jellemezhetjük. Mindent összevetve a három vizsgált év tekintetében a Bergeron fajta szenvedte el a legkevesebb kárt (25,5%) a tavaszi fagyok hatására. Ezt követte a Ceglédi Kutatóállomás legújabbban állami elismerésben részesített fajtája, a Ceglédi bájos 36%-kal. A PPV rezisztens, közkedvelt Goldrich fajta szintén alacsony mértékű károsodást szenvedett (38,5%) a vizsgált időszakban.

## **KÖVETKEZTETÉSEK**

Az Európai Unióban rendelkezésre álló igen nagyszámú kajszifajta miatt rendkívül fontos, hogy megállapíthassuk, mely fajták alkalmasak a magyarországi klimatikus adottságok közötti termesztésre. A 36 vizsgált genotípus (27 fajta és 9 hibrid) három egymást követő évben (2017-2019) történő értékelése, és az eredmények összehasonlítása által megállapítható az egyes fajták termelésének kockázata.

A Ceglédi Kutatóállomás kajszi nemesítési programjának egy kiemelt szelekciós kritériuma a virágrügyek fagytürése a tavaszi időszakban. A ceglédi keresztezéses nemesítési programban Nyujtó Ferenc és Kerek Mária Magdolna felhasználtak a

Kaukázusból származó vad kajszivonalakat is. Az irányított keresztezésből származó legújabb hibrideink kiemelkedő fagyűrőképességet mutatnak. H-II 50/58, H-II 45/42 és H-II 45/45 jelű hibrideink majdnem a legjobb toleranciával rendelkeznek a vizsgált ültetvényeinkben. Ezen kívül jó gyümölcskarakterisztikával, megbízható terméseredményekkel rendelkeznek, és jó nemesítési alapanyagot képviselnek csakúgy, mint a Gönci 83, ami vizsgálat alatt áll jelenleg állami elismerés céljából.

Egyértelmű, hogy a régi, hagyományos magyar kajszifajták (Ceglédi bíborkajszí, Rózsakajszí, Ligeti óriás) igen alacsony mértékben állnak ellen a tavaszi fagyoknak. A későbbi szelekciók, mint a Roxana, a Ceglédi szilárd, a Bukurija, a Ceglédi óriás, a Mandulakajszí, a Magyarkajszí, a Ceglédi kedves már kevésbé érzékenyek. A legújabb fajták rendelkeznek a legnagyobb fagyűrőképességgel: Ceglédi arany, Nyujtó Ferenc emléke, Ceglédi zamatos, Ceglédi Piroska, és Ceglédi bájos.

A magyar kajszifajták tekintetében megfigyelhetünk egy egyértelmű javuló tendenciát a fagyűrés tekintetében: a legújabb fajták rendelkeznek a legjobb toleranciával, ezek a későtavaszi fagyok szempontjából legbiztonságosabban termesztethők.

## **FROST TOLERANCE OF APRICOT CULTIVARS DERIVED FROM Cegléd BASED ON FIELD OBSERVATIONS**

MENDELNÉ PÁSZTI EDINA - MENDEL ÁKOS

Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Institute of Horticultural  
Sciences

Research Institute for Fruit Production, Ceglédi Research Station

### **ABSTRACT**

Because of the exceptionally high number of the available apricot cultivars (*Prunus armeniaca* L.) in the EU, and the high risk of the production, it is increasingly pressing to find out, which cultivars can be cultivated and sold successfully. This research is performed in the experimental orchard of MATE Research Centre for Horticultural Sciences Research Institute of Fruit Growing, Research Station of Cegléd. This paper is

based on 36 examined lines (27 cultivars and 9 hybrids) in three following years (2017-2019). Every numeral is a mean of three measurements. Examining 100-100 flower buds per variety, we can calculate the percentage of flowers unsuitable for fertilization. By stacking up the frost damage percentages of the cultivars in the investigated three years, we can demonstrate the cumulative damage, hence the tolerance against the climatic stresses in springtime. It is evident, that the old, traditional Hungarian cultivars (Ceglédi bíborkajszai, Rózsakajszai, Ligeti óriás) has almost no tolerance against spring frosts. The later selections, such as Roxana, Ceglédi szilárd, Bukurija, Ceglédi óriás, Mandulakajszai, Magyarkajszai, Ceglédi kedves are moderately tolerant. The latest cultivars have the best frost tolerance: Ceglédi arany, Nyujtó Ferenc emléke, Ceglédi zamatos, Ceglédi Piroska, Ceglédi bájos.

**Keywords:** apricot, Ceglédi bájos, frost tolerance, Hungarian best

#### FELHASZNÁLT IRODALOM

Balogh E., Halász J., Soltész A., Erős-Honti Zs., Gutermuth Á., Szalay L., Höhn M., Vágújfalvi A., Galiba G., Hegedüs A. (2019): Identification, Structural and Functional Characterization of Dormancy Regulator Genes in Apricot (*Prunus armeniaca* L.). *Frontiers in Plant Sciences* 10: 402

Bielenberg, D.G., Rauh, B., Fan, S., Gasic, K., Abbott, A. G., Reighard, G. L., Okie, W. R., Wells, C. E. (2015): Genotyping by sequencing for SNP-based linkage map construction and QTL analysis of chilling requirement and bloom date in peach (*Prunus persica* L.). *PLoS ONE* 10(10): e0139406

Brózik, S. és Kállay T. (2000): Csonthéjas gyümölcsfajták. Mezőgazda Kiadó

Glišić, I., Milošević, T., Ilić, R., Paunović, G., Jovančić, N., Vujisić, M. (2019): Freezing flower buds of apricot (*Prunus armeniaca* L.) during winter dormancy. "XXIV SAVETOVANJE O BIOTEHNOLOGIJI" Zbornik radova 2

Guo, C., Zhang, Q. J., Peng, T., Bao, M. Z., Zhang, J. W. (2014): Structural and expression analyses of three PmCBFs from *Prunus mume*. *Biologia Plantarum* 58 (2): 247-255



- Ji-hao, S., Jian-ye, C., Jian-fei, K., Wei-xin, C., Wang-jin, L.* (2010): Expression of sHSP genes as affected by heat shock and cold acclimation in relation to chilling tolerance in plum fruit. *Postharvest Biology and Technology* 55: 91–96
- Ruiz, D., Campoy, J. A., Egea, J.* (2007): Chilling and heat requirements of apricot cultivars for flowering. *Environmental and Experimental Botany* 61: 254–263
- Sánchez-Pérez, R., Cueto, J. D., Dicenta, F., Martínez-Gómez, P.* (2014): Recent advancements to study flowering time in almond and other *Prunus* species. *Frontiers in Plant Sciences* 5: 334
- Soltész M.* (1998): Gyümölcsfajtaismeret és -használat. Mezőgazda Kiadó
- Szalay L., Hajnal V., Bakos J., Ladányi M.* (2019): Changes of the microsporogenesis process and blooming time of three apricot genotypes (*Prunus armeniaca* L.) In Central Hungary based on longterm observation (1994–2018). *Scientia Horticulturae* 246: 279–288
- Szalay L., Ladányi M., Hajnal V., Pedryc A., Tóth M.* (2016): Changing of the flower bud frost hardiness in three Hungarian apricot cultivars. *Horticultural Sciences (Prague)* Vol. 43, 2016 (3): 134–141
- Szalay L., Mády R, Szani Zs., Honty K.* (2005): La scelta varietale dell’ albicocco in Ungheria. *Frutticoltura*. 67 (6): 34-39.
- Viti, R., Bartolini, S., Andreini, L.* (2010): Flower Bud Frost Tolerance of Several Italian Apricot Genotypes. *European Journal of Horticultural Sciences*. 75 (5): 185–192
- Viti, R., Bartolini, S., Zanol, G.C.* (2010): Inheritance of Chilling Requirement in Progenies of Apricot (*Prunus armeniaca* L.). *Acta Horticulturea* 872
- Xiao, H., Siddiqua, M., Braybrook, S., Nassuth, A.* (2006): Three grape CBF/DREB1 genes respond to low temperature, drought and abscisic acid. *Plant, Cell and Environment* 29: 1410–1421

*A szerzők levélcíme – Address of the authors:*

Mendelné Pásztai Edina  
 Mendel Ákos  
 MATE, Gyümölcsstermesztési kutatóintézet, Ceglédi Kutatóállomás  
 2700 Cegléd, Szolnoki út 52.  
 mendel.akos@uni-mate.hu



## A MOSONI-SÍKOT JELLEMZŐ ÚJ ÉGHAJLATI NORMÁL ÉRTÉKEK AGROKLIMATOLÓGIAI ELEMZÉSE

VARGA ZOLTÁN

Széchenyi István Egyetem, Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar,  
Víz- és Környezettudományi Tanszék, Mosonmagyaróvár

### ÖSSZEFOGLALÁS

A mezőgazdasági termelés, s ezen belül is elsősorban a szántóföldi növénytermesztés eredményességét nagymértékben befolyásolják a környezeti tényezők változásai. Az ezekhez való hatékony alkalmazkodáshoz nélkülözhetetlen a környezetben zajló folyamatoknak és ezek növénytermesztésre gyakorolt potenciális hatásainak minél pontosabb nyomon követése. A légköri folyamatok és jelenségek amúgy is a környezeti rendszer kiemelkedően változékony, s ezért jelentős bizonytalanságot okozó részeként ismereteseek, viszont az éghajlatváltozás folyamatának immáron évtizedek óta tapasztalható előrehaladása még inkább középpontba állította az ezzel kapcsolatos vizsgálatok szükségességét. S miközben az éghajlatváltozás globális trendjeit viszonylag részletesen tanulmányozták, s általánosan elfogadottak azok a legvalószínűbb környezeti hatásainak előrejelzései, kevés az olyan hatástanulmány, mely szűkebb régiókra vonatkozik és a mezőgazdaság specifikus szempontjait veszi figyelembe.

Mivel a Mosoni-sík és a Szigetköz gazdálkodói részéről is megfogalmazódott az az igény, hogy szeretnék döntéseiket a valós helyzetet tükröző információk alapján meghozni, a térségre reprezentatív mosonmagyaróvári meteorológiai főállomás hosszú adatsorai alapján tanulmányoztuk e kérdéseket. Ezt különösen időszerűvé tette az a tény, hogy idén (2021-ben) vált aktuálissá az új klimatikus viszonyítási alapot jelentő, 1991-2020 közötti időszakra vonatkozó éghajlati normál értékek használata. A tervezett komplexebb vizsgálatsorozat egyik első lépéseként ezúttal egyszerű statisztikai

módszerek segítségével vizsgáltuk a térségre reprezentatív mosonmagyaróvári agroklimatológiai viszonyokat, s fogalmaztunk meg mezőgazdasági szempontból releváns következtetéseket, melyeket az alábbiakban összegezzük.

A vizsgált területen és időszakban főként a termikus viszonyok, s azon belül is a hőmérséklet változása a legjelentősebb, de a különböző hőmérsékleti elemek változásának jellege eltérő. A relatív nedvesség szignifikáns csökkenése hozzájárulhat a növények kedvezőtlenebb vízmérlegéhez. A növények bázishőmérsékletétől függő hőmérsékleti szempontból lehetséges vegetációs periódusok egyaránt, de nem egységesen hosszabbodtak az utóbbi évtizedekben, viszont a száraz időszak hosszának ezzel egyidejűen megfigyelhető növekedése azt eredményezi, hogy a növénytermesztésnek egyre szárazabb viszonyok mellett kell jól teljesíteni. A szélsőséges termikus és higrikus időszakok vizsgálata alapján elmondható, hogy a szélsőséges mértéke nem feltétlenül ugyanúgy jelentkezik az összes növény vegetációs periódusában, ami a növény-specifikus vizsgálatok szükségességére hívja fel a figyelmet. Az egynyári növények vegetációs periódusa alatt jelentősen megnövekedett a forró napok előfordulásának valószínűsége, az áttelelő növények tenészedőszakában viszont a  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  alatti fagyokkal lényegében már nem kell számolni. Ez utóbbi, látszólag kedvező fejlemény jelentős kockázat lehet a kártevők és kórokozók eredményesebb áttelelése és fokozott tavaszi gradációja miatt.

**Kulcsszavak:** éghajlatváltozás, mezőgazdaság, éghajlati normál érték, regionális hatások, szélsőséges értékek

## BEVEZETÉS ÉS IRODALMI ÁTTEKINTÉS

Az éghajlatváltozás már napjainkban is kiemelkedő jelentőséggel bír, az előttünk álló évtizedekben pedig várhatóan még fokozottabb kihívás elé állítja az emberiséget. Hatása alól egyetlen régió vagy társadalmi réteg sem vonhatja ki magát (*IPCC 2014*). Ennek oka, hogy a meteorológiai viszonyok a ránk folyamatosan ható, s életkörülményeinket folyamatosan alakító környezeti rendszer egyik legváltozékonyabb, s minden bizonnyal a legkevésbé befolyásolható alrendszerét alkotják (*Varga-Haszonits és Varga 2006b*). Ezért alapvető fontosságú a múltbeli és a jelenleg folyamatban lévő klimatikus folyamatok minél jobb megértése, a nélkül ugyanis elképzelhetetlen a jelenlegi emberi tevékenység fenntartása (*Makra et al. 2002*).

Míg az éghajlatváltozás globális trendjeit immár évtizedek óta folyamatosan és viszonylag részletesen tanulmányozzák, s általános konszenzus jellemzi azoknak a legvalószínűbb környezeti hatásaira vonatkozó előrejelzéseit (Cook et al. 2016, Morrison és Matthews 2016), kevés az olyan hatástanulmány, mely szűkebb régiókra vonatkozik és a mezőgazdaság specifikus szempontjait veszi figyelembe (Varga 2014, Wheeler és Lobley 2021). Az ilyen vizsgálatok jelenősége abban áll, hogy a jelenleg is tartó globális éghajlatváltozás térben és időben nem egységesen zajlik le (vagyis a globális éghajlatváltozás anizotrópiája tapasztalható), azaz helyileg az általános trendektől akár jelentősen eltérő változások is előfordulhatnak (IPCC 2014, Mika és Farkas 2017) azzal együtt, hogy a szárazföldek jelentős része várhatóan erősen érintett lesz a kibontakozó éghajlatváltozás miatt (IPCC 2014). Ugyanakkor vannak olyan tanulmányok, amelyek akár várható előnyökről számolnak be a környezeti változások hatására, például Kína délnyugati régiójában (Li et al. 2014). Különösen nagy a bizonytalanság a lokális nedvességi viszonyok jövőbeli alakulását illetően (Bartholy et al. 2001, Pieczka et al. 2017). A leggyakrabban használt klímascenáriók szerint hazánk fokozottan érzékeny az éghajlati rendszer megváltozásának hatásaira (Kocsis és Anda 2010). Az Innovációs és Technológiai Minisztérium által összeállított, s széleskörű szakmai konszenzussal elfogadott második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia (ITM 2018) szintén kiemeli ezt az európai léptékben is jelentős sérülékenységet, amelyet az is magyaráz, hogy az éghajlati rendszer megváltozása tovább fokozza az ismert területi egyenlőtlenségeket, valamint a társadalmi különbségeket, mert az egyes régiók, térségek, településtípusok, társadalmi rétegek érzékenysége és alkalmazkodóképessége eltérő. Hazánk egyes társadalmi csoportjai illetve térségei, településrészei (tanyák, aprófalvas térségek), továbbá bizonyos gazdasági és közüzemi tevékenységek különösen sérülékenyeknek tűnnek.

A mezőgazdasági tevékenység kiemelten kitett a klimatikus hatásoknak, így az azokhoz való alkalmazkodás a mezőgazdaság egyik legnagyobb kihívása a 21. században. A várható hatások közül kiemelhető a termésveszteség, a talaj leromlása, a vízkészletek csökkenő hozzáférhetősége, a romló termelékenységi mutatók, valamint a növekvő termelési költségek (Alam et al. 2012, Keshavarz et al. 2013, Rey et al. 2016). Az alkalmazkodás kiterjedhet a fajták jobb megválasztására, a vetésidő módosítására, a vízhasználat javítását és a talajvédelem fokozását segítő technológiák bevezetésére vagy akár a talajhasználat megváltoztatására (Zheng et al. 2014). A mezőgazdaság klímához

való hatékony alkalmazkodásához viszont a jelenleginél lényegesen részletesebb és közvetlen információra van szükség (*Pieczka et al.* 2017). A helyi szintű pontos és releváns információk nyilvánvaló előnyt jelenthetnek a helyi gazdálkodók számára (*Dióssy* 2008).

Mindezen megfontolások alapján azt a célt tűztük ki, hogy a 2021. január 1-én frissülő, az 1991-2020 közötti 30 éves időszakra vonatkozó regionális éghajlati normál értékek meghatározásával és részletes, agroklimatológiai szemléletű elemzésével segítsük a Mosoni-sík és a Szigetköz mezőgazdasági termelőinek eredményesebb alkalmazkodását a környezeti rendszer jelenlegi állapotához és várható jövőbeli változásaihoz.

## ANYAG ÉS MÓDSZER

A vizsgálatok alapját az Országos Meteorológiai Szolgálat és a Széchenyi István Egyetem által közösen működtetett mosonmagyaróvári meteorológiai főállomás által mért napi és havi meteorológiai adatok jelentették. Kutatásainkhoz elsősorban az 1991. január 1. - 2020. december 31. közötti 30 éves időszak alábbi meteorológiai paramétereinek napi értékeit vettük alapul: átlaghőmérséklet ( $^{\circ}\text{C}$ ), minimumhőmérséklet ( $^{\circ}\text{C}$ ), maximumhőmérséklet ( $^{\circ}\text{C}$ ), átlagos szélesség (m/s), napfénytartam (óra), csapadékösszeg (mm) és átlagos relatív nedvesség (%). A felszíni és mélységi talajhőmérsékletek mérése 1994. június 1-én kezdődött a meteorológiai főállomáson, így azok rövidebb adatsorral rendelkeznek. Jelen vizsgálatunkban csak az 5 cm-es talajhőmérsékletre vonatkozó adatokat vettük figyelembe ezek kiemelt mezőgazdasági jelentősége miatt.

Összehasonlító vizsgálatunkat egyfelől az utóbbi évtizedek klimatikus eseményeire összpontosítjuk, másfelől a korábbi időszakokból levonható tanulságokra is kitérünk. Térségünkben a leghosszabb folyamatos meteorológiai adatsorok a mosonmagyaróvári meteorológiai állomásról származnak, ahol az 1840-es években indultak a mérések Masch Antal kezdeményezésére (*Tenk* 2017), melyek a meteorológiai elemek egyre bővülő skálájával folyamatos adatsorok formájában jelenleg is rendelkezésre állnak a kutatók számára. Jelen elemzéseink során az állomási mérések 1871-2020 közötti 150 éves időszakának havi adatsorait, illetve az 1961-2020 közötti 60 éves időszakának napi adatait használtuk fel. A hosszú meteorológiai adatsorok használatakor felmerül az inhomogenitás problémája, mely a folyamatosan változó mérési körülményekből adódik

(*Szentimrey* 2000). Az ezzel kapcsolatos megfontolásainkat egy közelmúltban publikált cikkünkben (*Varga* 2019) ismertettük. Továbbá az Országos Meteorológiai Szolgálat munkatársaival közösen – Lakatos Mónika koordinálásával – a korábbiakban végzett, a térség hosszú meteorológiai adatsorainak homogenitására vonatkozó elemzések azt mutatják, hogy az eredeti és a homogenizált adatok használata esetén nem volt jelentős változás tapasztalható (*Szentimrey* 2011, *Varga et al.* 2017).

A napi adatokból kalkuláltuk a hosszabb naptári és a természetes időszakokat jellemző értékeket, melyek az alábbiak voltak: az egyényári és az áttelelő növények vegetációs periódusa alatti (április-októberi, illetve szeptember-júniusi időszakok), valamint évi és évtizedes átlagok és összegek.

A mért meteorológiai értékekből ariditási indexet számítottunk a *Varga-Haszonits és Varga* (2006a) által leírt módon, havi hőmérsékleti, légnedvességi és csapadék adatok felhasználásával. Ezt követően meghatároztuk fontosabb növényeink – 5 °C-osnak, 10 °C-osnak és 15 °C-osnak vett - bázishőmérsékleteinek átlagos tavaszi és őszi átlépési időpontját, a hőmérsékleti szempontból lehetséges vegetációs periódus hosszát, továbbá a számított ariditási index értékekre alapozva előállítottuk a száraz időszak kezdetére, végére és tartamára vonatkozó statisztikai értékeket szintén a *Varga-Haszonits és Varga* (2006a) által leírt módszerekkel. E módszerek nagy előnye, hogy havi adatok felhasználásával napi pontosságú becslést adnak a növények természetősége szempontjából kiemelkedő jelentőségű termikus és higrikus meghatározottságú időszakok hosszára vonatkozóan. A számított paraméterek meghatározására az alábbi összefüggéseket használtuk.

*Potenciális párolgás:*

$$E_0 = \left[ \frac{1 - r_N}{2 - r_N} \cdot t_k \right] \cdot n \quad (1)$$

ahol  $E_0$  a potenciális párolgás vagy a levegő párologtató képessége mm-ben,  $r_N$  a relatív nedvesség adott időszakra vonatkozó középértéke századokban,  $t_k$  az adott időszak középhőmérséklete,  $n$  pedig az időszak napjainak a száma. Amennyiben a párologtató képességet 1 foknál alacsonyabb értékek esetén is számítani kívánjuk, akkor a hőmérsékleti értékek helyére az  $(1+t/273)$  összefüggést kell helyettesíteni. Ez a formula a módszer általános számítási formulájának tekinthető, mert 1 naptól 1 hónapig terjedő

időintervallumra alkalmazható. Az egy hónapnál hosszabb időszakok párologtató képességét a havi értékek összegezésével határozzuk meg.

*Ariditás index:*

$$ARI = \frac{E_0}{P} \quad (2)$$

ahol ARI a szárazsági vagy ariditási index értéke, amely azt mutatja, hogy a levegő párologtató képessége a lehullott csapadéknak hányszorosát tudná elpárologtatni, ha  $E_0 > P$ , illetve csak hányad részét, ha  $E_0 < P$ . A két érték egyenlősége esetén  $ARI=1$ . Ebben az esetben sem száradásról, sem nedvesedésről nem lehet beszélni, vagyis ez egy olyan küszöbérték, amely a száraz és nedves jellegű időszakokat választja el egymástól.

*A bázishőmérséklet tavaszi átlépésének időpontja:*

$$D_T = D_a + \frac{t_0 - t_a}{t_m - t_a} n_a \quad (3)$$

ahol  $D_T$  a bázishőmérséklet tavaszi átlépési időpontjának a január 1-től számított sorszáma,  $D_a$  a bázishőmérsékletnél alacsonyabb középhőmérsékletű hónap középső napjának a január 1-től számított sorszáma,  $t_0$  a bázishőmérséklet,  $t_a$  a bázishőmérsékletnél alacsonyabb hőmérsékletű hónap középhőmérséklete,  $t_m$  pedig a bázishőmérsékletnél magasabb hőmérsékletű hónap középhőmérséklete, míg  $n_a$  a bázishőmérsékletnél alacsonyabb hőmérsékletű hónap napjainak a száma.

*A bázishőmérséklet őszi átlépésének időpontja:*

$$D_O = D_m + \frac{t_m - t_0}{t_m - t_a} n_m \quad (4)$$

ahol  $D_O$  a bázishőmérséklet őszi időpontjának január 1-től számított sorszáma,  $D_m$  a bázishőmérsékletnél magasabb hőmérsékletű hónap középső napjának január 1-től vett sorszáma,  $t_m$  a bázishőmérsékletnél magasabb hőmérsékletű hónap középhőmérséklete,  $t_a$  a bázishőmérsékletnél alacsonyabb hőmérsékletű hónap középhőmérséklete,  $t_0$  a bázishőmérséklet és  $n_m$  pedig a magasabb hőmérsékletű hónap napjainak a száma.

*A hőmérsékletileg lehetséges vegetációs periódus hossza:*

$$HLVP = D_O - D_T \quad (5)$$

ahol a  $D_0$  és  $D_T$  értékekbe a (3) és a (4) formulákkal számított értékeket kell behelyettesíteni.

*A száraz időszak kezdete:*

$$SZIK = D_a + \frac{1 - ARI_a}{ARI_m - ARI_a} \cdot n_a \quad (6)$$

ahol  $D_a$  az 1-nél alacsonyabb szárazsági indexű hónap középső napjának január 1-től számított sorszáma, 1 a száraz és nedves időszakot elválasztó küszöbérték,  $ARI_a$  az 1-nél alacsonyabb szárazsági indexű hónap indexének értéke,  $ARI_m$  az 1-nél magasabb szárazsági indexű hónap indexének értéke,  $n_a$  pedig az 1-nél alacsonyabb szárazsági indexű hónap napjainak száma.

*A száraz időszak vége:*

$$SZIV = D_m + \frac{ARI_m - 1}{ARI_m - ARI_a} \cdot n_m \quad (7)$$

ahol a jelölések ugyanúgy értelmezendők, mint az előző összefüggés esetében, kiegészítve azzal, hogy  $D_m$  az 1-nél magasabb szárazsági indexű hónap középső napjának január 1-től számított sorszáma,  $n_m$  pedig az 1-nél magasabb szárazsági indexű hónap napjainak a száma.

*A száraz időszak hossza:*

$$SZIH = SZIV - SZIK \quad (8)$$

ahol a SZIK és SZIV értékekbe a (6) és a (7) formulákkal számított értékeket kell behelyettesíteni.

Vizsgáltuk ezen kívül a növényeket potenciálisan károsító hőmérsékleti extrém értékek előfordulását; a 25 °C és 30 °C közötti napi maximumhőmérsékletű nyári nap, a 30 °C és 35 °C közötti maximumhőmérsékletű hőségnap és a 35 °C-ot meghaladó forró nap, valamint a különböző erősségű fagyok karakterisztikáit, amelyek értelmezésével kapcsolatban a *Varga-Haszonits és Varga (2006b)* által megfogalmazottakra támaszkodtunk.



Elemzéseink során *Sváb (1981)* által leírt egyszerű statisztikai módszerek segítségével elemeztük a mosonmagyaróvári agroklimatológiai viszonyokat, melyek az egész a Mosoni-síkra reprezentatívnak tekinthetők. Vizsgáltuk a klimatikus adatsorokat jellemző átlagokat, szórásokat, illetve azok időbeli alakulásának törvényszerűségeit és a változások szignifikanciáját. Mivel a normalitás, azaz a normál eloszlás megléte minden paraméteres próba, így az általunk végzett t-próba és F-próba előfeltétele, s különösen az viszonylag kis mintaszámnál, ezért a vizsgálatokat megelőzően a meteorológiai adatok eloszlását is meghatároztuk, bár tény, hogy a vizsgált éghajlati elemek az esetek nagy részében normális eloszlást mutatnak (*Kocsis 2010, Kocsis et al. 2017*). A normalitás a meteorológiai elemek közül a hőmérsékleti paraméterekre és a légnyomásra teljesül. Ugyanakkor, saját vizsgálataink alapján a kellően hosszú, több évtizedes adatsorral rendelkező higrikus elemek éves vagy tenyészidőszak alatti összegei is normális eloszlást követnek. Természetesen például napi csapadék adatok esetén nem várhatnánk normalitást, de ez amúgy sem képezte kutatásunk részét. A statisztikai vizsgálatokat *Microsoft Excel 2010* szoftver segítségével végeztük. Pragmatikus okokból és a terjedelmi szempontokat is szem előtt tartva az elvégzett statisztikai vizsgálatok részletesebb bemutatására nem térünk ki az eredmények ismertetésénél.

## EREDMÉNYEK

Az *1. táblázat* évtizedenkénti bontásban mutatja be néhány fontosabb éghajlati elem időbeli változását a vizsgált 30 évben az év egészére, illetve a hazánk vetésszerkezetét domináló két fő termesztési csoport, az egyényári és az áttelelő növények április-októberi, illetve szeptember-júniusi tenyészidőszakára vonatkozóan. Hazánkban az egyényári növények legfontosabb képviselője a rendszerint április végén, május elején elvetett és októberben beérő kukorica, mely a hazai szántó hasznosítású területek kb. egynegyedét foglalja el. Az áttelelő növények közül az őszi búza a legjelentősebb, melyet szeptemberben vetnek és június vége felé érik be, s szintén kb. 25 %-os részesedéssel bír a vetésszerkezetben.

Az átlagos szélesebbesség és a csapadék adatok lényegében stagnálnak. A napfénytartam itt látható értékei egyébként egy csekély emelkedő tendenciát mutatnak az előző 30 évi normálhoz képest. Ugyanakkor a relatív nedvesség érték enyhe, de szignifikáns csökkenést jelez, nagyrészt a melegedő levegő magasabb párafogadó-képessége miatt.

Ennek következtében a levegő vízgőzzel való telítettsége kb. 4,5 %-kal csökkent a vizsgált időszak során.

1. táblázat. A fontosabb meteorológiai elemek értékei, Mosonmagyaróvár, 1991-2020

Table 1. Values of some important meteorological elements in recent decades, Mosonmagyaróvár, 1991-2020

Időszak	Átlaghőmérséklet			Maximumhőmérséklet			Minimumhőmérséklet			Nappénytartam		
	Év	Ápr-okt	Szept-jún	Év	Ápr-okt	Szept-jún	Év	Ápr-okt	Szept-jún	Év	Ápr-okt	Szept-jún
1991-2000	10,4	16,0	8,3	15,2	21,8	12,8	6,1	10,9	4,3	1962	1560	1424
2001-2010	10,8	16,5	8,7	15,7	22,3	13,3	6,9	11,7	5,1	2051	1615	1503
2011-2020	11,5	17,1	9,4	16,8	23,4	14,3	6,9	11,5	5,1	1989	1569	1447
1991-2020	<b>10,9</b>	<b>16,5</b>	<b>8,8</b>	<b>15,9</b>	<b>22,5</b>	<b>13,5</b>	<b>6,6</b>	<b>11,4</b>	<b>4,8</b>	<b>2001</b>	<b>1581</b>	<b>1458</b>
Időszak	Átlagos szélesség			Csapadékösszeg			Relatív nedvesség*			5 cm-es talajhőmérséklet*		
	Év	Ápr-okt	Szept-jún	Év	Ápr-okt	Szept-jún	Év	Ápr-okt	Szept-jún	Év	Ápr-okt	Szept-jún
1991-2000	3,1	3,0	3,2	593	406	467	76,7	72,8	78,1	11,9	18,4	9,5
2001-2010	3,2	3,0	3,2	583	399	452	72,6	68,7	73,9	12,5	19,2	10,1
2011-2020	3,0	3,0	3,1	571	387	457	72,2	68,2	73,7	12,5	18,4	10,1
1991-2020	<b>3,1</b>	<b>3,0</b>	<b>3,2</b>	<b>582</b>	<b>397</b>	<b>459</b>	<b>73,5</b>	<b>69,6</b>	<b>74,8</b>	<b>12,3</b>	<b>18,7</b>	<b>10,0</b>

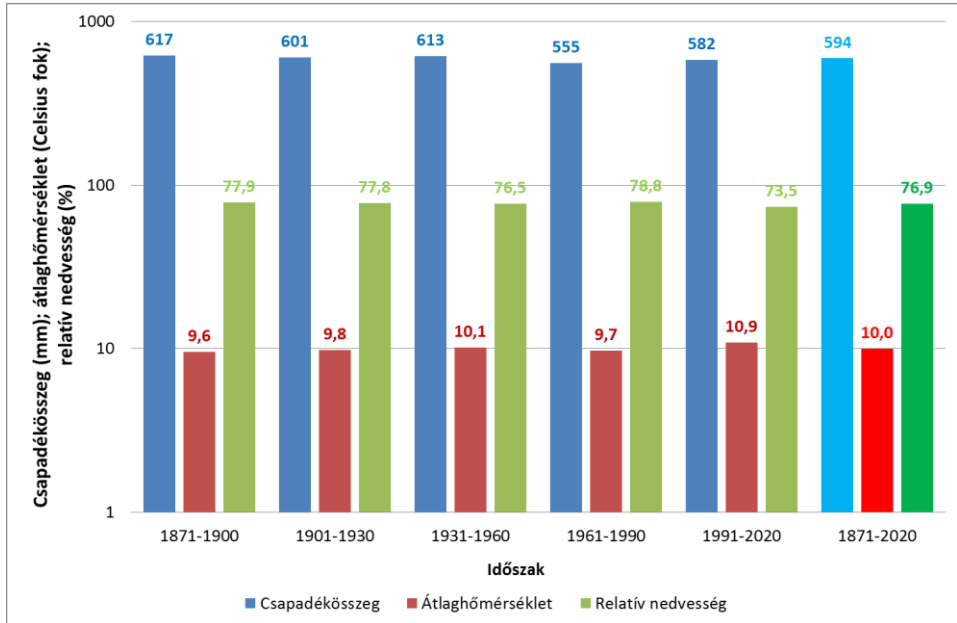
\*az adatok 1994. június 1-től állnak rendelkezésre

\* data available from 1 June 1994

Az összes hőmérsékleti elemnél növekedés figyelhető meg, de ezek jellege és mértéke eltérő. A levegő átlagos hőmérséklete évtizedről-évtizedre emelkedik, melynek mértéke 1 °C körüli az utóbbi 30 év során. A napi maximumhőmérsékletek is folyamatosan emelkednek, de az átlagokat meghaladó mértékben, kb. 1,5 °C-kal. A léghőmérséklet minimuma és a felszíni talajhőmérséklet viszont csak a vizsgált időszak első felében növekedett, azt követően lényegében stagnált. Összességében ezek kisebb mértékben, 0,6-0,8 °C-kal lettek magasabbak 30 év alatt. Az éghajlati hatásvizsgálatokban általában az átlag léghőmérsékletre vonatkozó információkat használják. Ugyanakkor az ökológiai szempontból szintén fontos felszíni talajhőmérséklet trendje lényegesen eltérő. E két eltérő trend jelentős pontatlansághoz vezethet, ha például a növények kezdeti fejlődésére gyakorolt hőmérsékleti hatásokat próbáljuk kvantifikálni.

Az 1. ábra a higrikus meteorológiai elemeket reprezentáló csapadék, a termikus jellegű átlag léghőmérséklet és az erős termikus hatásokat is mutató higrikus elem, a relatív nedvesség aktuális éghajlati normál értékeit az utóbbi másfél évszázad hasonló értékeivel összehasonlítva mutatja be. Míg az utóbbi három évtizedes csapadékösszeg (582 mm) jól

beleilleszkedik a korábbi 30 éves átlagok értéktartományába (555-617 mm), s közelíti a 150 éves átlagot (594 mm), addig a másik két elem szignifikáns eltolódást mutat.



1. ábra. A fontosabb meteorológiai elemek 30 éves átlagai,  
Mosonmagyaróvár, 1871-2020

Figure 1: 30-year averages of some important meteorological elements,  
Mosonmagyaróvár, 1871-2020

Az átlagos évi léghőmérséklet 1990 előtt 9,6-10,1 °C között változott. Ezt az értéket, valamint a 150 éves átlagot (10,0 °C) kb. 1 °C-kal haladja meg az 1991-2020 közötti 30 éves időszak átlaga. Ezt az eltolódást még hangsúlyosabbá teszi az az előzőekben bemutatott tendencia, mely szerint a melegedési folyamat még dinamikusabbá vált az utóbbi években. E változásoktól nem függetlenül a relatív nedvesség szignifikánsan csökkent, ami a levegő párafogadó-képességének fokozódását, s még erőteljesebben negatív vízmérleg kialakulását eredményezheti. Ennek a növények vízellátási helyzetét potenciálisan rontó trendnek az áll a háttérben, hogy a fő vízbevételi forrást jelentő csapadék lényegében stagnáló értékeivel szemben a vízmérleg fő kiadási tényezőjét jelentő párolgási viszonyokban meghatározó szerepet játszó hőmérséklet és relatív nedvesség egyaránt olyan irányban módosul, ami a vízkidás számottevő

megnövekedését vetíti előre. A relatív nedvesség 1991-2020 közötti átlagos évi értéke például 3-5%-kal alacsonyabb a korábbi átlagoknál, s értéke – az 1. táblázatban bemutatott eredmények szerint - az utóbbi években még tovább csökken.

Mint említettük, az eredeti mért adatokon alapulnak feldolgozásaink. Összehasonlításként itt érdemes megjegyezni, hogy az Országos Meteorológiai Szolgálatban nemrégiben végzett kutatás szerint a mosonmagyaróvári évi átlaghőmérsékletek 1901-2016 közötti alakulását vizsgálva 0,15 °C-kal erőteljesebb, 1,2 °C-os melegedési trend mutatható ki homogenizált adatok használata esetén, mint az eredetileg mért adatokkal (1,05°C). Hasonló jellegű, éves csapadékadatokon alapuló elemzés szerint a 116 éves csapadék trend homogenizált adatok esetén -53 mm, szemben a mért adatok esetén kapott -42 mm-rel, ami mindössze 11 mm-es különbséget jelent (Varga *et al.* 2017).

Az eddig bemutatott eredmények a meteorológiai elemek éves értékeire vonatkoztak, amelyek a mezőgazdaság számára csak közvetett jelentőséggel bírnak. Ezért a továbbiakban az agrárium számára releváns agroklimatológiai elemzésekre térünk át.

A hazánkban termesztett növényeket bázishőmérsékletük alapján rendszerint három nagy csoportba sorolják: az 5 °C, a 10 °C és a 15 °C fejlődési minimumhőmérsékletű kategóriákba. Ez annyit jelent, hogy a legalacsonyabb hőmérsékleti igényű gazdasági növényeink – pl. a kalászos gabonák – számára az 5 °C tavaszi és őszi átlépése közötti időszak biztosít hőmérsékleti szempontból megfelelő feltételeket a fejlődéshez. A melegigényesebb kukorica vagy szója esetén a 10 °C feletti hőmérsékletű időszak hosszát érdemes meghatározni, míg a még inkább hőkedvelő fajok (pl. paprika, paradicsom) számára a 15 °C feletti hőmérsékleti szempontból lehetséges vegetációs periódus jelöli ki a termesztés lehetséges időszakát.

Ezen eredményeinket - az 1871-2020 közötti 30 éves átlagokra vonatkozóan – a 2. táblázat tartalmazza. A melegedési trend alapján e meteorológiai szempontból meghatározott időszakok meghosszabbodása volt várható, amit vizsgálataink meg is erősítettek. A változások mértéke viszont jelentősen különbözött az egyes változatokban.

2. táblázat. A hőmérsékleti szempontból lehetséges vegetációs periódusok  
 átlagos kezdete, vége és hossza, Mosonmagyaróvár, 1871-2020

Table 2. Average values of the beginning, end and length of thermally possible  
 vegetation periods, Mosonmagyaróvár, 1871-2020

Időszak	Tavaszi átlépés időpontja (nap sorszáma)			Őszi átlépés időpontja (nap sorszáma)			Hőmérsékletileg lehetséges időszak hossza (nap)			
	5 Celsius fok	10 Celsius fok	15 Celsius fok	5 Celsius fok	10 Celsius fok	15 Celsius fok	5 Celsius fok	10 Celsius fok	15 Celsius fok	
1871-1900	78	104	139	315	289	262	237	185	123	
1901-1930	73	107	134	316	289	259	243	182	125	
1931-1960	76	102	132	320	290	264	244	188	132	
1961-1990	75	105	136	316	288	260	241	183	124	
1991-2020	68	98	130	324	292	263	256	194	133	

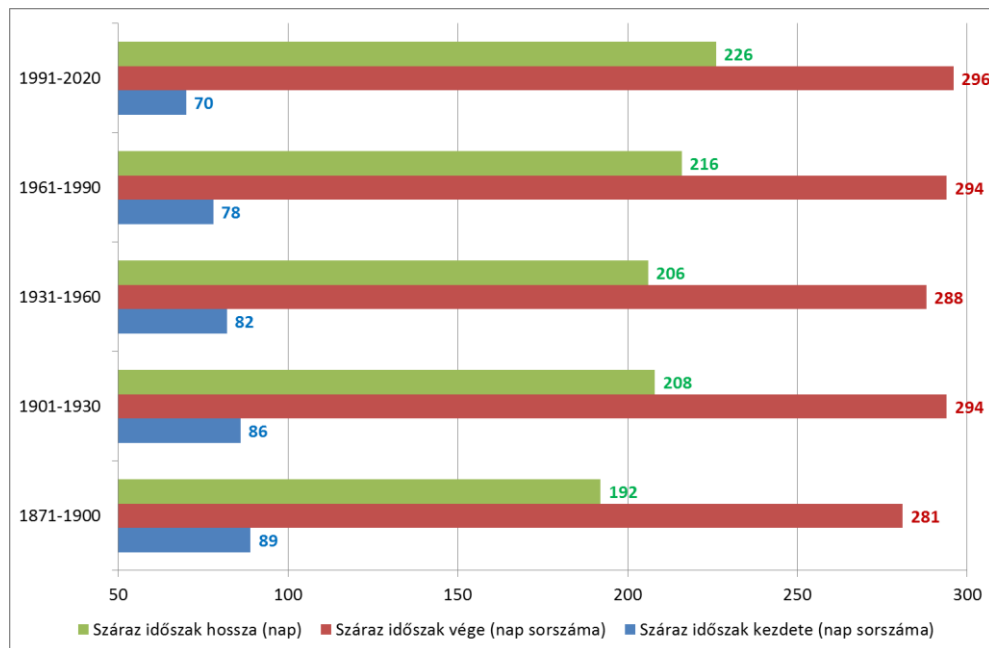
Térségünkben az 5 °C, 10 °C és 15 °C fejlődési minimum hőmérséklet tavaszi átlépése egyaránt nagyjából egy-másfél héttel korábbra tolódott a régebben jellemző március közepi, április közepi, illetve május közepi átlagos időpontokhoz képest. Az őszi átlépések változása viszont már korántsem volt ennyire egységes a Mosoni-síkon. A korábban szeptember közepi, október közepi, illetve november közepi 15 °C, 10 °C, illetve 5 °C hőmérséklet átlépések közül az előbbi lényegében változatlan maradt, s a középső esetén tapasztalt 3-4 napos későbbre tolódás sem tekinthető jelentősnek, ellenben az 5 °C őszi átlépésének több mint egy hetes kitolódása hasonló mértékű, mint amit a tavaszi értékeknél tapasztaltunk.

Ennek következtében az 5 °C bázishőmérsékletű növények potenciális fejlődési időszaka több mint két héttel lett hosszabb, míg a két melegibb kategória növényei számára inkább csak másfél, illetve egy hetes növekedésről beszélhetünk.

Ezzel összevethető módon a 2. ábra az ariditási index értékei alapján kalkulált száraz időszak hosszának változásait mutatja be. A párologtatóképesség és a csapadék hányadosaként adódó szárazsági index 1-es értéke jelenti a száraz és nedves időszak közötti átlépést. Tavasszal a párologtatóképesség ugrásszerű emelkedésének hatására következik be ez a kritikus érték. Az ábra jól szemlélteti, hogy régióban az utóbbi 150 évben egyenletesen egyre korábban várható a vízmérlegnek ez az átbillenése. A 19. század végén ez még március végén volt a legvalószínűbb, viszont a 21. század elejére ez már csaknem három héttel korábbra tehető.

Az ariditási index értékének őszi 1 alá csökkenése ugyanezen időszak alatt sokkal hektikusabban változott, de végül ennek kb. két héttel későbbi bekövetkezése valószínűsíthető október harmadik dekádjában. Ily módon a negatív vízmérlegű száraz

időszak hossza, ami a 19. század végén nem érte el a 6,5 hónapot, s ami a 20. század folyamán 7 hónap körül ingadozott, napjainkra 7,5 hónapra terjed ki.



2.ábra. A száraz időszak átlagos kezdete, vége és hossza, Mosonmagyaróvár, 1871-2020

Figure 2. Average values of the beginning, end and length of the dry period, Mosonmagyaróvár, 1871-2020

A 3. táblázatban a rekord – a legmelegebb, illetve a legszárazabb – időszakok alapján mutatjuk be, hogy a szélsőségesen magas éves értékek nem feltétlenül jelentenek hasonlóan extrém viszonyokat az egyényári növények április-októberi vagy az áttelelő növények szeptember-júniusi tenyészidőszakában. Általában azért található átfedés a különböző időszakok alatti extrém évek sorrendjét illetően, ugyanakkor számottevő különbségek is felismerhetők. A mért időszak 15 legmelegebb évéből csupán egy év nem szerepel az utóbbi 30 évben, s a legutóbbi évtizednek 8 éve található ezen a listán. Az egyényári növények legmelegebb tenyészidőszakai között is az utóbbi 30 év értékei dominálnak, de kevésbé, mint az éves értékek esetén: előfordulásuk csak 73%-os (a 15 legmelegebb évből 11). Az áttelelő növények extrém magas átlaghőmérsékletű vegetációs periódusainak „csupán” már 60%-a fordult elő az utóbbi három évtized

éveiben. A 2014. év úgy lett a harmadik legmelegebb a Mosoni-síkon, hogy a kukorica vegetációs periódusa nem került fel a legextrémebb évjáratok 15-ös listájára sem. Mindez azt sugallja, hogy az éves értékeket nem lehet – még tendenciaszerűen sem – automatikusan vonatkoztatni a termesztett növények vegetációs periódusaira.

Ami a konkrét értékeket illeti, az egynyári növényeknél a döntően az év meleg időszakra eső tenyészidőszaka alatt nagyjából 5-6 °C-kal magasabb átlaghőmérsékletekre számíthatunk az évi átlagokhoz képest, míg az áttelelő növények tenyészidőszaka kb. 2 °C-kal marad el attól.

3. táblázat. Legmelegebb és legszárazabb évek és vegetációs periódusok,  
Mosonmagyaróvár, 1871-2020

Table 3. Warmest and driest years and vegetation periods, Mosonmagyaróvár, 1871-2020

Sorrend	Átlaghőmérséklet (Celsius fok)					
	Évi		Ápr-okt		Szept-jún	
	Érték	Év	Érték	Év	Érték	Év
1.	<b>12,1</b>	<b>2019</b>	<b>18,5</b>	<b>2018</b>	<b>10,9</b>	<b>2006/2007</b>
2.	<b>12,1</b>	<b>2018</b>	<b>17,4</b>	<b>2000</b>	<b>9,9</b>	<b>2018/2019</b>
3.	<b>11,9</b>	<b>2014</b>	<b>17,3</b>	<b>2012</b>	<b>9,9</b>	<b>2019/2020</b>
4.	<b>11,7</b>	<b>2000</b>	17,3	1947	<b>9,8</b>	<b>2013/2014</b>
5.	<b>11,7</b>	<b>2015</b>	<b>17,3</b>	<b>2019</b>	<b>9,6</b>	<b>2014/2015</b>
6.	<b>11,7</b>	<b>2007</b>	<b>17,2</b>	<b>2017</b>	<b>9,6</b>	<b>2017/2018</b>
7.	<b>11,6</b>	<b>2020</b>	17,2	1945	<b>9,5</b>	<b>2015/2016</b>
8.	<b>11,5</b>	<b>2008</b>	<b>17,1</b>	<b>2009</b>	9,4	1945/1946
9.	<b>11,5</b>	<b>1994</b>	17,1	1946	<b>9,4</b>	<b>2000/2001</b>
10.	11,4	1934	<b>17,1</b>	<b>2015</b>	9,3	1960/1961
11.	<b>11,4</b>	<b>2002</b>	<b>17,0</b>	<b>2003</b>	<b>9,3</b>	<b>1999/2000</b>
12.	<b>11,4</b>	<b>2012</b>	<b>16,9</b>	<b>2007</b>	9,2	1982/1983
13.	<b>11,4</b>	<b>2017</b>	<b>16,8</b>	<b>2011</b>	9,2	1935/1936
14.	<b>11,2</b>	<b>2016</b>	<b>16,8</b>	<b>2006</b>	9,2	1929/1930
15.	<b>11,1</b>	<b>2009</b>	16,8	1934	9,2	1947/1948
Sorrend	Ariditási index					
	Évi		Ápr-okt		Szept-jún	
	Érték	Év	Érték	Év	Érték	Év
1.	<b>2,58</b>	<b>2003</b>	5,28	1917	<b>2,53</b>	<b>2011/2012</b>
2.	2,54	1917	4,81	1947	<b>2,32</b>	<b>2006/2007</b>
3.	2,51	1932	<b>3,82</b>	<b>2000</b>	<b>2,16</b>	<b>2016/2017</b>
4.	<b>2,29</b>	<b>2015</b>	3,38	1908	<b>1,89</b>	<b>2000/2001</b>
5.	<b>2,22</b>	<b>2012</b>	3,34	1983	<b>1,79</b>	<b>1997/1998</b>
6.	<b>2,14</b>	<b>2017</b>	3,25	1932	1,76	1989/1990
7.	<b>2,12</b>	<b>2000</b>	<b>3,14</b>	<b>1992</b>	1,76	1942/1943
8.	2,06	1934	<b>3,07</b>	<b>2015</b>	<b>1,73</b>	<b>1999/2000</b>
9.	<b>2,03</b>	<b>2011</b>	<b>3,01</b>	<b>2003</b>	1,72	1917/1918
10.	2,03	1983	<b>2,87</b>	<b>2012</b>	<b>1,67</b>	<b>2001/2002</b>
11.	1,99	1947	<b>2,86</b>	<b>2017</b>	<b>1,67</b>	<b>2004/2005</b>
12.	1,98	1908	<b>2,86</b>	<b>2004</b>	1,62	1932/1933
13.	<b>1,96</b>	<b>2001</b>	2,81	1946	<b>1,61</b>	<b>2019/2020</b>
14.	<b>1,90</b>	<b>2002</b>	2,81	1934	1,59	1959/1960
15.	1,90	1942	2,79	1935	1,57	1881/1882

Vastag: az utóbbi 30 év rekord évei Bold: record years of the last 30 years



Az ariditási indexek extrém értékeinek vizsgálata alapján megállapítható, hogy az utóbbi évtizedeket melegebb és szárazabb klíma jellemzi mind az egész évre, mind a vegetációs periódusokra vonatkozóan. Ugyanakkor az ariditás irányába történő elmozdulás kevésbé kifejezett a melegedéshez képest a szélsőséges évek időbeli elrendeződése alapján. E tekintetben nincs lényeges különbség az év egésze és a két fontos tenyészidőszak között.

A 4-5. táblázatokban a szélsőségesen magas és alacsony napi hőmérsékletek trendjét mutatjuk be az utóbbi 60 évre vonatkozóan. Az utóbbi 30 év adatait évtizedenként is összehasonlítottuk, s az előző 30 év átlagával is összevetettük. Megállapítható, hogy a 25 °C feletti nyári napok gyakorisága 15%-kal nőtt az 1961-1990-es időszakhoz képest, ráadásul ezek az utóbbi 30 év utolsó évtizedében is kb. 7%-kal gyakoribbá váltak az 1991-2000-es időszakhoz képest. Ezek a magas napi maximum értékek a legkevésbé melegigényes növényeink esetén okozhatnak mérsékelt károkat. A ritkábban előforduló, 30 °C-ot meghaladó napi maximumok gyakorisága ennél sokkal nagyobb mértékben nőtt: a korábbi 30 éves átlaghoz képest az aktuális 30 éves átlag alapján kétszer, a 2011-2020 közötti 10 éves időszakban már háromszor több ilyen extrém magas hőmérsékletű napot tapasztaltunk. Ennek eredményeként a nyári napok és hőségnapok korábbi 4:1 körüli aránya mára kb. 2:1-re romlott csökkent, ami a klíma melegedésének egy fokmérője.

A már melegigényes növényeket is számottevően károsítani képes 35 °C feletti napi maximumhőmérsékletek relatív változása volt legnagyobb; a 2011-2020 közötti 10 éves időszakot jellemző évenkénti 4 napos esetszám nagyságrendnyi változást jelent az 1961-1990 közötti 30 éves időszak öt évenkénti egy napos átlagához képest. Bár ez a gyakoriság még így sem jelentős, azonban a változás dinamikája aggodalomra adhat okot. Ezek a kedvezőtlen változások főként a nyár második felére jellemzők, s így sokkal inkább érintik az egynyári növényeket, mint az áttelelő fajokat.

4. táblázat. Extrém magas napi hőmérsékleti maximumok, Mosonmagyaróvár, 1961-1990 és 1991-2020

Table 4. Extremely high daily temperature maxima (summer days, heat days and hot days), Mosonmagyaróvár, 1961-1990 and 1991-2020

<b>Időszak</b>	<b>Nyári nap</b>	<b>Hőségnap</b>	<b>Forró nap</b>
<b>1961-1990</b>	<b>47,6</b>	<b>11,7</b>	<b>0,2</b>
<b>1991-2000</b>	53,3	17,6	1,3
<b>2001-2010</b>	53,6	23,5	1,2
<b>2011-2020</b>	57,2	33,2	4,1
<b>1991-2020</b>	<b>54,7</b>	<b>24,8</b>	<b>2,2</b>

Az 5. táblázat a különböző erősségű fagyok előfordulását mutatja be. A gyengébb,  $-5^{\circ}\text{C}$ -nál nem alacsonyabb minimumhőmérsékletű fagyok gyakorisága nem változott. Ezzel szemben a közepes,  $-15^{\circ}\text{C}$  és  $-5^{\circ}\text{C}$  közötti fagyok esetszáma szignifikánsan csökkent, különösen a 2011-2020 közötti 10 éves időszakban (40%-kal). A legerőteljesebb változás itt is a legextrémebb kategóriában mutatható ki: a  $-15^{\circ}\text{C}$ -nál erősebb fagyok az 1991-2020 közötti 30 éves időszakban fele akkora valószínűséggel fordultak elő, mint az azt megelőző 30 év során. A 2011-2020 közötti 10 éves időszakban azonban már itt is nagyságrendnyi változásról számolhatunk be.

5. táblázat. Extrém alacsony napi hőmérsékleti minimumok, Mosonmagyaróvár, 1961-1990 és 1991-2020

Table 5. Extremely low daily temperature minima, Mosonmagyaróvár, 1961-1990 and 1991-2020

<b>Időszak</b>	<b>Fagykategória1</b>	<b>Fagykategória2</b>	<b>Fagykategória3</b>
<b>1961-1990</b>	<b>61,2</b>	<b>27,1</b>	<b>2,2</b>
<b>1991-2000</b>	63,4	24,1	1,5
<b>2001-2010</b>	58,8	25,3	1,3
<b>2011-2020</b>	56,6	16,1	0,5
<b>1991-2020</b>	<b>59,6</b>	<b>21,8</b>	<b>1,1</b>

Fagykategória1: A -5 °C és 0 °C közötti minimumhőmérsékletű napok száma, Mosonmagyaróvár

Fagykategória2: A -15 °C és -5 °C közötti minimumhőmérsékletű napok száma, Mosonmagyaróvár

Fagykategória3: A -15 °C alatti minimumhőmérsékletű napok száma, Mosonmagyaróvár

Frost category1: Number of days with a minimum temperature -5 - 0 °C, Mosonmagyaróvár

Frost category2: Number of days with a minimum temperature -15 - -5 °C, Mosonmagyaróvár

Frost category3: Number of days with a minimum temperature below -15 °C, Mosonmagyaróvár

Mint ahogyan az egynyári növények vegetációs periódusa alatt jelentősen megnövekedett és kalkulálható veszélyforrássá vált a melegigényes növényekre is kockázatos forró napok előfordulásának valószínűsége, úgy az áttelelő növények tenyészidőszakában az erős, a -15 °C alatti, akár az ellenállóbb, nyugalmi állapotban lévő növényeket is károsítani képes fagyok gyakorisága egyre inkább a nullához közelít. Ez az első hallásra egyértelműen kedvezőnek tűnő éghajlati átrendeződés viszont akár negatív közvetett hatásokkal is járhat, mivel ennek következtében elmaradhat az erős téli fagyok fertőtlenítő hatása, s tavasszal fokozottabb növényvédelmi problémák léphetnek fel. Amennyiben ezek a változási trendek folytatódnak, a téli-tavaszi enyhülés a későbbiekben akár olyan mértéket is elérhet majd, ami már az őszi gabonák, illetve egyes gyümölcsfák és gyökérzöldségek vernalizációját, azaz a mérsékelt hideg napoknak e növények megfelelő fejlődését (főként rügydifferenciálódását) támogató hatását veszélyeztetheti.

Végezetül szeretnénk kiemelni, hogy e kutatás keretei között nem foglalkoztunk a fagyok éven belüli előfordulásának részletes vizsgálatával, így ezúttal nem tudjuk jellemezni a havonkénti fagygyakoriság változásait, bár várhatóan ez a későbbre tervezett vizsgálat sorozat is érdekes megállapításokhoz vezethet, mivel ismeretes, hogy például a

későtavaszi fagyok jelentősebb mértékű károsodást okoznak a viszonylag korán virágzó növényeknél (például a gyümölcsfáknál), mint a korábban jelentkező, hasonló intenzitású alacsony hőmérsékleti hatások.

## **KÖVETKEZTETÉSEK**

A több évtizedes - helyenként immáron másfél évszázados - adatgyűjtésre alapozott, de az utóbbi 30 év klimatikus történéseire fókuszáló vizsgálatainkból az alábbi következtetések vonhatók le.

Az 1991-2020-as közötti 30 éves időszak mosonmagyaróvári klimatológiai adatai alapján a naptári időszakokra meghatározott éghajlati normál értékek – köztük a leggyakrabban hivatkozott éves átlagok és összegek - csak közvetve jelentenek hasznosítható információt azon északnyugat-magyarországi területek – főként a Mosoni-sík és a Szigetköz – mezőgazdasági termelői számára, melyekre a meteorológiai főállomás mérései reprezentatívnak tekinthetők. Ez azzal magyarázható, hogy az agronómiai termelésre – annak ciklikussága miatt - alapvetően nem a meteorológiai elemek évi vagy havi értékei hatnak (*Makra et al.* 2002). Eredményeink alapján javasoljuk az éves értékek helyett a tenyészidőszakokat jellemző meteorológiai értékeket használni mezőgazdasági célokra.

Azt is megállapíthatjuk, hogy főként a termikus, s azon belül is a hőmérsékleti elemek változása a legjelentősebb. Továbbá jöllehet a különböző hőmérsékleti paraméterek jelentős párhuzamosságot mutatnak, azonban ezek jellege és mértéke lényegesen eltérő is lehet. Az éghajlati hatásvizsgálatokban általában az átlag léghőmérsékleti adatokat használják, azonban ez bizonyos esetekben – pl. a növények kezdeti fejlődésére gyakorolt termikus hatások kvantifikálásakor - pontatlanság forrása lehet. Ugyanakkor figyelmet érdemel a relatív nedvesség – részben termikus hatásra bekövetkező - szignifikáns csökkenése, mely hozzájárulhat a növények kedvezőtlenebb vízmérlegéhez.

A mezőgazdasági szempontból releváns időszakok elemzése és a kiemelt növényfiziológiai (agrometeorológiai) jelentőségű változók számszerűsítése közvetlenebb módon segítik a várható környezeti változásokra való felkészülést. A növények bázishőmérsékletétől függő hőmérsékleti szempontból lehetséges vegetációs periódusok egyaránt, de nem egységesen váltak hosszabbá az utóbbi évtizedekben. A vegetációs időszak meghosszabbodása potenciálisan hosszabb fejlődési időszakot tesz

lehetővé a termesztett növények számára. Ez hosszabb tenyészidejű fajták, hibridek termesztésbe vonásával használható ki. Viszont a száraz időszak hosszának ezzel párhuzamosan megfigyelhető növekedése azt eredményezi, hogy a növénytermesztésnek egy szárazodó környezetben kell jó produktivitást biztosítania. Ez nem könnyű feladat, különös tekintettel az öntözés szűkös hazai lehetőségeire.

A rekord termikus és higrikus hatású évek és tenyészidőszakok vizsgálata alapján az a következtetés fogalmazható meg, hogy a szélsőségség mértéke nem feltétlenül ugyanúgy jelentkezik az összes növény vegetációs periódusában, ami a növény-specifikus vizsgálatok szükségességére hívja fel a figyelmet.

A gazdálkodás eredményességére különösen erőteljes hatást gyakorló szélsőségesen magas és alacsony napi hőmérsékletek előfordulásának törvényszerűségeit feltáró kutatásaink alapján az emelhető ki, hogy az egynyári növények vegetációs periódusa alatt jelentős és kalkulálható veszélyforrássá vált a hazai melegigényes növényekre is kockázatos forró napok előfordulásának megnövekedett valószínűsége. Ugyanakkor az áttelelő növények tenyészidőszakában az erős,  $-15^{\circ}\text{C}$  alatti, akár az ellenállóbb, nyugalmi állapotban lévő növényeket is károsítani képes fagyokkal lényegében már nem kell számolni. E látszólag kedvező fejlemény viszont jelentős kockázati tényezővé is válhat pl. a kártevők és kórokozók eredményesebb áttelelése és fokozott tavaszi gradációja miatt.

## **AGROCLIMATOLOGICAL ANALYSIS OF THE NEW CLIMATE NORMAL VALUES (1991-2020) FOR THE MOSON PLAIN**

**ZOLTÁN VARGA**

Széchenyi István University, Faculty of Agricultural and Food Sciences,  
Department of Water and Environmental Sciences, Mosonmagyaróvár

### **SUMMARY**

The efficiency of agricultural production, especially arable crop production, is greatly influenced by changes in environmental conditions. In order to adapt to these effectively, it is essential to monitor the processes taking place in the environment and their potential

effects on crop production as closely as possible. Atmospheric processes and phenomena have always been highly variable parts of the environmental system and are therefore known to be a major source of uncertainty, but the progress of the climate change process has further highlighted the need for related research. And while global trends in climate change have been studied in relatively detail and forecasts of their most likely environmental impacts are generally accepted, well-founded impact studies on agriculture in narrower regions are much less available.

As the farmers of the Moson Plain and Szigetköz also expressed the need to make their decisions on the basis of information reflecting the real situation as much as possible, we examined these issues on the basis of the long data series of the Mosonmagyaróvár meteorological station which are representative of the region. This has been made particularly timely by the fact that the use of the new climate normal values for the period 1991-2020 has become relevant this year. As one of the first steps of the planned more complex series of studies, this time we examined the agro-climatological conditions of Mosonmagyaróvár representative of the region with the help of simple statistical methods, and formulated agriculturally relevant conclusions, which can be summarized below.

In the studied area and period, mainly the modification of thermal conditions, and within that the change of temperature is the most significant, but the nature of the change of various temperature elements is different. A significant decrease in relative humidity may contribute to a more unfavorable water balance for plants. Each of the thermally possible vegetation periods depending on the base temperature of the plants has become longer, but to varying degrees in recent decades, however the parallel increase in the length of the dry period means that crop production must provide good productivity under increasingly drier conditions. Based on the study of periods of extreme thermal and moisture effects, it can be said that the degree of extremes does not necessarily occur in the same way in the vegetation period of all plants, which draws attention to the need for plant-specific studies. The probability of hot days increased significantly during the growing season of annuals, but frosts below  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  are essentially no longer to be expected during the growing season of overwintering plants. The latter, seemingly favorable trend may also become a significant risk factor due to more successful overwintering of pests and pathogens and their increased spring gradation

**Keywords:** climate change, agriculture, climate normal value, regional impacts, extreme values

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A publikáció elkészítését megalapozó kutatás az **Insula Magna komplex fejlesztési projekt** és a **Tématerületi Kiválósági Program 2020, Nemzeti Kihívások Alprogram, Autonóm Közlekedési Rendszerek Kiválósági Központ létrehozása Széchenyi István Egyetemen** című, **TKP2020-NKA14 azonosító számú projekt** támogatásával jött létre. Külön köszönetemet szeretném kifejezni **Lakatos Mónikának**, az Országos Meteorológiai Szolgálat éghajlati szakértőjének az adatok homogenizálásával és az éghajlatváltozás várható hazai hatásaival kapcsolatos értékes javaslataiért és információiért.

## FELHASZNÁLT IRODALOM

*Alam, M.M. - Siwar, C. - Toriman, M.E. - Molla, R.I. (2012):* Climate change induced adaptation by paddy farmers in Malaysia. *Mitigation Adaptation Strategies for Global Change* 17. 173–186.

*Bartholy J. - Matyasovszky I. - Weidinger T. (2001):* Regional climate change in Hungary: a survey and a stochastic downscaling method. *Időjárás*. 105 (1). 1-17.

*Cook, J. - Oreskes, N. - Doran, P.T. - Anderegg, W.R.L. - Verheggen, B. - Maibach, E.W.- Carlton, J.S. - Lewandowsky, S. - Skuce, A.G. - Green, S.A. - Nuccitelli, D. - Jacobs, P.- Richardson, M. - Winkler, B. - Painting, R. - Rice, K. (2016):* Consensus on consensus: a synthesis of consensus estimates on human-caused global warming. *Environ. Res. Lett.* 11. 048002.

*Dióssy L. (2008):* The influence of global climate change on air and soil temperatures in maize canopy. *Időjárás*. 112(2). 125-139.

*IPCC (2014):* Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland. 1-31.

- ITM* (2018): A 2018-2030 közötti időszakra vonatkozó, 2050-ig tartó időszakra is kitekintést nyújtó második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia. Melléklet a 23/2018. (X. 31.) OGY határozathoz.
- Keshavarz, M. - Karami, E. - Lahsaeizadeh, A.* (2013): Factors influencing the rural migrations resulting from drought: a case study in Fars province. *Q. J. Rural Dev. Stud.* 16 (1). 113–127.
- Kocsis T.* (2010): Matematikai-statisztikai alapismeretek. In: *Anda A. - Kocsis T. /szerk./: Agrometeorológiai és klimatológiai alapismeretek. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 368-382.*
- Kocsis T. – Anda A.* (2010): A globális éghajlatváltozás várható hatásai Magyarországon. In: *Anda A. - Kocsis T. /szerk./: Agrometeorológiai és klimatológiai alapismeretek. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 64-69.*
- Kocsis T. - Kovács-Székely I. - Anda A.* (2017): Comparison of parametric and non-parametric time-series analysis methods on a long-term meteorological data set. *Central European Geology* 60 (3): 316-332. <https://akademai.com/doi/pdf/10.1556/24.60.2017.011>
- Li, X. - Takahashi, T. - Suzuki, N. - Kaiser, H.M.* (2014): Impact of climate change on maize production in northeast and Southwest China and risk mitigation strategies. *Procedia Soc. Behav. Sci.* 8. 11–20.
- Makra L. - Horváth Sz. - Pongrácz R. - Mika J.* (2002): Long term climate deviations: an alternative approach and application on the Palmer drought severity index in Hungary. *Physics and Chemistry of the Earth.* 27 (23-24). 1063-1071.
- Mika J. – Farkas A.* (2017): A hazai vízkészletek, természetes növények és a mezőgazdaság érzékenysége az időjárás szélsőségeire és a klímaváltozásra *Tájökológiai Lapok/Journal of Landscape Ecology.* 15 (2)., 85-90.
- Morison, J.I.L. - Matthews, R.B. /szerk./* (2016): *Agriculture and Forestry Climate Change Impacts Summary Report: Living With Environmental Change.*
- Pieczka I. - Szabóné A. K. - Pongrácz R. - Bartholy J.* (2017): Regionális klímamodellszimulációk eredményei az új RCP-szenáriók figyelembevételével. *Légekör: Az Országos Meteorológiai Intézet szakmai tájékoztatója.* 62. 175-178.
- Rey, D. - Holman, I.P. - Daccache, A. - Morris, J. - Weatherhead, E.K. - Knox, J.W.* (2016): Modelling and mapping the economic value of supplemental irrigation in a humid climate. *Agricultural Water Management* 173. 13–22.



- Sváb J.* (1981): Biometriai módszerek a kutatásban. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Szentimrey T.* (2000): Az éghajlati adatsorok homogenizálásának alapvető kérdései. In: *Hunkár M.* /szerk./: Az Országos Meteorológiai Szolgálat Beszámolója az 1999. évi tevékenységről. OMSz, Budapest. 127-145.
- Szentimrey T.* (2011): Manual of homogenization software MASHv3.03. Hungarian Meteorological Service.
- Tenk A.* (2017): Dicső múltunk I. A Magyaróvári Gazdasági akadémia XIX. századi fénykorszaka és nagy tanári kara (1818-1918). Tarandus Kiadó, Mosonmagyaróvár.
- Varga Z.* (2014): Facts about the use of agrometeorological information in Hungary and suggestions for making that more efficient. *Időjárás.* 118 (1). 79-92.
- Varga Z.* (2019): Az éghajlatingadozások hatásai a szőlőtermesztés feltételeire a Moson-sík hosszú adatsorai alapján. *Acta Agronomica Óváriensis.* 60 (2). 4-29.
- Varga Z. - Lakatos M. - Schiller O. - Weidinger T.* (2017): A Kisalföld éghajlata a történeti mérések tükrében. Pannon Tudományos Nap a VEAB szervezésében. Nagykanizsa, 2017. október 12.
- Varga-Haszonits Z. - Varga Z.* (2006a): Agrometeorológiai gyakorlatok. Egyetemi jegyzet. Mosonmagyaróvár.
- Varga-Haszonits Z. - Varga Z.* (2006b): Agrometeorológia. Egyetemi jegyzet. Mosonmagyaróvár.
- Wheeler, R. – Lobley, M.* (2021): Managing extreme weather and climate change in UK agriculture: Impacts, attitudes and action among farmers and stakeholders. *Climate Risk Management* 32. 100313
- Zheng, Y -, Byg, A. - Thorsen, B.J. - Strange, N.* (2014): A temporal dimension of household vulnerability in three rural communities in Lijiang, China. *Hum. Ecol.* 42. 283–295

*A szerző levélcíme:*

Dr. Varga Zoltán, PhD

egyetemi docens

Széchenyi István Egyetem,

Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar,

Víz- és Környezettudományi Tanszék

9200 Mosonmagyaróvár

Vár tér 2.

E-mail: [varga.zoltan@sze.hu](mailto:varga.zoltan@sze.hu)



## BERUHÁZÁSOK HATÉKONYSÁGÁNAK MÉRÉSI MÓDSZEREI

GOMBKÖTŐ NÓRA

Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar,  
Mosonmagyaróvár

### ÖSSZEFOGLALÁS

A vállalati beruházások hatékonyságának vizsgálata elengedhetetlen, mind az egyedi beruházások, mind pedig a beruházások összessége szintjén. Ehhez azonban számos módszer áll rendelkezésre, amelyek közti eligazodás problémába ütközhet. A tanulmány célja, hogy összegyűjtse, rendszerezze és kiszűrje azokat a konkrét elemzési módszereket, amelyek a vállalati, valamint a makroszintű elemzésekhez segítségünkre lehetnek, és amelyek ezen elemzések során a leginkább relevánsak. A tanulmány rámutat, hogy az egyedi beruházások szintjén a megtérülési mutatók közül a nettó jelenérték, a belső megtérülési ráta és a jövedelmezőségi index, valamint kiegészítő elemzéshez a diszkontált megtérülési idő mutatók kiválóan alkalmasak az elemzés elvégzésére. A termelékenység, a hatékonyság és a jövedelmezőség mutatók pedig mind egyedi beruházási szinten, mind pedig aggregált szinten alkalmasak ezen vizsgálatok végrehajtására. A tanulmány ezek közül konkrétan az alábbiakat javasolja: a teljes tényezőtermelékenység, az eredményhatékonyság, a termelési hatékonyság, az eszközarányos jövedelmezőség, a standard termelési érték arányos jövedelmezőség, valamint a költségarányos jövedelmezőség.

**Kulcsszavak:** beruházás, megtérülés, eredményesség

### BEVEZETÉS

A vállalkozásoknak sokféle stratégiai céljuk lehet (pl. piaci részek kitöltése, versenytársak megelőzése stb.), de minden vállalkozás alapvető célja, hogy hosszú távon

nyereségesen működjön, és a piacon versenyképes legyen. Ehhez operatív céljainak is illeszkednie kell. Egy vállalkozásnak nyitottnak kell lennie az újdonságokra (azaz innovatívnak kell lennie), folyamatosan technikai és technológiai fejlesztéseket kell megvalósítania, valamint a termelés paramétereit (inputok, outputok, árak stb.) figyelemmel kell kísérnie. Minden vállalatnak az a célja, hogy a termelés során erőforrásait a lehető legjobban használja fel, megfelelő termékmennyiséget állítson elő, és mindezt a lehető legalacsonyabb költséggel. Azaz összességében gazdaságos termelést valósítson meg. Ehhez a gazdálkodási folyamatok optimalizálására és folyamatos fejlesztések (beruházások) megvalósítására van szükség. Ma már szinte minden ágazatban egyre modernebb termelési-technológiai eljárásokat alkalmaznak, csökkentve ezzel az élőmunka arányát. Ezért kulcsfontosságú feladat, hogy a termelésbe állított eszközöket a lehető legmegfelelőbbben használják ki, azok hatékonyságát fokozzák. A beruházás-gazdaságossági vizsgálat célja, hogy feltárja, hogy az adott termelő-berendezés működése során keletkező bevételek az arra fordított kiadásokat tartósan meghaladják-e, és az így keletkező nyereség biztosítja-e a vállalkozás zavartalan működését. A beruházás-gazdaságossági vizsgálatok tehát a pénzbeli befektetés jövedelem-termelését számszerűsítik. A tanulmány a legfontosabb vizsgálati módszereket gyűjti össze, amelyeket két fő csoportba lehet sorolni. Az egyik csoport a beruházások megtérülését vizsgálja, amelynek központi eleme az időtényező. Ezek a mutatók csak mikro szinten értelmezhetők, mivel egy konkrét beruházás elemzésére alkalmasak. A másik csoportba tartozó módszerek a beruházások által elérhető eredményt, illetve eredményességet vizsgálják. Ezek mikro és makro szinten egyaránt számíthatók, és bár ezek egy adott időszakra vonatkozóan is adnak eredményt, a reálisabb eredmény eléréséhez itt is célszerű több időszakot figyelembe venni. Ennek megfelelően a beruházás-gazdaságossági mutatók az alábbiak szerint csoportosíthatók:

- beruházások megtérülésének mérését szolgáló mutatók (makro szint) (például nettó jelenérték, belső megtérülési ráta, jövedelmezőségi index, diszkontált megtérülési idő);
- beruházások eredményességének mérését szolgáló mutatók (mikro és makro szint), amelyek lehetnek
  - termelékenységi mutatók,
  - hatékonysági mutatók,

- jövedelmezőségi mutatók.

A tanulmány célja az egyes mutatók számbavétele és összehasonlítása, valamint annak feltárása, hogy mennyire alkalmasak az egyes mutatók beruházások gazdaságosságának vizsgálatára. A makroszinten is alkalmazható mutatókat Magyarország élelmiszeripari beruházásainak példáján keresztül is szemléltetésre kerülnek, amelyhez az adatokat az Agrárközgazdasági Intézet (AKI) Agrárstatisztikai Információs Rendszere (ASIR) szolgáltatta.

### **BERUHÁZÁSOK MEGTÉRÜLÉSÉNEK MÉRÉSE**

Beruházás során befektetett eszközök vásárlása, létesítése, vagy a már meglévő eszközök hosszú távú felújítása történik meg, annak érdekében, hogy a későbbiekben ebből pótlólagos bevétel származzon (jelen tanulmányban a nem termelő vagy más néven improduktív beruházásoktól eltekintünk). A beruházás tényleges hozama a működés során jelentkező jövedelmek és a létrejött vagyongyarapodás összege. A beruházások gazdaságossági vizsgálata során – időbeni esedékességük szerint – a kezdő pénzáramokat (az eszközök bekerülési értéke, alternatíva költsége, tartósan lekötött forgóeszközök értéke), a működésből származó pénzáramokat (bevételek, kiadások), valamint a végső pénzáramot (a gépek, berendezések értékesítéséből származó bevételek és a felszabaduló forgótőke) kell figyelembe venni (*Szűcs és Szöllösi, 2008*). A beruházás finanszírozása többféle forrásból (saját tőke, kölcsöntőke, kamatmentes kölcsön, vissza nem térítendő állami vagy európai uniós támogatás) történhet. Legkedvezőbb természetesen a vissza nem térítendő támogatás, amely gazdasági szempontból kvázi kockázatmentes. Ahhoz, hogy a beruhást érdemes legyen megvalósítani, annak a kamatmentes, de visszafizetendő kölcsön esetén legalább nullszaldósnak kell lennie. A beruházásból származó hozam mértékének kölcsöntőke felvételekor legalább a kölcsön kamatának nagyságát, míg saját tőke felhasználása esetén legalább a betéti kamatláb (vagy a saját tőke alternatíva költségét kifejező kamatláb) nagyságát el kell érni ahhoz, hogy a beruházás bizonyuljon a legjobb döntésnek. Ez utóbbi esetében például a bankbetéttel szemben jobb megoldás az eszközberuházás. Nem szabad azonban figyelmen kívül hagyni, hogy az idegen tőke bevonás esetében is legtöbbször valamekkora (általában 25-50%-os) saját tőkére is szükség van.

Annak értékelésére, hogy a beruházást gazdasági szempontból valóban érdemes végrehajtani, beruházás-elemzéseket készítenek, amelynek során különféle beruházás-elemzési mutatókat számolnak. Mivel a beruházások megtérülése több év alatt történik, és a jelenlegi és jövőbeni pénzüsszegek nem hasonlíthatók össze, ezért az elemzések során figyelembe kell venni a pénz időértékét is. Az elemzésekhez először tehát a különböző évek pénzforgalmát közös nevezőre kell hozni, azaz vagy a jelenlegi összegek jövőbeni értékét (kamatos kamat-számítás) vagy a jövőbeni pénzáramok jelenlegi értékét (diszkontálás) számítjuk ki.

A beruházás-elemzést mindig bizonyos alapelvek mentén kell végezni. Az egyik ilyen alapelv a – hagyományos számviteli árbevétel-költség-jövedelem (nettó jövedelem) számításokkal szemben – a pénzforgalmi (cash-flow) szemlélet, amelynek értelmében csak azokat pénzáramokat lehet figyelembe venni, amelyekhez bevételi vagy kiadási számla köthető, illetve amelyekkel pénzkidadás vagy pénzbevétel kerülhető el (más néven alternatív vagy használdozati költség, vagyis egy másik lehetőségről és ennek a hozamáról való lemondás miatt felmerülő használdozat). (Az alternatív költség számbavétele esetén mindig a lehető legjobb kieső alternatívát szokták figyelembe venni.) *Bai (2013)* szerint a pénzforgalmi tételekbe minden beletartozik, ami a beruházással kapcsolatban bevétellel vagy kiadással jár (épületek, gépek beszerzési értéke, a működés során vagy végén eladott eszközökért kapott pénzüsszeg, a beruházás beindulásához szükséges forgóeszközök, illetve a termelés szintjének változásával együtt járó forgóeszköz-változás (növekedés vagy csökkenés), valamint az adók). A beruházási döntés előtt kifizetett költségek (pl. szakértői vélemény díja), valamint a finanszírozási költségek (például kamatok és osztalékok fizetése) semmilyen körülmények között nem számolhatók el. (Ez utóbbiak a beruházás pénzforgalmába a diszkont-kamatláb kiszámításakor már egyszer beszámításra kerülnek.) Mivel a beszerzés értéke kiadásként elszámolásra kerül, ezért a kettős elszámolás elkerülése érdekében az amortizáció közvetlenül nem számolható el, közvetve viszont igen, mivel a termelési költség növelésével csökkenti az adózás előtti jövedelmet (Az operatív cash-flow meghatározásakor ugyanakkor az amortizáció az adózás előtti jövedelmet növelő korrekciós tétel). Ennek egyik oka, hogy az adó tényleges pénzkidást jelent, másik oka, hogy a beruházást magát is adózott pénzből valósítják meg.

A pénzforgalmi szemléletben az egyes pénzáramlások (cash-flow-k) időpontja kulcsfontosságú tényező.

A számviteli nettó jövedelem tehát a gazdasági jövedelemtől (a pénzforgalmi szemléletű cash flow-tól) különbözik, mivel a számviteli nettó jövedelmet a pénzáramlással nem járó költségek is csökkentik. A gazdasági jövedelmet a pénzbeáramlás és a társaság piaci értékének változása teszi ki. E jövedelmi kategória nem vonja le az adósságfinanszírozás költségeit, illetve értéke a vállalat piaci értékének változásán alapszik, és nem a könyv szerinti értéken (Bai, 2003a).

E pénzforgalmi szemléletben számított egyenleg egyes tételei találhatóak az 1. táblázatban, összehasonlítva a hagyományos jövedelemszámítás tételeivel.

1. táblázat. A számviteli jövedelem és a gazdasági jövedelem tételei

Table 1. Items of accounting income and economic income

<b>Termelési érték (TÉ) (1)</b>	<b>Bevételek (B) (2)</b>
Értékesített termék értéke	Értékesített termékek értéke
Belső felhasználású termékek értéke	Elmaradt kiadások (pl. vásárolt energia helyettesítése saját energiaforrással)
Állami támogatás, biztosítás, kártérítés	Állami támogatás, biztosítási kártérítés
<b>Termelési költség (TK) (3)</b>	<b>Kiadások (K) (4)</b>
Anyagköltség	Vásárolt anyagok költsége, ennek változása
Munkabér és járulékai	Munkabér és járulékai
Amortizáció	Elmaradt bevételek (pl. saját anyagok, ingatlan piaci értéke)
Egyéb gépi költségek	Egyéb gépi költségek
Egyéb közvetlen költségek (pl. biztosítási díj)	Egyéb közvetlen költségek (pl. biztosítási díj)
Általános költségek	Általános költségek (amortizáción kívüli része)
<b>Nettó jövedelem (NJ) = TÉ - TK (5)</b>	A beruházás bruttó értéke
Finanszírozási költségek (kamat, osztalék) (FK)	
Adók (A)	Adók (A)*
<b>Adózás utáni eredmény = NJ - FK - A (6)</b>	<b>Pénzforgalmi egyenleg (PF) = B - K (7)</b>

Forrás: Bai, 2003a

\* Társasági adó = (NJ) × (adókulcs), többi adó: amortizációtól független

(1) production value, (2) revenues, (3) production costs, (4) expenditures, (5) net income, (6) profit/loss after taxation, (7) cash balance

A beruházások pénzforgalma az első évben negatív, mivel az eszközök értékének kifizetése ekkor történik, a bevétel(növekmény) azonban csak később jelentkezik. A működési években az egyenleg általában pozitív, mivel a bevételek dominálnak. Előfordulhat, hogy az egyenleg egyes években negatív. Ha ez a működés első éveiben jelentkezik, akkor többnyire az az oka, hogy a beruházás teljes megvalósulása több évig

tart. Amennyiben a negatív egyenleg későbbi években jelenik meg, akkor általában a javítási, karbantartási költségek növekednek meg, ha pedig a működés során bármikor, akkor általában nem teljes kapacitással folyik a termelés. Amennyiben minden egyes működési év negatív egyenleggel zár, akkor a beruházás nem fog megtérülni.

A beruházás gazdaságosságának megállapítása pénzügyi matematikai eljárásokon alapuló módszerekkel történik, amelyek olyan járadékszámítási feladatok, ahol a járadéktagok a beruházás előre látható hozamai (*Bethlendi et al., 2018*).

Két vagy több beruházási projekt akkor hasonlítható össze, ha a futamidejük, a tőkelekötés igényük, a kockázati besorolásuk, valamint az elvárt hozamuk is azonos (*Bai, 2003a, Bethlendi et al., 2018*).

A beruházás-elemzés elkészítéséhez számos mutató áll rendelkezésre. Ezeket két nagy csoportba sorolhatjuk, statikus és dinamikus módszereket különböztetünk meg.

A statikus mutatók a pénzáramlások időértékét nem veszik figyelembe. Számításuk viszonylag egyszerű, a kapott eredmények könnyen értelmezhetők, ugyanakkor a beruházás finanszírozásának és kapacitásbővítő szerepének elemzésére csak korlátozottan használhatók. *Véha (2007)* úgy véli, hogy „alkalmazásuk akkor célszerű, ha a beruházás ráfordításai rövid időn belül merülnek fel, és ha a beruházás nyereséghezama mindvégig viszonylag állandó értékkel jellemezhető”. A leggyakrabban használt statikus mutatók *Lakner és Gulyás (2004)* szerint a megtérülési idő, a beruházás átlagos jövedelmezőségi rátája, valamint a beruházási pénzeszközök forgási sebessége, míg *Karácsonyi (2007)* szerint a költség-összehasonlítás és nyereség-összehasonlítás, valamint a megtérülési idő.

A dinamikus mutatók ezzel szemben bonyolultabb számításokat igényelnek, ugyanakkor figyelembe veszik a pénzáramlások időértékét (*Lakner és Gulyás, 2004; Karácsonyi, 2007; Bethlendi et al., 2018*).

*Pfau (1998)* megállapítja, hogy a dinamikus számítási módszerek becslésen alapulnak, ami hibákat, kockázatokat rejt magában, ugyanakkor ezek mértéke számszerűsíthető, tehát a dinamikus számítási módszerek még mindig megbízhatóbb eredményeket adnak, mint a statikus módszerek.

*Bai (2003a)* szerint is vannak olyan mutatók, amelyek vagy a pénz időértékét nem veszik figyelembe, vagy szubjektív tényezőkre épülnek, így a kapott eredmények bármely jövőbeni esemény bekövetkeztekor jelentős pontatlanságot hordozhatnak magukban. Így



ő is elsősorban a dinamikus mutatókat javasolja. Véleménye szerint a négy legpontosabb eredményt adó mutató az alábbi:

- nettó jelenérték (Net Present Value, NPV),
- belső megtérülési ráta (Internal Rate of Return, IRR),
- jövedelmezőségi index (Profitability Index, PI),
- diszkontált megtérülési idő (Discount Payment Period, DPP).

Ezen mutatók legfontosabb jellemzői a 2. táblázatban láthatók.

2. táblázat. Beruházás-elemzési mutatók

Table 2. Investment analysis indicators

Mutató (1)	Jellemző (2)	Eredmény (3)
Nettó jelenérték (NPV)	legjobb	más befektetésekhez képest elérhető pénznyereség/-veszteség (Ft)
Belső megtérülési ráta (IRR)	leggyakoribb	beruházás és működés átlagos jövedelmezősége (%)
Jövedelmezőségi index (PI)	szűkös erőforrások esetén	a beruházás hatékonysága (viszonyszám)
Diszkontált megtérülési idő (DPP)	kiegészítő jellegű	a beruházott összeg visszatérülése (év)

Forrás: Bai (2003)

(1) indicator, (2) feature, (3) result

*Lakner és Gulyás (2004), Karácsonyi (2007), Szűcs és Szöllösi (2008), valamint Bethlendi et al. (2018)* ugyanezeket a mutatókat emeli ki. *Takács (2008)* még említi a hozam-költség arány mutatót (Benefit Cost Ratio, BCR), azonban felhívja a figyelmet, hogy ezt a mutatót önmagában nem szokták használni, mivel a költségek és hozamok csoportosítására érzékeny. Ezenkívül beruházási lehetőségek rangsorolására nem alkalmas, csak az életképességre ad választ.

### *Kalkulatív kamatláb*

A legtöbb dinamikus mutató kiszámításához úgynevezett *kalkulatív kamatlábat* kell meghatározni, amivel szemben elvárás, hogy legalább akkora legyen, mint az a kamatláb, amelyet a beruházó megtakarításainak betétenkénti elhelyezése után kaphat, és *Takács (2008)* szerint legfeljebb akkora, mint a felvett kölcsön kamatlába, ugyanakkor e tulajdonosi hozamelvárás, saját tőke alternatív-költsége ennél lehet magasabb is. A

kalkulatív kamatláb meghatározása többféleképpen történhet. A kamatláb meghatározása körültekintést igényel, mivel egy rosszul meghatározott kamatláb félrevezető torz eredményt adhat. *Takács (2008)* irányadóként a mindenkori banki kamatlábat (azaz a hosszú lejáratú hitelek kamatlábát) javasolja, és régebben is ez volt az alap. Később azonban a vállalatok egyre inkább az iparági átlagprofitot vették alapul. A kalkulatív kamatláb meghatározása a gyakorlatban nem ilyen egyszerű, mivel annak mértékét számos objektív és szubjektív tényező befolyásolja (pl. az alternatív befektetési lehetőségek jövedelmezősége (ami legtöbbször a banki kamatláb), a befektetés élettartama alatt a gazdaságosságra ható események, a befektetés eszközeinek mobilitása, az infláció mértéke, tőkestruktúra (a befektetésben a saját és idegen tőke aránya)). Ez utóbbi kettő meghatározása meglehetősen bonyolult, és sok esetben olyan kis mértékű eltérést idéz elő, ami az értékelés szempontjából nem releváns, ezért a számításokba való beépítésük figyelmen kívül hagyható (*Szűcsné Markovics, 2014*). *Szűcs – Szöllősi (2008)* szerint viszont amennyiben a beruházás pénzáramai az inflációt már tartalmazzák, akkor a diszkontráta meghatározásakor is figyelembe kell venni, vagyis a diszkontrátát nominálértékben kell meghatározni az alábbi képlet szerint:

$$1 + r_{nominál} = (1 + r_{reál}) \times (1 + r_{infláció})$$

A szerzők javasolják továbbá, hogy célszerű minden évben azonos inflációs rátával növelni a bevételek és kiadások mértékét, és ezzel párhuzamosan a pénzáramokat nominálértékben kifejezett diszkontrátával diszkontálni. Amennyiben azonban a pénzáramok nem tartalmazzák az inflációt, abban az esetben a diszkontráta meghatározása során az infláció mértéke figyelmen kívül hagyható.

A reáldiszkontrátával azonban nominális (az inflációt tartalmazó) pénzáramlást diszkontálunk egy inflációtól megtisztított diszkontrátával, ami a megtérülési mutatók értékét felfelé torzítja.

*Szűcs és Szöllősi (2008)* a kalkulatív kamatláb alapjának az államkötvények és kincstárjegyek (nominál értéken közölt) hozadékát javasolja, mivel véleményük szerint ez egy kvázi kockázatmentes, lehető legjobb alternatív befektetési lehetőség hozadékát fejezi ki.

Banki hitelkamatláb esetén célszerű a Budapesti Bankközi Forint Hitelkamatlábat (BUBOR) alapul venni. Az MNB által kiadott hivatalos BUBOR fixingek közül pedig a 12 havit választani, és mivel a pénzáramok leggyakrabban éves szinten kerülnek meghatározásra, ezért a kamatlábak éves átlagát célszerű használni.

*Nettó jelenérték (NPV)*

A nettó jelenérték (NPV) napjainkban leginkább ismert és használt mutató, amelynek elsődleges célja a beruházási döntés támogatása. *Karácsonyi (2007)* megfogalmazásában „a nettó jelenérték különbség jellegű mutató, és azt fejezi ki, hogy a beruházás teljes élettartama alatt képződő pénzáramok (adózás utáni cash flow-k) diszkontált összegéből levonva a kezdő pénzáramot, mekkora nettó jövedelem (hozam) keletkezik, vagyis mennyi a beruházás – tervezett időszak alatt megtermelt – nettó nyeresége a beruházás időpontjára diszkontálva (*Kovács, 2006*). *Lakner és Gulyás (2004)* a mutató kiszámítását az alábbiak szerint határozza meg: „a beruházás működése során megtermelt nyereség és amortizáció diszkontált értékeit összegezzük, és azokból levonjuk a beruházás élettartama alatt jelentkező beruházási és forgóeszköz-finanszírozási kiadásokat”. *Karácsonyi (2007)* pedig hangsúlyozza, hogy ezt a mutatót akkor lehet használni, ha a beruházás pénzügyi forrásai ismertek, vagy adott egy minimális hozamkövetelmény. A kezdő pénzáram előjele mindig negatív (pénzkiadás), a működési pénzáramok együttes jelenértéke pedig általában pozitív”. Ez esetben a beruházást érdemes megvalósítani, értéket fog növelni, így a tőkét ekkor használják fel a legjobban. Amennyiben ez az érték nulla, akkor a beruházás az adott időszakban éppen megtérül, vagyis minden felmerülő költséget kifizet, de jövedelmet nem termel. Amennyiben a beruházás nettó jelenértéke negatív, akkor *Kovács (2006)* szerint a beruházás veszteséges, mivel a bevételek nem fedezik a kiadásokat. Ebben az esetben *Bethlendi et al. (2008)* sem javasolja a beruházás megvalósítását. *Karácsonyi (2007)* szerint viszont a beruházás negatív érték esetén is lehet nyereséges. Ebben az esetben a beruházás csak számviteli értelemben nyereséges, miközben a pénz időértékét figyelembe vevő pénzügyi értelemben veszteséges. Ez semmiképpen nem lehet az optimális megoldás.

A nettó jelenérték képlete az alábbi:

$$NPV = -C_0 + \sum \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

ahol

NPV: a nettó jövedelem jelenlegi értéke

-C<sub>0</sub>: a beruházás értéke (a beruházás induló pénzárama)

$C_t$ : a működés egyes éveinek pénzforgalma (a  $t$  időszakban esedékes pénzbeáramlás és pénzkidadás különbsége)

$t$ : az adott időszak száma

$r$ : diszkontráta (a számításhoz használt kalkulatív kamatláb)

$(1+r)^t$ : diszkont tényező (az adott évet megelőző évek diszkontrátainak szorzata) (kamatos kamat értéke)

$\Sigma$ : az egyes évek diszkontált pénzforgalmainak összege

*Bai (2003a)* a mutató egyik legnagyobb előnyének azt tartja, hogy nem csak a relatív nyereségtermelő képességet jelzi, hanem a használdozati költséget is figyelembe veszi.

A mutató hátránya, hogy eredményül egy pénzösszeget ad, amelynek megítélése a beruházó feladata. Azaz, ha csak egyetlen beruházást valósítottak meg, és nincs más alternatíva, amivel össze lehet hasonlítani, az eredmény pedig pozitív, akkor minden esetben a beruházónak kell döntenie arról, hogy a beruházás által adott időszakban megtermelt jövedelem elegendő-e adott időszak hozadékaként. További hátrány, hogy a kamatláb becsült, így az eredmény is csak becslésen alapul, ezért a kalkulációt célszerű többféle kamatlábbal elvégezni.

*Karácsonyi (2007)* felhívja a figyelmet, hogy a mutatót a mezőgazdaságban az ágazati sajátosságok miatt körültekintőbben kell használni, mivel a pénzáramok és a kamatlábra ható tényezők változékonyak, így célszerűbb ágazatspecifikus vizsgálatokat végezni.

*Bethlendi et al. (2018)* megemlíti, hogy a befektetők – különösen több befektetés összehasonlítása esetén – úgynevezett NPV profilt is szoktak készíteni, ami azt jelenti, hogy egy-egy befektetés nettó jelenértékét különböző diszkontráták mellett ábrázolják. (A függőleges tengelyen az NPV-eket, míg a vízszintes tengelyen a különböző  $r$ -eket jelölik.) Ez a módszer nemcsak a projektek különböző diszkontrátákon történő összehasonlítására lehet alkalmas, hanem bizonyos problémák esetén (pl. ellentmondásos NPV és IRR értékek esetén) is megoldást jelenthet

### *Belső megtérülési ráta (IRR)*

„A belső megtérülési ráta az a kamatláb, amely mellett a jövőben keletkező nettó hozamok jelenlegi értéke éppen megegyezik a beruházási jelenlegi értékével” (*Ulbert,*

2018). Ebből kifolyólag számításához a nettó jelenértéket használjuk fel, vagyis azt a kamatlábat keressük, ahol a nettó jelenérték nullával egyenlő, vagyis

$$NPV = -C_0 + \sum \frac{C_t}{(1+r)^t} = 0$$

ahol a diszkontráta nem ismert, ezért

$$-C_0 + \sum \frac{C_t}{(1+IRR)^t} = 0$$

ahol IRR értékét iterációs módszerrel keressük. A mutató kiszámításának első lépése az NPV számítással egyezik meg, az ezt követő iterációs műveletek elvégzése többnyire számítógépes szoftverek (pl. Microsoft Excel IRR függvény) segítségével történik.

Az eredmény a beruházással elérhető átlagos jövedelmezőséget adja meg százalékos formában. Ez olyan fedezeti pont, amikor még nem képződik nyereség.

Amennyiben ez az érték magasabb, mint a tőkénk alternatív felhasználásával elérhető jövedelmezőség (vagyis az elvárt hozam ( $r$ ), ami általában a betéti kamatlábbal, hitelből megvalósuló beruházás esetén a hitel kamatlábbal egyezik meg), akkor a beruházást érdemes megvalósítani, az értéket fog növelni. Minél magasabb ez az érték, a befektetés annál jövedelmezőbb. Amennyiben az IRRmutató megegyezik az elvárt hozammal, akkor a beruházás az adott időszakban éppen megtérül, ha pedig kisebb, értelemszerűen a beruházást nem érdemes végrehajtani.

Mivel a pénzáramlások belső megtérülési rátájának kiszámításánál egy magasabb fokú egyenlet zérushelyét kell megadni, így előfordulhat, hogy több megoldást kapunk, de olyan is lehetséges, hogy egyetlen egy megoldás sem lesz (Tóth, 2014).

A gyakorlatban ezt a módszert akkor alkalmazzák, amikor a jövedelmek diszkontálásához szükséges kamatláb nem ismert, vagy több a külső-belső kamatok összehasonlításával döntenek több beruházási alternatíva közül.

A belső megtérülési ráta alkalmazásának egyik jelentős előnye, hogy az így kapott átlagos jövedelmezőség a teljes élettartamra vonatkozó relatív pénzforgalmi többletnél (vagyis a nettó jelenértéknél) könnyebben értelmezhető és kezelhető. További előnye, hogy a diszkontláb közvetlenül meghatározható, ezáltal mentes a becslésen alapuló

kalkulatív kamatláb meghatározása körüli bizonytalanságtól. *Bálint et al. (2007)* a mutató előnyeként említi meg, hogy sem az időhorizontra, sem a beruházási összegre vonatkozó kötöttségeket nem tartalmaz.

Emellett azonban használata sok esetben korlátozott. Egyik hátránya, hogy nem veszi figyelembe a beruházás teljes élettartamából a már megtérült részt. *Karácsonyi (2007)* hátrányként említi, hogy mivel egységnyi tőke egységnyi idő alatti hozamát mutatja, így a különböző időtávú beruházásokat nem lehet összehasonlítani.

*Bai (2003)* a mutató további gyengeségének tartja, hogy téves vagy értelmezhetetlen eredményt adhat változó diszkontlábak, pozitív- és negatív pénzforgalmú évek váltakozása, a bevételek időbeli ütemezésének eltérése, valamint két vagy több beruházás költségvetésének eltérése esetén. *Brealey és Myers (1998)* felhívja a figyelmet, hogy egy projektnek – annak előjeléltől függően – több megtérülési rátája lehet, azaz egy projektnek annyi megtérülési rátája lehet, ahányszor az pénzáram előjelet vált. Az előjelváltásnak számos oka lehet, például időben késleltetett adófizetés vagy befejezéskor magas zárási költség. A szerzők a mutató további gyengeségének tartják, hogy több alternatíva összehasonlításakor félrevezető lehet. Amennyiben ilyen esetben az NPV és az IRR ellentmondásos eredményt tartalmaz, akkor megoldás lehet, hogy az IRR-t a pénzáramlások különbségére számítják ki. Egyébként legtöbb esetben az az eredmény születik, hogy az NPV mutatta a reális képet. *Bethlendi et al. (2018)* szerint ilyen esetben a – már említett – NPV profilozás is segíthet. Úgy tartják, hogy mindig az NPV dönt, mivel ennél a mutatónál mindig ugyanazon a diszkontrátán történik az összehasonlítás, míg ez az IRR esetén eltér. Végül további hiányosságként említik, hogy a mutató alkalmazása a változó kamatláb szerkezetek (amikor rövid és hosszú távú kamatlábak egymástól eltérnek) hatására bonyolult lehet.

#### *Jövedelmezőségi index (PI)*

A jövedelmezőségi index (más néven költség-haszon arány) a beruházás révén képződő jövedelmek diszkontált értékét (jelenértékét) a kezdő pénzáramhoz viszonyított arányát fejezi ki. Úgy is értelmezhető, mint az eredetileg befektetett összeg minden egységére jutó jelenérték hozam (*Pakucs és Papanek, 2006*), vagyis egy egységnyi befektetésért visszakapott egységek száma. Az IRR-hez hasonlóan hatékonysági mutató, ugyanakkor

míg az IRR esetében a bevételeket a beruházáshoz és az azt követő kiadásokhoz viszonyítják, addig a PI esetében csak a beruházás értékeihez.

A jövedelmezőségi index tehát

$$PI = \frac{\text{A beruházás hozamainak (jövőbeni pénzáramok) jelenértéke}}{\text{A beruházás tőkeszükségletének (kezdeti befektetés) jelenértéke}} = \frac{PV}{C_0}$$

vagyis

$$\frac{\sum \frac{C_t}{(1+r)^t}}{C_0}$$

A jövedelmezőségi index kiszámítása során felhasznált értékek tehát megegyeznek az NVP-vel, a különbség csak az, hogy ez utóbbinál összeadáshoz, míg előzőnél osztáshoz használjuk fel ugyanazokat a számokat.

A mutatót általában csak akkor használják, ha több beruházási alternatíva közül kell választani, és az NVP nem adott értékelhető vagy reális eredményt. A beruházást csak akkor érdemes megvalósítani, ha a mutató értéke egynél nagyobb, mivel ekkor a beruházás nettó jelenértéke biztosan pozitív.

A mutató előnye, hogy viszonylag könnyű kiszámítani, valamint erőforrás-korlát esetében az NVP-nél jobb döntést eredményezhet. Hátránya, hogy viszonylag nehéz értelmezni.

#### *Diszkontált megtérülési idő (DPP)*

A diszkontált megtérülési idő azt az időtartamot (periódusok számát) adja meg, amely alatt – a pénz időbeli értékváltozását is figyelembe véve – a beruházásba fektetett pénzt visszakapjuk. A megtérülési idő utáni pénzáramokat itt sem vesszük figyelembe.

Kiszámításának első két lépése az NPV-vel megegyezik, a következő lépésben az egyes évek pénzforgalmának jelenértékeit a működés első évétől kezdve összeadják addig, amíg ez az összeg a beruházás pénzértékével lesz egyenlő.

A mutató értéke alapján a beruházás akkor tekinthető jónak, ha az abba fektetett pénzt kevesebb idő alatt kapjuk vissza, mint amennyi ideig a beruházás várhatóan működni fog. Egy beruházás annál kedvezőbb, minél rövidebb idő alatt térül meg.

Általában elmondható, hogy ha egy beruházás NPV-je negatív, akkor annak nincs diszkontált megtérülési ideje, mivel a kezdeti befektetés soha nem térül meg. Emellett lehet olyan eset, hogy negatív NPV esetén is van diszkontált megtérülési idő. Ennek oka a – már említett – csupán a megtérülési időn belüli pénzáramok figyelembe vétele.

A mutató előnye, hogy könnyű kiszámítani, hátránya viszont, hogy döntésmegalapozásra önmagában nem, csak az NPV-vel vagy az IRR-rel együtt alkalmas. További hátránya az, hogy a megtérülési idő utáni pénzáramokat nem veszi figyelembe, ezáltal a jövedelmezőség mérésére nem alkalmas, valamint a különböző tulajdonságú (pl. gyorsan megtérülő, de rövid ideig működő, vagy hosszú idő alatt megtérülő, de sokáig nyereséges) beruházások nem összehasonlíthatók. Emiatt kell mindig az NPV-vel és IP-vel együtt nézni. (*Brealey és Myers, 1998; Bai, 2003; Karácsonyi, 2007; Bethlendi et al., 2008*)

## BERUHÁZÁSOK EREDMÉNYESSÉGÉNEK MÉRÉSE

Egy vállalkozás vagy egy konkrét gazdasági tevékenység optimalizálásának vizsgálatakor alapvetően három tényezőt szokás figyelembe venni: a termelékenységet, a hatékonyságot és a jövedelmezőséget.

### *Termelékenység*

A termelékenység nem más, mint az egységnyi alkalmazott inputra jutó kibocsátás (*Dancs – Molnár, 1997*) azaz

$$\text{Termelékenység} = \frac{\text{Kibocsátás (output)}}{\text{Felhasznált erőforrás (input)}}$$

Mérése naturális mértékegységben történik. Leggyakrabban a munka termelékenységét szokták számolni, mivel az élömunka jól elkülöníthető erőforrás. Ebből kifolyólag a beruházások termelékenysége nehezen mérhető, mivel az azokból származó eszközök a tőkeelem egyéb részeitől nehezen leválaszthatók.



Több termelési tényező termelékenységére gyakorolt együttes hatásának kimutatására a teljes tényezőtermelékenység (Total Factor Productivity – TFP) mutató szolgál, amely az összes termelési tényező felhasználásával realizált outputot mutatja. Ebben többnyire két – közgazdasági megközelítésű – termelési tényező, a munka és a tőke értéktérítésre gyakorolt hatását vizsgálják. A számítási módszert többnyire a makroökonómiában használják. Vállalati használata során sokszor – az össztermelékenységi számításokhoz hasonlóan – a többi input is bekerül a nevezőbe, de ekkor már soktényezős termelékenységnek (Multi Factor Productivity – MFP) hívják. A kifejezés nevezőjében a tőke és a munka valamilyen kombinációja szerepel. Ez a mutató azonban önmagában nem sokat mond a munkatermelékenység változásának okairól. Ezért annak megállapítására, hogy milyen mértékben következménye a munkatermelékenység növekedésének a tőkebefektetés, Solow szerint célszerűbb a tőke és a munka kombinációjának egy súlyozott mértani közepét venni. Ez alapján a teljes tényezőtermelékenység képlete:

$$TFP = \frac{Q}{K^\alpha + L^{1-\alpha}}$$

ahol

TFP: teljes tényezőtermelékenység

Q: teljes termelés (ami általában nettó kibocsátás, vagyis a hozzáadott érték)

K: tőke

L: munkaerő

$\alpha$ : termelési függvény tőke szerinti elaszticitása, egy tapasztalati súlyozó faktor, ami azt fejezi ki, hogy a hozzáadott érték mekkora hányada tulajdonítható be a tőkének

A TFP százalékos változása egyenlő az egy munkavállalóra eső hozzáadott érték százalékos változásának  $(1-\alpha)$  és az egy munkavállalóra eső tőke százalékos változásának a különbségével.

A mutató vizsgálata során általában nem a teljes termelékenység egy abszolút értékét vizsgálják, hanem egy adott időszak (általában több év) alatt bekövetkező termelékenység növekedését. Ezt a növekedést az alábbi számítással lehet megadni:

$$\frac{\Delta TFP}{TFP} = \frac{\Delta Q}{Q} - \left( \alpha \frac{\Delta K}{K} + (1 - \alpha) \frac{\Delta L}{L} \right)$$

A mutató kiszámításakor az egyik fontos kérdés a termelési függvény tőke szerinti elaszticitásának ( $\alpha$ ) meghatározása. *Kónya (2015)* szerint ez tökéletes tényezőpiaci verseny esetén megegyezik a tőke hozzáadott értékéből való részesedésével. Nem tökéletes tényezőpiaci verseny esetén azonban számos kérdés merül fel, ezért megállapítása jóval bonyolultabb. Cobb-Douglas feltevése szerint az  $\alpha$  tőkeintenzív iparágakra jellemző empirikus értéke 0,4.

A teljes tényezőtermelékenység megállapítására a parciális hatékonyságvizsgálatot követően van szükség, amelynek segítségével kimutatható, hogy az esetleges munkatermelékenység változása mögött valamilyen tőkebefektetés áll-e. Mivel a tőkebefektetés sok esetben beruházás formájában valósul meg, választ kaphatunk arra a kérdésre, hogy a beruházás megvalósítása (a beruházási összeg növekedése) javította-e a munkatermelékenységet. A tőke és a munka tapasztalati súlyozófaktorát a két tényező jövedelmezőségének összegéből képviselt részaránya alapján lehet megállapítani.

### *Hatékonyság*

*Kemény és Karsainé (2008)* megfogalmazásában „a hatékonyság az egységnyi erőforrásra jutó teljesítményt hivatott meghatározni, szem előtt tartva a megfelelő minőségi szintet. A ténylegesen felhasznált erőforrások, volumene, jellege, összetétele viszonyítva a teljesített, ténylegesen megvalósított célokhoz. A hatékonyság egy adott szervezet, rendszer, tevékenység vagy funkció megvalósításának módjára vonatkozó elvárást testesít meg”.

Közgazdasági szempontból meg kell különböztetnünk technikai és gazdasági hatékonyságot. A mikroökonómia *technikailag hatékony* azt a módszert nevezi, amely mellett nincs felesleges kapacitás. Azaz különböző alternatív technológiákat vizsgál, és kizárja azokat, amelyek a többihez képest felesleges kapacitásokat tartalmaznak. Például két, egyforma munkaigényű technológia közül technikailag nem hatékony az, amelyiknek magasabb a tőkeigénye.

A technikailag hatékony eljárások közül az lesz gazdaságilag is hatékony, amelyik azonos teljesítmény mellett a legkisebb költséggel jár. Ez a *gazdasági hatékonyság* fogalmának vállalatgazdasági megközelítésével azonos, amely szerint a hatékonyság a termelés tágabb értelemben vett eredményeinek (output) és ráfordításainak (input)

valamilyen viszonyát fejezi ki, amely bármilyen kombinációban felírható. Ennek értelmében

$$\text{Hatékonyság} = \frac{\text{Eredmény (output)}}{\text{Ráfordítás (input)}}$$

A képlet alapján nagyon hasonlít a termelékenységhez, azonban míg a termelékenység esetén kizárólag természetes mértékegységben kifejezett inputokat és outputokat lehet figyelembe venni, addig a hatékonyság esetén mind természetes, mind pedig pénzben kifejezett kategóriák szerepelhetnek. A termelékenység tehát tulajdonképpen a hatékonyság egyik típusa. Hatékonyság esetében a tágabb értelemben vett eredménykategóriák közé tartozik a hozam, a hozamérték, a termelési érték és a jövedelem, míg a tágabb értelmű ráfordítások közé a természetes jellegű ráfordítások, a termelési költségek és a termelés érdekében felhasznált erőforrások (földterület, tenyészállatok, gépek, épületek, forgóeszközök). A két fő kategórián (input és output) belül tehát bármelyik kettő viszonyítható egymáshoz. A gazdasági hatékonyság általánosságban két módon értelmezhető, vagy adott eredményt a lehető legkisebb ráfordítással elérni (minimum elv), vagy pedig adott ráfordítással a lehető legnagyobb eredményt elérni (maximum elv). Mivel az egymáshoz viszonyított input és output kategóriák tetszőlegesen variálhatók, ezért többféle hatékonysági mutató csoportot különböztetünk meg. A mutatók csoportosíthatók a kategóriák mértékegysége szerint (természetes és ökonómiai hatékonyság), a számlálóban és a nevezőben szereplő mutatók alapján (termelékenységi, igényességi, ellátottsági és eredmény-arányossági mutatók), valamint a figyelembe vett ráfordítás-mennyiség alapján (átlagos, pótlólagos és marginális hatékonyság) (Nábrádi és Felföldi, 2008; Nábrádi és Pető, 2009).

A beruházások hatékonyságára könnyen alkalmazható hatékonysági mutatók az eredmény hatékonyság valamint a termelési hatékonyság, amelyeket az alábbiak szerint számolhatunk ki:

$$\text{Eredmény hatékonyság} = \frac{\text{Eredmény}}{\text{Termelés mennyisége}}$$

$$\text{Termelési hatékonyság} = \frac{\text{Átlagos évi hozam}}{\text{Egyszeri ráfordítás (beruházás ráfordítása)}}$$

Az eredmény hatékonyságnál az eredmény lehet például az üzemi tevékenység eredménye, míg a termelés mennyiségének meghatározásakor az üzem fő termelési irányát vesszük alapul. Ugyanígy járhatunk el a termelési hatékonyság átlagos évi hozam részének meghatározásakor. Egyszeri ráfordításként pedig az éves nettó beruházási összegekkel kalkulálhatunk.

Mindkét mutató vegyes mutató, vagyis egy pénzbeni és egy természetbeni mértékegységgel rendelkező szám hányadosaként jön létre, így mértékegysége – a jövedelmezőségi mutatókkal ellentétben – naturális lesz (Ft/t, Ft/l, Ft/db stb., illetve t/Ft, l/Ft, db/Ft stb.). A hatékonysági mutatók gyakorlati alkalmazásához az Agrárközgazdasági Intézet (AKI) Agrárstatisztikai Információs Rendszere (ASIR) által közzéadott élelmiszeripari beruházási adatokat vettem alapul, amelyek az online lekérdezhető adatbázisban, valamint az Agrárstatisztikai jelentésekben találhatóak. A vizsgálat öt évre (2015-2019) vonatkozóan készült. A hatékonysági mutatók esetében az élelmiszeriparon belül az egyes szakágak kerültek górcső alá, és a mutatók a fenti módon kerültek kiszámításra. Megállapítható, hogy a mutatók összhangban vannak az adott évek beruházási tevékenységével. Azokban az években, amikor az egyes ágazatok magasabb összegű beruházásokat eszközöltek, mindkét mutató magasabb értéket ért el (3. táblázat).

3.táblázat. Főbb élelmiszeripari szakágazatok hatékonysági mutatói  
 Table 3: Efficiency indicators in major food sectors

<b>Élelmiszeripari szakágazat (1)</b>	<b>Mutató (2)</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>
Húsfeldolgozás, -tartósítás (3)	Eredmény hatékonyság (Ft/tonna)	<b>21,4</b>	<b>29,4</b>	<b>15,2</b>	<b>-7,8</b>	<b>-9,1</b>
	Termelési hatékonyság (tonna/ezer Ft)	<b>0,05</b>	<b>0,08</b>	<b>0,05</b>	<b>0,04</b>	<b>0,03</b>
	Beruházás (milliárd Ft)	6,6	4,2	7,2	7,9	10,3
Baromfihús feldolgozása, tartósítása (4)	Eredmény hatékonyság (Ft/tonna)	<b>9,9</b>	<b>5,8</b>	<b>10,4</b>	<b>17,1</b>	<b>15,2</b>
	Termelési hatékonyság (tonna/ezer Ft)	<b>0,10</b>	<b>0,14</b>	<b>0,05</b>	<b>0,02</b>	<b>0,04</b>
	Beruházás (milliárd Ft)	6,7	4,9	15,0	30,0	16,8
Hús-, baromfihús-készítmény gyártása (5)	Eredmény hatékonyság (Ft/tonna)	<b>27,8</b>	<b>22,3</b>	<b>39,6</b>	<b>70,2</b>	<b>129,4</b>
	Termelési hatékonyság (tonna/ezer Ft)	<b>0,08</b>	<b>0,04</b>	<b>0,02</b>	<b>0,03</b>	<b>0,03</b>
	Beruházás (milliárd Ft)	2,1	4,0	7,0	5,9	5,5
Gyümölcs-, zöldséglé gyártása (6)	Eredmény hatékonyság (Ft/ezer liter)	<b>20,6</b>	<b>8,5</b>	<b>14,6</b>	<b>12,3</b>	<b>13,0</b>
	Termelési hatékonyság (liter/Ft)	<b>0,05</b>	<b>0,03</b>	<b>0,04</b>	<b>0,05</b>	<b>0,06</b>
	Beruházás (milliárd Ft)	2,7	3,9	3,4	2,5	2,1
Egyéb gyümölcs-, zöldségfeldolgozás, -tartósítás (7)	Eredmény hatékonyság (Ft/tonna)	<b>15,0</b>	<b>12,4</b>	<b>14,1</b>	<b>15,7</b>	<b>16,4</b>
	Termelési hatékonyság (tonna/ezer Ft)	<b>0,10</b>	<b>0,13</b>	<b>0,09</b>	<b>0,07</b>	<b>0,07</b>
	Beruházás (milliárd Ft)	8,9	6,5	9,5	11,8	12,1
Tejtermék gyártása (9)	Eredmény hatékonyság (Ft/ezer liter)	<b>14,6</b>	<b>21,1</b>	<b>17,9</b>	<b>11,8</b>	<b>14,8</b>
	Termelési hatékonyság (liter/Ft)	<b>0,07</b>	<b>0,09</b>	<b>0,06</b>	<b>0,05</b>	<b>0,03</b>
	Beruházás (milliárd Ft)	6,9	5,5	8,0	10,2	18,3
Malomipari termék gyártása (10)	Eredmény hatékonyság	<b>3,8</b>	<b>5,3</b>	<b>4,9</b>	<b>5,4</b>	<b>4,2</b>

## GOMBKÖTŐ N.

	(Ft/tonna)					
	Termelési hatékonyság (tonna/ezer Ft)	<b>0,26</b>	<b>0,55</b>	<b>0,30</b>	<b>0,28</b>	<b>0,32</b>
	Beruházás (milliárd Ft)	3,6	1,7	3,1	3,3	2,8
Kenyer; friss pékáru gyártása (11)	Eredmény hatékonyság (Ft/tonna)	<b>12,6</b>	<b>17,6</b>	<b>15,9</b>	<b>30,1</b>	<b>23,1</b>
	Termelési hatékonyság (tonna/ezer Ft)	<b>0,04</b>	<b>0,04</b>	<b>0,04</b>	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>
	Beruházás (milliárd Ft)	4,7	5,9	5,7	12,3	8,5
Haszonállat-eledelel gyártása (17)	Eredmény hatékonyság (Ft/tonna)	<b>5,4</b>	<b>4,6</b>	<b>6,0</b>	<b>4,9</b>	<b>3,8</b>
	Termelési hatékonyság (tonna/ezer Ft)	<b>0,29</b>	<b>0,35</b>	<b>0,50</b>	<b>0,54</b>	<b>0,58</b>
	Beruházás (milliárd Ft)	4,4	3,7	2,6	2,4	2,2
Desztillált szeszes ital gyártása (19)	Eredmény hatékonyság (Ft/abs.hl)	<b>11,6</b>	<b>15,8</b>	<b>15,3</b>	<b>18,5</b>	<b>11,6</b>
	Termelési hatékonyság (abs.hl/ezer Ft)	<b>0,29</b>	<b>0,31</b>	<b>0,25</b>	<b>0,18</b>	<b>0,20</b>
	Beruházás (milliárd Ft)	0,9	0,8	1,0	1,4	1,2
Szőlőbor termelése (20)	Eredmény hatékonyság (Ft/ezer liter)	<b>10,1</b>	<b>12,8</b>	<b>-12,2</b>	<b>-10,8</b>	<b>12,4</b>
	Termelési hatékonyság (liter/Ft)	<b>0,03</b>	<b>0,06</b>	<b>0,10</b>	<b>0,08</b>	<b>0,02</b>
	Beruházás (milliárd Ft)	8,6	5,0	3,0	3,8	12,8

Forrás: AKI Statisztikai jelentés és ASIR alapján saját kalkuláció

(1) food industry branches, (2) indicator, (3) meat processing and preservation, (4) poultry meat processing and preservation, (5) prepared meat and prepared poultry meat production, (6) juice and vegetable juice processing, (7) other processing and preserving of fruit and vegetables, (9) dairy products production, (10) mill products production, (11) bread, fresh bakery products production, (17) farm animal food production, (19) distilled spirits production, (20) grape wine

A gazdasági hatékonyság eredményének megítélésekor elmondható, hogy az a rendszer tekinthető hatékonynak ahol minél kevesebb ráfordítással minél több eredményt érnek el. A mutatók tehát akkor kedvezőek, ha a minimum elv szerint számítva minél kisebbek, míg a maximum elv szerint számítva minél nagyobbak. Mérésének egyik fő problémája

azonban, hogy viszonylagos, nincs abszolút értelemben vett hatékonyság, ezért a mutató értékének megítélése körültekintést, valamint a körülmények figyelembevételét igényli. *Kopányi (1993)* szerint „előfordulhat, hogy a különböző hatékonysági mutatók ellentmondanak egymásnak. Például javul a munka, de romlik a tőke hatékonysága. Javul a termésátlag, de romlik az átlagköltség. Mindezek miatt tekinthető a profitban (nyereségben) mért hatékonyság kivételes jelentőségűnek. A magasabb profit alapja jobb versenyképesség, aminek döntő, de nem kizárólagos tényezője az alacsonyabb költség.”

### *Jövedelmezőség*

Amennyiben a hatékonysági mutatóban eredménykategóriaként valamelyik pénzürtékben kifejezett jövedelem típus (nettó jövedelem, bruttó jövedelem, fedezeti összeg, fedezeti hozzájárulás, stb.), ráfordításként pedig szintén valamilyen pénzben kifejezett ráfordítás-kategória szerepel, akkor jövedelmezőségi mutatóról beszélünk, ami százalékos formában kerül kifejezésre.

Amennyiben valamelyik jövedelemkategória negatív (vagyis a költségek meghaladják a bevételeket), abban az esetben a jövedelmezőségi mutató nem értelmezhető, hiszen a vállalkozás nem jövedelmező.

A jövedelem, mint mutató vállalkozások összehasonlítására – azok eltérő adottságai miatt – nem alkalmas, ahhoz mindenképpen valamilyen jövedelmezőségi mutató szükséges.

Az összehasonlíthatóság érdekében a jövedelmezőségi mutatókat is egységnyi idő (általában egy év) viszonylatában vizsgáljuk.

A jövedelmezőségi mutatóknál az alábbi eredménykategóriák és vetítési alapok alkalmazhatók:

<b>Eredménykategória</b>	<b>Vetítési alap</b>
Értékesítés bruttó eredménye (fedezeti összeg)	Értékesítés nettó árbevétele
Üzemi (üzleti) tevékenység eredménye	Összes bevétel
Szokásos vállalkozási eredmény	Saját tőke
Adózás előtti eredmény	Befektetett eszközök

Adózott eredmény	Befektetett eszközök + készletek
Mérleg szerinti eredmény	Összes eszköz
	Béreköltség
	Személyi jellegű ráfordítások
	Átlagos állományi létszám
	Relációk (fő piacok) szerinti árbevétel

Mivel eredménykategóriából és vetítési alaptól is sokféle létezik, ezek kombinációiból nagyon sokféle jövedelmezőségi mutató képezhető. Valamely mutató kategória képzésekor többféle (szűkebb és tágabb értelmű) alternatíva közül választhatunk, azonban az eredménykategória és a viszonyítási alap megfeleltetésére minden esetben ügyelni kell. Érdemes tudni, hogy az eredménykategóriák közül az üzemi (üzleti) eredmény áll legszorosabb kapcsolatban a termelőtevékenységgel.

Beruházások jövedelmezőségének megállapítására az eszközarányos jövedelmezőség, a standard termelési érték (STÉ)<sup>1</sup> arányos jövedelmezőség, valamint a költségárányos jövedelmezőség megfelelő mutatók.

Az eszközarányos jövedelmezőségénél a vetítési alapnak célszerű a befektetett eszközök értékét választani, mivel a beruházások értéke ebben jelenik meg. Így befektetett eszközarányos jövedelmezőségnek is hívhatjuk. Valamennyi jövedelmezőségi mutatónál eredménykategóriaként a vállalkozások üzemi tevékenység eredményét célszerű tekinteni, mivel a beruházás által okozott esetleges eredmény növekmény ebben jelenik meg. Ennek megfelelően az alábbi mutatókkal számolhatunk:

$$\text{Eszközarányos jövedelmezőség} = \frac{\text{Üzemi tevékenység eredménye}}{\text{Befektett eszközök}} \times 100$$

$$\text{STÉ arányos jövedelmezőség} = \frac{\text{Üzemi tevékenység eredménye}}{\text{STÉ}} \times 100$$

<sup>1</sup> Az AKI Tesztüzemi Információs Rendszer megfogalmazásában „az STÉ a mezőgazdasági termelőtevékenység egységnyi méretére (1 hektár, 1 állat) meghatározott normatív (átlagos időjárási és üzemi feltételekre vonatkoztatott) termelési érték... Ez az érték a gazdaságok tartós kibocsátását fejezi ki a termelőeszköz-ellátottság, a termelési szerkezet és a termőhelyi adottságok függvényében.”



$$\text{Költségarányos jövedelmezőség} = \frac{\text{Üzemi tevékenység eredménye}}{\text{Üzemi tevékenység költsége}} \times 100$$

Amennyiben a jövedelmezőségi mutató 0 vagy az alatti (negatív) értéket vesz fel, az azt jelenti, hogy az üzemi tevékenység nem jövedelmező, hanem veszteséges.

A jövedelmezőségi mutatók szemléltetéséhez az Agrárközgazdasági Kutatóintézet (AKI) élelmiszeripari beruházásokra vonatkozó felméréséből származó adatokat vesszük alapul. Ennek megfelelően azt vizsgáljuk, hogy a hazai élelmiszeripar teljes ágazatában megvalósított beruházások milyen mértékben járultak hozzá a jövedelmezőséghez. Az AKI adataiból számított jövedelmezőségi mutatók a 4. táblázatban láthatók.

4. táblázat. Jövedelmezőségi mutatók az élelmiszeriparban megfigyelt adatszolgáltatói körben, 2015-2019 (%)

Table 4. Profitability indicators among data providers observed in the food industry, 2015-2019 (%)

	2015	2016	2017	2018	2019
Eszközarányos jövedelmezőség (1)	14,3	14,6	12,7	13,0	15,3
Költségarányos jövedelmezőség (2)	4,27	4,48	4,28	4,63	5,69

Forrás: AKI Statisztikai jelentések alapján saját szerkesztés

(1) Return on assets, (2) cost-ratio profitability

Az élelmiszeriparban mind az eszköz-, mind pedig a költségarányos jövedelmezőség növekvő tendenciát mutatott a vizsgált öt évben, vagyis még ha figyelembe vesszük, hogy a beruházások jövedelemtermelő képessége időben csak később realizálódik, e mutató még akkor is egyre növekvő tendenciát mutat, vagyis a többletberuházások többletjövedelmet is termelnek. A teljes élelmiszeripari ágazat jövedelmezőségének vizsgálatát követően az egyes élelmiszeripari szakágazatok eszközarányos jövedelmezősége került megállapításra. Ebben a vizsgálatban – az előzőhöz képest – nem a teljes befektetett eszköz érték került a viszonyítási alapba. Abból a befektetett pénzügyi eszközök kikerültek, mivel a beruházáshoz nem kapcsolódnak közvetlenül. Az ilyen módon szűkített tárgyi eszköz értékek jövedelmezőségi rátája összehasonlításra került beruházás értékével. A szakágazatok szerinti eredmények a 5. táblázatban láthatók.

5. táblázat. Eszközarányos jövedelmezőség élelmiszeripari szakáganként, 2015-2019

Table 5. Return on assets of food industry branches

<b>Élelmiszeripari szakág (1)</b>	<b>Mutató (2)</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>
Húsfeldolgozás, - tartósítás (3)	Eszközarányos jövedelmezőség (%)	<b>15,3</b>	<b>21,7</b>	<b>6,7</b>	<b>-3,5</b>	<b>-3,5</b>
	Beruházás (milliárd Ft)	6,6	4,2	7,2	7,9	10,3
Baromfihús feldolgozása, tartósítása (4)	Eszközarányos jövedelmezőség (%)	<b>14,6</b>	<b>6,0</b>	<b>8,5</b>	<b>10,6</b>	<b>8,9</b>
	Beruházás (milliárd Ft)	6,7	4,9	15,0	30,0	16,8
Hús-, baromfihús- készítmény gyártása (5)	Eszközarányos jövedelmezőség (%)	<b>20,4</b>	<b>13,0</b>	<b>18,7</b>	<b>33,4</b>	<b>59,8</b>
	Beruházás (milliárd Ft)	2,1	4,0	7,0	5,9	5,5
Gyümölcs-, zöldséglé gyártása (6)	Eszközarányos jövedelmezőség (%)	<b>17,1</b>	<b>6,0</b>	<b>12,7</b>	<b>9,7</b>	<b>7,8</b>
	Beruházás (milliárd Ft)	2,7	3,9	3,4	2,5	2,1
Egyéb gyümölcs-, zöldségfeldolgozás, - tartósítás (7)	Eszközarányos jövedelmezőség (%)	<b>21,0</b>	<b>17,1</b>	<b>19,5</b>	<b>19,6</b>	<b>17,4</b>
	Beruházás (milliárd Ft)	8,9	6,5	9,5	11,8	12,1
Olaj gyártása (8)	Eszközarányos jövedelmezőség (%)	<b>8,9</b>	<b>8,9</b>	<b>14,8</b>	<b>18,3</b>	<b>25,7</b>
	Beruházás (milliárd Ft)	1,9	7,8	5,4	3,5	4,4
Tejtermék gyártása (9)	Eszközarányos jövedelmezőség (%)	<b>13,8</b>	<b>17,9</b>	<b>11,7</b>	<b>6,2</b>	<b>6,9</b>
	Beruházás (milliárd Ft)	6,9	5,5	8,0	10,2	18,3
Malomipari termék gyártása (10)	Eszközarányos jövedelmezőség (%)	<b>10,1</b>	<b>13,9</b>	<b>12,5</b>	<b>13,5</b>	<b>10,6</b>
	Beruházás (milliárd Ft)	3,6	1,7	3,1	3,3	2,8
Kenyér; friss pékáru gyártása (11)	Eszközarányos jövedelmezőség (%)	<b>9,4</b>	<b>12,0</b>	<b>8,8</b>	<b>14,1</b>	<b>10,6</b>
	Beruházás (milliárd Ft)	4,7	5,9	5,7	12,3	8,5
Tartósított lisztes áru gyártása (12)	Eszközarányos jövedelmezőség (%)	<b>15,3</b>	<b>22,0</b>	<b>22,1</b>	<b>20,4</b>	<b>19,5</b>
	Beruházás (milliárd Ft)	1,6	4,0	2,7	3,1	4,7
Tésztafélék gyártása (13)	Eszközarányos jövedelmezőség (%)	<b>7,2</b>	<b>14,2</b>	<b>5,0</b>	<b>6,1</b>	<b>10,2</b>
	Beruházás (milliárd Ft)	1,1	2,7	10,0	2,5	2,1
Édesség gyártása (14)	Eszközarányos jövedelmezőség (%)	<b>13,5</b>	<b>13,5</b>	<b>9,2</b>	<b>11,1</b>	<b>14,0</b>
	Beruházás (milliárd Ft)	4,0	10,2	19,2	10,0	6,6

BERUHÁZÁSOK HATÉKONYSÁGÁNAK MÉRÉSI MÓDSZEREI

Fűszer, ételízesítő gyártása (15)	Eszközarányos jövedelmezőség (%)	<b>11,4</b>	<b>10,7</b>	<b>8,7</b>	<b>8,8</b>	<b>10,5</b>
	Beruházás (milliárd Ft)	1,2	2,7	3,7	2,1	2,5
Máshova nem sorolt egyéb élelmiszer gyártása (16)	Eszközarányos jövedelmezőség (%)	<b>30,3</b>	<b>12,1</b>	<b>13,1</b>	<b>15,6</b>	<b>11,7</b>
	Beruházás (milliárd Ft)	3,8	11,7	13,1	9,2	12,7
Haszonállat-eledelek gyártása (17)	Eszközarányos jövedelmezőség (%)	<b>22,2</b>	<b>22,1</b>	<b>24,5</b>	<b>20,8</b>	<b>19,1</b>
	Beruházás (milliárd Ft)	4,4	3,7	2,6	2,4	2,2
Hobbiállat-eledelek gyártása (18)	Eszközarányos jövedelmezőség (%)	<b>5,2</b>	<b>27,6</b>	<b>9,5</b>	<b>6,6</b>	<b>9,8</b>
	Beruházás (milliárd Ft)	2,7	2,7	2,5	3,0	5,4
Desztillált szeszes ital gyártása (19)	Eszközarányos jövedelmezőség (%)	<b>46,8</b>	<b>58,2</b>	<b>54,5</b>	<b>65,4</b>	<b>33,7</b>
	Beruházás (milliárd Ft)	0,9	0,8	1,0	1,4	1,2
Szőlőbor termelése (20)	Eszközarányos jövedelmezőség (%)	<b>7,3</b>	<b>10,6</b>	<b>-9,1</b>	<b>-7,3</b>	<b>6,6</b>
	Beruházás (milliárd Ft)	8,6	5,0	3,0	3,8	12,8
Sörgyártás (21)	Eszközarányos jövedelmezőség (%)	<b>-5,3</b>	<b>-5,3</b>	<b>3,3</b>	<b>14,2</b>	<b>28,3</b>
	Beruházás (milliárd Ft)	2,5	3,3	4,0	6,1	8,2
Üdítőital, ásványvíz gyártása (22)	Eszközarányos jövedelmezőség (%)	<b>18,4</b>	<b>16,6</b>	<b>16,9</b>	<b>22,0</b>	<b>19,7</b>
	Beruházás (milliárd Ft)	5,1	8,7	13,1	14,2	20,5
Dohánytermék gyártása (23)	Eszközarányos jövedelmezőség (%)	<b>4,1</b>	<b>6,2</b>	<b>6,9</b>	<b>22,4</b>	<b>83,8</b>
	Beruházás (milliárd Ft)	1,9	0,4	5,9	7,6	15,5

Forrás: AKI Statisztikai jelentések alapján saját szerkesztés

(1) food industry branches, (2) indicator, (3) meat processing and preservation, (4) poultry meat processing and preservation, (5) prepared meat and prepared poultry meat production, (6) juice and vegetable juice processing, (7) other processing and preserving of fruit and vegetables, (8) oil production, (9) dairy products production, (10) mill products production, (11) bread, fresh bakery products production, (12) preserved floury goods production, (13) pasta production, (14) confectionery production, (15) seasoning production, (16) other food production, (17) farm animal food production, (18) pet food production, (19) distilled spirits production, (20) grape wine production, (21) beer production, (22) soft drinks and mineral water production, (23) tobacco production

Az élelmiszeripar szakágazatait tekintve elmondható, hogy a legmagasabb eszközarányos jövedelmet 2019-ben a dohánytermék gyártásában érték el. Ezt követte a

desztillált szeszest, valamint a hús-, baromfi-hús-készítmény gyártása. E szakágazatokban a jövedelmezőség évről-évre növekedett, akárcsak a megvalósított beruházások értéke. Megfigyelhető, hogy a magasabb befektetett eszközarányos jövedelmezőséghez viszonylag magasabb értékű beruházások tartoznak. Ezt a legtöbb ágazatnál a két mutató közötti erős pozitív korrelációs együttható (0,7-0,9) is alátámasztja. Azokban az ágazatokban, ahol növelték a beruházásokat, általában az eszközarányos jövedelmezőség is növekedett. Kivételt képez ez alól a hús, baromfi-hús feldolgozása és -tartósítása, a tejtermékek gyártása, valamint az olaj gyártása. Az eszközarányos jövedelmezőség a húsfeldolgozásnál és a tejtermék gyártásánál a beruházások növekedése ellenére csökkent, míg az olaj gyártásánál a beruházások csökkenése ellenére növekedett. Ennek oka, hogy az állati eredetű termékek gyártásához szükséges beruházások időben csak később térülnek meg, vagyis ezek eredménye csak a későbbi években fog realizálódni.

## **KÖVETKEZTETÉSEK**

A vállalkozásoknak termelési kapacitásaik bővítéséhez beruházásokat kell megvalósítaniuk, amelyek általában részben saját, vagy részben visszatérítendő forrásból valósulnak meg. Ezért a vállalkozások számára fontos a beruházások hatékonyságának vizsgálata, vagyis az, hogy a beruházásra fordított összegek milyen ütemben és mértékben térülnek meg, vagyis milyen a beruházás eredménytermelő képessége. A tanulmányban a vizsgálatokhoz alkalmas módszereket tekintettem át, javaslatot téve arra, hogy melyiket milyen körülmények között és milyen feltételekkel célszerű alkalmazni. Az időbeliséget figyelembe vevő megtérülési mutatókat egy konkrét beruházás vizsgálatára lehet alkalmazni, e célra a legalkalmasabbak a nettó jelenérték, a belső megtérülési ráta és a jövedelmezőségi index, valamint kiegészítő elemzéshez a diszkontált megtérülési idő. Az eredményt és eredményességet mérő mutatókat konkrét beruházásra és makroszinten beruházások összességére is lehet számítani. Ezek közül kimondottan a beruházásokhoz javaslom a teljes tényezőtermelékenység, az eredmény hatékonyság, a termelési hatékonyság, az eszközarányos jövedelmezőség, a standard termelési érték arányos jövedelmezőség, valamint a költségarányos jövedelmezőség mutatók alkalmazását.

## METHODS OF MEASURING THE EFFICIENCY OF INVESTMENTS

NÓRA GOMBKÖTŐ

Széchenyi István University Faculty of Agricultural and Food Sciences,

Mosonmagyaróvár

## SUMMARY

Examining the efficiency of business investment is essential, both at the level of individual investment and at the level of aggregate investment. However, there are a number of methods for doing this, which can be problematic to selection. The aim of the study was to collect, systematize, and filter out the specific analytical methods that may be helpful for corporate as well as macro-level analyzes and that are most relevant to these analyzes. The study pointed out that at the level of individual investments, the net present value, the internal rate of return and the profitability index, as well as the discounted payback time indicators for additional analysis, are excellent for performing the analysis. Productivity, efficiency and profitability indicators are suitable for carrying out these studies at both the individual investment level and the aggregate level. Of these, the study specifically recommends the following indicators: total factor productivity, result efficiency, production efficiency, return on assets, return on standard production value, and cost-effectiveness.

**Key words:** investment, return, profitability

## FELHASZNÁLT IRODALOM

*Bai A.* (2003a): A beruházások. In: Ertsey I. – Nábrádi A. (szerk.): Vállalkozási alapok. Campus Kiadó, Debrecen

*Bai A.* (2003b): Hatékonyság, jövedelmezőség. In: Ertsey I. – Nábrádi A. (szerk.): Vállalkozási alapok. Campus Kiadó, Debrecen

*Bai A.* (2013): Biogáz előállításának technológiája. Debreceni Egyetem. Agrár-és Gazdálkodástudományok Centruma, Debrecen

*Bálint J. – Ferenczy T. – Szűcs I.* (2007): Üzleti tervezés. DE AMTC AVK, Debrecen

- Bethlendi A. – Molnár L. – Somogyi R.* (2018): Üzleti gazdaságtan. Oktatási segédanyag, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar, Budapest
- Brealey, A. R. – Myers, C. S.* (1998): Modern vállalati pénzügyek. Panem Kft., Budapest
- Dancs A. L., Molnár J.* (1997): Magyar-angol közgazdasági fogalom- és példatár. Szaktudás Kiadóház Rt., Budapest
- Karácsonyi P.* (2007): Agrárvállalkozások beruházás-gazdaságossági vizsgálata néhány növénytermesztési ágazatban. Doktori disszertáció, Debreceni Egyetem, Agrártudományi Centrum, Debrecen
- Kemény E. – Karsainé Dömsödi É.* (szerk.) (2008): Módszertan a teljesítmény ellenőrzéshez, Állami Számvevőszék Módszertani Kiadványok, Budapest
- Kovács Á. E.* (2006): Hogyan döntsék a beruházásokról? A beruházások gazdasági előkészítése, megítélése. Interm. GTK, Gödöllő. Elérhető: [http://interm.gtk.gau.hu/szr/szr/uzl\\_terv.html](http://interm.gtk.gau.hu/szr/szr/uzl_terv.html), letöltve: 2020.04.20.
- Kopányi M.* (1993): Mikroökonómia. Műszaki Könyvkiadó, Budapest
- Kónya I.* (2015): Több gép vagy nagyobb hatékonyság?: Növekedés, tőkeállomány és termelékenység magyarországon 1995–2013 között. *Közgazdasági Szemle* 62: 1117-1139.
- Lakner Z. – Gulyás M.* (2004): Élelmiszergazdasági beruházások tervezése és előkészítése. Környezet és Fejlődés Kiadó, Budapest
- Nábrádi A., Felföldi J.* (2008): A mezőgazdasági vállalkozások eredményének mérése. In: Nábrádi A. – Pupos T. – Takácsné György K. (szerk.): Üzemtan I. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest
- Nábrádi A. – Pető K.* (2009): Különböző szintű hatékonysági mutatók. In: Tartamkísérletek a mezőgazdaság szolgálatában. Debreceni Egyetem Kutató Központja, Debrecen, pp. 1-21.
- Pakucs J. – Papanek G.* (2006): Innováció menedzsment kézikönyv. Magyar Innovációs Szövetség, Budapest
- Pfau E.* (1998): A mezőgazdasági vállalkozások termelési tényezői, erőforrásai. Vider-Plusz Bt., Debrecen.
- Szűcs I. – Szöllősi L.* (2008): A beruházások ökonómiai megítélése. In: Nábrádi A. – Pupos T. – Takácsné György K. (szerk.): Üzemtan I. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest

*Szűcsné Markovics K.* (2014): A kalkulatív kamatláb (diszkontráta) meghatározásának ajánlott és alkalmazott módszerei. *CONTROLLER INFO* 2(4): 8-13.

*Takács I.* (2008): A vállalkozások elemzése. In: Nábrádi A. – Pupos T. – Takácsné György K. (szerk.): Üzemtan I. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest

*Tóth T.* (2014): Vállalati pénzügyek I. Oktatási segédanyag. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest

*Ulbert J.* (szerk.) (2018): Vállalati pénzügyek kézikönyv. Pécsi Tudományegyetem, Pécs

*Véha A.* (2007): Élelmiszer feldolgozás gazdasági kérdései. In: Nábrádi A. – Pupos T. – Takácsné György K. (szerk.): Üzemtan II., DE AMTC AVK, Debrecen

*A szerző levélcíme – Address of the author:*

GOMBKÖTŐ NÓRA

Széchenyi István Egyetem,

Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar

9200 Mosonmagyaróvár Vár tér 2.

[gombkoto.nora@sze.hu](mailto:gombkoto.nora@sze.hu)



## EGY MEZŐGAZDASÁGI VÁLLALKOZÁS TERMÉNYSZÁRÍTÓ ÜZEM LÉTESÍTÉSÉNEK ÖKONÓMIAI VIZSGÁLATA

KACZ KÁROLY – VARGA ÁDÁM

Széchenyi István Egyetem, Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar,  
Mosonmagyaróvár

### ÖSSZEFOGLALÁS

A biztonságos, hosszú távú tárolás elengedhetetlen feltétele a gabona szárítása, amelynek lényege, hogy a betakarításkor mért és a biztos tároláshoz szükséges víztartalom közötti különbséget eltávolítsuk. A terményszárítás problémájának megoldására világszerte – így Magyarországon is – különféle típusú, korszerű szárítóberendezések vannak használatban.

Jelen tanulmány elsődleges célkitűzése egy mezőgazdasági vállalkozás új beruházásként megvalósuló szárítóberendezése időszakos teljesítményének megállapítása a fajlagos tüzelőanyag felhasználásának függvényben, valamint a betakarítási szezon során az üzembe beérkezett terménymennyiség saját szárítóüzemi költségének összevetése a bérszárítás díjszabásával. További célkitűzésként a vizsgált üzem beruházási költségének várható megtérülési ideje került meghatározásra az alkalmazott bérszárítás díjtételeinek függvényében.

A vizsgálat eredményeként megállapítást nyert, hogy a telepített berendezés korszerű és hatékonyan üzemeltethető, és mivel a saját terménymennyiségre vonatkozó bérszárítás összköltsége háromszorosán haladja meg a saját berendezés üzemeltetési költségeit, a szabad kapacitások kihasználásával együtt a beruházás várhatóan 7-8 éven belül megtérül.

**Kulcsszavak:** terményszárítás, szárítóüzem, költségvizsgálat, beruházás-gazdaságosság.

**JEL kód:** Q13, Q16.



**BEVEZETÉS ÉS IRODALMI ÁTTEKINTÉS**

Tanulmányunk témája – a szemes terményszárítás komplex témakörén túl –, megvizsgálni egy mezőgazdasági vállalkozás új terményszárító üzemének gazdasági-műszaki sajátosságait, valamint elemezni az üzemeltetés ökonómiai tényezőit. A vizsgálat elsődleges célkitűzése egy új szárítóberendezés időszakos teljesítményének megállapítása a fajlagos tüzelőanyag felhasználásának függvényben, valamint a betakarítási szezon során az üzembe beérkezett terménymennyiség saját szárítóüzemi költségének összevetése a bérszárítás díjszabásával. További célkitűzésként kísérletet teszünk megállapítani a vizsgált üzem beruházási költségének várható megtérülési idejét az alkalmazott bérszárítás díjtételei alapján.

Hipotézisként merült fel, hogy az új szárítóüzem létesítése ökonómiai szempontból rentábilisnak bizonyul majd, és közép, illetve hosszú távon biztosított lesz a beruházás megtérülése.

Mivel a szemes termények feldolgozása a legritkább esetben történik meg közvetlenül a betakarítás után, biztosítani kell azokat a feltételeket, amelyek lehetővé teszik a huzamosabb, akár több hónapig történő tárolást. A termények nedvességtartalma betakarításkor, különösen kukorica esetében, magasabb, mint ami a biztonságos tároláshoz, további feldolgozáshoz szükséges (Német 2014). Szükség van tehát a víztartalmuk csökkentésére. A biológiai anyagokból a vizet mechanikai, fizikai-kémiai eljárással, illetve szárítással távolíthatjuk el. Szárításnak azt az eljárást nevezzük, amely során a víz a terményből fázisváltozással távozik. A szárítás elsősorban tartósítási eljárás, amely során a termény nedvességtartalma lecsökken, és így az hosszabb ideig tárolható minőségkárosodás nélkül (Szendrő *et al.* 2003). A betakarítás idejét lehetőség szerint úgy kell megválasztani, hogy a gabona nedvességtartalma minél alacsonyabb legyen. Ezáltal a betárolás előtti szárítási költségek is csökkenthetők. Hoffman (2015) szerint a biztonságos tároláshoz a szárítás eredményeként homogén nedvesség tartalmú terményt kell biztosítani. Homogén nedvességtartalom esetén a raktározás feltételei jelentősen javulnak, a mikrobák életfeltételei romlanak, végeredményben kisebb költséggel (hatékonyabb energiafelhasználással) jobb terménymínőség érhető el.

A magyarországi szárítógéppark kialakítására elsősorban a nagy tömegű, viszonylag magas betakarításkori nedvességtartalommal rendelkező kukorica szárítása érdekében került sor, de felhasználhatók valamennyi szemestermény (kalászos gabonafélék, ipari

növények) szárítására is (*Kacz és Kocsis* 2006). A hazai szárítóüzemek heterogén összetételük és a nagyon eltérő konstrukciós színvonaluk miatt is jelentős energiafogyasztók. A névleges kapacitás többnyire összhangban van a szárítási igényekkel, ugyanakkor a szárítótelepek területi eloszlása már nem követi az igények hasonló jellemzőit. A gazdaságosság számos tényező függvénye, amelyben a beruházásnak és az üzemeltetésnek vannak olyan állandó és igen jelentős költségei, amelyek függetlenek a teljesítménytől (*Német* 2014). *Kurják* (2014) szerint azonban az energiafelhasználás és az üzemeltetés költségei megfelelő konstrukció kiválasztásával racionalizálhatók. A mezőgazdasági terményszárítási technológiáknál az elmúlt időszakban jelentős fejlesztések történtek. Ezek a fejlesztések elsősorban a szárítás energiaigényének csökkentésére, a szárított termék minőségének megőrzésére irányultak. Ugyanakkor a szárítási hőenergia-felhasználás csökkentésének érdekében a szárítók légtechnikai rendszerének átalakítása is megtörtént, amelyeknél elsődlegesen a környezetbe kilépő elhasznált szárítólevegő mennyisége csökkent lényegesen. Továbbá, a különböző porleválasztó rendszerek beépítésével a levegő szennyezettsége is számottevően alacsonyabb lett. Összességében a szemestermény-szárító telepi technológiáknak a Magyarországon évente megtermelt mintegy 10-15 millió tonna gabona biztonságos kezelését kell megoldaniuk.

Az elmúlt időszakban az energetikai, vagyis a szárítási költségek csökkentése érdekében a termelők egy része igyekezett a termelt fajtaválasztékát a rövidebb tenyészidejű fajták irányába eltolni, illetve olyan új fajták jelentek meg a köztermesztésben, amelyek gyorsabb vízeladással jellemezhetők. Így adott időszak alatt a termények betakarításkori nedvességtartalma az előző évek időszakához képest csökkenő tendenciát mutat. Egy-egy ilyen jellemző szám, amely az előző időszakot reprezentálja: az 1970-es 1980-as években 30-35% körül alakult a betakarítási nedvességtartalom, az 1990-es évek derekán ez az érték 30% alá szorult, míg az elmúlt évekre (átlagos üzemi körülmények és gazdasági jellemzők figyelembevételével) az átlagos nedvességtartalom 25% alá került, de nem ritka a – jellemzően – 20% körüli betakarításkori nedvességtartalom sem (*Herdovics* 2015). A hazai szárító géppark az ezredforduló után már jelentősen elavult és *Kacz és Kocsis* (2006) tapasztalatai alapján a nem megfelelő karbantartás, az elhúzódo felújítások következtében üzembiztonságuk sokszor nem volt megfelelő. Az új műszaki fejlesztések viszont lassan terjedtek, ami részben a gazdasági rendszerváltásnak is betudható. A szárítótelepi technológiák

fejlesztésénél nagy előrelépést jelentett 2008-ban az „Új Magyarország Vidékfejlesztési Program” keretében meghirdetett szárítófejlesztési projekt, amelyben a gazdaságok részére lehetőség volt komplett szárítótelepi technológiák támogatására. A támogatás mértéke általánosan 40% volt. A technológiák jellemzően az új energetikai és környezetvédelmi követelmények alapján kerültek kialakításra, és kiemelendő, hogy a technológiai fejlesztés során nemcsak gépcserés, illetve új, korszerű gépek és technológiák kialakítása történt meg, hanem kifejezetten minősített, kedvező energiahatékonyságú és környezetvédelmi jellemzőkkel rendelkező berendezések kerültek a mezőgazdasági üzemekbe (Herdovics 2015). A szárító-tároló telepi technológiáknál fontos elemként jellemezhető az a körülmény, hogy a berendezéseknek meg kellett felelniük az új környezetvédelmi követelményeknek. Az időszak fejlesztésére jellemző, hogy a szemestermény-szárító berendezések telepítéséhez, illetve használatbavételi engedélyezéséhez speciális engedélyezési eljárást dolgozott ki az illetékes magyar hatóság. Ezt a technológiai engedélyezési eljárást a magyarországi kormányhivatalok keretében működő, területileg illetékes Mérésügyi és Műszaki Biztonsági Hatóság végzi. Tehát ez a hatóság állítja ki, illetve adja meg az építési engedélyt, és a szakhatóságok pozitív hozzájárulása, valamint engedélyei alapján adja ki a telepek végleges használatbavételi engedélyét. Megállapítható, hogy az említett komplex fejlesztési program eredményesnek bizonyult, jóllehet, pénzügyi korlátok miatt (a berendezések darabszámát figyelembe véve) a hazai szárítótelepeknek hozzávetőlegesen 25-30%-os megújítását tette csak lehetővé (Herdovics 2015).

A szárítás folyamatáról azonban gyakran a legújabb szárító típusok sem szolgáltatnak elegendő információt a kezelők számára. Speiser (2016) szerint egy széles körűen használható diagnosztikai eljárás alkalmazásával sok nehézség elkerülhető. A meglévő régebbi és az új szárítók is egyaránt alkalmassá tehetők a legkorszerűbb, költséghatékony és a végterméket tekintve kíméletes műveletre, a precíziós szárításra. Precíziós szárításnak nevezzük, amikor a szárítási folyamat szoros kontrollja mellett fokozatosan és kíméletesen csak annyi vizet vesz el a terményből, amennyi a biztonságos raktározáshoz szükséges, miközben a termény lokális túlhevülését és túlszárítást kizárja. Fontos, hogy a szárítóközeg belépő hőmérséklete lehetőleg 100 °C alatt maradjon a szárítózóna teljes felületén. Speiser (2014) szerint a precíziós szárítás által nyújtott lehetőségek kihasználása különösen fontos, és a legfőbb cél – a homogén nedvességtartalom – a vízelvonási folyamat optimalizálásának az eredménye.

Össességében, a precíziós szárítás a termény beltartalmi értékét teljes mértékben óvja, a szárításhoz szükséges energia mennyiségét pedig mérsékeli. (Speiser 2016)

2019-ben Magyarország kibocsátása a gabonatermelés tekintetében meghaladta a 15 millió tonnát, amelyet mintegy 2,4 millió hektáron takarítottak be (KSH 2020). Amennyiben a hazai növénytermesztés produktivitását az elmúlt 10 év átlagában vizsgáljuk – különös tekintettel a szárítótelepek által kezelt szemesterményekre –, akkor kijelenthető, hogy hazánkban olyan terményszárító-kapacitás szükséges, amely legalább évi 14 millió tonna gabonaféle biztonságos tisztítását és szárítását, valamint tárolását tudja biztosítani. A tisztításon és a raktározás feladatkörén kívül a legnagyobb szárítási igény a szemeskukoricánál jelentkezik, melynek betakarításkori szemnedvességtartalma – optimális esetben – 5-10%-kal meghaladja a hosszútávú és biztonságos raktározáshoz szükséges 13-13,5%-os szemnedvesség-tartalmat.

A gabonaféléken belül a legnagyobb volumenben betakarított szemestermény Magyarországon a kukorica. Kedvező feltételek mellett a betakarított mennyiség meghaladhatja az évi 8 millió tonnát. Ennek a termésvolumennek a betakarítás utáni szárítása nagy költségigényű feladatot jelent, valamint a termelés jövedelmezőségét is nagymértékben befolyásolja. Különösen nagy költségráfordítást igényel a szárítás azon gazdaságok számára, amelyek nem rendelkeznek saját terményszárító üzemmel, ugyanis a bérszárítás költsége az elmúlt években az alacsony gabonaárak mellett elérhette a termelési költségek 30%-át is.

## ANYAG ÉS MÓDSZER

A vizsgálat egy 465 hektár termőterület (420 hektár szántó, illetve 45 hektár állandó gyepterület) művelésével foglalkozó egyéni gazdaságnál zajlott. A teljes terület nagyobb része saját tulajdonú, kisebb része bérleményként kerül hasznosításra. A vetésszerkezet alapján kijelenthető, hogy a vizsgált gazdaságban rendkívül magas a nagy szárítási igényű szemestermények részaránya. A gazdaság közelében lévő terményszárító üzemek korlátozott befogadóképessége miatt a korábbi években a betakarítás kevésbé volt jól ütemezhető, továbbá a költségtényezők csökkentése és a fenntartható termőföldi gazdálkodás érdekében 2016-ban saját szárítóüzem beruházása mellett döntött a vállalkozás. A tervezés és az előkészítő munkálatok lezárultával, 2018 őszén került létesítésre az új szemestermény szárítótelep. A beruházás utófinanszírozott közbeszerzési

eljárás keretében valósult meg. A berendezés teljesen horganyzott acéllemezből készült, üvegyapattal szigetelt, úgynevezett szívott rendszerű (LAW SBC 8 LE típusú) terményszárító, amely alkalmas bármilyen fajta termény szárítására. A LAW típusú szárító-berendezéseknek széles felhasználási területük van, alkalmazható vele takarmány és vetőmag szárítási üzemmód is. Ökonómiai szempontból nagy előnye az itt alkalmazott hővisszavezetési (recirkulációs) rendszernek, hogy a szárítás során keletkező maradványhő visszavezetésével az energia-felhasználás nagyon alacsony, ezáltal a szárítás költségei is kedvezőek. A berendezés villamos energiaigénye szintén mérsékelt, ami további fajlagos költségcsökkenést eredményez.

A szárítóberendezés vizsgálatára szemeskukorica szárítása közben került sor, 2019 októberében. A gazdálkodó a vizsgált időszakban biztosította a lehetőséget, hogy a szárítás technológiai folyamatát megfigyelhessük, a betakarított területekről behozott minták nedvességtartalmát dokumentálhassuk, valamint a berendezés gázfelhasználását rögzíthessük. A műszaki-gazdasági elemzésen kívül, a vizsgálat elvégzéséhez az alábbi tényezőket vettük számításba:

- Szárítóberendezés műszaki feltérképezése.
- Egy ürítés alatt kihordott termény mennyisége.
- Ürítések számának rögzítése.
- Felhasznált PB-gáz mennyiségének rögzítése.
- Leszártott termény mintavétele.
- Tábláról behozott minták szemnedvesség-mérése.
- Behozott termény mennyisége.
- Szárító munkanaplójának vezetése.

A szárítás folyamatát 17 órán keresztül, folyamatos üzemelés mellett kísértük figyelemmel. A leszártott termény szemnedvességét 30 percenként rögzítettük, a bejövő mintákét óránként mértük meg (Pfeuffer He 50 mérőműszerrel), a tüzelőanyag felhasználását pedig 3 óránként jegyeztük fel. A mintákat 2 különböző mintaterületről hozták be az üzembe. A vizsgálat végén rögzítettük az adott időszak alatti leszártott termény mennyiségét, valamint a tüzelőanyag-felhasználást.

A vizsgálat során, a kapott adatokon alapuló számításokat végeztünk a berendezés időszakos teljesítményének, valamint a fajlagos tüzelőanyag-fogyasztás meghatározására vonatkozóan. Ökonómiai számítások készültek továbbá a behozott terménymennyiség

saját szárítóüzemi költségének összevetésére a bérszárítás díjszabásával, illetve a várható megtérülési időre vonatkozóan.

## EREDMÉNYEK

A szárítás költség-összetétele szempontjából a tüzelőanyag-felhasználás (PB-gáz) a legmeghatározóbb költségtényező. A PB-gáz fűtőértéke irodalmi adatokra támaszkodva 45,5 MJ/kg, feltételezve a propán és bután 50-50%-os részarányát. A fűtőérték és az óránkénti (átlagos) tüzelőanyag-felhasználás ismeretében a teljes vizsgálati időre vonatkoztatott átlagos égőteljesítmény ( $Q_h$ ) az alábbiak szerint alakult:

$$Q_h = 60,27 \text{ kg/h} \cdot 45,5 \text{ MJ/kg} = 2.742,285 \text{ MJ/h} = 761,745 \text{ kW}$$

A bemenő ( $w_{be}$ ) és a kimenő ( $w_{ki}$ ) termény nedvességtartalmának középértéke alapján meghatározható a szárító vízpárolgató teljesítménye ( $m_{v\acute{z}}$ ):

$$m_{v\acute{z}} = m_2 \cdot \frac{w_{be} - w_{ki}}{100 - w_{be}} = m_2 \cdot \frac{\Delta w}{100 - w_{be}} = 17.585,83 \cdot \frac{3,27}{83,68} = 687,2 \text{ kg/h}$$

A kapott eredmények alapján megállapítható a szárító fajlagos hőfelhasználása ( $q$ ):

$$q = \frac{Q_h}{m_{v\acute{z}}} = \frac{2.742,285 \text{ MJ/h}}{687,2 \text{ kg/h}} = 3,99 \text{ MJ/kg}_{v\acute{z}}$$

A PB-gáz egységára (245 Ft/kg) alapján pedig meghatározható a PB-gáz fent említett fűtőértékének fajlagos költsége: 45,5 MJ/kg  $\approx$  5,38 Ft/MJ. Ezekből kiindulva kiszámítható az 1 kg víz elpárolgatásához szükséges tüzelőanyag költsége:

$$3,99 \text{ MJ/kg}_{v\acute{z}} \cdot 5,38 \text{ Ft/MJ} \approx 21,47 \text{ Ft/kg}$$

A vízpárolgató teljesítmény ( $m_{v\acute{z}}$ ) függvényében az egy órára vetített tüzelőanyag-fogyasztás költsége az alábbiak szerint alakul:

$$687,2 \text{ kg/h} \cdot 21,47 \text{ Ft/kg} \approx 14.754,18 \text{ Ft/h}$$

Az egy órára vetített tüzelőanyag-felhasználás költsége és a berendezés vizsgált időszak alatti teljesítménye alapján megállapítható az egy tonnára vetített gázfogyasztás költsége is:

$$\frac{14.754,18 \text{ Ft/h}}{17,58 \text{ t}} = 839,26 \text{ Ft/t}$$

Az egy tonnára vetített tüzelőanyag-felhasználás költsége valamint a bemenő ( $w_{be}$ ) és a kimenő ( $w_{ki}$ ) termény nedvességkülönbsége szerint pedig meghatározható a tonnánkénti 1%-os vízelvonás gázköltsége:

$$\frac{839,26 \text{ Ft/t}}{3,27} = 256,65 \text{ Ft/t/víz\%}$$

A 2019-es szemes kukorica betakarítás időszaka alatt közel 3.900 t szárítandó terményt vittek be összesen a szárítóüzembe. A vizsgált gazdaság saját terménymennyiségén (2.271 t) kívül, már az első évben is jelentős volumenben (1.556 t) végzett bérszárítást a külsős partnerek, gazdálkodók igényeihez igazodva. Az adatok szerint a teljes saját hozam átlagos szemnedvesség-tartalma 17% volt – a kívánt szemnedvesség végállapota pedig 13% –, így kijelenthető, hogy általánosságban 4%-os vízelvonás történt egy tonnára vetítve. Ez alapján a szárítási költség energiatényezője a teljes saját hozamra vonatkoztatva az alábbi lett:

$$256,65 \text{ Ft/t} \cdot 4 = 1.026,6 \text{ Ft/t} + \text{egyéb költségtenyező}$$

A Nemzeti Agrárkutatói és Innovációs Központ által kiadott „gépi munkák költségeinek vizsgálata” alapján megállapítható, hogy a terményszárító berendezések üzemeltetési költségét vizsgálva a további költségek, mint a karbantartás és javítás költségei, valamint az amortizáció, a tüzelőanyag-felhasználás költségének mintegy 25%-át teszi ki (NAIK MGI 2019). Ennek alapján a saját szárítóberendezés üzemeltetését tekintve a korábban említett költségtenyező függvényében mintegy 1.285 Ft-os költséggel kalkulálhatunk tonnánként, vagyis a saját szárítóüzemi költség a teljes terménymennyiségre vetítve az alábbiak szerint alakult:

$$1.285 \text{ Ft/t} \cdot 2.270,52 \text{ t} = 2.917.618 \text{ Ft}$$

Új szárítóüzem, mint beruházás nélkül a terményszárítás az összes saját terménymennyiségre vonatkoztatva bérszárítással, vagyis külső szárítóüzem bevonásával történt volna. Erre az esetre a bérszárítás teljes költségének megállapításához a vizsgált üzemhez legközelebb elhelyezkedő bérszárító adott évi szolgáltatási díjtételeit vettük figyelembe. Mivel a szemnedvesség kívánt végállapota 13%, ezért a szárítási költség a kezdeti nedvességtartalomtól függ, ami a vizsgált gazdaság esetében 17%-os szemnedvességet jelent, ennek értelmében 4%-os vízelvonás esetén az alábbi költségekkel számolhatunk:

$$750 \text{ Ft} \cdot 4 = 3.000 \text{ Ft/t} + \text{tisztítási díj}$$

A fenti díjtétel még tovább nő a kezelési, továbbá a tisztítási költséggel. Amennyiben tárolási díjat nem számolunk fel, úgy 4%-os vízelvonás mellett 4.000 Ft-os szolgáltatási díjjal kell számolnunk tonnánként, ami a teljes terménymennyiségre vetítve:

$$4.000 \text{ Ft/t} \cdot 2.270,52 \text{ t} = 9.082.080 \text{ Ft}$$

Mindent egybevetve, ez alapján megállapítható, hogy a teljes terménymennyiségre vonatkoztatott bérszárítás költsége háromszor magasabb, mint a saját berendezés üzemeltetési költsége, azonos mennyiségű vízelvonás mellett.

A saját hozamon kívül a külsős partnerek mintegy 1.556 t terményt hoztak be a terményszárító üzembe. A külsős terménymennyiség átlagos szemnedvesség-tartalma 16,42% volt – a kívánt szemnedvesség végállapota pedig 13% –, így hozzávetőlegesen 3,42%-os vízelvonás történt tonnánként.

$$700 \text{ Ft} \cdot 3,42 = 2.394 \text{ Ft/t} + \text{tisztítási díj}$$

A fenti díjtétel tovább emelkedik a tisztítás költségével, aminek figyelembevételével átlagosan 3.000 Ft-os bevétellel kalkulálhatunk tonnánként. A külsős partnerek által behozott összes terménymennyiséget tekintve, a levonásra kerülő költségek nélküli bruttó árbevétel az alábbiak szerint alakult:

$$3.000 \text{ Ft/t} \cdot 1.555,95 \text{ t} = 4.667.850 \text{ Ft}$$

Természetesen figyelembe kell venni azonban a bevételt csökkentő költségtényezőket is. A bérszárítási költség energiatényezője a külsős partnerek által behozott összes terménymennyiségre vonatkoztatva az alábbi:

$$(256,65 \text{ Ft} \cdot 3,42) \cdot 1.555,95 \text{ t} = 1.365.724,22 \text{ Ft} + \text{egyéb költségtényezők}$$

Az tüzelőanyag-fogyasztás költségén kívül, az egyéb felmerülő költségeket – a Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ költségvizsgálata alapján – ebben az esetben is 25%-ra becsültük. Ez alapján a bérszárítás felmerülő költségtényezőit figyelembe véve a levonásra kerülő összeg nagyságrendileg 1.707.150 Ft, ami a bruttó bevétel 36%-át teszi ki. A felmerülő költségtényezőkkel csökkentett jövedelemrész az alábbiak szerint alakul:

$$4.667.850 \text{ Ft} - 1.707.150 \text{ Ft} = 2.960.700 \text{ Ft}$$

Az üzemi beruházás előtti években felmerülő, saját terménymennyiségre vonatkoztatott külső szárítóüzem bérszárítási díjtétele és a saját berendezés 2019-es üzemeltetési költsége között mintegy 6.164.462 Ft-os különbözetet lehet megállapítani. Amennyiben a saját terményszárító üzemeltetéséből adódó éves megtakarításhoz hozzáadjuk a gazdaság külsős partnerei által behozott terménymennyiség bérszárításából származó jövedelmet, úgy kijelenthetjük, hogy éves szinten több mint 9 millió forintos nyereséget realizál a vizsgált gazdaság a korábbi évekhez képest.

$$2.960.700 \text{ Ft} + 6.164.462 \text{ Ft} = 9.125.162 \text{ Ft}$$



**KÖVETKEZTETÉSEK**

Az üzemi vizsgálat eredményét összegezve megállapítható, hogy az újonnan létesített LAW SBC 8 LE típusú szárítóberendezés a fajlagos hőfelhasználás szempontjából megfelel a korszerű szárítókkal szemben támasztott követelményeknek. A költségvizsgálat tekintetében leszögezhető, hogy a saját terménymennyiségre vonatkozó bérszárítás összköltsége háromszorosan haladja meg a saját berendezés üzemeltetési költségeit.

A vizsgált terményszárító berendezés bekerülési költsége 107.370.000 Ft volt, ami egy utófinanszírozott közbeszerzési eljárás keretében valósult meg. A támogatási intenzitás 39%-os, vagyis a megvalósítandó projekt 39 százalékát fedezte az elnyert támogatás. A vissza nem térítendő támogatás összege így 41.874.300 Ft-ot tett ki, tehát a támogatások összegével csökkentett, a vizsgált gazdaságot terhelő beruházási költség mintegy 65.495.700 forint volt. Amennyiben a 2019-es évben realizált nyereséget vesszük alapul, úgy elmondható, hogy a szárítóüzem beruházási költsége várhatóan 7-8 év alatt megtérül, ezáltal a tanulmány elején megfogalmazott vizsgálati hipotézis is igazolást nyert.

Összességében, a költségvizsgálat alapján elmondható, hogy a vizsgált egyéni gazdaságnak ökonómiai szempontból érdemes volt saját üzemet létesítenie, így gazdaságilag függetlenítenie magát a környező terményszárító telepektől. A vizsgálatból megállapítható továbbá, hogy a rendszer üzemeltetése mind műszaki, mind gazdasági szempontból előnyös, ugyanakkor az optimális kihasználtságához (az üzemi hatékonysághoz) a következőt javasoljuk: a szárítótelep tárolási kapacitása, valamint a berendezés teljesítménye lehetővé teszi, hogy a 2019-es év bérszárítási volumenét a gazdaság megduplázza, ez által lecsökkentve a beruházás várható megtérülési idejét is.

## ECONOMIC STUDY OF THE ESTABLISHMENT OF A CROP DRYING PLANT WITHIN AN AGRICULTURAL ENTERPRISE

KÁROLY KACZ – ÁDÁM VARGA

Széchenyi István University, Faculty of Agricultural and Food Sciences,  
Mosonmagyaróvár

### SUMMARY

An indispensable condition for safe, long-term storage is the drying of grain, the essence of which is to remove water content measured between the time of harvest and the phase of storing in order to assure required moisture level. To tackle the problem of crop drying, various types of modern drying equipment are used worldwide, including Hungary.

The primary objective of the present study is to determine the periodic performance of an agricultural enterprise's recent investment of drying equipment as a function of specific fuel consumption and to compare the own drying plant cost of the crop received during the harvest season with the wage drying tariff. An additional objective was to determine the expected payback time of the investment cost of the examined plant as a function of the wage drying rates applied.

As a result of the study, it could be stated that the installed equipment is up-to-date and efficient, and since the total cost of wage drying for own crops is three times higher than the operating costs of own equipment, the investment expected payback is approximately 7-8 years.

**Keywords:** crop drying, drying plant, cost analysis, investment economy.

**JEL classification:** Q13, Q16.

### IRODALOM

*Herdovics M.* (2015): A szemestermény-szárítási technológiák általános helyzete, energetikai, illetve környezetvédelmi fejlesztések eredményei. *Mezőgazdasági technika.* 56. 12-15. p.

*Hoffmann R.* (2015): A raktározás biztonságát zavaró tényezők, a szárítás és terményminőség összefüggései. *Agrofórum: a növényvédők és növénytermesztők havilapja*. 26. 6. 12-14. p.

*Kacz K. – Kocsis S.* (2006): Szárítás, tárolás gépei - I.-II. Értékálló aranykorona: országos mezőgazdasági szaklap. 6. 26-30., 33-37. p.

*Kurják Z.* (2014): Korszerű terményszárítók. *Agrárium*. 2014. 1. 60-62. p.

*Központi Statisztikai Hivatal (KSH)* (2020): Főbb növénykultúrák terméseredményei, 2020. Központi Statisztikai Hivatal, Statisztikai tükör, Budapest. 1-11. p.

<https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/stattukor/fobbnoveny/2020/index.html> *letöltve: 2021.05.05.*

*NAIK Mezőgazdasági Gépesítési Intézet* (2019): Mezőgazdasági gépi munkák költsége 2019-ben. Gödöllő. 5-32. p.

*Német B.* (2014): Terményszárítás, szemestermény-szárítók. *Agrárium*. 2014. 4. 63-65. p.

*Speiser F.* (2014): Új lehetőség a sikeres gazdálkodóknak: a precíziós terményszárítás! *Agro napló*. 18. 47-48. p.

*Speiser F.* (2016): Új szárítót épít? Precíziós szárítás! *Agrárágazat*. 2016. január. 190. p.

*Szendrő P. (szerk.)* (2003): Géptan. Mezőgazda Kiadó, Budapest

*A szerzők levélcíme – Address of the authors:*

Dr. Kacz Károly – Varga Ádám  
Széchenyi István Egyetem,  
Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar,  
Agrárökonómiai és Vidékfejlesztési Tanszék  
9200, Mosonmagyaróvár, Vár tér 2.  
kacz.karoly@sze.hu, adamvargar2d2@gmail.com



## FENNTARTHATÓ AGRÁRFEJLŐDÉS A PRECÍZIÓS GAZDÁLKODÁS ÉS A DIGITALIZÁCIÓ ESZKÖZRENDSZERÉVEL

NYÉKI ANIKÓ – NEMÉNYI MIKLÓS – TROJÁN SZABOLCS

Széchenyi István Egyetem

Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar,

Mosonmagyaróvár

### ÖSSZEFOGLALÁS

A cikkben leírtak tárgyalják, hogy milyen módon tudjuk az információs technológiát (IT) (digitalizációt) felfűzni a „soil to fork” kérdéskörre? Hogyan változik meg az élelmiszer-termelés paradigmája az IT hatására? Hogyan változik az élelmiszer-termelés a digitalizáció hatására a jövőbeli kihívások kielégítése érdekében? Mi lesz a feltétele a nyomon követhető, egészséges, de elegendő élelmiszer mennyiség előállításnak? Ezzel összhangban mi a gazdálkodók adatigénye? Mihez van leginkább szükség a döntéshozásban? Milyen hozzáadott értékkel (pl. egészséges, nyomon követhető élelmiszer) tudnak azok a gazdák hozzájárulni a termeléshez, akik a precíziós gazdálkodás eszközeit használják és a digitalizáció adta lehetőséget is figyelembe veszik? A fenntarthatóság igényeit szem előtt tartva a leghatékonyabb gazdálkodási gyakorlatok közül a precíziós gazdálkodás vezet. Napjainkban már nem elég precíziós mezőgazdaságról vagy digitalizált mezőgazdaságról beszélni. Precíziós digitalizált agrárgazdaság bevezetésére van szükség, amely egységes hálózatban kezeli a termelést a „soil to fork”, vagyis a talajtól az asztalig irányelv alapján. A cél a teljesen automatizált növénytermesztés, amelynél a döntéseket a „big data” alapján teszik lehetővé. A „soil to fork” ágazat szintű alkalmazásával a rendszer olyan döntéstámogató megoldásokra épül, mely minimálisra csökkenti a humán beavatkozások számát és a természetes és ökológiai rendszer egyensúlyát biztosítja, növelve az erőforrások kezelésének hatékonyságát, valamint az egészséges élelmiszer-előállítást.

**Kulcsszavak:** fenntarthatóság, digitalizáció, precíziós gazdálkodás, növénytermesztés, élelmiszeripar

## BEVEZETÉS

A globális élelmiszer-ellátásnak és termelésnek bizonyítottan fenntarthatóbbá és nyomonkövethetőbbé kell válnia. A világ mezőgazdasági termelésére jelentős nyomást gyakorol a folyamatosan növekvő világnépesség. Az ENSZ 2019-es előrejelzése szerint a Föld népessége 2050-re meghaladja a 9 milliárd főt (ENSZ, 2019). Külön érdemes megjegyezni, hogy a népesség növekedéssel párhuzamosan számos fejlődő országban növekszik az életszínvonal, így ezzel együtt változnak az élelmiszer fogyasztási szokások is. A javuló életminőség változatosabb és magasabb feldolgozottsági szintű élelmiszer szükségletet idéz elő, továbbá növeli az állati eredetű élelmiszerek fogyasztását is. A mezőgazdaság és élelmiszeripar teljesítményének növelése érdekében, a növekedési pálya kihasználásában, jövedelmezőség javulásában a fenntartható digitális agrárium tölt be a kulcsszerepet. Ennek a technológiának az alkalmazása lehetőséget biztosít a termelési volument úgy növelni, hogy mind ökológiai, mind gazdaságossági szempontból kielégítsük a fenntarthatóságnak a feltételeit. A fenntartható mezőgazdaság alapkövetelménye, hogy ezek a tényezők megfelelő súllyal érvényesüljenek. A gyakorlat - ugyanakkor - azt igazolja, hogy ezek a tényezők együttes megvalósulása nehézkes, vagy nem megoldott. Sok esetben, ami gazdaságilag vagy társadalmilag igény, az általában nem veszi figyelembe a környezeti szempontokat, vagy ami környezetileg elfogadható termelés, az nem jövedelmező, vagy nem illeszkedik a társadalmi elvárásokhoz, igényekhez. Ezt az ellentmondást oldhatja fel az innováció jelentős térnyerése különös tekintettel a digitalizáció megjelenésére a mezőgazdasági termelésben.

A fenntartható agrárgazdaság legmeghatározóbb eszköze a termelési környezet pontos, adatszerű megismerése, a technológia folyamatainak nyomon követhetősége, adatbázisok felépítése, és okszerű felhasználása a beavatkozás folyamatában. A döntéseket támogató alkalmazások, rendszerek fejlesztése és ezen eszközök integrálása a technológiai adatbázisok felhasználásával. Az adatgyűjtés jövedelmezősége az összegyűjtött információk alapján hozott döntéseket végrehajtó technológiák gazdaságosságától függ (Stafford, 2017). Szőke és Kovács (2020) a mezőgazdaság 4.0 technológiai feltételei közé sorolja többek között már a dolgok internetét (IoT), a szenzorokat, a széles sávú

mobilkommunikációt és a felhőben történő adatfeldolgozást is. Továbbá a szerzők hangsúlyozzák, hogy az új technológiák, az anyagi megtakarítás mellett, az élelmiszerlánc logisztikájában, áruforgalmában is hatékonyabban működhetnek a digitalizáció eszközzelrendszerével.

## **ALAPPROBLÉMA**

A népesség ugrásszerű növekedésével párhuzamosan a szemes termény előállításnak 2050-re - az előrejelzések szerint - meg kell duplázódnia az élelmiszerhiány elkerülése érdekében. Ez a predikció elegendő okot ad arra, hogy az agártermelést elsőrendű problémaként és megoldandó feladatként kezeljük. Jelenleg a világ szemtermés produkciója stagnál. Az elmúlt ötven évben a mezőgazdasági termelés megduplázódott a Zöld Forradalomnak (Green Revolution) köszönhetően, de további növényi és állati hozamok növelése már nem valósulhat meg konvencionális módon (pl. nagyobb input kijuttatása), kizárólag olyan formában, mely összhangban áll a fenntartható gazdálkodás alapelveivel, azaz az élelmiszer termelés mellett a természeti erőforrások megőrzését is - azonos súllyal - figyelembe veszi. Ez alapján az elkövetkező évtizedekben még zöldebb, fenntarthatóbb forradalomra van szükség, hogy elegendő és biztonságos legyen a globális élelmiszer-ellátás (*Tilman et al., 2001*). Az élelmiszer alapanyag termelését, a minőségi élelmiszer előállítását, a fenntartható gazdálkodást, a környezetvédelmet főként a mezőgazdasági technológiák határozzák meg. Ezért olyan növénytermesztési, állattenyésztési technológiák alkalmazására és fejlesztésére van szükség, amelyek a fent említett igényeket kielégítik. Szűkebben értelmezve olyan technológiák alkalmazása szükséges, mely kevesebb (vagy csekély mértékű) eutrofizációval, nitrifikációval jár a talaj-, valamint a felszíni, felszín alatti vízkészletek szennyeződésének megelőzése érdekében, kevesebb energiát fogyaszt, védi az ökoszisztémát, a biodiverzitást, okszerű tápanyag és növényvédőszer, valamint öntözővíz kijuttatást tesz lehetővé.

## **FENNTARTHATÓ AGRÁRFEJLŐDÉS ÉS A PRECÍZIÓS GAZDÁLKODÁS**

A Brundtland-jelentés (*Brundtland, 1987*) hangsúlyos üzenete, hogy van lehetőség a fenntartható fejlődésre, annak ellenére, hogy számos elmélet ezt cáfolta. Korábban a fenntartható fejlődést kizárólag a gazdasági növekedés korlátozásával látták

megvalósíthatónak (Láng, 2003). Itt alakult ki a fenntartható fejlődés három pillérén alapuló felfogása: a környezet védelme, a gazdasági fejlődés és a társadalmi egyenlőség. A későbbiekben kialakult a fenntarthatóságnak egy gyenge és egy szigorú értelmezése is a természeti, gazdasági és társadalmi tőke közötti helyettesíthetőség szerint. A fenntarthatóság megvalósulása a gazdaságban és a társadalomban nagyon lassan és szakaszosan történt. Gyakran az elméleti modellek nem kerültek megvalósításra, még akkor sem, ha a politika is gyakran használta a fenntarthatóság hangzatos hívó szavait. A fenntartható fejlődés gyakorlati megvalósulása gátjának okát legkifejezöbben Csete és Láng (2009) fogalmazta meg: „A fenntartható fejlesztés vontatott térnyerése alapvetően azzal a dilemmával magyarázható, ami az egyes emberek vagy érdekcsoportok rövid távú haszonszerzése, profithajszolása, valamint a társadalom, az emberiség megmaradásának hosszú távú érdeke között – máig feloldhatatlannak tűnően – feszül.”

A mezőgazdaság speciális nemzetgazdasági ág, mivel számos dologban elkülönül a többi gazdasági szektortól. Egyik jellegzetes tulajdonsága, hogy a mezőgazdasági termelés a természeti környezetben zajlik, kiemelkedő földhasználó így jelentős hatást gyakorol az ökoszisztémára és az ökoszisztéma a felhasználóira. Nemzetgazdasági szinten - különösen a fejlett országokban - nem képvisel jelentős súlyt (GDP, GO, foglalkoztatás stb.), de a gazdálkodáshoz inputokat szolgáltató szektorok (mezőgazdasági gépgyártás, vegyipar, gyógyszeripar, kozmetika stb.), valamint mezőgazdasági termékeket feldolgozó és forgalmazó szektorok súlya (agrobusiness) jelentősen emeli stratégiai szerepét.

A mezőgazdaság nem helyettesíthető, illetve pótolható stratégiai rangú szerepkört tölt be az élelemtermelésében, a természeti környezet és a biodiverzitás hasznosításában, óvásában, sőt gazdagításában (Csete, 2003). A mezőgazdaság fenntartható fejlesztése - multifunkcionális szerepköre miatt - kiemelten fontos. Láng (1995) így határozzák meg a fenntartható mezőgazdaságot: „*harmonizál a természeti erőforrások regenerálódásával és a környezetterhelés asszimilációs képességével. Ezzel elérhető a folyamatos, mennyiségben korlátozott, de minőségben korlátlan gazdasági növekedés – amely alapja az érdekek, törekvések érvényesítésének –, a természeti erőforrások és a tágan értelmezett környezet óvása, végeredményben az egészségesebb emberi környezet és táplálkozás, az élet minőségének javulása*”.

Kiemelt feladat a termőhely ökológiai adottságaihoz, a természeti erőforrások igénybevételéhez, ezek regenerálásához, a környezetterheléshez, a környezet

asszimilációs készségéhez igazítható tevékenység folytatása. Mindezek együtt olyan új minőséget jelentenek a gazdálkodásban, a technológiákban stb., amelyek lehetővé teszik a fenntartható agrárfejlődést. A fenntartható gazdálkodási rendszerbe illeszthető minden olyan technikai és technológiai megoldás, mely lehetővé teszi a környezeti szempontok figyelembevételét, az aktuális társadalmi igényeket és jövedelmező termelő tevékenységet biztosít. Ezek a közül a precíziós gazdálkodás, a digitalizáció, a robotizáció és a big data, melyekkel kiemelten kívánunk foglalkozni. Ezek mindegyike - külön-külön is - de főként egyszerre lehetővé teszi a fenntartható mezőgazdasági - multifunkcionális - termelést. Ezzel igazolva Raskó (2012) gondolatait, azaz olyan élelmiszertermelésre van szükség a jövőben, mely a jelenleginél jóval kevesebb természeti erőforrást (termőföldet, energiát, vizet) használ fel egységnyi termelésre vetítve, miközben számottevően több humán erőforrást (tudásalapú agrártermelés) hasznosít, s mindezt minden eddiginél alacsonyabb környezetterhelés mellett teszi.”

#### **A PRECÍZIÓS –SZÁNTÓFÖLDI- GAZDÁLKODÁS ESZKÖZRENDSZERE ÉS A DIGITALIZÁCIÓ**

A mezőgazdaságban alkalmazott gépi csúcstechnológia, valamint az infokommunikációs eszközök magas fejlettségi szintje lehetővé teszi a termelés optimalizálását és az egészséges élelmiszer-előállítás hatékonyságának növelését, ezen újítások szakszerű alkalmazása elkerülhetetlen. Ennek révén mind az alapanyag-termelés, mind a feldolgozás minősége, valamint hatékonysága nő.

Míg a szintetikus elemeket tartalmazó élelmiszerek és genetikai eljárással megváltoztatott növények a kereslet növekedésének kielégítésére szánt egyik megoldás, a gyakorlat már bizonyította, hogy a precíziós mezőgazdaság képes ugyanolyan mennyiségeket előállítani, melyek a minőségi szempontoknak is megfelelnek. Ezzel nem károsítják a környezetet, sőt -illeszkedve a fenntarthatóság követelményeihez - hozzájárul a természeti erőforrások regenerálódásához és kevésbé terheli (pl. növényvédő szerrel, vagy műtrágyával) a környezetet, ezzel biztosítva annak jobb asszimilációs készségéhez.

Az agrárinformatikai eszközök, rendszerek, szolgáltatások összessége ma kizárólag a precíziós gazdálkodási technológiához köthetők. A korszerű erő- és munkagépek fedélzeti rendszerei tartalmazzák az intelligens technológia jelentős részét, így képesek a fent említett rendszerben eredményesen helyt állni. Az agrárinformatikai rendszerek – az



automatizált fedélzeti rendszerek és digitális adatgyűjtés – ma már nemcsak a növénytermesztésben, hanem az állattenyésztésben és a kertészetben is jelen vannak. A mai korszerű üvegházak rendszerek teljesen automatizált módon működnek. A munkagépek, valamint a távérzékelés adta lehetőségek pedig elég indokot adtak a gyümölcsstermesztés, szántóföldi kertészet, valamint a szőlőültetvények helyspecifikus művelésének elterjedésére.

Ma már nemcsak a hozam adatokat jelenítjük meg helyspecifikus térképeken, hanem többek között tőszámot, művelési mélységet, tápanyag-dózsát, üzemyanyag-felhasználást stb., is. Mindezeket túl az adott talajról is képesek vagyunk számos további információt gyűjteni. Kijelenthetjük, hogy a digitalizáció eszközszerkezete a növénytermesztésben ma már jórészt rendelkezésre áll. A fejlesztések további igényeit a döntéstámogatási rendszerek alkalmazhatósága, gyakorlatban történő elterjedése veti fel. Ezeknek a szintetizációja, megvalósítása adja meg a jövőben a további innovációs lépéseket, lehetőségeket. Ezek a megoldások „azonnali” beavatkozásokat tesznek lehetővé mind a gazdálkodók, mind a döntéshozók számára. Olyan lehetőségeket vetítenek elő a jövőben, melyek képesek lesznek a piaci igényeket kielégítésére, de megoldást jelenthetnek például a meteorológiai anomáliák okozta éves hozamingadozások kiküszöbölésére (és figyelembevételére) is. A környezetvédelemben betöltött szerepük pedig egyfajta pozitív externáliaként jelentkezik, hisz az intelligens talajművelési eljárások (pl. nitrifikáció csökkentése – vízszennyezés megelőzése), kibocsátott a szennyező anyagok mennyiségét csökkentik.

Sajnos ki kell jelenteni, hogy a precíziós szántóföldi technológiák az elmúlt 20-25 évben csak részben elégitették ki az elvárásokat az ökológiai és gazdaságossági fenntarthatóság területén. Ennek az az oka, hogy nagyságrendekkel nagyobb adatbázisokra, paradigmaváltásra van szükség az ilyen sztochasztikus meteorológiai változásokkal befolyásolt alkalmazott biológiai rendszerek leírására, ill. a termékekkel kapcsolatos jellemzők előrejelzésére (*Longchamps et al., 2018*).

Az élelmiszeripar és a mezőgazdaság ma már a gépeken túl internetes hálózatokat, digitális kommunikációt, szoftver alapú rendszereket használ a termelés során. Kezdve a növénytermesztésnél a hozamtérképezés, tápanyag-kijuttatás, öntözés, növényvédelem, tárolás, élelmiszer-feldolgozáson át, a rendszer képes információs technológiákra alapozottan működni. A csúcstechnológiájú berendezésekkel, beleértve a fedélzeti számítógépeket, valamint a GPS (Global Positioning System) nyújtotta lehetőségeket a

precíziós növénytermesztéshez tudjuk felhasználni. Ez a rendszer képes nyomon követni a talajról lekerülő terményt egészen a fogyasztó asztaláig (*I. táblázat*). Az erő- és munkagépek 70-80%-át a precíziós gazdálkodáshoz is alkalmas fedélzeti rendszerekkel, technológiai elemekkel látják el Európában (*URL<sup>2</sup>*). Így a technikai-műszaki háttér rendelkezésre áll és megfelelő alapot biztosít.

Az információs rendszer alapvető háttere, feltételrendszere pedig a következő:

1) földrajzi helymeghatározó- és információs rendszer (GPS és GIS); 2) távérzékelés; 3) intelligens talajrendszer; 4) döntéstámogató modellek; 5) monitoring a vegetációs időszakban; 6) adatbányászat nagy adatrendszerekből; 7) digitalizált raktározás (betakarítás utáni feldolgozás); 8) rendszeralapú élelmiszer-feldolgozás és –csomagolás – a nyomonkövethető és egészséges élelmiszer előállítása érdekében. Tehát a precíziós gazdálkodás alapelvei válhatnak a vezető alapelvvé, mely megalapozza a tudományosan megbízható, környezeti információkra alapozott élelmiszer láncot (*Baerdemaeker, 2013*). Mindezek mellett, *Van Es és Woodard (2017)* szerint, többek között a robotok, a szenzorok, a felhőalapú adatbázis és az ezeket összekötő mobil- és szélessávú kommunikációs technológiák is rendelkezésre állnak a digitális mezőgazdaság kialakításához (*I. táblázat*).

1.táblázat: Elérhető technológiák a digitális mezőgazdasághoz (Van Es és Woodard, 2017)

*Table 1: Enable technologies for digital agriculture (Van Es és Woodard, 2017)*

Termelés környezet	Technológia típusa	Célja és előnye
Átfogó (hori-zontális) technológiák	Számítógépes döntéstámogató eszközök	Az adatok felhasználása a gazdálkodásra vonatkozó javaslatokhoz és a feladatok optimalizálásához gazdaság szinten
	Felhő	Hatékony, olcsó és központi adattárolás, elemzés és kommunikáció biztosítása
	Szenzorok	A döntéstámogatás elősegítése érdekében különböző paraméterek detektálása, gyűjtése a termőföldről és a gazdaságról
	Robotok	Hatékonyabban, minimális emberi beavatkozással látja el a feladatokat
	Digitális kommunikációs eszközök (mobil, szélessáv, LPWAN)	Lehetőséget nyújt a gyakori, valós idejű adattovábbításra (cél: döntéstámogatás)
Termőföld/tábla	Helymeghatározás (GPS, RTK)	Hatékony, olcsó, központosított adattárolás – pozicionálás
	Földrajzi információs rendszerek (GIS)	Digitális térképkészítés elsősorban a növénytermesztésben alkalmazott technológiák kijuttatási terveihez (pl. műtrágya-kijuttatási térkép)
	Hozam monitorok	A betakarítógépen található hozammérő rendszer által felvett helyspecifikus terményadatok rögzítése, a hozam táblán belüli eltérésének igazolásához
	Precíziós talajmintavétel	Nagy térbeli felbontású talajmintavétel (zónaszinten), táblán belüli talajtermékenység megállapítása
	Pilóta nélküli légi jármű (UAS/drones)	Távírányítású légi járművek (drón) használata a mezőgazdasági táblák változatosságának, detektálásának képi rögzítéséhez
	Spektrális visszaverődés	A talaj vagy a kultúrnövény fényvisszaverő képességének érzékelése műhold, repülőgép, drón vagy egyéb, közeli

	szenzorálása (közeli és távérzékelés)	eszközre szerelt szenzorok segítségével (kártevő, vadkár detektálása, termés hozam előrejelzés, tápanyag-hiány, talaj szerkezeti változók)
	Automatikus kormányzás és irányítás	Az erőgépek (robotok is) automata kormányzása, irányítása – pontosabb kijuttatás-technológiák
	Változó dóziszú (kijuttatás) technológiák	Lehetővé teszi a kijuttatási mennyiségek folyamatos adagolását, szabályzását a növényi igényeknek megfelelően, pozicionálva (vegyszerek, vetőmagok csökkentése)
	Fedélzeti rendszerek	Szántóföldi adatok gyűjtése, tárolása az erőgépeken (szenzorral/munkagéppel)
	Rádiófrekvenciás azonosítás	Az állatok egyedi teljesítményére vonatkozó adatgyűjtés, továbbítás, egyére szabott takarmányozás
Állattenyésztés	Automatizált fejlődés-, takarmányadagoló és monitoring rendszerek	Fejés és etetés automatizálása robotokkal általában az egyedi azonosítás útján szerzett biometrikus adatok alapján (munkaerő csökkentése, állatok egyedi takarmányozása)
Note: GPS = globális helymeghatározó rendszer; PWLAN = kis teljesítményű szélessávú hálózat; RTK = magas pontosságú valós idejű helymeghatározás.		

A környezetkímélő tápanyag-utánpótlás okot ad az olyan platformok használatára, melyek azonnal, akár on-line beavatkozásra is képes. Ezen eszközök fejlesztésével olyan felbontású képeket kapunk és fenológiai állapotokat nyerhetünk a növényi állományról, mely szinte percekben belüli korrekcióra ad lehetőséget. Ez a hozamok, vagy a termés minőségének javításában játszik fontos szerepet (Araus és Cairns, 2014).

**Távérzékelés:** A talajok közismerten heterogén jellegűek. Az azokon való gazdálkodás, illetve a befolyásoló környezeti faktorok nehezen kontrollálhatók és értelmezhetők. Így, egy folyamatosan monitoring alatt tartott terület eredményei, adatbázisai, akármennyire bonyolultak is, megfelelő felhasználói környezetben gazdálkodási eredményekbe fordíthatók. A probléma ennek az úgynevezett monitoring környezetnek a megalapozásával van. Mit is jelent egy ilyen rendszer? Egyáltalán milyen rendszerben

tudjuk megvalósítani? A növénytermesztésben kétségtelenül az egyik legmeghatározóbb tényező a talaj, ha eltekintünk az évjáráthatásoktól. Ez az első számú befolyásoló tényező, ami alapján döntéseket hozhatunk. Néhány pontot kiemelve, ma még vita tárgyát képezi, hogy mekkora területről, hány hektárról vegyünk talajmintát. A tábla különböző on-line és on-the-go módszerekkel feltérképezett heterogenitását vesszük alapul a mintavételnél a precíziós növénytermesztésben. VIS-NIR (Visible/Near-Infrared) szenzorral ma már a talajban vontatva, 5-10 talajváltozó térképezését teszik lehetővé PCA (Principal Component Analysis) többváltozós statisztikai eljárás alkalmazásával. A fenntartható növénytermesztésben ugyanis a bolygatatlan, taposást megelőző talajt kell előnyben részesíteni. A laboratóriumi elemzésekét felváltja majd a mintavételi, adatnyerési eljárások. Ahol pedig szükséges lesz az eljárásra, azt könnyű robotok fogják elvégezni, azonnali elemzés után beavatkozással.

A sokféle növényi fajta, hibrid közül nem választhatunk olyat, mely nem alkalmas fenológiai és fiziológiai növekedni az adott talajtípuson. Például, a talaj penetrációját a mechanikai összetétele, valamint a talaj nedvesség-tartalma határozza meg, ez összefüggésben áll még a talaj térfogattömegével... stb, mindezek együttese határozza meg a gyökér penetrációját (Nyéki *et al.*, 2013, 2017.). A növényi fenofázisokat, növekedést még ellenőrzött körülmények között is nehéz szimulálni, ugyanakkor meghatározó szerepet játszik mindezek együttese egy szárazságtűrő hibrid kiválasztásánál. A növényi növekedés, az azt befolyásoló tényezők, valamint ezek összhatása a jövőben egyre fontosabb szerepet kapnak. A vegetációs fázis folyamatos monitorozása (pl. LAI – levélfelületi index, NDVI – normalizált vegetációs index) elkerülhetlenné válik. A technológiákon túl az agronómiai fejlesztés és háttér jelenti tulajdonképpen a szűk keresztmetszetet. A talaj heterogenitást a növényi heterogenitással egyben kezelni: integrálni a vegetációs időszakbeli (időbeli) felvételeket, valamint a növényi fejlettségi szinteket (térbeli), a növényi teljesítményt az időben változó erőforrásokkal (víz, tápanyag, napfény... stb.). Erre ma a távérzékelés, valamint a növényi laboratóriumi analízis szolgál. Ezeket a kutatásban ma még együtt kezeljük, hogy a validációval további döntéseket segítsünk elő (Nyéki, 2016).

A növények monitorozásán túl a szemestermény betakarításkori összetevőire is megfelelő figyelmet kell fordítani ahhoz, hogy valódi biztonságos élelmiszer kerüljön az étkezőasztalra, a kombájnokban széleskörű mintaelemzésre szolgálnak a NIR és NIT

(near-infrared reflectance, near-infrared transfer) szenzorok. Többek között a termény nitrogén, olaj, keményítő, fehérjetartalmát is képesek meghatározni.

A távérzékelést ma már anélkül tudjuk megvalósítani, hogy az kárt okozzon. Nem bolygatja a talajt, nem károsítja a növényt, semmilyen sugárzást nem bocsát ki, mely befolyásolja növekedésüket vagy annak beltartalmi értékeit. Olyan közeli és nagyfelbontású képeket és adatokat kapunk az állományról, melyekből nemcsak az abiotikus és biotikus tényezőkre következtethetünk, de egy várható hozam is kalkulálható (mennyiségi és minőségi tényezőkkel). A fent említett agronómiai összefüggés tehát így is célba érhet. A zöldfelületi indexből fotoszintetikus aktivitást, gázcsere-folyamatokat tudunk kiszűrni, mely a talaj heterogenitásból adódóan más értékeket mutathat. A közeli távérzékelés és a képképzés öt csoportba osztható, hogy növényi felismerést alkalmazzunk: 1, VIS-NIR spektroszkópia (mely magában foglalja a multispektrális és a még kevésbé elterjedt hiperspektrális felvételezést); 2, infrared vagy termokamerás felvételezés; 3, hagyományos digitális képalkotás (RGB kamerák felvételei) (*Araus és Cairns, 2014*); 4, klorofill-fluoreszcencia szenzorok; 5, 3D szenzorok (*Oerke et al., 2014*).

A gabonafélék közül a búza, a rizs és a kukorica foglalja el a termőterületek nagyrészét és biztosítja az emberi táplálék 60%-át (*Tilman et al., 2002*). Az előbbiekre visszautalva, ma már olyan genomokat hoztak létre, melyek magas szintű ellenállóképességgel rendelkeznek, valamint olyan gyomirtószeresek vannak forgalomban, melyek nagyfokú kompetícióval bírnak a kultúrnövény mellett. Azonban az senki számára nem egyértelmű, hogy ezek a termesztési eljárások meddig fejleszthetők. A biotechnológiának és az integrált, helyspecifikus növényvédelemnek együttes szerepet kell játszania a növénytermesztésben, ahhoz, hogy megfelelő mennyiséget és minőséget legyünk képesek előállítani, ugyanis a kórokozók, gyomnövények kompetíciója és evolúciója folyamatos. Ennek megfelelően az USA-ban egy kukorica hibrid „élettartalmát” 4 évben határozták meg (*Tilman et al., 2002*).

**Növényvédelem:** Az intenzív mezőgazdasági termelésből fakadóan manapság már a kutatás is szenzorálási technológiákon alapszik. Ahhoz, hogy megbízható automatizált diagnózist kapjunk a táblán belüli kórokozók és kártevők megjelenéséről, a hagyományos technológiai elemek közé kell foglalnunk a távérzékelési automata rendszereket. A szenzorálási és az információs technológiák eljárásainak együttes kezelése olyan

lehetőséget nyújt, melyek a precíziós növényvédelem minden területét kiszolgálja. Ahhoz, hogy az optikai szenzorokkal nyert nagymennyiségű adatot információként tudjuk használni, ahhoz megfelelő adatkezelésre, statisztikai módszerekre, modellekre van szükség. A precíziós növényvédelemben ezen eszközök limitáló használata néhány fontos tényező befolyásolja: 1, a betegségek, kártevők korai stádiumában való felismerhetősége; 2, a különböző betegségek megkülönböztetése; 3, az abiotikus stressz által befolyásolt kártevők megkülönböztetése; 4, a kártevők és kórokozók tevékenységének kvantitatív meghatározása (Mahlein, 2015). Ezen összefüggések folyamatos kezeléséhez nélkülözhetetlen az adatbányászat, mely a növénytermesztési tudományokon keresztül valósítja meg az egészséges, kiváló minőségű élelmiszert. Összefoglalva, az adatok digitalizálása szempontjából három területet kell kiemelni: a mesterséges látást, a hőkamera és az ún. hiperspektrális kamera, ill. felvételezés használatát (Goel et al., 2003; Sannakki et al., 2011; Hashim et al., 2020).

**Öntözés:** Az öntözött területek nagyságának növelése gazdasági- és környezeti szempontból is elvárás. Magyarországon a vízkeresleti és vízkínálati fejlesztési cél 2030-ra 400 ezer ha öntözött terület. 2020-ban ez nem érte el a 100 ezer hektárt. A klímaváltozás negatív hatásaiból fakadóan egyre inkább szükséges az öntözés alkalmazása, hogy a termőpotenciál adta hozamokat az adott területen elérjük. Azon túl, hogy a vízszükséglet folyamatosan nő, az öntözött területek csökkenő tendenciát mutatnak. Az öntözés káros hatásokkal is bír, pl. sót, ásványi- és tápanyagokat, peszticideket... mosnak a talajba, valamint az ivóvízkészletbe. Az olyan technológiák, mint a csepegtető és a forgó öntözés már eleve csökkenti a vízfelhasználást és a szikesedést is. Kiemelt fontosságú ezen terület innovatív fejlesztése is, mert ezzel a környezet terhelés csökkenthető. Az öntözés szerepe akkor ér el a digitalizált technológiába, ha az egy döntéstámogató rendszerrel van összekapcsolva. Ebben az esetben a vízellátás automatizmus szerint működik, mely lehet naptár alapú, időzett kijuttatás-szabályzás vagy in situ mérésekből származó, azaz szenzor alapú. A talajszenzorok használata ma már széles körben elterjedt, elsősorban a talaj nedvességtartalmának, hőmérsékletének, és/vagy elektromos konduktivitás értékének meghatározásán alapszik (Mouazen et al., 2013). A precíziós növénytermesztés intenzív szántóföldi adatgyűjtést igényel, amely időben és térben változékony. A vezeték nélküli kommunikációs szenzorhálózatok (WSN – Wireless Sensor Networks) új és gyors

technológiát nyújtanak az adatgyűjtéshez, mely a táblán belüli mikroklíma jellemzőin, növényi és talajparaméterek szenzorálásán alapszik. Ezek a mérések hozzájárulnak az öntözéses gazdálkodás automatizáltságának kiépítésében (Culibrk et al. 2020). A WSN révén az öntözés időben és volumenben optimalizálható, ezzel a vízfelhasználás hatékonysága növelhető, annak ökológiai és gazdasági előnyeivel együtt (Ali, 2010).

**Robotok és drónok:** A fent bemutatott szenzorok alkalmasak kézi felvételek készítésére, kisrepülőgépen, vagy éppen drónra szerelhető munkára is; ez utóbbit megfelelő szoftverrel a növénytermesztés során előállt technológiai károk, egyes vadkárok, illetve a természeti károk területének mérésére, gyorsbecslések készítésre válnak alkalmassá (Teschner és Gombkötő, 2019).

Ma már azonban elterjedtek (elsősorban kutatási célokra) az úgynevezett „phenomobile”-ok is. A talajközeli felvételeket szolgáló eszközök képesek management zóna szinten, gyorsan, szinte azonnal feldolgozható nagymennyiségű adatokat szolgáltatni. Talajroncsolás ez esetben nem következik be, és egy kisjárművel a taposási kár is csökkenthető; így a jövőben talán a legkézenfekvőbb megoldást jelentheti a talajminták értékelésére mintavétel nélkül néhány cm<sup>2</sup> felbontásig. A teljesen automatizált, vezető nélküli, talajon alkalmazható járművek (URL<sup>1</sup>), mely bármilyen szenzorral vagy többel is kiegészítve működik. Képes növényi állomány felmérésére, valamint talajszkennelésre is.

Az elmúlt években nemcsak a szenzorok, drónok fejlődtek ugrásszerűen, de egyre nagyobb hangsúlyt kapnak a szántóföldi robotok is. Előrejelzések szerint a mezőgazdaságban, valamint az élelmiszeriparban a robotok kihasználtsága várhatóan 20% körül fog alakulni a termelésben (Sistler, 2003). A robotok széleskörű elterjedése több okra vezethető vissza: hatékonyak a termelésben, helyettesítik, vagy pótolják a szükséges munkaerőt, kialakításuk praktikus és általában könnyen hordozhatók (Suprem et al., 2013). A felsoroltak mellett alkalmasak a szántóföldön a taposási károk, talajtömörödöttség megelőzésére, szenzorok applikálására, további eszközökkel való kommunikálásra, tehát az információs technológia hordozására. Mindez azt mutatja, hogy az agrárműszaki területen is paradigmaváltás történik. Egyre jobban előtérbe kerülnek a smart, small robotok. A Fendt mezőgazdasági gépgyártó soros vetőgép helyett sorban mozgó vető robotok fejlesztésén dolgozik (Fendt Xaver). Ezek egyenként kisebb, mint 150 kg tömegűek (feltöltve a tömegük 250kg). A szállításuk egyszerűbb (hosszabb távon



majd önvezető módon a közúti közlekedésben is részt vehetnek), a talajtömörítő hatásuk pedig nagyságrenddel kisebb, mint pl. a hatsoros traktor által vontatott vetőgépeké. Egy ilyen vetőgépra sokkal rugalmasabban alkalmazkodik az adott helyen jelentkező körülményekhez (talaj, mikroklíma stb.), mint a hagyományos. A 6 robot - munka közbeni feltöltéssel - 2 ha/h teljesítménnyel működtethető.

Az előbbieken megfogalmazott eredmények is alátámasztják a tényt, hogy a növénytermesztésben alkalmazott gépi csúcstechnológiai megoldások mellett felértékelődik azon szenzorrendszerek és adattovábbítási, gyűjtési megoldások szerepe, melyek szántóföldi körülmények között is képesek a növény vegetációs időszakát „archiválni”. Az Internet of Things (IoT, dolgok, tárgyak internete) technológia az ötödik ipari forradalomnak is tekinthető, mivel először alapvető változást hozott nagy ipari vállalatoknál a termelési lánc figyelemmel kísérésében és a minőségbiztosításban. A technika alkalmazásával nem csak az összefüggések feltárására lesz lehetőség, amelyekre a megfelelő adatbázis és modellezési módszerek eddig nem voltak alkalmasak, hanem ez a rendszer képes megjósolni a változásokat. Az IoT globális számítógépes hálózatok rendszere. "Minden, ami mindenhez kapcsolódik" ez azt jelenti, hogy élő és élettelen "tárgyak" kapcsolatba kerülnek egymással. Az egyénekről az érzékelők (szenzorok) adnak információt. Ezek az érzékelők programozhatók, elemezni tudják a jelet, és ezeket az információkat egyaránt érzékeli és továbbítja (Nyéki et al., 2020a, 2020b).

**Big data:** A technológia ma már készen áll arra (viszonylag gyors eljárással), hogy nagymennyiségű adatot halmozzon fel. A szűk keresztmetszetet azonban a big data rendszerek, valamint az adatbányászat (data mining) jelenti. A feladat ma már az, hogy információt nyerjünk vissza a „magas/sokdimenziójú” adathalmazokból, a precíziós mezőgazdaságnak talán ez a legkritikusabb pontja. A térbeli, időbeli, magas paraméterszámú, több terabájtnyi, szenzorokból nyert adatot információvá alakítsunk, majd az a döntéshozásban megfelelő helyre kerüljön (egyébként szintén időben és térben) még számos feladat elé állítja a kutatókat. Azon modellek és döntéshozásban alkalmas rendszerek kiválasztása, az adatok szintetizálása, mely viszonylag rövid időn belül a leghatékonyabb választ tudja nyújtani. Olyan fejlett, intelligens technológiát igényel, mely nemcsak a hagyományos statisztikai elemzési és modellezési feladatokat látják el. *Kamilaris et al. (2017)* 34 különböző tanulmányt foglal össze a big data elemzésekről, különböző modellezési eljárásokat, algoritmoskat alkalmazva. Bemutatja azt, hogy

milyen problémák abszolválását tették lehetővé a mezőgazdaságban, valamint, hogy milyen adatokat használtak fel, milyen dimenzióban. Ezek a modellek ma már alkalmasak arra, hogy műholdképek, helyspecifikus talajvizsgálati adatok, technológiai paraméterek, meteorológiai változók figyelembevételével sorrendbe állítsák a hozamokat leginkább befolyásolóbb termelési változókat (Nyéki et al., 2019).

## ÖSSZEFOGLALÁS

A precíziós mezőgazdaság technológiája a környezetbarát és fenntarthatósági követelményeknek eleget tevő gazdálkodási gyakorlat. A folyamatos monitoringnak köszönhetően a termelést és a különböző technológiai beavatkozásokat valós időben és helyspecifikusan képes megoldani. A technológia eszközrendszere kínálja információs rendszerek olyan adatbázisokat generálnak, mely megalapozza a nyomon követhető élelmiszer-alapanyag ellátást. Ez a rendszer az energia- és anyagfelhasználás optimalizálás révén nem csak környezetkímélő és fenntartható, de a termelés gazdaságosságát, jövedelmezőségét is növeli. Az informatika adta lehetőségek képesek összekötni a fogyasztót, egészen az alapanyag-termelőig, ezáltal a leghosszabb termékpályák is azonosíthatóvá válnak. Ezentúl, a szabályozási környezet a digitalizált mezőgazdasággal képes lesz a gazdasági hatásokat is egyértelművé tenni, adott esetben beavatkozást eszközölni, a döntéshozókat korrekt adatokra alapozott eredményekkel támogatni. Ezek összessége garantálhatja a fenntartható mezőgazdaság és élelmiszeripar gyakorlati megvalósulását, ahol a gazdasági, a társadalmi és a környezeti szempontok is megfelelő súllyal érvényesülnek. Az agrárdigitalizáció eredményeként létrejövő adathalmazok (mezőgazdasági big data) fokozzák a precíziós termelés hatékonyságát és segítenek feltárni háttér összefüggéseket, melyek közreműködésével növelhető a hatékonyság, fokozható a termelés biztonsága és a termék minősége. Ezek együttesen garantálhatják a jövedelmezőbb, fenntarthatóbb termelés lehetőségét.

## **KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS**

A cikkben szereplő kutatásokhoz a „Tématerületi Kiválósági Program 2020 (2020-4.1.1-TKP2020) – Nemzeti Kihívások alprogram – Komplex Precíziós Növénytermesztési Kutatások a Széchenyi István Egyetemen (TKP2020-NKA-14)” biztosított forrást.

## **SUSTAINABLE AGRICULTURAL DEVELOPMENT WITH PRECISION AGRICULTURE AND DIGITALISATION TOOLS**

NYÉKI ANIKÓ – NEMÉNYI MIKLÓS – TROJÁN SZABOLCS

Széchenyi István University  
Faculty of Agricultural and Food sciences

The article discusses how can apply information technology (IT) (digitisation) in the "soil to fork" approach? How is IT changing the paradigm of food production? How will food production change to meet future challenges as a result of digitalisation? What will be the conditions for producing traceable, healthy and sufficient quantity food? Therefore, what are the data need the farmers? What is the key factor in decision-making? What added value (e.g. healthy, traceable food) are the farmers – with precision agriculture and digital tools – producing? Precision farming is the most efficient farming practices for sustainability. So, nowadays we have to talk about digitalised precision agriculture, what can manage the production based on soil to fork policy. The main aim is the fully automated crop production with big data decision support, automatic communication and minimized human interaction. The efficiency of natural resource management allow the healthier food production and more balanced ecological system.

**Keywords:** sustainability, digitalisation, precision agriculture, crop production and food industry

**IRODALOM**

*Ali, M.H.* (2010): *Fundamentals of Irrigation. Springer and On-farm Water. Management: Volume 1.* Springer

*Araus, J. L. – Cairns, J. E.* (2014): Field high-throughput phenotyping: the new crop breeding frontier. *Trend sin Plant Science.*

*Baerdemaeker, J. D.* (2003): Precision Agriculture Technology and Robotics for Good Agricultural Practice. *IFAC Proceedings.* Vol. 46, pp. 1-4. <https://doi.org/10.3182/20130327-3-JP-3017.00003>

*Brundtland, G. H., – Khalid, M.* (1987). *Our common future.* Oxford University Press, Oxford, GB.

*Culibrk, D. – Vukobratovic, D. – Minic, V. – Fernandez, M. A. – Osuna, J.A. – Crnojevic, V.* (2020): Sensing technologies for precision irrigation. Springer.

*Csete L. – Láng I.* (2009): A vidék fenntartható fejlődése: a vidék fejlődésének fenntarthatósága-hétköznapi megközelítésben. MTA Történettudományi Intézet-MTA Társadalomkutató Központ

*Csete L.* (2003): Az agrárgazdaság fenntartható fejlesztése Johannesburg után az EU előtt. *Gazdálkodás, Scientific Journal on Agricultural Economics*, 47(80-2016-955), 13-25.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). *FAO Statistical Databases* <<http://apps.fao.org/>> (2001).

*Goel, P.K.* et al. (2003): Potential of airborne hyperspectral remote sensing to detect nitrogen deficiency and weed infestation in corn. *Computer and Electronics.* Vol. 38.

*Hashim, I.C.* et al. (2020): Application of thermal imaging for plant disease detection. 10TH IGRSM INTERNATIONAL CONFERENCE AND EXHIBITION ON GEOSPATIAL & REMOTE SENSING. Oct.20-21, Malaysia

*Kamilaris, A. – Kartakoullis, A. – Prenafeta-Boldú, F.X.* (2017): A review on the practice of big data analysis in agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture.* Vol 143, pp. 23-27. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compag.2017.09.037>

*Láng I.* (1995): Az agrárgazdaság fenntartható fejlődésének tudományos megalapozása. *AGRO-21” Füzetek–Az agrárgazdaság jövőképe*, 12, 5-124

- Longchamps, L. – Tremblay, N. – Panneton, B.* (2018): *Observational Studies in Agriculture: Paradigm Shift Required* Proceedings of the 14th International Conference on Precision Agriculture. June 24 – June 27, 2018 Montreal, Canada,
- Mahlein, A.-K.* (2015): Plant disease detection by imaging sensors – parallels and specific demands for precision agriculture and plant phenotyping. *The American Phytopathological Society*. pp. 241-251.
- Mouazen, A.M. – Alhwaimw, S.A. – Kuang, B. – Waine, T.W.* (2013): Fusion of Data from multiple soil sensors for the delineation of water holding capacity zones. *Precision Agriculture'13. Proceedings. 9th European Conference on Precision Agriculture*. Lleida, Spain. 2013. 745-751.
- Nyéki A. – Kerepesi Cs. – Daróczy B. – Benczúr A. – Milics G. – Kovács, A. J. – Neményi, M.* (2019): Maize yield prediction based on artificial intelligence using spatio-temporal data. [In: *Stafford, J.V. (ed.), Precision Agriculture '19*]. 1011–1017.
- Nyéki A. – Milics G. – Kovács A. J. – Neményi, M.* (2013): Improving yield advisory models for precision agriculture with special regards to soil compaction in maize production. [In: *Stafford, J. V. (eds.) Precision Agriculture'13*]. 443–448. <https://doi.org/10.3920/978-90-8686-778-3>
- Nyéki A. – Milics G. – Kovács A. J. – Neményi, M.* (2017): Effects of soil compaction on cereal yield: review. *Cereal Research Communications*. 45. 1: 1–22. <https://doi.org/10.1556/0806.44.2016.056>
- Nyéki A. – Neményi M. – Teschner G. – Milics G. – Kovács A. J.* (2020a): Application possibilities and benefits of IOT (Internet of Things) in agricultural practice. *Que vadis IoT? Hungarian Agricultural Engineering*. Vol. 37., pp. 90-96. <http://doi.org/10.17676/HAE.2020.37.90>
- Nyéki A. – Teschner G. – Ambrus B. – Neményi M. – Kovács, A. J.* (2020b): Architecting farmer-centric internet of things for precision crop production. *Hungarian Agricultural Engineering*. Vol. 38., pp. 71-78. <http://doi.org/10.17676/HAE.2020.38.71>
- Nyéki A.* (2016): Relationship between precision crop production and sustainable agriculture. PhD Thesis. Széchenyi István University. Mosonmagyaróvár.
- Oerke, E. C. – Mahlein, A.-K. – Steiner, U.* (2014): Proximal sensing of plant diseases. PP. 55-68 in: *Detection and diagnostic of plant pathogens, Plant Pathology in the 21st Century*. M. L. Gullino and P. J. M. Bonants, eds. Springer Science and Business Media, Dordrecht, the Netherlands.

- Raskó G.* (2012): A jövő mezgazdasága, a mezgazdaság jövője. *Agrofórum* 2012/02, 5-13.
- Sannakki, S.S.* et al. (2011): Leaf Disease Grading by Machine Vision and Fuzzy Logic. *Int. J. Comp Tech. Appl.* Vol.2
- Sistler, F.* (2003): Robotics and intelligent machines in agriculture, *IEEE Journal of Robotics and Automation*, *IEEE Robotics and Automation Society* 3 (1) 3–6
- Suprem, A. – Mahalik, N. – Kim, K.* (2013): A review on application of technology systems, standards and interfaces for agriculture and food sector. *Computer Standards and Interfaces*. Vol. 35, pp. 355-364.
- Stafford, D. J.* (2019). *Precision agriculture for sustainability*. Burleigh Dodds Science Publishing Limited. London, UK.
- Szőke, V. – Kovács, L.* (2020). Mezőgazdaság 4.0 – relevancia, lehetőségek, kihívások. *Gazdálkodás*. 64 (4): 289-304.
- Teschner G. – Gombkötő N.* (2019): Színfelismerés alkalmazásának lehetőségei szántóföldi növénytermesztésben. *MAGYAR INTERNETES AGRÁRINFORMATIKAI ÚJSÁG* 22 : 245 pp. 1-18.
- Tilman, D. – Cassman, K. G. – Matson, P. A. – Naylor, R. – Polasky, S.* (2002): Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*. Vol 418, pp. 671-677.
- Tilman, D. – Fargione, J. – Wolff, B. – D'Antonio, C. – Dobson, A. – Howarth, R. – Schindler, D. – William, H.* (2001): Forecasting Agriculturally Driven Global Environmental Change DOI: 10.1126/science.1057544, *Science* 292 (5515), 281-284.
- Van Es, H. – Woodard, J.* (2017). Innovation in Agriculture and Food Systems in the Digital Age. *The Global Innovation Index 2017: Innovation Feeding the World* (Ithaca, NY; Fontainebleau; Geneva). 97–104.
- URL<sup>1</sup>: [http://www.hiphen-plant.com/plant-phenotyping/products/phenomobile\\_40.html](http://www.hiphen-plant.com/plant-phenotyping/products/phenomobile_40.html)  
Letöltés dátuma: 2021.06.12.
- URL<sup>2</sup>: <https://www.cema-agri.org/> Letöltés dátuma: 2021.05.22.

*A szerzők levélcíme – Address of the authors:*

Nyéki Anikó – Neményi Miklós – Troján Szabolcs

Széchenyi István Egyetem Mezőgazdasági- és Élelmiszertudományi Kar,

H-9200 Mosonmagyaróvár, Vár tér 2.

E-mail: nyeki.aniko@sze.hu, nemenyi.miklos@sze.hu, trojan.szabolcs@sze.hu,

# **SZEMLE**





## NÖVÉNYVÉDŐ SZEREK ÉS NÖVÉNYVÉDŐSZER KEVERÉKEK HATÁSA A KÖRNYEZETRE

KOLEJANISZ RITA<sup>1,2</sup> – ÁBRAHÁM RITA<sup>1</sup> – VÉRTESI ADÉL<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Széchenyi István Egyetem Mezőgazdasági –és Élelmiszertudományi Kar  
Mosonmagyaróvár

<sup>2</sup>Toxi-Coop Zrt. Toxikológiai Kutatóközpont, Balatonfüred

### ÖSSZEFOGLALÁS

A mára mindennapjaink részét képező vegyi anyagok egy jelentős csoportját alkotják a növényvédő szerek, amelyek mezőgazdaságunk jelenleg nélkülözhetetlen eszközei. A mezőgazdasági felhasználással párhuzamosan a környezetre gyakorolt hatásaik vizsgálata egyre nagyobb szerepet kap. A növényvédő szer hatóanyagok (számuk százas nagyságrendű) több vegyi és funkcionális osztályba sorolhatók, és a hatóanyagok mellett az egyéb segédanyagokról sem szabad elfeledkeznünk. Az egyes hatóanyagok egyedi toxicitásának vizsgálata így mára már nem elegendő, mivel ezek a környezetben szinte minden esetben egymással keveredve vannak jelen. Sőt, a célszervezetek érzékenységének csökkenése és ellenálló képességének növekedése miatt a növényvédelmi gyakorlatban egyre több olyan készítményt használnak, amelyek két vagy három hatóanyagot is tartalmaznak a megfelelő hatás biztosításának érdekében. A különböző növényvédő szereket a kijuttatás előtt a helyszínen is keverhetik. Így a környezetbe kerülő szerek és hatóanyagok sok esetben már a kijuttatás előtt keverednek egymással. Ennek eredményeként a talajban, vizekben és levegőben már számtalan különböző szer és hatóanyag van jelen különböző koncentrációkban. Mivel az egyedi és a keverék toxicitás sok esetben jelentősen eltér, ezért a környezeti toxicitás értékelésénél egyre fontosabb szempont az együttes hatások mechanizmusának felderítése és azok komplex szemléletű értékelése.

**Kulcsszavak:** növényvédő szer, antagonista, szinergista additív, keverék

## BEVEZETÉS

Napjainkban a környezetterhelés által veszélyeztetett vízi- és a szárazföldi ökoszisztémák stabilitásának fenntartása az emberiség egyik legfontosabb feladata. Ezért a terhelésért pedig többek között az agráriumban használt műtrágyák és növényvédő szerek (peszticidek) tehetők felelőssé. A peszticideknek több részhalmaza van. Megkülönböztetünk herbicideket (gyomirtó szerek), fungicideket (gombaölő szerek) és rovarölő szereket (inszekticidek) stb. (*Darvas és Székács, 2006*).

A vegyi anyagok kártevőirtásban való használatának egyik fő kihívása a célszervezetek csökkenő érzékenysége (*Hemingway and Ranson, 2000, Casida and Durkin, 2013*). Ez a probléma elsőként a DDT és a piretroidok rovarok idegsejtjeinek Na-csatornáira gyakorolt hatásának esetében, illetve az organofoszfátok és metilkarbamátok acetilkolin-észterázra kifejtett hatásainak változásában jelentkezett (*Casida 2017*). A növényvédelmi gyakorlatban ennek következményeként egyre nő a két vagy több hatóanyagot tartalmazó szerek használata a megfelelő hatás elérése érdekében.

## TANKKEVERÉKEK

A peszticidek nem csak önmagukban juttathatók ki, hanem keverhetők és együtt is alkalmazhatók vagy akár más, pl. termésnövelő anyagokkal (folyékony műtrágyákkal, lombtrágyákkal stb.) együtt is kijuttathatóak. Ezeket az elegyeket a szakirodalom tankkeveréknek nevezi. A tankkeverékeket kettő vagy több peszticid összekeverésével állítják elő és így juttatják ki a növénykultúra védelme érdekében. A tankkeverékek alkalmazása a gyakorlatban költséghatékony, ha összevetjük azzal az esettel, amikor csak egy szert juttat ki a mezőgazdasági szakember, hiszen munkaműveletet, időt és üzemanyagot takarít meg a gazdálkodónak és csökkenti az amortizációt. A növényvédő szerek azonban egymás hatásait is befolyásolhatják akár szinergista vagy additív, más esetben pedig antagonista módon (*Tornisielo et al., 2013*). A peszticidek egymás hatásainak befolyásolásáról megannyi publikáció született, például a glifozát gyomirtó szer esetén (*Vidal és mtsai., 2003; Shaw és Arnold, 2002; Selleck és Baird, 1981*). Néhány példát említve, a glifozát 2.4-D-vel, saflufenacillal vagy imazetapirral keverve (herbicid-herbicid keverékek), kommelínafélék (*Commelina benghalensis, Commelina villosa*) esetében additív hatást mutat (*Martins és mtsi 2012*). A glifozát lambda-cihalotrinnal

vagy lufenoronral együtt kijuttatva (herbicidek-ínszekticidek keverék) szinergista, míg klórpifosszal, vagy triflumoronnal (ugyancsak herbicidek-ínszekticidek) együtt kijuttatva additív kölcsönhatást mutat (Petter és mtsi. 2007).

## KEVERÉKEK TOXICITÁSA, KÖLCSÖNHATÁSOK

A vegyi anyagoknak a világszerte történő használata következtében a környezet, ezáltal az emberek is folyamatosan ki vannak téve a növényvédő szereknek, illetve a szerek különböző kombinációinak. A környezeti és a humán egészségügyi kockázatértékelés során a hosszú távú, kis dózisoknak való kitettséget és a különböző peszticidek között jelentkező kölcsönhatásokat is figyelembe kell vennünk (Hernández et al., 2017).

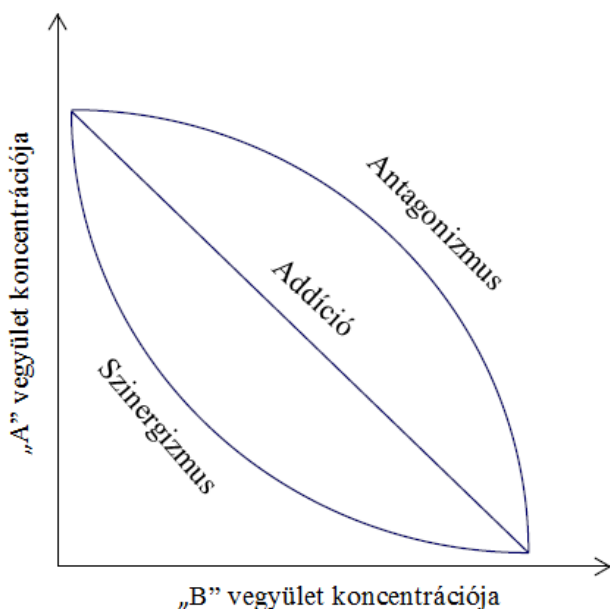
A kölcsönhatások elnevezéseire az irodalomban többféle elnevezés is létezik, de leggyakrabban az antagonizmus, szinergizmus és addíció kifejezésekkel találkozunk (1. ábra). Az antagonizmus esetében például korábban olyan kifejezések, mint pl. a depotenciáció, deszenzitizáció, infraadditivitás, szubadditivitást, negatív szinergia is használatosak voltak. Emiatt szükséges volt egy egységes terminológia a toxikológiai kölcsönhatások leírására (Rodea-Palomares et al 2015). Több hatás pontosabb definiálásra került, ilyenek a következők is.

Nincs nyilvánvaló befolyás (amikor egy szervrendszerre nem toxikus komponens nem befolyásolja egy másik komponens toxicitását az adott szervrendszerre); szinergizmus (ha a keverék hatása nagyobb, mint az összetevők toxicitása alapján becsült összeadódó toxicitás); potencírozás (ha egy komponens, amely nem gyakorol toxikus hatást az adott szervrendszerre, növeli egy második vegyi anyag hatását az adott szervrendszerre); antagonizmus (ha a keverék hatása kevesebb, mint az összetevők toxicitása alapján becsült additív hatás); gátlás (amikor egy komponens, amely nem gyakorol toxikus hatást egy bizonyos szervrendszerre, csökkenti a második vegyi anyag nyilvánvaló hatását az adott szervrendszerre), és elfedés (amikor az összetevők ellentétes vagy funkcionálisan versengő hatást fejtenek ki ugyanazon szervezetre, és csökkentik egymás hatásait, vagy az egyik felülbírálja a másik hatását) (Mumtaz and Hertzberg, 1993, Hertzberg et al., 1999, ATSDR 2004).

A keverékben lévő különböző peszticidek közötti biológiai kölcsönhatások a relatív dózisszintek, az időzítés, az expozíció időtartama és a biológiai célok függvényében

változhatnak (Hernández et al., 2017). Így a reális és pontos kockázatértékeléshez fontos figyelembe venni az interakciókat és azokat beépíteni a keverékek toxicitási értékelésébe.

Az interakciók toxikokinetikus vagy toxikodinamikus szinteken fordulhatnak elő. A toxikokinetikus kölcsönhatások akkor jelentkeznek, amikor egy kémiai anyag megváltoztatja egy másik vegyület felszívódását, eloszlását, metabolizmusát vagy eliminációját, ami az utóbbi vegyület aktív formájának belső dóziséját növeli (2. ábra). A toxikodinamikus interakciók ugyanazon toxicitási útvonal különböző célhelyein fordulnak elő (SCHER et al. 2012; Kienzler et al., 2014). Amikor az interakció ugyanazon a receptor helyen történik, az általában antagonizmushoz vezet (Reffstrup et al., 2010).

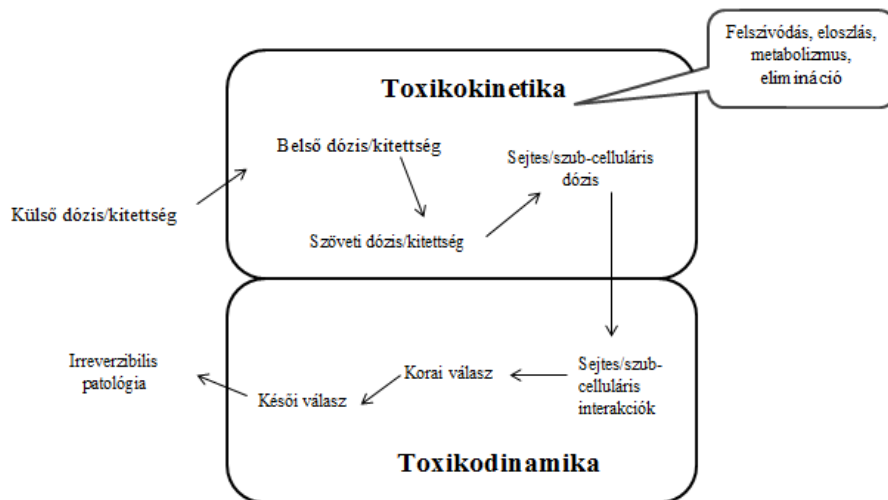


1. ábra Toxikológiai interakciók (Hernández et al., 2017)

Figure 1: Toxicological interactions (Hernández et al., 2017)

Az x és az y tengelyek tükrözik az egyes komponenseket egy bináris keverékben. Az izobol egy vonal vagy egy görbe az egy komponensek azonos hatásai között. Az egyenes az jelenti, hogy a két anyag („A” és „B”) additív hatással rendelkezik. Szinergizmus esetén a két komponens együttes hatása nagyobb, mint azt a komponensek egyedi hatásainak összegzéséből vártunk, ez konkáv görbét eredményez. Ezzel ellentétben az antagonistikus kölcsönhatás azt jelzi, hogy a keverék teljes hatása kisebb, mint az egyes

összetevők egyedi hatásának összege, ami pedig konvex görbét eredményez. (Berenbaum, 1989)



2.ábra A toxikokinetikus és a toxikodinamikus útvonalak együttesen befolyásolják a toxicitást

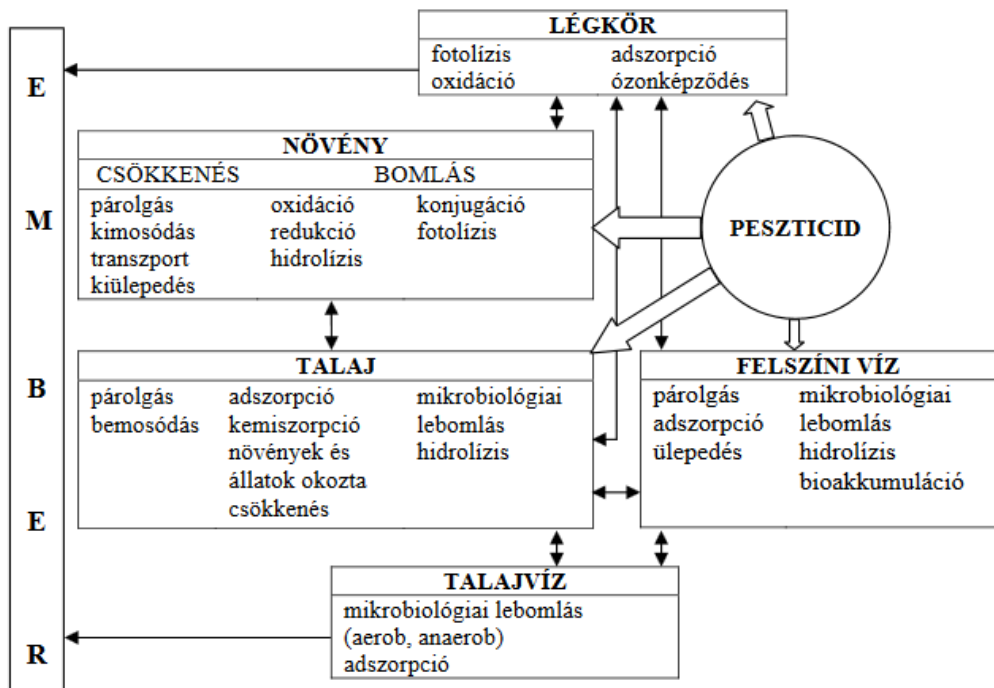
Figure 2: Toxicokinetic and toxicodinamic pathways together influence toxicity

Amikor különböző peszticidek ugyanazon molekuláris/sejtes útvonalakon hatnak, toxikodinamikus kölcsönhatás léphet fel függetlenül attól, hogy a biokémiai útvonalak közvetlenül vagy egyáltalán nem vesznek részt a vegyi anyag kritikus toxikus eseményében. Ezen túlmenően, ha két peszticid ugyanazon a reakcióúton különböző biokémiai folyamatokra hat, additív válasz is előfordulhat (Hernández, 2017). Ez akkor történhet meg, ha az egyik vegyület megzavarja a DNS-helyreállító rendszert, és a második kémiai vegyület pedig károsítja a DNS-t. Együttes expozíció esetén a nettó hatás lehet a sejtek növekedése, amelyekben a DNS-károsodás a felelős a toxicitásért (US-EPA 2007).

**NÖVÉNYVÉDŐ SZEREK A TALAJBAN, VIZEKBE ÉS A LEVEGŐBEN**

A különböző készítmények, amelyeket a növényvédelem során kijuttatunk csak részben érnek célt, azaz kerülnek a célzott kultúrnövényre. Egy részük, repülőgépes permetezés esetén akár nagy hányaduk, elsodródik a szomszédos növénytáblára vagy messzebb. A növényvédő szerek célt érő, kultúrnövényre kerülő részének sorsa többféle lehet: megcsuroghat (ha kelleténél több vízzel jutatták ki, vagy túl nagy a permetlé felületi feszültsége), elpárologhat, felszívódhat vagy lemosódhat (ha a permetezést elbomlási időn belül eső követi) (*Darvas és Székács, 2006*). A növényvédő szerek megjelenése a vizekben tehát helyes mezőgazdasági gyakorlat mellett is előfordul. Ezen kívül azonban a nem megfelelő kezelés, esetleg ipari vagy mezőgazdasági balesetek is okai lehetnek a peszticidek vizekben való jelenlétének. A helyes gyakorlat melletti kijuttatáskor a következő tényezők játszanak szerepet abban, hogy a peszticidek milyen arányban kerülnek a felszíni és a felszín alatti vizekbe.

Az esővíz bemossa a talajba, illetve a telítetlen rétegen keresztül a talajvízbe. A kezelt területekről (növényekről és talajokról) gravitációs úton (lefolyik) bejut a felszíni vizekbe, illetve ha lehetséges, a tározókba. A felszíni vizek közvetlen szennyeződnek a vegyszerek elsodródása által, a peszticidek felhalmozódnak a csapadék által és egyéb atmoszférából történő kiülepedéssel. (*Deutsche Forschungsgemeinschaft, 1990*). A talajra kerülő anyagok kötődhetnek a talaj felső zónájához, jó vízdoldhatóság esetén viszonylag gyorsan eljuthatnak a talajvízbe, innen pedig az élővizekbe, ivóvizünkbe. Abban az esetben, ha a peszticid kis vízdoldhatósággal és kötődési hajlammal, valamint lassú lebomlási képességgel rendelkezik a talajban, lassan vándorolni kezd a mélyebb rétegek, illetve a talajvíz felé (*Darvas és Székács, 2006*).



3.ábra: A növényvédő szerek és az ökoszisztéma kölcsönhatása (Beitz et al., 1994)

Figure 3: Interaction between plant protection products and ecosystems (Beitz et al., 1994)

#### A KEVERÉKEK KOMBINÁLT HATÁSAINAK KOCKÁZATÉRTÉKELÉSI MEGKÖZELÍTÉSEI

Az egyes vegyi anyagok egyedi toxicitásának értékelésével nem becsülhetők meg megfelelően a vegyi anyag keverékek kombinált káros hatásai, ezért ezek toxicitásának értékeléséhez többféle kockázatértékelési módszert fejlesztettek ki. Ilyen módszer a kumulatív kockázatértékelés is, ami a keverékben jelen lévő vegyi anyagok egyedi toxicitás értékeinek összeadódását feltételezi keverék esetében. A vegyi anyagok különböző kombinációi, az expozíciós minták és a komplex kölcsönhatások nagy száma azonban nem teszi lehetővé az összes lehetséges kombináció tesztelését, és a keverékek toxicitására vonatkozó kísérleti adatok sok esetben nem állnak rendelkezésre. Ennek megfelelően a prediktív modelleknek foglalkozniuk kell az egyidejű és egymást követő expozícióval a keverékek esetében (Raies és Bajic 2016).

A vegyi anyag keverékek kombinált expozíciójának vizsgálatokor fennáll annak a veszélye, hogy a kockázatokat alul- vagy túlbecsüljük. Számos tényező vezethet a kockázatok túlbecsléséhez, különösen azok a konzervatív megközelítések, melyek szerint minden vegyi anyag keverék az összetevők együttes hatását eredményezi, vagy pedig az összes vegyi anyagnak való egyidejű kitétséget feltételezi, illetve a kitétség minden vegyi anyag esetében egy időben és magas koncentrációban megy végbe. Ezzel szemben sok tényező okozhatja akár a kockázatok alulbecslését is. A kockázatok alulbecslése abban az esetben fordulhat elő, ha korlátozott ismeretek állnak rendelkezésünkre a keverékben található vegyi anyagokról vagy a keverék értékelésekor nem vesszük figyelembe az összes keverékben jelen lévő vegyi anyagot és nem számolunk azok egymásra gyakorolt hatásaival. Továbbá a kockázatokat abban az esetben is alulbecsülhetjük, ha nem vesszük figyelembe az anyavegyületnél toxikusabb metabolitokat vagy a lehetséges szinergista hatásokat és esetleg csak a hatások összegződésével számolunk (*Bopp et al. 2016*).

A keverékek kockázatainak értékelésénél alapvetően két fő megközelítés alkalmazható. Az első megközelítés szerint a keveréket vizsgáljuk (felülről lefelé történő megközelítés), a második esetben pedig a keverék egyes alkotóelemeit teszteljük egyesével (alulról felfelé irányuló megközelítés). Ezek után pedig a keverékkel, illetve az adott vegyületekkel kapcsolatos ismeretek és bizonytalanságok alapján megfogalmazhatjuk feltételezéseinket a kockázatokat illetően (*Quignot et al., 2015*).

Gyakoribb megközelítés az egyes összetevők toxicitási kockázatának egyedi mérlegelése, amelyet matematikai modellezés követ a lehetséges együttes hatás előrejelzése céljából. Ebben az esetben viszonylag sok információra van szükségünk a keverék összetevőiről, azok koncentrációjáról, hatásmechanizmusáról stb. Az esetlegesen hiányzó információk becslésére is lehetőség van különböző modellek segítségével (*Kienzler et al. 2014*). Ilyenek az SAR és a QSAR modellek. A szerkezet-aktivitási összefüggés (SAR) és a mennyiségi szerkezet-aktivitási összefüggés (QSAR) modellek - együttesen (Q)SAR modellek - olyan matematikai modellek, amelyek vegyületek fizikokémiai, biológiai és környezeti sorsra vonatkozó tulajdonságainak becslésére használnak a kémiai szerkezetük ismeretében. Ezek a modellek ingyenesen vagy kereskedelmi szoftverként érhetők el (<https://echa.europa.eu>). Számos olyan (Q)SAR modell áll rendelkezésre, amely a vízi szervezetekre gyakorolt toxicitást becsüli pl: ECOSAR (US EPA), (Q)SAR



alkalmazási eszközkészlet (OECD), dán (Q)SAR adatbázis, DEMETRA (EU), TOPKAT (EFSA 2013).

A rendelkezésre álló egyre növekvő adatmennyiség lehetővé teszi ezen modellek folyamatos fejlesztését és pontosítását. Így a jövőben ez is segíthet abban, hogy közelebb kerüljünk a környezetben előforduló különböző vegyi anyagok közötti interakciók és ezek környezeti hatásainak megértéséhez.

## **EFFECT OF THE PECTICIDES AND PESTICIDE MIXTURES ON THE ENVIRONMENT**

RITA KOLEJANISZ <sup>1,2</sup> – RITA ÁBRAHÁM <sup>1</sup> – ADÉL VÉRTESI <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Széchenyi István University, Faculty of Agricultural and Plant Sciences, Department of Plant Sciences, Mosonmagyaróvár

<sup>2</sup>Toxi-Coop Zrt. Toxikológiai Kutatóközpont, Balatonfüred

### **SUMMARY**

Nowadays the pesticides (a group of chemicals) are the part of our everyday live. They are essential tools for our agriculture. In parallel, with the usage in agriculture, the effect on the environment is getting more and more attention. The active ingredients of pesticides (there are hundreds of them) can be divided into several chemical and functional classes; furthermore, beside the active ingredients we must not forget the excipients. The examination of unique toxicity of the certain active substances is insufficient today, since in the environment they appear mostly in a mixture. Moreover, due to decrease of the sensitivity and increase of the resilience of the target organisms, in practice more and more products are used, which contain more and more active ingredients for the proper effect. Several pesticide products are going to be mixed in the tank just before application. Thus, the chemicals and active ingredients often are mixed before the application and applied to the environment in mixed form. As result in the soil water and air there are present numerous compounds in different concentrations. The unique and mixture toxicity can be significantly different; therefore, at the evaluation of

environmental toxicity is an increasingly important aspect to explore the mechanisms of the combined effects and their evaluation from a complex perspective of view.

**Keywords:** toxicity, pesticide, antagonism, synergism, additive effect, mixture.

## FELHASZNÁLT IRODALOM

*Beitz H., Schmidt H., Herzel F. (1994):* Occurrence, Toxicological and Ecotoxicological Significance of Pesticides in Groundwater and Surface Water, in *Pesticides in Ground and Surface Water* (eds H. Börner) Vol. 9, Springer-Verlag, Berlin.

*Bopp SK, Kienzler A, van der Linden S, Lamon L, Paini A, Parissis N, Richarz AN, Triebe J, Worth A (2016):* Review of case studies on the human and environmental risk assessment of chemical mixtures. EUR 27968 EN.

*Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit: Tank mixes in the authorisation procedure for plant protection products mixtures (2015).*

*Casida, J. E.; Durkin, K. A. (2013):* Neuroactive insecticides: targets, selectivity, resistance, and secondary effects. *Annu. Rev. Entomol.*, 58, 99–117.

*Casida J. E. (2017):* Pesticide Interactions: Mechanisms, Benefits, and Risks. *J. Agric. Food Chem.*, 65: 4553–4561.

*N. Cedergreen (2014):* Quantifying Synergy: A Systematic Review of Mixture Toxicity Studies within Environmental Toxicology, *PLoS One* 9 (5) (2014) e96580

*Deutsche Forschungsgemeinschaft (1990):* Pflanzenschutzmittel im Trinkwasser Mitteilung XVI der Kommission für Pflanzenschutz-, Pflanzenbehandlungs- und Vorratschutzmittel. Verlag Chemie Weinheim. In *Solymsné: Növényvédő szer hatóanyagok koncentrációjának meghatározása különböző SPE módszerek alkalmazásával felszín alatti és felszíni vízmintákból* PhD értekezés 2006.

*Darvas B., és Székács, A. (2006):* Mezőgazdasági ökotoxikológia. L'Harmattan Kiadó, Budapest.

*European Food Safety Authority (EFSA) (2013):* Guidance on tiered risk assessment for plant protection products for aquatic organisms in edge-of-field surface waters. EFSA Panel on Plant Protection Products and their Residues, published on 5 August 2013.

*Helyerenbaum MC (1989):* What is synergy? *Pharmacol. Rev.* 41:93–141

*Hemingway, J.; Ranson, H. (2000):* Insecticide resistance in insect vectors of human disease. *Annu. Rev. Entomol.* 45, 371–391.

*A. F. Hernández, F. Gill, M. Lacasana (2017):* Toxicological interactions of pesticide mixtures: an update. *Arch. Toxicol.* 91:3211–3223

*Hertzberg, R.; Rice, G.; Teuchler, L.K. (1999):* Methods for health risk assessment of combustion mixtures. In *Hazardous Waste Incineration: Evaluating the Human Health and*

*Ismael Rodea-Palomares , Miguel González-Pleiter , Keila Martín-Betancor , Roberto Rosal and Francisca Fernández-Piñas (2015):* Additivity and Interactions in Ecotoxicity of Pollutant Mixtures: Some Patterns, Conclusions, and Open Questions. *Toxics* 2015, 3, 342-369; doi:10.3390/toxics3040342

*Kienzler A, Berggren E, Bessems J, Bopp S, Van Der Linden S, Worth A (2014):* Assessment of mixtures-review of regulatory requirements and guidance JRC Science and Policy Report European Commission. Joint Res Center, Ispra

*Martins, D., Santana, DC., Souza, GSF. Bagatta, MVB., (2012).* Manejo químico de espécies de trapoeraba com aplicação isolada e em mistura de diferentes herbicidas. *Revista Caatinga.* 25.2.: 21-28.

*Mumtaz, M.M.; Hertzberg, R. (1993)* The status of interactions data in risk assessment of chemical mixtures. In *Hazard Assessment of Chemicals*; Saxena, J., Ed.; Taylor & Francis: Washington, DC, USA.; Volume 8, 47–79.

*Petter, FA., Procópio, SDO., Cargnelutti Filho, A., Barroso, ALD., Pacheco, LP., Bueno, AF., (2007).* Associações entre o herbicida glyphosate e inseticidas na cultura da soja Roundup Ready. *Planta Daninha.* 25. 2: 389-398.

*Quignot N, Béchaux C, Amzal B (2015:)* Data collection on toxicokinetic and toxicodynamic interactions of chemical mixtures for human risk assessment. EFSA Supporting Publication, EN-711, New York, 85 p. doi:10.2903/sp.efsa.2015.EN-711

*Raies AB, Bajic VB (2016) :* In silico toxicology: computational methods for the prediction of chemical toxicity. *Wiley Interdiscip. Rev. Comput. Mol. Sci.* 6:147–172.

*Reffstrup TK, Larsen JC, Meyer O (2010):* Risk assessment of mixtures of pesticides. Current approaches and future strategies. *Regul. Toxicol. Pharmacol.* 56:174–192.

*Roberts, S., Teaf, C., Bean, J., Eds.;* CRC Press LLC: Boca Raton, FL, (...):

*Environmental Risks;* USA, . 105–148.

*Scher, SCCS, Scenih* (2012) Opinion on the toxicity and assessment of chemical mixtures. Scientific Committee on Health and Environmental Risks

*Selleck, G. W., Baird, D. (1981):* Antagonism with glyphosate and residual herbicide combinations. *Weed Science*, 29. 2., 185-190.

*Shaw, D. R, Arnold, J. C. (2002):* Weed control from herbicide combinations with glyphosate. *Weed Technology* 16. 1., 1-6.

*Solyomosné Majzik E. (2006):* Növényvédő szer hatóanyagok koncentrációjának meghatározása különböző SPE módszerek alkalmazásával felszín alatti és felszíni vízmintákból. Doktori (PhD) értekezés

*Tornisielo, L. V., Botelho, G. L., Toledo Alves, de A. P., Bonfleur, J. E. Monteiro, H. S. (2013):* Pesticide Tank Mixes: An Environmental Point of View. *Herbicides - Current Research and Case Studies in Use*, Chapter 18, 473-487.

*U.S. Environmental Protection Agency (2007):* Considerations for developing a dosimetry-based cumulative risk assessment approach for mixtures of environmental contaminants. National Center for Environmental Assessment, Cincinnati, OH. EPA/600/R-07/064

*U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Division of Toxicology (ATSDR) (2004):* Guidance Manual for the Assessment of Joint Toxic Action of Chemical Mixtures; U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Division of Toxicology: Atlanta, GA, USA

*US Environmental Protection Agency (2000).* Supplementary Guidance for Conducting Health Risk Assessment of Chemical Mixtures; US Environmental Protection Agency: Washington, DC, USA

*Vidal, R. A, Machry, M, Hernandes, G. C., Fleck, N. G. (2003):* Antagonismo na associação de glyphosate e triazinas. *Planta Daninha* 21.: 301-306.

[http://ec.europa.eu/health/scientific\\_committees/environmental\\_risks/docs/scher\\_o\\_155.pdf](http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/environmental_risks/docs/scher_o_155.pdf).

[http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC102111/jrc102111\\_jrc\\_tech-rep\\_mix%20case%20studies\\_2016\\_vf.pdf](http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC102111/jrc102111_jrc_tech-rep_mix%20case%20studies_2016_vf.pdf).

<https://echa.europa.eu/hu/support/registration/how-to-avoid-unnecessary-testing-on-animals/qsar-models>.

*A szerzők levélcíme - Adress of the authors*

Kolejanisz Rita

8100, Várpalota, Korompay Lajos utca 3. 2.emelet 25.

Ábrahám Rita

Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar,  
9200, Mosonmagyaróvár

Vértesi Adél

Toxi-Coop Zrt., 8230, Balatonfüred Arácsi út 97-99.



## A BÚZA (*TRITICUM AESTIVUM* L.) VÍZIGÉNYE ÉS A VÍZHIÁNY HATÁSA A NÖVÉNYRE

TAKÁCS GEORGINA<sup>1</sup> - GERGELY ISTVÁN<sup>2</sup> - ÖRDÖG VINCE<sup>2,3</sup>

Széchenyi István Egyetem, Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar,

<sup>1</sup>Állattudományi Tanszék, Mosonmagyaróvár

<sup>2</sup>Növénytudományi Tanszék, Mosonmagyaróvár

<sup>3</sup>University of KwaZulu-Natal, Research Centre for Plant Growth and Development,

School of Life Sciences, Pietermaritzburg Campus, South Africa

### ÖSSZEFOGLALÁS

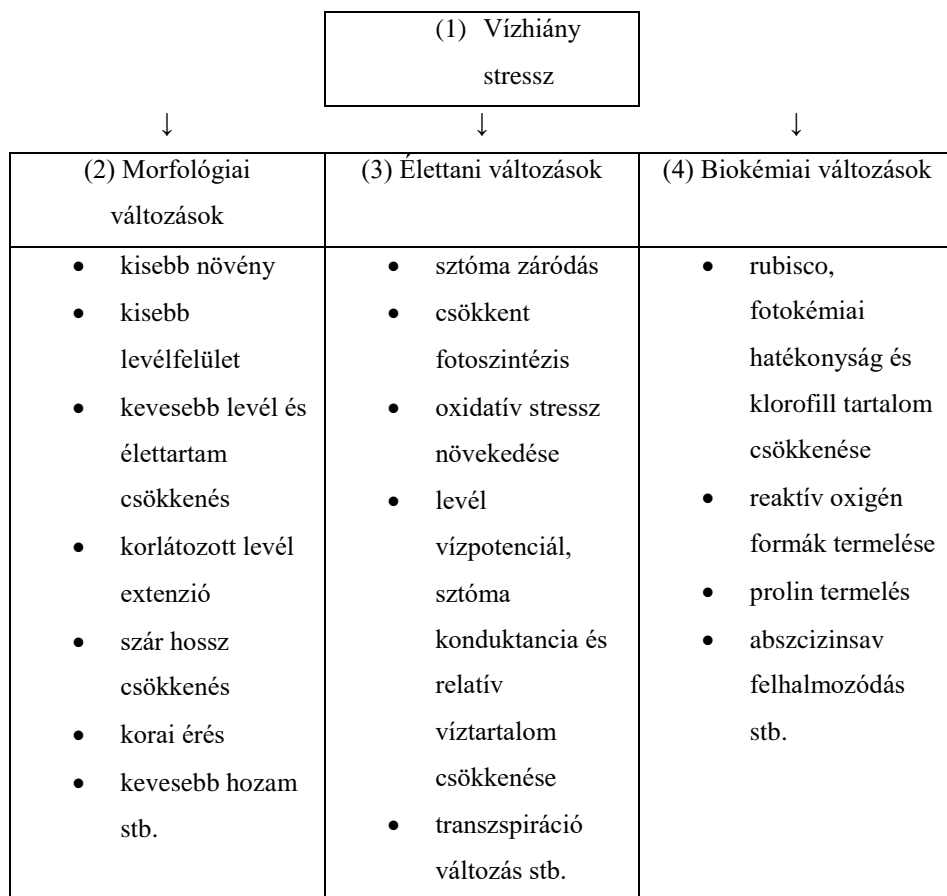
A szárazság stressz világszerte az egyik legjelentősebb kihívás a fenntartható mezőgazdaságban. A mezőgazdasági termelés szempontjából fontos a gazdasági növényekben stressz körülmények között lejátszódó élettani folyamatok és védekező mechanizmusok megismerése, továbbá eljárások kidolgozása a növények ellenálló képességének a növelésére. A szárazság stresszre a növények válasz reakciója fajtól, genotípustól, a vízvesztés tartamától és mértékétől, továbbá a fejlődési szakasztól függ. A búza 480-550 mm csapadékot igényel, amelyből a legtöbb vizet a virágzás és megtermékenyülés (május – június) időszakában veszi fel. A terméseredményt az éves csapadék mennyisége mellett leginkább annak megoszlása és egyéb tényezők, összefoglalóan az évjárat hatása és az alkalmazott fajta jelentősen meghatározza. A növények különböző morfológiai, fiziológiai, biokémiai és molekuláris választ adnak a szárazság stresszre, pl. nagyobb gyökérszét, kisebb levélfelület, sztómazáródás, csökkent fotoszintézis és vízpotenciál, valamint növekvő prolin termelés és abszcizinsav felhalmozódás. A vízhiány stressz mértéke a vízpotenciállal jellemezhető. Mérésére

számos módszer létezik, a leggyakrabban használt a Scholander-féle nyomáskamra, de egyre elterjedtebb a ZIM-szonda alkalmazása, ami a levelek eltávolítása nélkül teszi lehetővé a vízpotenciál mérését. Az őszi búza szárazságtoleranciája növelhető hagyományos nemesítési eljárásokkal, ami időigényes, évekig tartó kutatást igényel. Eredményességét korlátozza az, hogy a szárazságtűrés komplex tulajdonság, melyet számos gén szabályoz és a környezet is befolyásol. Az utóbbi időben a termés és a növények szárazságtűrésének a növelésére elterjedt a biostimulások alkalmazása. Ezek közé tartoznak a tengeri algakivonatok és legújabban a mikroalga készítmények is. Ez a szemle cikk a búzában a szárazság stressz mérésére alkalmazható módszerekről, a növényben lezajló válaszreakciókról, továbbá a szárazsághoz való alkalmazkodó és védekező képességről ad áttekintést, de csupán érintőlegesen tér ki egyes fajták jellemzőire.

**Kulcsszavak:** *Triticum aestivum* L., vízháztartás, élettani hatás, szárazság stressz, vizsgálati módszerek

#### NÖVÉNYI MECHANIZMUSOK A SZÁRAZSÁGSTRESSZ KIVÉDÉSÉRE

A szárazság túlélését a növények alkalmazkodó képessége teszi lehetővé, ami lehetséges anyagcseréjük, élettani folyamataik és morfológiájuk megváltoztatásával. A 1. ábra foglalja össze a vízhiány stressz okozta morfológiai-, élettani- és biokémiai változásokat. Az akklimatizáció során a növekedés mértéke, a hajtás-gyökér arány eltolódása, a fotoszintézis intenzitásának szabályozása, valamint a stressz által indukált ozmotikumok, védő fehérjék játszanak fontos szerepet. Ezeket a folyamatokat génexpressziós változások szabályozzák.



1. *ábra*: Vízhiány stressz hatása a búzára (Nezhadahmadi et al., 2013; Shiran and Wan, 2010; Karthikeyan et al., 2007)

*Figure 1.* The effect of drought stress on wheat. (1) Water stress, (2) Morphological changes, (3) Physiological changes, (4) Biochemical changes

A növények eltérő módon reagálnak vízhiány stressz esetén, hogy biztosítsák túlélésüket. A növények a szárazsághoz való alkalmazkodás alapján négy csoportba sorolhatók: az elkerülő, a menekülő, a tűró és a helyreállító.

A növények két fő stratégiája a szárazságtűrés és az aszálykerülés. A szárazságtűréskor a növények különböző élettani folyamatok szabályozásával például ozmotikumokat termelnek az úgynevezett ozmotikus kiigazításhoz. A toleráns növények kedvezőbb vízállapotot tudnak fenntartani szárazság stressz esetén azzal is, hogy minimalizálják a



vízvesztést (sztómák bezárása, levélfelület csökkentése, idősebb levelek árnyékolása (Richards, 1996) és maximalizálják a vízfelvételt például fokozott gyökérnövekedéssel, hogy a mélyebb talajrétegekből is vízhez jussanak (Barnabás et al., 2008). A külső morfológiai bélyegek segítenek a vízvesztés elkerülésében, úgy, hogy a kis felületű, felálló levelű búzák leveleit kevesebb sugárzás éri, így kevesebb vizet párologtatnak (Innes et al., 1981). A toleráns növények türik az ozmotikus kiigazítás okozta alacsony vízpotenciált. Erdei et al. (2002) egy szárazságtűrő tájfajta a Kobomugi és egy mérsékelt szárazságtűrő fajta a GK Öthalom stresszreakcióit hasonlította össze. A két fajta között vízpotenciálban, szénhidrát akkumulációban jelentős különbséget találtak.

A szárazságkerülés során a növény olyan élettani folyamatokat szabályoz, mint például a sztóma-működés szabályozása és a gyökérzet fejlődése. A menekülő növények az életciklus igazításával/ beállításával képesek a szárazság stressznek ellenállni. A menekülő fajtáknak rövid az életciklusa, gyorsabb a növekedési üteme, hatékony bennük a tartalékanyagok tárolása és felhasználása. Ilyenkor a szárban és a gyökérben fokozódik a szénhidrátok raktározása, amit képesek mobilizálni, amikor nő a szárazság (Barnabás et al., 2008). A helyreállító növények képesek újraindítani a növekedést extrém szárazság stressznek való kitettség után is (Llyas et al., 2021).

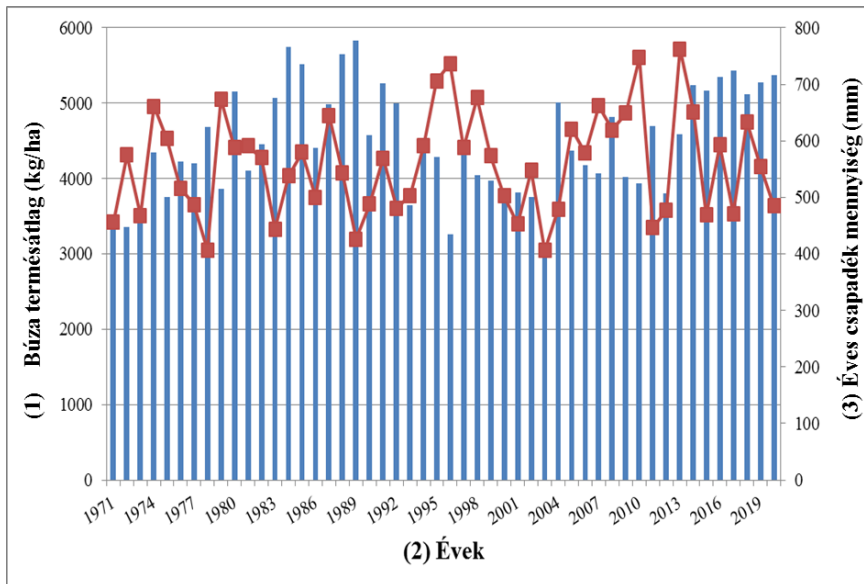
A szárazság stresszre a növények molekuláris, sejt és élettani szinten is reagálnak. A válasz reakció fajtól, genotípustól, a vízvesztés tartamától és mértékétől, a fejlődési szakasztól, a sejt típusától függ (Barnabás et al., 2008).

## A BÚZA VÍZIGÉNYE

A búza (*Triticum aestivum* L.) az egyik legrégebb óta termesztett és fogyasztott gabona a világon (Farooq et al., 2011). Az Európai Unió búza termőterülete 2020/2021-re várhatóan 23,7 millió hektár lesz (URL1). Magyarországon 2020 nyarán az előző évhez képest 8,3%-kal kisebb, 933 ezer hektár területről 5,0 millió tonna búzát takarítottak be, ami 5370 kg/ha termésátlagot jelent. A globális klímaváltozás és a növekvő vízhiány a termesztett növényeket egyre nagyobb mértékű szárazság stressznek teszi ki (Daryanto et al., 2016). Ezért fontossá vált a növények vízfelvevő és párologtató rendszerének, valamint élettani változásainak minél pontosabb megismerése és az ismeretek felhasználásával a növények vízvesztésének csökkentése, szárazságtűrésének növelése.

A környezeti hatások befolyásolják a növények növekedését, fejlődését és termőképességét. Ha a környezeti hatások az adott fajra/fajtára jellemző optimumtól eltérnek, pl. nagyon alacsony vagy nagyon magas hőmérséklet vagy vízhiány, akkor a növény stresszhelyzetbe kerül és helyhez kötött életmódja miatt alkalmazkodik a szélsőséges környezeti feltételekhez. A stressz megváltozott fiziológiai állapothoz vezet, amit különböző tényezők okoznak, ezzel megváltoztatva a növényi életfolyamatok egyensúlyát (*Gaspar et al.*, 2002). A vízhiány azt jelenti, hogy a rendelkezésre álló vízmennyiség nem elegendő a növény teljes életciklusának befejezéséhez (*Zhu*, 2002). A szárazság stressz azzal, hogy befolyásolja a növények fejlődését és növekedését hatással van a termőképességre és ezzel az egyik legkomolyabb fenyegetést jelenti a világ mezőgazdaságára (*Subhani et al.*, 2011).

A búza mérsékelt vízigényű növény, 480-550 mm csapadékot igényel. Transzspirációs koefficiense 300-350 l/kg szárazanyag. A csapadék mennyiségén túl annak eloszlása is lényeges a növény számára. A vízellátás szempontjából az őszi időszak hazánkban kritikusnak mondható, mivel gyakran száraz, így rossz kelést, egyenetlen búza állományt eredményez (URL2). A vízfogyasztása a szárnövekedéstől a termékenyülésig, vagyis április közepétől – június elejéig intenzív (*Harmati*, 1987). A legtöbb vizet a virágzás és megtermékenyülés (máj. 21. – jún. 10.) időszakában veszi fel, de az érés előtti időszak is jelentős a vízfogyasztás szempontjából. A tavaszi vízigényt a télen lehullott csapadék fedezi (*Antal*, 2005). Május, június hónapokban a szükséges csapadék mennyiség átlagosan 115 mm. Az 2. ábra az elmúlt 50 év éves csapadék mennyiségét és a termésátlagokat mutatja be Mosonmagyaróváron. A két adatsor között még tendenciaszerű összefüggés sem figyelhető meg.



2. ábra: Az átlagos évi búzatermés és csapadék mennyiség Mosonmagyaróváron 1971 és 2020 között. Az oszlopok a csapadékot, a vonal a termést mutatja (URL3, Varga-Haszonits Z., 1977)

Figure 2. The average annual wheat yield and precipitation in Mosonmagyaróvár between 1971 and 2020. (1) Average yield (kg/ha), (2) Years, (3) Average amount of precipitation (mm). The columns show the precipitation, the line shows the yield.

A legkevesebb termés 1996-ban 3260 kg/ha volt, pedig a 737 mm éves csapadék mennyiség meghaladta a búza éves vízigényét, de megoszlása nem volt kedvező. A bőséges téli csapadék (114 mm) mellett májusban 9%-kal, júniusban pedig 50%-kal kevesebb csapadék hullott az optimális mennyiségnél. A legtöbb termés 1989-ben 5830 kg/ha volt, bár a 426 mm éves csapadék mennyiség nem érte el a búza számára ideális mennyiséget, sőt a megoszlása sem volt kedvező: májusban 44%-kal, júniusban 52%-kal volt kevesebb; a téli csapadék mennyisége összesen 42 mm volt, ami nem fedezte a tavaszi vízigényt. A kiemelt adatok azt sugallják, hogy a terméseredményt az éves csapadék mennyisége mellett leginkább annak megoszlása és egyéb tényezők, összefoglalóan az évjárat hatása és az alkalmazott fajtásor is jelentősen meghatározza. Ágoston és Pepó (2005) három érési csoportba tartozó búzafajtánál szignifikáns

összefüggést mutattak ki a terméseredmény és a március-áprilisi hónapok csapadék és hőmérséklete között.

### A VÍZHIÁNY HATÁSA A NÖVÉNY NÖVEKEDÉSÉRE ÉS FEJLŐDÉSÉRE

Az őszi búzában a Közép-Európára vonatkozó éghajlat előrejelző modellek egyre gyakoribb aszályos időszakokat jeleznek (*Baranyiova et al.*, 2014). Ennek a jelentősége a jövőben növekedni fog, mivel a várhatóan csökkenő átlagos csapadék mennyiség mellett az emelkedő átlaghőmérséklet növeli az evapotranszpirációt (*Lobell et al.*, 2008). A növényzet evapotranszpirációjának 30-70%-át a talaj párolgása adja a félszáraz területeken (*Singh et al.*, 2011). A talajfelszíni víz párolgása, az evaporáció csökkenti a növény számára felvehető víz mennyiségét, viszont növeli a levegő páratartalmát, továbbá csökkenti a talajfelszín közelében és növeli a felső levelek körül a levegő hőmérsékletét (*Leuning et al.*, 1994). Ezekon a közvetett és közvetlen hatásokon keresztül az evaporáció képes csökkenteni a növény párologtatását, vagyis transzpirációját feltételezhetően anélkül, hogy az megváltoztatná a teljes evapotranszpirációt (*Singh et al.*, 2014).

A búzának a teljes növekedési időszakban szüksége van vízre, de vannak olyan szakaszok, amelyek vízhiánya jelentős hozam csökkenést okozhat (*Araus et al.*, 2002). A tenyészidőszak korai szakaszában súlyos következményekkel járhat az aszályos időszak, mivel csökkenti a növények növekedését (*Jaleel et al.*, 2008). A kora tavasszal jelentkező szárazság a másodlagos gyökérzet kifejlődését és a bokrosodást érinti hátrányosan (*Harmati*, 1987; *Araus et al.*, 2002). A vízhiány az oldalhajtások megjelenését és a megtermékenyülést is késlelteti, ami termés kieséshez vezet (*Mosaad et al.*, 1995). A vízhiány mellett az ebben az időszakban jelentkező víz felesleg negatív hatással van a termés minőségére, mivel növeli bizonyos betegségek fertőzésének veszélyét és a gyökér oxigénhiányához vezet, de nehezíti a talajmegmunkálást is.

A korábban érő fajták általában ellenállóbbak az aszály sújtotta területeken, mert elkerülik a száraz periódust, ami viszont korábbi virágzással jár együtt és csökkentheti a terméshozamot (*Singh et al.*, 2010). Néhány fajta nagyobb lombozatot alakít ki, így képes csökkenteni a talajból elpárolgó víz mennyiségét. A szárazságtűrő képességet növeli a kiterjedt gyökérrendszer is (*Rizza et al.*, 2004). A víz hiánya a gyökérnyak kialakulásakor,

a szárbainduláskor és a korai szemtelítődési időszakban jelentős hozamvesztést eredményez (Mahpara et al., 2014). Zhang és Oweis (1999) szerint a búza a szárbaindulástól a kalászolásig és a kalászolástól a tejes érésig bekövetkező vízhiány stresszt kevésbé viseli el. Baser et al. (2004) vizsgálták az őszi búza hozamát és 40%-os hozam csökkenést találtak vízhiányos körülmények között a kontrollal összehasonlítva. Általában a növényi ökoszisztémában a víz a legfőbb meghatározója a hozamnak, így a búzában is (Nix and Fitzpatrick, 1968).

Saini és Westgate (2000) leírták, hogy a szemfejlődés korai szakaszában, amikor a sejtsztódás intenzív, a szárazság stressz csökkenti az endospermiumban a sejtszámot és emiatt a raktározható tápanyag mennyisége is csökken. Mindez hatással van a szemtelítődés mértékére és ütemére. A szárazság a szemfeltöltődés befolyásolásán túl, korábbra hozhatja az érést, így a szemek mérete lecsökkenhet, mivel az érés ideje lerövidül (Kobata et al., 1992; Altenbach et al., 2003). A növények a szárbán és a levelekben tápanyagokat halmoznak fel, melyet vízhiány esetén mobilizálnak a magképződéshez (Chaves et al., 2002), ezzel megnövelve a feltöltődés mértékét (Yang et al., 2000). A virágzás előtti fejlődési szakaszban a vízhiány csökkenti a növényenkénti kalászok és a kalásonkénti szemtermés számát (Mary et al., 2001; Khan and Naqvi, 2011). A virágzást követő vízhiány hatására lerövidül a szemtelítődés ideje (Hoffmann et al., 2006) és ezzel csökken a szemek tömege (Gupta et al., 2001), mivel a virágzást követő két hét során halmozódik fel a szárazanyag 90 %-a (Simmons and Crookston, 1979). A virágzás utáni időszakban a szárazság az akkumuláció mértékét nem befolyásolja, azonban annak idejét jelentősen lecsökkenti (Panozzo et al., 2001; Tribot et al., 2003). Búzánál az anthézis néhány nappal azután történik, hogy a kalász kiemelkedik a levélhüvelyből. A virágzás során számos folyamat játszódik le néhány perc alatt. A pollen a portokokból a bibére esik, majd a termőben, kettős megtermékenyítés történik az embriózsákban. A megtermékenyülés utáni 11-16. napon megkezdődik a szemek feltöltődése (Berger, 1999; Faragóné Guóth, 2009). A búzában avíz hiánya kisebb szemterméseket és csökkent keményítőtartalmat eredményez (Ahmadi and Baker, 2001).

A magas hőmérséklet hazánkban leggyakrabban a kalászolás utáni időszakban okoz stresszhatást, ezzel csökkentve a termésmennyiséget. A termés csökkenés jelentősebb akkor, ha a stressz hirtelen következik be és a szemtelítődés korai szakaszában jelentkezik, mintha a növényeket fokozatosan, a szemtelítődés későbbi fázisában éri (Stone and Nicolas 1995). A szemtelítődéskor jelentkező kevés eső és a magas

hőmérséklet a szántóföldön sokszor együtt fordul elő, ami növeli az evapotranszpiráció mértékét és vízhiányt okoz a növényekben. Plaut et al. (2004) szárazság-, majd hőstressznek tettek ki különböző búzafajtákat virágzás után 8 nappal és vizsgálták a levelek, a szár és a kalász száraztömegének változását. Kísérletükben a vízhiány nem, míg a magas hőmérséklet szignifikánsan csökkentette a szemtermést. Magas hőmérséklet hatására felgyorsulnak az öregedési folyamatok és a gabonaféléknél lerövidül a szemtermés kifejlődésének az ideje (Rahman et al., 2009). A búzában a szemtömeg és a szemszám is érzékeny a hőstresszre, ugyanis virágzáskor a hőmérséklet növekedésével a kalásonkénti szemek számának a csökkenése figyelhető meg (Ferris et al., 1998).

A fajták csoportosíthatók őszi vagy tavaszi típus szerint. A teljes vegetációs időszak 100-130 nap a tavaszi búzánál, míg az őszi búzánál 180-250 nap az érésig (URL4). Azokon a területeken, ahol a búzatermesztésben a víz a korlátozó tényező (Oweis et al., 2000) szárazság tűrő vagy szárazságra érzékeny fajtákat érdemes alkalmazni. Fábíán et al. (2011) egy szárazságra érzékeny (*Cappelle Desprez*) és egy toleráns (*Plainsman V*) búza fajtát vizsgáltak a meiózis, anthézis és a korai szemfejlődés idején előidézett szárazságstressz körülmények között. A kísérlet rávilágított arra, hogy a szárazságtűrő fajta kalásonkénti szemszámát csak a korai szemfejlődéskor előidézett vízhiány stressz csökkentette szignifikánsan, míg az érzékeny fajtánál mindhárom fázisban előidézett stressz hatására szignifikáns volt a csökkenés. Vízhiánykor a hozam csökkenés általában kevesebb a stressztűrő, mint a vízhiányra érzékeny fajtáknál (Gáspár et al., 2005). A szárazság tűrő *Plainsman V* búzafajta toleranciájának egyik fontos eleme az ozmotikus adaptáció képessége. Ez lehetővé teszi a felvett víz megtartását, és még kisebb szótományitottság mellett is a fotoszintézis fenntartását (Fábíán et al., 2011). Fábíán et al., (2011) megfigyelték a vizsgált toleráns fajtánál a fiziológiai folyamatok esetében is a jobb regenerációs képességet, mely tulajdonság erős stressz esetén különösen fontos.

#### **A VÍZHIÁNY ÉLETTANI ÉS BIOCÉMIAI HATÁSA A NÖVÉNYRE**

A növények vízhiányra adott válasza komplex folyamat. A szárazság által aktivált gének részt vesznek a növény vízleadásának a csökkentésében, a sejt működésének a biztosításában és a károsodások kiküszöbölésében. A vízhiány stressz hatással van számos élettani és biokémiai folyamatra (Hanson and Hitz, 1982).

A növény vízleadása elsősorban párologtatással (transzspirációval) a gázcsere nyílásokon át történik, míg a víz kisebb része a kutikulán keresztül távozik a növényből. A párologtató levelek hőmérséklete alacsonyabb, mint a környezet hőmérséklete a párologtatás hűtő hatása miatt. Ezzel szemben a nem párologtató vagy napsütötte levelek hőmérséklete olykor meghaladhatja a levegő hőmérsékletét (*Riberio et al.*, 2005). A nyomás értékben kifejezett vízpotenciál különbség, vagyis a nyomáskülönbség a víz hajtóereje a talajból a levelekbe. A vízgőz távozása a levélből a sztómán keresztül a légkörbe negatív nyomást (tenziót) hoz létre. A leveleken keresztül elpárologtatott víz miatt csökken a növényben a vízpotenciál (*Bajji et al.*, 2001). Ez a gyökerekben fokozott szívóhatást eredményez, a száradó talajból azonban a növény nem tud elegendő vizet felvenni. A növények a párologtatás csökkentésével takarékoskodnak a vízzel és ez kis mértékben csökkenti a CO<sub>2</sub> bejutását a levélbe, ezzel a fotoszintézis kis mértékben csökken, ami végül csökkenti a biomassza termelést és a termés hozamot.

Az egyik legjelentősebb változás a növényi produkció szempontjából a vízhiány esetén bekövetkező fotoszintézis csökkenés (*Yordanov et al.*, 2000). Ennek elsődleges oka az, hogy a CO<sub>2</sub>-fixáció a sztómazáródás miatt gátlódik (*Cornic*, 2000). Enyhe vízhiány esetén a növény a szövetek relatív víztartalmát (RWC%) változatlan szinten tartja a hatékony fotoszintézis érdekében (*Yordanov et al.*, 2000). A levél relatív víztartalma rossz vízellátás esetén fokozatosan lecsökken (*Chaves*, 1991). A levél fotoszintetikus pigmentjeinek (klorofill-*a* és -*b*, karotinoidok) mennyisége szárazság hatására csökkenhet (*Behera et al.*, 2002), bár ezt nem minden esetben mutatták ki (*Tambussi et al.*, 2002). A szénhidrát anyagcsere során a növényben felhalmozódó cukroknak és más szerves oldott anyagoknak fontos élettani szerepe van. A szárazságtűrő növények nagyobb koncentrációban képesek cukrokat előállítani, mint a közepes vízigényű növények (*Iljin*, 1957). Polietilén-glikollal indukált szárazság stressz esetén búzában emelkedett az oldható cukrok mennyisége, míg a keményítő tartalom lecsökkent (*Bogdan and Zagdanska*, 2006).

A talaj kiszáradása a gyökerekben ABS termelést indukál, ami hosszabb távon szabályozza a növény védekezését. Az ABS nagyobb vízfelvételt eredményez, kísérleti vízhiány hatását a hajtásban, végül sztómazáródást előidézve csökkenti a levelek vízvesztését (*Barnabás et al.*, 2008).

Az abszcizinsav (ABS) számos stresszválaszban (pl. szárazság-, sóstressz) játszik szerepet, ezért stresszhormonnak is nevezik (*Marcotte et al.*, 1992; *Koorneef et al.*, 1998).

A gyökérben már enyhe vízhiány hatására ABS termelődik, ami fokozza a gyökér növekedését (*Sharp et al.*, 2004) és az oldalgyökér képződést (*Price et al.*, 2002). A megnövekedett ABS csökkenő transzspirációt, kisebb leveleket, dúsabb levélszórzetet, vastagabb viaszréteget, csökkent bokrosodást és korábbi kalászolást eredményez (*Quarrie and Jones*, 1977; *Baker and Hunt*, 1981; *Hall and McWha*, 1981; *Quarrie*, 1982). Kalászoló növényeknél a zászlóslevél ABS termelése összefügg a szemfeltöltődéssel, ugyanis a hormon transzportja a szemekbe innen történik. A fejlődő szemekben az abszcizinsav tartalom hirtelen megemelkedik, majd egy maximum elérése után fokozatosan lecsökken (*Yang et al.*, 2001) és ez a folyamat a zászlóslevélből a szemekbe irányuló tápanyagtranszport sikerének egyik fontos tényezője (*Guóth et al.*, 2009). Stressz esetén a terméshozam szempontjából a zászlóslevelek sikeres akklimatizációja és optimális ABS termelése nagy jelentőségű. Az abszcizinsav az abiotikus stressztoleranciát szabályozza és a növekedést késlelteti (*Sreenivasulu et al.*, 2012).

A transzgenikus növényekben a fokozott ABS termelődés a sztómák záródását, kevesebb víz felhasználást, ezáltal lassabb hervadást eredményez (*Blum*, 2015). Szárazság stressz esetén a növény gyökerében, levelében és a fejlődő magvakban ABS képződik. Morgan és King (1984) elsőként írták le, hogy a búza kalászában felhazmozódik az ABS, de aszály esetén a pollen meiózis gyenge vetőmag mennyiséget eredményez. A szárazság stressz csökkenti a zászlós levelek turgorát, de a kalászokét nem. A nagy ABS koncentráció a kalászokban a zászlós levelekből származik. Az eltérő nemesítésű búza fajták ABS érzékenysége eltérhet (*Blum and Sinmena*, 1995). Izanloo et al. (2008) *T. aestivum* cv. Excalibur szárazságtűrő ausztrál fajtával kísérletezett ismétlődő vízhiánynak tette ki a növényeket. Nagyobb ozmotikus szabályozás, nagyobb sztómakonduktancia és kisebb ABS-tartalom volt megfigyelhető a kevésbé ellenálló fajtával szemben.

A növény egyik válasza a vízhiányra ozmolitok, például prolin szintézise, ami lehetővé teszi az úgynevezett ozmotikus hozzáigazítást és ezzel a levelek turgor állapotának fenntartását (*Maggio et al.*, 2002; *Singh et al.* 2020). A prolin általában a citoplazmában halmozódik fel (*Chen and Murata*, 2002). Oxidatív stressz esetén a prolin oxidációja gátolt, de a növény rehidratációja után végbemegy a folyamat (*Peng et al.*, 1996).



## MÓDSZEREK A NÖVÉNY VÍZELLÁTOTTSÁGÁNAK ÉS VÍZHIÁNY STRESSZ ÁLLAPOTÁNAK MÉRÉSÉRE

A növények vízhiányát, nem csupán a csapadékhiány, hanem a magas-, illetve alacsony hőmérséklet és a talaj nagy só koncentrációja miatt csökkent vízfelvétel is okozhatja. A vízhiánnyal szembeni ellenálló képesség kialakulásában szerepet játszó tényezők vizsgálata kiemelt jelentőségű a termelés biztonsága és a gazdaságosság szempontjából. A vízhiányhoz történő adaptáció a turgor fenntartásával lehetséges, ami a vízfelvétel növelésével vagy csökkent vízleadással érhető el. A növény vízállapotának meghatározására többféle mérési módszer létezik. „A vízpotenciál ( $\pi$ ) egy rendszer, vagy egy rendszer részében lévő víznek a kémiai potenciálja nyomás értékekben kifejezve, a tiszta víz kémiai potenciáljához viszonyítva” (*Taiz and Zeiger, 2006*).

A vízpotenciál értékének meghatározására több módszert is kifejlesztettek, mint például a szövet térfogati módszert, a Chardakov-féle módszert (*Salisbury and Ross, 1991*) vagy a Scholander-féle nyomáskamrát (*Scholander et al., 1965*). A leggyakrabban használt eszköz a Scholander nyomáskamra, ahol a leolvasott nyomás érték (ellenkező előjellel) megegyezik a növény vízpotenciál értékével (*Wei et al., 2000*). A Scholander-féle nyomáskamrán kívül még számos hasonló elven működő eszközt fejlesztettek ki pl. ZLZ5 nyomáskamra, mellyel az őszi búza zászlós levelének mérték a vízpotenciál értékét (*Zhang et al., 2015*). Shangguan et al. (2000) mérései alapján a levél vízpotenciál értéke szárazság stressz esetén jelentős csökkenést mutatott. Az előidézett szárazság stressz során jóval kisebb volt a vízpotenciál érték (-1,67 MPa), mint megfelelő öntözési körülmények között (-0,32 MPa).

Vízpotenciál jellemzésére alkalmas ZIM (Zimmermann Irrigation Monitoring) – szonda, amit alkalmaztak már búzánál és repcénél is (*Bramley et al., 2013; Kant et al., 2014*). A műszer károkozásmentesen és folyamatosan képes mérni az intakt növényben végbemenő nagyon kicsi turgor változást. A levél egy mozgatható felső és egy nyomásérzékelővel ellátott alsó tórikus mágnes közé kerül. A mágneses erő optimális beállítása a levél vastagságának figyelembevételével történik. A ZIM-szonda a különbséget méri a mágnesek nyomása és a levél turgor nyomása között. A ZIM-szondával mért érték fordítottan arányos a levél turgor nyomásával, vagyis amikor nyitott sztomáknál a levél vizet veszít akkor a vízpotenciált jellemző  $P_p$  (patch pressure) érték növekszik és fordítva, csökken, ha a levél vizet vesz fel. A készülék a  $P_p$  meghatározása

mellett a hőmérséklet, relatív páratartalom, talajnedvesség, napsugárzás és talaj hőmérséklet mérésére is alkalmas, a jeladóhoz kapcsolható megfelelő eszköz segítségével (Zimmermann *et al.*, 2013). A búza hajlamos még vízhiány esetén is nyitva tartani leveleinek gázcserenyílásait (Henson *et al.*, 1989). A párologtatás növekedésével csökken a levél vízpotenciálja és ezzel egyidejűleg növekszik a  $P_p$ . Bramley *et al.* (2013) vizsgálták a búza napi  $P_p$  érték változását kétszeri és háromszori öntözés esetén. Az eredmények alapján a háromszori öntözés nagyobb  $P_p$  értékeket eredményezett (35-50  $P_p$  (kPa)), mint a kétszeri öntözés.

A növények párologtatása (transzspirációja) a gázcserenyílásokon (sztómák) keresztül történik, aminek mértéke függ a sztómák számától, azok nyitottsági fokától, a levélfelület nagyságától, a hőmérséklettől, a levegő páratartalmától, a fényintenzitástól, mindazon tényezőktől, amelyek befolyásolják a levélben a széndioxid koncentrációt. A sztómakonduktancia a gázcserenyílások vízgőzre vonatkoztatott vezetőképessége (Cornic, 2000), a sztómák nyitott állapotával arányos és porométerrel meghatározható. Az egész növényre, illetve levélre jellemző érték több mérés átlagával fejezhető ki. A porométeren kívül hordozható infravörös  $CO_2$  gázanalizátor, pl. LCA-3 (Avola *et al.*, 2008; Shanguan *et al.*, 2000) vagy LI-COR-6400 is használható a sztómakonduktancia mérésére (Zhang *et al.*, 2015; Wang *et al.*, 2013). A LI-COR rendszer használatával 180 - 340  $mmol CO_2 m^{-2} s^{-1}$  értékeket mértek 5 durum búza fajtánál (Monneveux *et al.*, 2006). Az őszi búzában infravörös gázanalizátorral meghatározott sztómakonduktancia ( $180,2 mmol CO_2 m^{-2} s^{-1}$ ) növekedett a jól öntözött és a nitrogénben gazdag környezetben, míg szárazság stressz esetében, még jó nitrogén ellátás mellett is csökkent a sztómakonduktancia ( $85,7 mmol CO_2 m^{-2} s^{-1}$ ) (Shanguan *et al.*, 2000).

A levél relatív víztartalmának (RWC%) meghatározása gyakran használt és műszert nem igénylő eljárás. Azt méri, hogy a vizsgált levélben a vízzel telítethez képest milyen a tényleges víztartalom. A frissen levágott (friss tömeg, FW), majd egy napig vízben úsztatott (telített tömeg, TW), ezt követően egy napig 60°C-on szárítószekrényben szárított (száraz tömeg, DW) levelek tömegéből számítható a relatív víztartalom (Barrs and Watherley, 1968; Cabrera -Bosquet *et al.*, 2009) a következő képlet alapján:

$$RWC \% = (FW - DW) / (TW - DW) \times 100$$

Három durum búzafajtánál két nitrogén koncentráció (alacsony és magas) és három különböző vízellátás (40, 70 és 100%) mellett az RWC értékek között nem lehetett

jelentős különbséget mérni, de a jobb vízellátás növelte a relatív víztartalom értéket (91,3 %) (*Cabrera -Bosquet et al.*, 2009).

A prolin az egyik leggyakrabban előforduló ozmolit, amely felhalmozódik a növényekben víz-, vagy sóstressz hatására (Székely et al., 2008). A prolin meghatározása 0,25 g friss növényi mintából történik Bates et al., 1973 (0,25 g). A minta először folyékony nitrogénbe kerül, majd -20°C-ra a vizsgálat megkezdéséig. Az 5 ml 3%-os vizes szulfo-szalicilsav oldatban homogenizált majd szűrőpapíron szűrt oldatból 0,5 ml-t 1 ml ninhidrin reagenssel (0,625 g ninhidrin, 15 ml jégcet, 10 ml 6M-os foszforsav) és 1 ml jégcettel 1 órán keresztül 100°C-on reagál. A reakció jégfürdőben leállítható. A reakciókeverék extrahálása 2 ml toluollal történik, majd a fényelnyelés 520 nm-en mérhető. Saedipour (2013) egy szárazságra érzékeny (Marvdasht) és egy toleráns (Zagros) őszi búza fajta prolin tartalmát hasonlította össze szárazság stressz (talajnedvesség 50%) körülmények között. Víziányos körülmények között mindkét fajtának a levelében növekedett a prolin tartalom. A jelentős növekedés mégis a toleráns fajtánál volt megfigyelhető (17  $\mu\text{mol}$  prolin/g friss tömeg) a virágzás után előidéztet víziány 7. napján. A 15. és 31. napon kevesebb volt a prolin tartalom (3,1 és 3,3  $\mu\text{mol}$  prolin/g friss tömeg).

## **WHEAT (*TRITICUM AESTIVUM* L.) WATER DEMAND AND THE EFFECT OF WATER SHORTAGE ON THE PLANT**

GEORGINA TAKÁCS<sup>1</sup> - ISTVÁN GERGELY<sup>2</sup> - VINCE ÖRDÖG<sup>2,3</sup>

Széchenyi István University, Faculty of Agricultural and Food Sciences

<sup>1</sup>Department of Animal Sciences, Mosonmagyaróvár

<sup>2</sup>Department of Plant Sciences, Mosonmagyaróvár

<sup>3</sup>University of KwaZulu-Natal, Research Centre for Plant Growth and Development, School of Life Sciences, Pietermaritzburg Campus, South Africa

### **SUMMARY**

Drought stress is one of the most significant challenges in sustainable agriculture worldwide. It is important understand the physiological processes and defense mechanisms that occur in crops under stress conditions in order to develop procedures for increasing the resilience of plants. The response of plants to drought stress depends on the species, genotype, duration and extent of water loss, and further on the stage of development.

Wheat requires 480-550 mm of rainfall. In addition to the amount of annual precipitation, wheat yield is significantly determined by the rainfall distribution pattern with rainfall being critical during flowering and fertilization (May-June). In addition to the amount of annual precipitation, the yield is significantly determined by its distribution and other factors, in summary, the effect of the vintage and the variety used. Plants have different morphological, physiological, biochemical and molecular responses to drought stress, e.g. larger root system, smaller leaf area, stoma closure, decreased photosynthesis and water potential, and increased proline production and abscisic acid accumulation. The degree of water shortage stress can be characterized by water potential. There are several methods for measuring water pressure. The most commonly used method is the Scholander pressure chamber, but the use of the ZIM probe is becoming more common as this measures the water potential without removing the leaves. The drought tolerance of winter wheat can be increased by traditional breeding methods, which requires time-consuming, years-long research. Its effectiveness is limited by the fact that drought

tolerance is a complex phenomenon that is regulated by many genes and is also influenced by the environment. The break-through in breeding was the development of genomics, molecular breeding, and genetic engineering methods, which made it possible to create new traits and change certain traits. Recently, there is an increase in the use of biostimulants to improve drought tolerance of crops. These biostimulants include seaweed extracts and, more recently, microalgae preparations.

This review article discussed methods for measuring drought stress in wheat and the plant's responses to drought. It provides an overview on the plant's ability to adapt and defend against drought, but only tangentially touches on variety specifics.

**Keywords:** *Triticum aestivum* L., water management, physiological effect, drought stress, test methods

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A munkánkat az EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00008 projekt támogatta. A projektet az Európai Unió és az Európai Szociális Alap társfinanszírozza.

## IRODALOMJEGYZÉK

Ahmadi, A. - Baker, D. A. (2001): The effect of water stress on the activities of key regulatory enzymes of the sucrose to starch pathway in wheat. *Plant Growth Regulation*, 35: 81-91.

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 US spring wheat. *Journal of Cereal Sciences*, 37: 9-20.

Antal J. /szerk./ (2005): A növénytermesztés alapjai, Gabonafélék. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 183-204.

Araus, J. L. - Slafer, G. A. - Reynolds, M. P. - Royo, C. (2002): Plant breeding and drought in C3 cereals: what should we breed for? *Annals of Botany*, 89: 925-940.

Avola, G. - Cavallarola, V. - Patanè, C. - Riggia, E. (2008): Gas exchange and photosynthetic water use efficiency in response to light, CO<sub>2</sub> concentration and temperature in *Vicia faba*. *Journal of Plant Physiology*, 165. 8: 796-804.

- Ágoston T. - Pepó P. (2005): Évjáráthatás vizsgálata őszi búzafajták termésére és termésstabilitására. Agrártudományi Közlemények 16. különszám. 62-67.
- Bajji, M. - Lutts, S. - Kinet, J. M. (2001): Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf ageing in three durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars performing differently in arid conditions. *Plant Science*, 160: 669-681.
- Baker, E. A. – Hunt, G. M. (1981): Cuticle development in stressed plants and response to exogenous growth substances. Abstracts of AAB/BPGRG Meeting. British Plant Growth Regulator Group, Letcombe, 5-6.
- Baranyiova, I. - Klem, K. - Kren, J. (2014): Effect of exogenous application of growth regulators on the physiological parameters and the yield of winter wheat under drought stress. *Mendel Net*, 442-446.
- 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.
- Barrs, H. D. - Watherley, P. E. (1968): A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficit in leaves. *Australian Journal of Biological Sciences*, 15: 413-428.
- Başer, I. - Şehirali, H. - Orta, A. H. - Erdem, T. - Erdem, Y. - Yorgancılar, Ö. (2004): Effect of different water stresses on the yield and yield components of winter wheat. *Cereal Research Communication*, 32. 2: 217-223.
- Bates, L. S. - Waldren, R. P. - Teare, I. D. (1973): Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*, 39: 205-207.
- Behera, R. K. - Mishra, P. C. - Choudhury, N. K. (2002): High irradiance and water stress induce alterations in pigment composition and chloroplast activities of primary wheat leaves. *Journal of Plant Physiology*, 159: 967-973.
- Berger, F. (1999): Endosperm development. *Current Opinion in Plant Biology*, 2: 28-32
- Blum, A. – Sinmena, B. (1995): Isolation and characterization of variant wheat cultivars for ABA sensitivity. *Plant, Cell & Environment*, 18: 77–83.
- Blum, A. (2015): Towards a conceptual ABA ideotype in plant breeding for water limited environments. *Functional Plant Biology*, 42. 6: 502-513.
- Bogdan, J. - Zadonska, B. (2006): Changes in pool of soluble sugars induced by dehydration at the heterotrophic phase of growth of wheat seedlings. *Plant Physiology and Biochemistry*, 44: 787-794.

- Bramley, H. - Ehrenberger, W. - Zimmermann, U. - Palta, J. A. - Rüger, S. - Siddique, K. H. M.* (2013): Non-invasive pressure probes magnetically clamped to leaves to monitor the water status of wheat. *Plant Soil*, 369: 257-268.
- Cabrera-Bosquet, L. - Molero, G. - Nogue' s, S. - Araus, J. L.* (2009): Water and nitrogen conditions affect the relationships of  $\Delta^{13}\text{C}$  and  $\Delta^{18}\text{O}$  to gas exchange and growth in durum wheat. *Journal of Experimental Botany*, 60: 1633-1644.
- Chaves, M. M.* (1991): Effects of water deficits on carbon assimilation. *Journal of Experimental Botany*, 42: 1-46.
- Chaves, M. M - Pereira, J. S. - Maroco, J.* (2002): How plants cope with water stress in the field? *Photosynthesis and Growth. Annals of Botany*, 89: 907-916.
- Chen, T. H. H – Murata, N.* (2002): Enhancement of tolerance of abiotic stress by metabolic engineering of betaines and other compatible solutes. *Current Opinion in Plant Biology*, 5: 250-257.
- Cornic, G.* (2000): Drought stress inhibits photosynthesis by decreasing stomatal aperture - not by affecting ATP synthesis. *Trends in Plants Science*, 5: 187-188.
- Daryanto, S. - Wang, L. - Jacinthe, P.A.* (2016): Global synthesis of drought effect on maize and wheat production. *Plos One*, 11.5., 1-15.
- Erdei L. - Tari I. - Csiszár J. - Pécsváradi A. - Horváth F. - Szabó M. - Ördög M. - Cseuz L. - Zhiponova M. - Szilák L. - Györgyey J.* (2002): Osmotic stress responses of wheat species and cultivars differing in drought tolerance: some interesting genes (advices for gene huning) *Proceeding of the 7th Hungarian Congress on Plant Physiology. Acta Biologica Szegediensis*, 46. 3-4: 63-65.
- Faragóné Guóth Adrienn* (2009): Búzafajták szárazságtűrésének élettani indikátorai. Doktori PhD értekezés.
- Farooq, J. - Khaliq, I. - Ali, M. A. - Kashif, M. - Ali, Q. - Rehman, A. - Naveed, M. - Nazeer, W. - Farooq, A.* (2011): Inheritance pattern of yield attributes in spring wheat at grain filling stage under different temperature regimes. *Australian Journal of Crop Science*, 5. 13: 1745-1753.
- Fábián A. - Jäger K. - Rakszegi M. - Barnabás B.* (2011): Embryo and endosperm development in wheat (*Triticum aestivum* L.) kernels subjected to drought stress. *Plant Cell Reports*, 30: 551-563.

- Ferris, R. - Ellis, R. H. - Wheeler, T. R. - Hadley, P.* (1998): Effect of high temperature stress at anthesis on grain yield and biomass of field grown crops of wheat. *Plant Cell Environment*, 34: 67-78.
- Gaspar, T. - Franck, T. - Bisbis, B. - Kevers, C. - Jouve, L. - Hausman, J. F. - Dommes, J.* (2002): Concepts in plant stress physiology. Application to plant tissue cultures. *Plant Growth Regulators*, 37. 3: 263-285.
- Gáspár L. - Czövek P. - Fodor F. - Hoffmann B. - Nyitrai P. - Király I. - Sárvári É.* (2005): Greenhouse testing of new wheat cultivars compared to those with known drought tolerance. *Acta Biologica Szegediensis*, 49. 1-2: 97-98.
- Guóth A. - Tari I. - Gallé Á. - Csiszár J. - Pécsváradi A. - Cseuz L. - Erdei L.* (2009): Comparison of the drought stress responses of tolerant and sensitive wheat cultivars during grain filling: changes in flag leaf photosynthetic activity, ABA levels and grain yield. *Journal of Plant Growth Regulation*, 28: 167-176.
- Gupta, N. K. - Gupta, S. - Kumar, A.* (2001): Effect of water stress on physiological attributes and their relationship with growth and yield in wheat cultivars at different growth stages. *Journal of Agronomy*, 86: 1437-1439.
- Hall, H. K. - McWha, J. A.* (1981): Effects of abscisic acid on growth of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Annals of Botany*, 47: 427-433.
- Hanson, A. D. - Hitz, W. D.* (1982): Metabolic responses of mesophytes to plant water deficits. *Annual Review of Plant Physiology*, 33: 163-203.
- Harmati I.* (1987): A búza vízigénye, vízfogyasztása, és vízhasznosítása. (Water requirements, water consumption and water utilisation of wheat.) [In: Barabás Z. (szerk.) *Wheat Production Manual.*] Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Henson, I. E. - Jensen, C. R. - Turner, N. C.* (1989): Leaf gas exchange and water relations of lupins and wheat. I. Shoot responses to soil water deficits. *Australian Journal of Plant Physiology*, 16: 401-413.
- Hoffmann B. - Cseuz L. - Pauk J.* (2006): Az őszi búza szárazságtűrésre történő nemesítésének lehetőségei és korlátai. [In: Dudits D. (szerk.) *A búza nemesítésének tudománya: A funkcionális genomikától a vetőmagig.*] Winter Fair Kft., Szeged, 191-224.
- Iljin, W. S.* (1957): Drought resistance in plants and physiological processes. *Plant Physiology*, 8: 257-274.



- Ilyas, M. – Nisar, M. – Khan, N. – Hazrat, A. – Khan, A H. – Hayat, K. – Fahad, S. – Khan, A. –Ullah, A. (2021): Drought tolerance strategies in plants: A mechanistic approach. *Journal of Plant Growth Regulation*, 40: 926-944.
- Innes, P. - Blackwell, R. D. - Austin, R. B. - Margaret, M. - Ford, M. A. (1981): The effects of selection for number of ears on the yield and water economy of winter wheat. *Journal of Agricultural Science*, 97: 523-531.
- Izanloo, A. – Condon, A. G. – Langridge, P. – Tester, M. – Schnurbusch, T. (2008): Different mechanisms of adaptation to cyclic water stress in two South Australian bread wheat cultivars. *Journal of Experimental Botany*, 59: 3327–3346.
- Jaleel, C. A. - Gopi, R. - Sankar, B. - Gomarhinayagam, M. - Panneerselvam, R. (2008): Differential responses in water use efficiency in two varieties of *Catharanthus roseus* under drought stress. *Compes Rendus Biologies*, 331: 42-47.
- Kant, S. - Burch, D. - Ehrenberger, W. - Bitter, R. - Rüger, S. - Mason, J. - Zimmermann, U. - Spangenberg, G. (2014): A novel crop water analysis system: identification of water stress tolerant genotypes of canola (*Brassica napus* L.) using non-invasive magnetic turgor pressure probes. *Plant Breeding*, 133. 5: 602-608.
- Karthikeyan, B. – Jaleel, C. A. – Gopi, R. – Deiveekasundaram, M. (2007): Alteration in seedling vigour and antioxidant enzyme activities in *Catharanthus roseus* under seed priming with native diazotrophs. *Journal of Zhejiang University Science B*, 8. 7: 453-457.
- Khan, N. - Naqvi, F. N. (2011): Effect of water stress in bread wheat hexaploids. *Current Research Journal of Biological Sciences* 5: 487-498.
- Kobata, T. - Palta, J. A. - Turner, N. C. (1992): Rate of development of postanthesis water deficits and grain filling of spring wheat. *Crop Science*, 32: 1238-1242.
- Koorneef, M. - Loeo-Kloosterziel, K. M. – Swartz, S. H. – Zeevaart, J. A. D. (1998): The genetic and molecular dissection of abscisic acid biosynthesis and signal transduction in *Arabidopsis*. *Plant Physiology and Biochemistry*, 36: 83-89.
- Leuning, R. - Condon, A. G. - Dunin, F. X. - Ziegler, S. - Denmead, O. T. (1994): Rainfall inter-ception and evaporation from soil below a wheat canopy. *Agricultural and Forest Meteorology*, 67: 221-238.
- Lobell, D. B. - Burke, M. B. - Tebaldi, C. - Mastrandrea, M. D. - Falcon, W. P. - Naylor, R. L. (2008): Prioritizing climate change adaptation needs for food security in 2030. *Science*, 319: 607-610.

- Maggio, A. - Miyazaki, S. - Veronese, P. - Fujita, T. - Ibeas, J. I. - Damsz, B. - Narasimhan, M. L. - Hasegawa, P. M. - Joly, R. J. - Bressan, R. A. (2002): Does proline accumulation play an active role in stress-induced growth reduction? *Plant Journal*, 31: 699-712.
- Mahpara, S. - Hussain, S. T. - Farooq, J. (2014): Drought tolerance studies in Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Cercetari Agronomice in Moldova*, 4. 160: 133-140.
- Marcotte, W. R. Jr. - Guiltinan, M. J. - Quatrano, R. S. (1992): ABA-regulated gene expression: cis-acting sequences and trans-acting factors. *Biochemical Society Transactions*, 20. 1: 93-97.
- Mary, J. G. - Stark, J. C. - Brien, K. O. - Souza, E. (2001): Relative sensitivity of spring wheat grain yield and quality parameters to moisture deficit. *Crop Science*, 41: 327-335.
- Monneveux, P. - Rekika, D. - Acevedo, E. - Merah, O. (2006): Effect of drought on leaf gas exchange, carbon isotope discrimination, transpiration efficiency and productivity in field grown durum wheat genotypes. *Plant Science*, 170: 867-872.
- Mosaad, M. G. - Ortiz Ferrarra, G. - Mahalakshmi, V. (1995): Tiller development and contribution to yield under different moisture regime in two *Triticum species*. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 174: 173-180.
- Morgan, J. M. - King, R. W. (1984): Association between loss of leaf turgor, abscisic acid levels and seed set in two wheat cultivars. *Australian Journal of Plant Physiology*, 11: 143-150.
- Nezhadahmadi, A. - Prodhan, Z. H. - Faruq, G. (2013): Drought tolerance in wheat. Hindawi Publishing Corporation, *The Scientific World Journal*, 1-12.
- Nix, H. A. - Fitzpatrick, E. A. (1968): An index of crop water stress related to wheat and grain sorghum yields. *Agricultural Meteorology*, 6: 321-337.
- Oweis, T. - Zhang, H. - Pala, M. (2000): Water use efficiency of rainfed and irrigated bread wheat in a Mediterranean environment. *Agronomy Journal*, 92: 231-238.
- Panozzo, J. F. - Eagles, H. A. - Wootton, M. (2001): Changes in protein composition during grain development in wheat. *Australian Journal of Plant Physiology*, 52: 485-49.
- Peng, Z. - Lu, Q. - Verma, D. P. S. (1996): Reciprocal regulation of 1-pyrroline-5-carboxylate synthetase and proline dehydrogenase genes controls proline levels during and after osmotic stress in plants. *Molecular and General Genetics*, 253: 334-341.

- Plaut, Z. - Butow, B. J. - Blumenthal, C. S. - Wrigley, C. W. (2004):* Transport of dry matter into developing wheat kernels and its contribution to grain yield under post-anthesis water deficit and elevated temperature. *Field Crop Research*, 86: 185-198.
- Price, A. H. - Cairns, J. E. - Horton, P. - Jones, H. G. - Griffiths, H. (2002):* Linking drought-resistance mechanisms to drought avoidance in upland rice using a QTL approach: progress and new opportunities to integrate stomatal and mesophyll responses. *Journal of Experimental Botany*, 53: 989-1004.
- Quarrie, S. A. – Jones, H. G. (1977):* Effects of abscisic acid and water stress on development and morphology of wheat. *Journal of Experimental Botany*, 28: 192-203.
- Quarrie, S. A. (1982):* The role of abscisic acid in the control of spring wheat growth and development. [In: Wareing, P. F. (ed.) *Plant growth substances.*] Academic Press, London.
- Rahman, M. A. - Chikushi, J. - Yoshida, S. - Karim, J. M. S. (2009):* Growth and yield components of wheat genotypes exposed to high temperature stress under controlled environment. *Bangladesh Journal of Agricultural Research*, 34: 361-372.
- Ribeiro, R. V. - Machado, E. C. - Santos, M. G. (2005):* Leaf temperature in sweet orange plants under field conditions: influence of meteorological elements. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 13: 353-368.
- Richards, R. A. (1996):* Defining selection criteria to improve yield of winter wheat under drought. *Plant Growth Regulation*, 20: 157-166.
- Rizza, F. - Badeck, F. W. - Cattivelli, L. - Li Destri, O. - Di Fonzo, N. - Stanca, A. M. (2004):* Use of a water stress index to identify barley genotypes adapted to rainfed and irrigated conditions. *Crop Science*, 44: 2127-2137.
- Saeedipour, S. (2013):* Relationship of grain yield, ABA and proline accumulation in tolerant and sensitive wheat cultivars as affected by water stress. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India – Section B: Biological Sciences*, 83. 3: 311-315.
- Saini, H. S. - Westgate, M. E. (2000):* Reproductive development in grain crops during drought. *Advances in Agronomy*, 68: 59-96.
- Salisbury, F. B. - Ross, C. W. (1991):* *Plant Physiology - fourth edition.* Wadsworth Publishing Company, Belmont, California, 52-56.
- Scholander, P. F. - Hammel, H. T. - Bradstreet, E. D. – Hemmingsen, E. A. (1965):* Sap pressure in vascular plants. *Science*, 148: 339-346.

- Shangguan, Z. P. - Shao, M. A. - Dyckmans, J.* (2000): Nitrogen nutrition and water stress effects on leaf photosynthetic gas exchange and water use efficiency in winter wheat. *Environmental and Experimental Botany*, 44: 141-149.
- Sharp, R. E. - Poroyko, V. - Hejlek, L. G. - Spollen, W. G. - Springer, G. K. - Bohnert, H. J. - Nguyen, H. T.* (2004): Root growth maintenance during water deficits: physiology to functional genomics. *Journal of Experimental Botany*, 407. 55: 2343-2351.
- Shiran, X. J. B. – Wan, J.* (2010): Importance of pre-anthesis anther sink strength for maintenance of grain number during reproductive stage water stress in wheat. *Plant, Cell and Environment*, 33. 6: 926-942.
- Simmons, S. R. – Crookston, R. K.* (1979): Rate and duration of growth of kernels formed at specific florets in spikelets of spring wheat. *Crop Science*, 19: 690-693.
- Singh, B. - Eberbach, P. L. - Humphreys, E. - Kukal, S. S.* (2011): The effect of straw mulch on evapotranspiration, transpiration and soil evaporation of irrigated wheat in Punjab, India. *Agricultural Water Management*, 98: 1847-1855.
- Singh, B. - Eberbach, P. L. - Humphreys, E.* (2014): Simulation of the evaporation of soil water beneath a wheat crop canopy. *Agricultural Water Management*, 135: 19-26.
- Singh, S. – Prakash, P. – Singh, A. K.* (2020): Salicylic acid and hydrogen peroxide improve antioxidant response and compatible osmolytes in wheat (*Triticum aestivum* L.) under water deficit. *Journal of Agricultural Research.*, <https://doi.org/10.1007/s40003-020-00490-3>.
- Singh, V. - van Oosterom, E. J. - Jordan, D. R. - Messina, C.D. - Cooper, M. - Hammer, G. L.* (2010): Morphological and architectural development of root systems in sorghum and maize. *Plant Soil*, 33: 287-299.
- Sreenivasulu, N. – Harshvardhan, V. T. – Govind, G. – Seiler, C. – Kohli, A.* (2012): Contrapuntal role of ABA: does it mediate stress tolerance or plant growth retardation under long-term drought stress? *Gene*, 506: 265–273.
- Stone, P. J. - Nicolas, M. E.* (1995): Effect of timing of heat stress during grain filling on two wheat varieties differing in heat tolerance. I. Grain growth. *Australian Journal of Plant Physiology*, 22: 927-934.
- Subhani, G. M. - Hussain, M. - Ahmad, J. - Anwar, J.* (2011): Response of exotic wheat genotypes to drought stress. *Journal of Agricultural Research*, 49. 3: 293-305.
- Székely Gy. - Ábrahám E. - Cséplő Á. - Rigó G. - Zsigmond L. - Csiszár J. - Ayaydin, F. - Strizhov, N. - Jásik, J. - Schmelzer E. - Koncz Cs. - Szabados L.* (2008): Duplicated P5CS

genes of *Arabidopsis* play distinct roles in stress regulation and developmental control of proline biosynthesis. *Plant Journal*, 53: 11-28.

Taiz, L. - Zeiger, E. (2006): *Plant Physiology* – fourth edition. Sinauer Associates Inc., Sunderland, MA, USA.

Tambussi, E. A. - Casadeus, J. - Munné-Bosch, S. - Araus, J. L. (2002): Photoprotection in water-stressed plants of durum wheat (*Triticum turgidum* var. *durum*) changes in chlorophyll fluorescence, spectral signature and photosynthetic pigments. *Functional Plant Biology*, 29: 35-44.

Triboï, E. - Marte, P. - Triboï-Blondel, A. M. (2003): Environmentally-induced changes in protein composition in developing grains of wheat are related to changes in total protein content. *Journal of Experimental Botany*, 54: 1731-1742.

URL1: <https://www.magro.hu/agrarhirek/kukorica-es-buza-statisztikak-igy-alakult-a-ket-fonoveny-termoterulete-es-az-ara-2019-ben/>, 2021. 02.09.

URL2:[http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0010\\_1A\\_Book\\_09\\_Gabonan\\_ovenyek\\_termesztese/ch02s05.html](http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0010_1A_Book_09_Gabonan_ovenyek_termesztese/ch02s05.html), 2021.02.09.

URL3: <http://www.ksh.hu/>, 2021.02.09.

URL4:<http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/crop-information/wheat/en/>, 2020.02.27.

Varga-Haszonits Z. (1977): *Agrometeorológia*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.

Wang, Y. - Zhang, X. - Liu, X. - Zhang, X. - Shao, L. - Sun, H. - Chen, S. (2013): The effects of nitrogen supply and water regime on instantaneous WUE, time-integrated WUE and carbon isotope distribution in winter wheat. *Field Crops Research*, 144: 236-244.

Wei, C. - Tyree, M. T. - Bennink, J. P. (2000): The transmission of gas pressure to xylem fluid pressure when plants are inside a pressure bomb. *Journal of Experimental Botany*, 51. 343: 309-316.

Yang, J. - Zhang, J. - Huang, Z. - Zhu, Q. - Wang, L. (2000): Remobilization of carbon reserves is improved by controlled soil-drying during grain filling of wheat. *Crop Science*, 40: 645-1655.

Yang, J. - Zhang, J. - Wang, Z. - Zhu, Q. - Liu, L. (2001): Water deficit induced senescence and its relationship to the remobilization of pre-stored carbon in wheat during grain filling. *Agronomy Journal*, 93: 196-206.

Yordanov, I. - Velikova, V. - Tsonev, T. (2000): Plant response to drought, acclimation, and stress tolerance. *Photosynthetica*, 38: 171-186.

Zhang, H.P. - Oweis, T. (1999): Water yield relations and optimal irrigation scheduling of wheat in the Mediterranean region. *Agricultural Water Manual*, 38: 195-211.

Zhang, X. – Zhang, X. – Liu, X. – Shao, L. – Sun, H. – Chen, S. (2015): Incorporating root distribution factor to evaluate soil water status for winter wheat. *Agricultural Water Management*, 153: 32-41.

Zhu, J. K. (2002): Salt and drought stress signal transduction in plants. *Annual Review of Plant Biology*, 53: 247-273.

Zimmermann, U. - Bitter, R. - Marchiori, P. E. R. - Rüger, S. - Ehrenberger, W. - Sukhorukov, V. L. - Schüttler, A. - Ribeiro, R. V. (2013): A non-invasive plant-based probe for continuous monitoring of water stress in real time: a new tool for irrigation scheduling and deeper insight into drought and salinity stress physiology. *Theoretical and Experimental Plant Physiology*, 25. 1: 2-11.

*A szerzők levélcíme – Address of the authors:*

Takács Georgina

Széchenyi István Egyetem MÉK

Állattudományi Tanszék

H-9200, Mosonmagyaróvár, Vár tér 2.

E-mail: takacs.georgina@sze.hu

Dr. Gergely István

Széchenyi István Egyetem MÉK

Növénytudományi Tanszék

H-9200, Mosonmagyaróvár, Vár tér 2.

E-mail: gergely.istvan@sze.hu

Dr. Ördög Vince

Széchenyi István Egyetem MÉK

Növénytudományi Tanszék

H-9200, Mosonmagyaróvár, Lucsony u. 15-17.

E-mail: ordog.vince@sze.hu



## AZ AMERIKAI KUKORICABOGÁR ELLENI VÉDEKEZÉSI ELJÁRÁSOK ÁTTEKINTÉSE

VÖRÖS LEVENTE

Széchenyi István Egyetem, Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar,  
H-9200 Mosonmagyaróvár, Vár 2.

### ÖSSZEFOGLALÓ

Magyarországon a kukoricakárosítók közül az amerikai kukoricabogár elleni védekezés adja a legnagyobb költséghányadot a gazdák részéről. Miután az Európai Unió egyre több hatékony, de a környezetet nagymértékben terhelő hatóanyag engedélyét vonta vissza, előtérbe kerülnek az alternatív, fenntartható mezőgazdaságot megteremtő biológiai védekezési lehetőségek. A szemleciikk rövid áttekintést nyújt az utóbbi évtizedekben az amerikai kukoricabogár ellen folytatott védekezési kísérletek hazai és külföldi, eredményeiről, különös tekintettel a lárvák ellen kidolgozott biológiai megoldásokra.

**Kulcsszavak:** amerikai kukoricabogár, rovarpatogén fonálférgesek, botanikai rovarölő szerek, talajfertőtlenítés, csávázás

### A KUKORICABOGÁR JELENTŐSÉGE

Európában napjainkban az egyik legveszélyesebb kukoricakárosító az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte 1868), amely rendszertanilag a bogarak (Coleoptera) rendjének levélbogarak (Chrysomelidae) családjába és ez utóbbin belül az olajos bogarak (Galerucinae) alszaládjába tartozik. Nagy inváziós potenciállal rendelkezik, nagyságrendileg 50 km-t terjed évente. Megjelenését követően 5-7 évvel később már gazdasági kárt okoz (Kiss és Edwards, 2001). Terjedése szexferomoncsapdával és ragacsappal nyomon követhető (Tóth, 2005).

Az idősebb lárvák az elsődleges kártevők, melyek a növények támasztó gyökereit rágiák el (*Pálfay*, 2001; *Gyeraj et al.*, 2021; *Ferralinu et al.*, 2021), amelynek következtében a növény jellegzetesen megdől. Ezt a szaknyelv hattyúnyak jelenségnek nevezi (*Chiang*, 1973; *Spike és Tollefson*, 1991a). Száraz évjáratokban a lárvák által károsított gyökerek nem képesek regenerálódni és ennek hiányában egy szélvihar vagy egy nagyobb eső akár az egész állományt ledöntheti (*Vörös*, 2002a). A kifejlett egyedek a bibék és portokok rágásával termékenyülési problémát okoznak (*Culey et al.*, 1992a), valamint ezen túlmenően a levelek átrágásával a fotoszintetikusán produktív felületet is csökkentik (*Camprag et al.*, 1994; *Mouser*, 2003; *Ludwig és Hill*, 1995; *Krysan és Miller*, 1986; *Tuska et al.*, 2002). Ismerté vált továbbá az is, hogy vektor szerepet betöltve a *Pantoea ananatis* baktériumot terjesztik, mely a növény levelének foltosodását okozza (*Krawczyk et al.*, 2021).

Az amerikai kukoricabogár elterjedésével egyenes arányban nőtt az ellene való védekezés költsége. A lárvák és az imágók elleni felhasznált kemikáliák együttes költsége (kijuttatási-és szerköltség hektáronként) vetekszik a hibrid vetőmag árával.

A kártevő viselkedésének megismerése nagy szerepet játszik az ellene irányuló védekezésben. A hatékony védekezés érdekében pontosan fel kell tárnai a lárvák és imágók mozgását, valamint figyelmet kell fordítani a rezisztens egyedek kialakulására is (*Spencer et al.*, 2009).

## AZ ELŐREJELZÉS MÓDSZEREI

A kártevő 1868-as leírása óta foglalkoztatja a kutatókat, hogy a kártevőt illetve a tevékenységét hogyan lehetne előrejelezni (*Krysan és Miller*, 1986). A kifejlett imágókat megfigyelhetjük és abból következtethetünk a jövő évi populáció nagyságára. Mivel a tojás és a lárva a talajban él nehezen lehet őket számszerűsíteni (*Manninger*, 1960).

Az amerikai kukoricabogár előrejelzésére közvetlen és közvetett módszert alkalmaznak.

A közvetlen előrejelzés két fő iránya a nevelés a talajkimosásos technikák (*Fromm et al.*, 1999; *Krysan és Miller*, 1986). A nyugalmi időszakban végzett felvételezésnek két módja ismeretes. A talajkimosásos vizsgálat, a talajminta vízzel való szétiszapolásán és a bennük található tojások számának meghatározásán alapszik, melynek eszközei a Montgomery illetve az Illinois -apparát (*Krysan és Miller*, 1986). A másik módszer a



talajból való futtatás, melynek lényege, hogy a kukoricatábláról vett mintát állandó hőmérsékleten kell tartani a tojások keléséig (*Baufeld et al., 1996; Wilde, 1971*). Az állományban végzett felvételezésnek formái, a lárvaszámok meghatározása, valamint az imágók számának felmérése. A töveket károsító lárvák száma növények kiásásával és a gyökérzet, valamint az őt körülvevő talaj átvizsgálásával pontosan felmérhető a (*Chiang, 1973*). Ezzel a módszerrel pontosan megállapítható a várható kifejtett egyedek száma, valamint a termésveszteség is, egy az amerikai kukoricabogárra kidolgozott kártételbecslő egyenlet segítségével, amelyben az "x" a növényenkénti lárvaszámot jelöli (*Petty et al., 1968*).

$$\text{Termésveszteség \%} = 0,001 + 0,765x$$

Az imágók számának alakulásának nyomon követése csapdázásos technikával, vagy vizuális megfigyeléssel végezhető el. Varsás vagy sárga ragacslos rendszertű szexferomon csapda (*Ilova, et al., 1997*) segítségével a nyár folyamán nyomon követhető a rajzás (*Komáromi et al., 2001; Vörös, 2002b*).

Állományban a felvételezés szabad szemmel történhet (*Chiang, 1973*):

- Egy növényen végzett imágók számlálásával és begyűjtésével;
- 10 növényen végzett imágók számlálásával és begyűjtésével;
- Egy, vagy több növényt magába foglaló sátorizolátorok kihelyezésével, majd a bennük mutatkozó imágók számlálásával és begyűjtésével;

Az állományban végzett imágókat érintő vizsgálatokkal kapcsolatban meg kell jegyezni, hogy a hím egyedek 4-6 nappal korábban jelennek meg, mint a nőtények. Az imágók intenzív repülése napnyugta előtt tapasztalható (*Isard et al., 2000*).

A közvetett módszerekkel – mint például a károsítás mértékének megállapításával – következtetni lehet a jövő évi lárvakelésre (*Camprag et al., 1994*). A kártevőnk esetében közvetett módszerként használják a gyökérvisszarágottság mértékének meghatározására több módszer került kifejlesztésre (*Hills és Peters, 1971; Musick és Schuttle, 1972*). Napjainkban az IOWA és a módosított IOWA skálát alkalmazzák a felvételezés során (*Hills és Peters, 1971*). Erős gyökérvisszarágottság esetén a termés kiesés elérheti a 40%-ot (*Godfrey et al., 1993*). A lárvakártétel a termés mennyisége mellett rendkívüli mértékben befolyásolja a minőséget is (*Kahler et al.,*

1985). Amerikai adatok alapján, gazdasági kár lép fel, amennyiben a károsítás mértéke az Iowa-skála szerint eléri a 2,5 értéket (*Turpin et al., 1972*). Ezt az értéket a későbbiekben 2,75-re (*Stamm et al., 1985*), majd 3-ra (*Mayo, 1986*), végül 3,5-re (*Davis, 1994*) emelték.

#### AZ AMERIKAI KUKORICABOGÁR ELLENI VÉDEKEZÉS LEHETŐSÉGEI

A kártevő elleni védekezési stratégiában fontos szempont, hogy kukorica elővetemény esetén védekezni szükséges a lárvák ellen és fel kell készülni az imágók elleni védekezésre is.

Kontinensünkön a védelem legelterjedtebb módszerei az agrotechnikai védekezésen túl a növényvédőszeres talajfertőtlenítés, a vetőmagcsávázás, illetve az inszekticides állománykezelés (*Vörös, 2004; Horváth, 2003; Boriani et al., 2006*).

Az Amerikai kontinensen a kártevővel szembeni védekezés egyik, nagyon jelentős eszköze még a transzgénikus módon előállított fajták termesztése is (*Niu et al., 2017*).

#### AZ AGROTECHNIKAI VÉDEKEZÉS

A vetésváltás az egyik leghatékonyabb védekezés az amerikai kukoricabogár lárvakártételének csökkentésére (*Gillette, 1912; Szalai et al., 2014; Spencer et al., 2009*). Ezen módszer azért megfelelő, mivel a kártevő egynemzedékes faj, a nőtények a következő évi nemzedék fejlődését megalapozó áttelelő petéket a kukoricatáblák talajába rakják (*Chiang, 1973; Miller et al., 2009*). A módszer alkalmazásával környezetkímélő és költséghatékony védekezés valósítható meg (*Levine et al., 2002*). A módszer alkalmazhatóságát jelentős mértékben befolyásolja a gazdaság mérete, a termesztett növényfajok száma, valamint a gazdasági szempontok. Az előző szempontokból kifolyólag sok helyen monokultúras termesztést folytatnak.

Észak-Amerika egyes vidékein elterjedt a szója-kukorica vetésváltása. 1987-ben és ezeken a helyeken gazdasági kártételt észleltek kukoricán először a szója elővetemény után. A jelenséget előidéző törzseket a szaknyelv „vetésváltás-toleráns” törzseknek nevezi. (*Levine és Oloumi-Sadeghi, 1996*).

A vetésváltás a legfontosabb, nem kémiai védekezési mód ott, ahol ez gazdaságilag ésszerű megoldásként jöhet szóba.

**A LÁRVÁK ELLENI KÉMIAI VÉDEKEZÉS**

A lárvák elleni legeredményesebb kémiai védekezés hazánkban (Kiss et al., 2001) és az Egyesült Államokban is (Rice, 2004) a vetéssel egy menetben történő talajfertőtlenítőszer kijuttatás (Pálfay, 2001). A legelterjedtebben használt talajfertőtlenítő hatóanyag a teflutrin (Force 1,5 G, Force 10 CS, Force Evo, Bomber, SoilGuard 1,5 GR) (Tímár, 2003), mely azokkal a gépekkel, amelyek rendelkeznek mikrogranulátum kijuttatására alkalmas berendezéssel könnyen a vetőágyba juttatható. A teflutrin hosszú hatástartammal rendelkezik, de hektárköltése magas. A folyamatos szerkivonások miatt, tulajdonképpen az egyedüli alkalmas és hatékony készítmény az amerikai kukoricabogár lárvák ökonómiai küszöbérték alá való visszaszorítására. Az előzőekben említett előnyök mellett, nagymértékű használata számos hátránnyal is párosulhat. Hosszú időn keresztül, nagy területen történő kijuttatása rezisztencia kialakulásához vezethet. Erről a tényről számol be több, friss Egyesült Államokbeli kutatás, ahol több éves vizsgálat alapján megállapították, hogy jelentős a teflutrin – és mellette a bifentrin – talajszekticid hatékonyságának csökkenése a piretroid rezisztencia kialakulása következtében (Pereira et al., 2015; Souza et al., 2020). További hátrányként említhető még, hogy a nagy mennyiségű hatóanyag kijuttatása jelentős mértékben terheli a környezetet, ~~valamit~~ veszélyes lehet a kijuttatást végző személyek egészségére, valamint a hasznos szervezetekre is.

A kártevők elleni harcban egy hatékony, könnyen kezelhető, és a talajfertőtlenítő szerekhez képest olcsóbb megoldás a vetőmag rovarölőszerekkel való csávázása, amely a vetés pillanatától védelmet nyújt az amerikai kukoricabogár lárva és más talajlakó kártevők ellen (Camprag, 1995; Ferralini et al. 2021).

Magyarországon a közelmúltban a neonikotinoid hatóanyagokat (klotianidin, imidakloprid, tiametoxam) csávázószerként eredményesen alkalmazták az amerikai kukoricabogárlárvák ellen (Csorba, 2003), melyek a csíranövényben felszívódva, akár két hónapig is védelmet nyújtottak. Az Európai Unió, a beporzó szervezetekre való veszélyessége miatt 2018.12.31-én betiltotta a neonikotinoidokkal való csávázást. A tiltást követően jelenleg nincs olyan készítmény, amely ugyanezzel az eljárással alkalmazva kellő hatékonysággal védene az amerikai kukoricabogár lárva ellen.

Nagy áttörést jelentene a növényvédelemben, ha rendelkezésre állna egy kedvező hektárköltésű, a környezetet kímélő, a hasznos szervezeteket nem veszélyeztető

hatóanyag, mely a fenti eljárást alkalmazva, eredményes védelmet nyújtana a talajlakó kártevők ellen kukorica kultúrában.

## AZ IMÁGÓK ELLENI KÉMIAI VÉDEKEZÉS

A védekezés célja a kifejlett bogarak kártételének mérséklése (bibeszálak visszarágása) és monokultúrába történő termesztés esetén a következő évi lárvapopuláció visszaszorítása. Az imágók elleni védekezés szükségességét az egyedszám és értékének alakulása, (Szemán és Takács, 2004), valamint a kukorica fejlettségi állapota határozza meg (Keszthelyi, 2019; Dzoic et al., 2010). Hazai körülmények között a csúcsrajzás július I. és II. dekádjára esik.

A védekezés történhet magasszárú permetezőgéppel, vagy légi úton. A légi permetezés előnye a nagy területteljesítmény (300-400 ha/nap). Hátránya viszont, hogy az utóbbi években engedélyezését, annak dokumentálását jelentős mértékben megszigorították. A légi kijuttatásnál további nehézséget okoz, hogy bizonyos szerek nem rendelkeznek légi kijuttatási engedéllyel, ezen kívül az elsodródás veszélye is fennáll. A magasszárú permetezőgépek területteljesítménye elmarad a légi védekezéstől és taposási kár is keletkezik. Előnye, hogy több készítmény áll rendelkezésre és 150-200 l/ha-os lémenyiséggel is lehet dolgozni (Vörös, 2019).

A jelenleg érvényes jogszabályok értelmében a kukorica virágzó kultúrájának számít. A jogszabályból következően a tartamhatással amúgy sem rendelkező hatóanyagot csak méhkímélő technológiával lehet kijuttatni, amely a nagy gazdaságok esetén nehezen megoldható (Vörös, 2014). Az utóbbi időben tanulmányok születtek arról, hogy ezen kontakt hatású idegmérgekkel szemben rezisztencia alakult ki (Souza et al., 2020). Előnyük abban rejlik, hogy a védekezés velük olcsón elvégezhető.

A neonicotinoidok, mint az acetamiprid (Spilan 20 SG, Mospilan 20 SG) és a nemrég kivonásra került tiakloprid (Biscaya) előnye, hogy méhekre nem jelöléskötelesek, tartamhatással rendelkeznek, felszívódó, transzlokálódó szerek. Hátrányuk, hogy a piretroidoknál nagyobb költségvonzattal rendelkeznek (Keszthelyi, 2019).

Egy másik lehetőség volt a kártevő imágók elleni védelemben az INVITE technológia, mellyel a környezetet kímélve lehetett, hatékony, gazdaságos és tartós sikert elérni az imágók ellen. Az INVITE EC (kukurbitacin) nem rovarölőszert, hanem egy keserű dinnye fajtából nyert csalogató anyag, melyet az amerikai kukoricabogár nagyon kedvel (jobban,

mint a kukoricát) (*Biomark*, 2003; *Ferguson és Metcalf*; 1985). Ezt a táplálkozást fokozó illatanyagot a klórpírifosz hatóanyag (Diabro 0,15 l/ha) 90%-os csökkentése mellett kipermetvezve erős mortalitást lehetett elérni a károsítóval szemben. E technológia a szervesfoszforsav észterek Európai Unió kivonását követően (2020.02.16.) már nem végezhető. Az említett megoldás, a fenntartható mezőgazdaság céljainak figyelembevételével, más csalogatóanyag és más inszekticid felhasználásával a jövőben ismét előtérbe kerülhet.

Kukoricában az amerikai kukoricabogár imágó ellen jelenleg engedélyezett rovarölőszereket az 1. táblázat sorolja fel (URL3).

1.táblázat. A kukoricabogár elleni védekezésben felhasználható hatóanyagok

Table 1: Ranges that can be used in the control of maize beetle

cipermetrin	Cyperkill Max
alfa-cipermetrin	Penge 10 EC
indoxakarb	Avaunt 150 EC, Steward 30 DF, Explicit plus
lambda-cihalotrin	Kaiso EG, Karate 2,5 WG, Lamdex Extra, Hunter, Full 5 CS, Karate Zeon 5CS, Karis 10 CS, Ninja Zeon 5 CS, Wakizasi
acetamiprid	Mospilan 20 SP, Gazelle 20 SG, Spilan 20 SG, Rafting
eszfenvalerát	Sumi-Alfa 5 EW, Wizard
acetamiprid+ lambda-cihalotrin	Inazuma, Gazelle Pro

## BIOLÓGIAI VÉDEKEZÉS ROVARPATOGÉN FONÁLFÉRGEKKEL

A kukoricabogár elleni védekezés vegyszeres lehetőségei egyre inkább leszűkülnek, mivel az engedélyezett és hatékony inszekticidok száma fokozatosan csökken. Napjainkban a kutatások középpontjába kerültek, olyan biológiai megoldások, amelyek káros mellékhatások nélkül, környezetet és a munkát végző személyek egészségét nem veszélyeztetve, kizárólag a célfajt pusztítják.

Külföldi és hazai szakirodalmakban, többféle biológiai védekezési módszer található, melyek eredményesen felveszik veszi fel a harcot a károsító szervezetekkel szemben

(Raja et al., 2011). Ilyen lehetőségek lehetnek az entomopatogén gombák, például az Ascomycota törzsbe tartozó *Beauveria* és a *Metarrhizum* fajok, melyek számos, talajban élő növénykárosító kártevőnek, köztük az amerikai kukoricabogár lárvájának is természetes ellenségei (Pilz et al., 2007; Rudeen et al., 2013). Egy Ausztriában 2014-2015-ben végzett kísérletben biológiai készítmények hatásfokát hasonlították össze a kémiai védekezési lehetőségekkel, az amerikai kukoricabogár lárvái ellen. A kísérlet eredményi szerint nem tapasztaltak szignifikáns különbséget a kezelések között (Rauch et al., 2017).

Egy másik hatékony biológiai védekezés lehet a különféle rovarpatogén fonálféreg alkalmazása. Laboratóriumi vizsgálatok során kiderült, hogy ezek a szervezetek képesek bejutni a kártevő lárvájába és bennük szaporodva a gazdaszervezet pusztulását okozzák. Ilyen fajok a *Steinernema glasseri*, *S. arenarium*, *S. abassi*, *S. bicornatum*, *S. feltiae*, *S. krausszei*, *S. carpocapsae*, és a *Heterorhabditis bacteriophora*. A vizsgált fajok közül a *Heterorhabditis bacteriophora* bizonyult a leghatékonyabbnak 77 %-os mortalitását okozva a kukoricabogár lárváknak (Toepfer et al., 2007). A fonálféreg vektorszerepet betöltve a velük szimbiózisban élő baktériumokat juttatják be a károsító testébe, melyek ott felszaporodva a cél faj pusztulását okozzák. A baktériumok a kukoricabogár lárvá testének elfolyósítása révén biztosít megfelelő táplálékot a fonálféreg számára, elősegítve ezzel felszaporodásukat (Ciche et al., 2003; Ciche, 2007; Stock et al., 2008; Dillman et al., 2012). A nematódák a gazdaszervezetük által kiválasztott szaganyagok segítségével találják meg azokat (pl. CO<sub>2</sub> kibocsátás) (Rasmann et al., 2005; Hallem et al., 2011). A bejutástól számított 2-3 napon belül a megtámadott lárvá elpusztul. Az elpusztult lárvában a fonálféreg tovább szaporodnak és 12-nap múlva az új juvenil infektív lárvák kiszabadulnak, és új „áldozatokat” keresnek fel.

A gyártási körülmények és a költségek alapján a *Heterorhabditis bacteriophora* a legalkalmasabb rovarpatogén fonálféreg biológiai növényvédőszer kialakítására.

Ígéretesnek bizonyultak még a *Steinernema arenarium* és a *Steinernema feltiae* szervezetek is (Toepfer et al., 2005). A Santos et al., (2011) által végzett kísérleti eredmények azt mutatják, hogy a *Steinernema* és a *Heterorhabditis* nemzetségbe tartozó nematódák a leghatásosabbak a kukoricabogár lárvák ellen. További kísérletekben úgy találták, hogy a *Heterorhabditis bacteriophora* hatására az Iowa -skála szerinti gyökérvédekezés 3-15%- al csökkent, a gyökéremelekek sérültségét mutató skála szerint a kártétel 14-54%-kal lett kisebb (Toepfer et al., 2010/b).

A Magyarországon szántóföldi kísérletekben vetéskor kijuttatva vizsgálták a rovarpatogén fonálféreg, valamint három eltérő hatóanyagú (klórpirifosz, cipermetrin, teflutrin) rovarölő, granulátumnak az amerikai kukoricabogár lárvára kifejtett hatását. Mindegyik kezelés csökkentette a sátorizolátorokban később megfigyelt imágók számát. A tapasztaltak alapján továbbá azt a következtetést is levonták, hogy az az inszekticidekkel szemben a nematódák határfoka az idő előrehaladtával arányosan kevésbé csökkent. Ez utalhat arra, hogy a talajban a fonálféreg képesek szaporodni és így mérsékelni a később kikelt imágók számát is (Tóth et al., 2019).

A CABI nemzetközi nonprofit szervezet is létrehozott – többek között – a kukoricabogár elleni biológiai védekezés kidolgozására egy projektet, melynek eredményeképpen 2012-ben sikerült a *Heterorhabditis bacteriophora* rovarpatogén fonálféreg faj tömegtenyésztését megoldani, és az így előállított terméket Dianem néven kereskedelmi forgalomba hozni.

2004 és 2007 között a CABI project keretein belül Magyarországon is folytak a talajba juttatás lehetséges módját (talajba injektálás és talajra permetezés) vizsgáló kísérletek, ugyanis ez a fonálféreg készítmény hatékonyságát nagymértékben befolyásolja. A vizsgálatok alapján a fonálféreg hatékonyságát értékelték különféle kijuttatási technikák mellett. Talajba injektálás esetén folyóméterenként 230000 db, amíg talajra permetezéskor 400 000 db/m<sup>2</sup> nematodát juttattak ki. A hatékonyságot a gyökérvártétel értékelésével állapították meg. Mindkét módszer több mint 50 %-kal csökkentette a *D. v. v.*-lárvák kártételét. A legjobb hatást (a lárvák 68%-os mortalitását) akkor tapasztalták, amikor a fonálférgeket a vetéssel egy menetben a talajba injektálták.

A leghatékonyabb megoldást az jelenti, ha a fonálférgeket közvetlenül a megnyitott magágyba juttatják. Erre a célra speciális injektorokat fejlesztettek ki. Jelenleg a Monsem NG 2, a Monosem NG plus 3, a Monosem NG plus 4, a Kuhn Maxima és a Kuhn Maxima II készülékekhez kaphatók adapterek, de más egyszerű vetőgépekhez történő adaptálásuk is probléma nélkül megoldható.

A kezeléshez hektáronként 200 liter vízzel 2 milliárd fonálférget juttatnak ki. A módszer előnye a talajpermetezéshez képest, hogy tized annyi a vízigénye, nincsen szükség külön talajpermetező adapterre és a fonálféreg nicsenek a káros UV hatásnak kitéve (Toepfer et al. 2010/a).

Egy másik hazai kísérlet is bizonyította, hogy a nematódák különféle kijuttatási technikái közül (felületpermetezés, injektálás), az injektálva kijuttatott *Heterorhabditis*

törzzsel érhető el a legjobb 79%-os mortalitási eredmény (Toepfer et al., 2010; Toepfer et al., 2010/a). Egyes szerzők szerint a 2 milliárd fonálféreg/hektár dózis már elég a kukoricabogár lárvá kártételének a megakadályozásához (Toepfer et al., 2019). Egy későbbi tanulmány bebizonyította, hogy a fonálférgek injektált formában, a vetőágyba kijuttatva hasonló hatékonyságúak, mint a jelenleg használt peszticidek

A fonálféreg alapú bioinszekticidek alkalmazásakor a legjobb hatás, csak abban az esetben érhető el, ha a fonálférgek számára az ökológiai körülmények megfelelőek (minimum 10 Celsius fokos talajhőmérséklet, és nedves talajviszonyok) (Toepfer et al., 2020).

A fonálférgek életképességére a talajtípusnak is befolyása van. Magyarországon négy éven keresztül vizsgáltak *Heterorhabditis* és a *Steinernema* nemzetségbe tartozó fonálférgeket a *Diabrotica* lárvák ellen három különböző talajtípuson. Az eredmények azt mutatták, hogy a kötött talajok esetében a nematódák hatékonysága valamivel kisebb volt, mint a homokosabb, kevésbé kötött talajokon. Az eredményekből tehát levonható az a következtetés, hogy a fonálférgek a kevésbé kötött talajokat preferálják (Toepfer et al., 2010).

2010-2011 -es években különböző talajtípusokon a *Heterorhabditis bacteriophora* fonálféreg fajjal végeztek szántóföldi kísérletet Németországban, Ausztriában és Magyarországon. A nematódákat vagy közvetlen folyékony formában, vagy granulátum vízben feloldott formájában juttatták ki a vetés sorába. Megállapítást nyert, hogy a biológiai ágens függetlenül a formulációjától vitalitását és perzisztenciáját megőrizte a kukoricabogár lárváinak keléséig (Pilz et al., 2014).

Egy Dél-Magyarországi kísérletben a rendelkezésre álló, biológiai (fonálférgek, gombák) és kémiai (klotianidin, teflutrin) rovarölő készítmények nem kívánt mellékhatásának spektrumát vizsgálták a talajfauna vonatkozásában. A vizsgálat eredményeiből megállapítást nyert, hogy a kemikáliák nagyobb mértékben degradálták a talaj faunáját, elpusztítottak a célfajokon kívül hasznos szervezeteket is (Badendreier et al., 2015).

A rovarpatogén fonálférgeknek az előzőekben vázolt előnyeiken túlmenően számos egyéb kedvező hatása van, például felhasználhatók biogazdálkodásban, nem károsítják a hasznos szervezeteket (méhek, földigiliszták) valamint csökkentik a kialakuló rezisztencia kockázatát.



**BIOLÓGIAI VÉDEKEZÉS NÖVÉNYI EXTRAKTUMOKKAL**

Napjainkban egyre nagyobb jelentőséget tulajdonítanak az olyan botanikai inszekticidek használatának, amelyek eredményesen veszik fel a harcot a kártevőkkel, kórokozókkal szemben. Hatékonyságuk mellett ezek a készítmények nem terhelik a környezetet (könnyen lebomlanak) és az emberiségre, valamint a hasznos szervezetekre is alacsony toxicitást gyakorolnak (Lengai et al., 2020).

A fenti kritériumoknak megfelelő egyik ilyen növényi kivonat az azadirachtin hatóanyag, mely a Dél-Kelet és Dél-Ázsiából származó *Meliaceae* családjába tartozó örökzöld Neem-fa (*Azadirachta indica*) magjának a kivonata (Chaudhary et al., 2017). A más néven Indiai orgonként, vagy Margosa fa néven is ismert növény gécentruma a szubtrópusi éghajlattal rendelkező India és innen terjedt el Ázsia és Afrika számos országába. Az első három évben 4-7 m-es magasságot ér el, de később 30-40 m magasra nő. Egy fa 40-50 kg gyümölcsöt teremhet évente, melyből 5 kg mag nyerhető, ez utóbbi mennyiségből pedig 0,1-0,9% azadirachtin hatóanyagot lehet kivonni.

*Butterworth* és *Morgan* voltak az elsők, akik izolálták az azadirachtint a Neem-fa magjából (Url1; Url2). A hatóanyagot eredményesen lehet használni a károsító szervezetek elleni védekezésben. Szisztémikus hatása révén hosszú tartamhatást biztosít. Az azadirachtin hatásspektruma meglehetősen széles. A táplálkozásgátlás, repellens és növekedésszabályzó hatás mellett blokkolásra kerül – az ekdizon hormontermelés megzavarása következtében – a vedlés folyamata, amely a rovarok pusztulását eredményezi (Schmutterer, 1988; Immaraju, 1998). A fentiekén kívül még reprodukciós tulajdonságokat befolyásoló hatással is rendelkezik (Mordue, et al., 1993). A Neem-fából kinyert olaj előnyös tulajdonsága továbbá az is, hogy az azadirachtin mellett számos triterpenoidot is tartalmaz, amelyek nagymértékben gátolják az azadirachtinra való rezisztencia kialakulását (Mordue et al., 1997; Feng and Isman, 1995). A Neem termékek szelektív hatással rendelkeznek, ugyanis nem toxikusak a kártevők természetes ellenségeire, sem a melegvérű szervezetekre, ezért fontos szerepük lehet a kukoricabogár elleni védekezésben, a fenntartható módon végzett mezőgazdasági termelésben.

Jelenleg az Európai Unióban és Magyarországon a Neemazal T/S (1 % azadirachtin hatóanyag tartalommal) termék van engedélyezve, melyet felületpermetezéssel kijuttatva széles körben eredményesen használnak a különböző rovarkártevők ellen, számos

zöltség és gyümölcs kultúrában. E biológiai anyagok elterjedése a közeljövőben várható, hiszen ez lehet az egyik alapja a fenntartható mezőgazdaságnak.

### **EGYÉB AZ EURÓPAI UNIÓBAN NEM ENGEDÉLYEZETT VÉDEKEZÉSI ELJÁRÁS**

Az amerikai kukoricabogár Észak-Amerikában is az egyik legveszélyesebb, legnagyobb gazdasági kárt okozó kártevő. A kontinensen számos, az EU-ban is használatos módon lehet ellene védekezni, mint például a vetésváltással, valamint a rendelkezésre álló széles hatásspektrumú talajinszekticidek segítségével. Ugyanakkor a védekezési paletta részét képezi egy az EU-ban tiltás alatt álló lehetőség is, mégpedig a genetikailag módosított (GMO) növények termesztése. Ez az agrotechnikai eljárás egy jelentős eszköz a gazdálkodók kezében, amivel csökkenteni lehet általa a vegyszerkijuttatást a területen. A transzgenikus növények közül legelterjedtebb a Bt-toxint termelő kukoricánövények termesztése, melyekkel egyszerűen lehet védekezni a kukoricabogár ellen, de hosszú távú használatuk mellett – hasonlóan az inszekticidekhez – rezisztencia kialakulására lehet számítani (*Doves et al., 2013*). A kukoricabogár elleni védekezés szakirodalmában találkozhatunk, más GMO-s eljárásokkal is. Például védekezési célzattal növényekkel a *Chromobacterium piscinae* által termelt fehérje toxinokat termeltetik, mellyel nagy mortalitás érhető el (*Sampson et al., 2017*).

A fenti technológiák előnye, hogy alkalmazásukkal könnyen a kártételi küszöbérték alá szorítható a károsítók létszáma, ugyanakkor még kellően nem tisztázott a génmódosítás hosszú távú hatása a melegvérűek és az ökoszisztéma működésére sem. Ezen módszerek használata az előnyeik ellenére az előbbieken említettek miatt számos helyen tiltott (PI: EU). Tiltásukban valószínűsíthető az is, hogy évtizedeken keresztül használva, rezisztens populációk kialakulásához vezethetnek.

## OVERVIEW OF PROTECTION PROCEDURES AGAINST WESTERN CORN ROOTWORM IN THE PURPOSE OF SUSTAINABLE AGRICULTURE

### LEVENTE VÖRÖS

Faculty of Agricultural and Food Sciences,

István Széchenyi University of Hungary, 9200 Mosonmagyaróvár Vár. 2.

#### SUMMARY

Among the corn pests in Hungary, farmers spend the most on controlling the western corn rootworm. As the European Union withdraws its authorization for more and more effective but environmentally harmful active substances, alternative biological control options that create sustainable agriculture will come to the fore. The review article provides a brief overview of the results of domestic and foreign control experiments against the corn borer in recent decades, with special reference to the biological solutions developed against larvae.

**Keywords:** western corn rootworm, insect pathogenic nematodes, botanical insecticides, soil disinfection, dressing

#### IRODALOMJEGYZÉK

*Antal J.* (2005): A növénytermesztés alapjai, Mezőgazda Kiadó

*Baća, F.* (1993): New member of the harmful entomofauna of Yugoslavia *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte (Coleoptera: Chrysomelidae). *Zastita Bilja* 45:125-131

*Badendreier, D., Jeanneret, P., Pilz, C., Toepfer, S.* (2015): Non-target effects of insecticides, entomopathogenic fungi and nematodes applied against western corn rootworm larvae in maize. *Journal of Applied Entomology*, 139. (6): 457-467.

*Baufeld, P., Enzian, S., Motte, G.* (1996): Establishment potential of *Diabrotica virgifera* in Germany. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*, 26. (3-4): 511-518.

*Biomark* (2003): Új ígéretes eljárás kukoricabogár ellen: az Invite technológia. *Gyakorlati agrofórum*, 14: 7,53.

- Boriani, N., Agost, M., Kiss, J., Edwards, C.R.* (2006): Sustainable management of the western corn rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte (Coleoptera: Chrysomelidae), in infested areas: experiences in Italy, Hungary and the USA. Bulletin OEPP/EPPO, 36. (3): 531-537.
- Čamprag, D.* (1995): Kukoruzna zlatica ( *Diabrotica virgifera virgifera*). Društvo za zastitutu bilja Srbije, Beograd. November 1995.pp.112
- Čamprag, D., Sekulič, R., Bača, F.* (1994): A kukorica új kártevője az amerikai gyökérféreg Jugoszláviában. Agroforum, 4. (7): 41-42.
- Čamprag, D., SEculič R., Bača, F.* (1994): A kukorica új kártevője az amerikai gyökérféreg Jugoszláviában. Agroforum, 4. (7): 41-42.
- Chaudhary, S., Kanwar, R.K., Sehgal, A., Cahill, D.M., Barrow, C.J., Sehgal, R., Kanwar, J.R.*(2017): Progress on *Azadirachta indica* Based Biopesticides in Replacing Synthetic Toxic Pesticides. Front. Plant Sci, 8:610.
- Chiang, H.C.* (1973): Bionomics of the northern and western corn rootworms. Annu. Rev. Entomol. 18:47-72.
- Chiang, H.C.* (1973): Bionomics of the northern and western corn rootworms. Annu. Rev. Entomol. 18:47-72
- Ciche, T. A.* (2007): The biology and genome of *Heterorhabditis bacteriophora*. WormBook.
- Ciche, T.A., Jerald, J.C.* (2003): For the insect pathogen *Photorhabdus luminescens*, which end of a nematode is out?. Appl Environ Microbiol, 69. (4): 1890-1897.
- Culey, M.D., Edwards, C.R., Cornelius, J.R.* (1992A): Effect of silk feeding by western corn rootworm (Coleoptera, Chrysomelidae) on yield and quality of inbred corn in seed corn production fields. J. Econ. Entomol., 85:2440-2446
- Csorba, CS.* (2003): Védekezési lehetőségek csávázással az amerikai kukoricabogár ellen. Gyakorlati Agroforum, 14: E-4,32.
- Davis, P.M* (1994): Comparison of economic injury levels for western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) infesting silage and grain corn. J. Econ. Entomol., 87: 1086-1090.
- Dillman, A.R., Sternberg, P.W.* (2012): Entomopathogenic Nematodes. Curr Biol, 22. (11): 430-431.
- Doves, Y., Meihls, L.N., Kiss, J., Hibbard, B.E.* (2013): Resistance evolution to the first generation of genetically modified *Diabrotica*-active Bt-maize events by western corn

rootworm: management and monitoring considerations. *Transgenic Research*, 22: 269-299.

*Dzoic, D., Ivezic, M. Raspuđic, E., Brmez, M.* (2010): Development of model for emergence prediction of adult corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) in east Slavonia. Conference paper 45. hrvatski i 5. Međunarodni simpozij agronoma, 15-19 veljače 2010, Opatija, Hrvatska. Zbornik Radova 2010 702-706.

*Feng, R., Isman, M.B.* (1995): Selection for resistance to azadirachtin in the green peach aphid, *Myzus persicae*. *Experimentia*, 51: 831-833.

*Ferguson, J.E., Metcalf, R.L.* (1985): Cucurbitacins: plant-derived defense compounds for diabroticites ( Coleoptera: Chrysomelidae). *Journal of economic entomology*, 11. (3): 311-318.

*Ferralinu, C., Blandino, M., Rigamonti, I.E., Jucker, E., Saladini, M.A., Reyneri, A., Alma, A.* (2021): Chemical-based strategies to control the western corn rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte. *Crop Protection*, Volume 139.

*Fromm, E.A., Bernklau, E.J., Bjostad, L.B.* (1999): Simple Technique for scouting Corn Rootworm Larvae. BSPM Dept., Colorado State University, Fort Collins.

*Gillette, C.P.* (1912): *Diabrotica virgifera* as a corn rootworm. *J. Econ. Entomol.*, 5:364-366

*Godfrey, L.D., Meinke, L.J., Wright, R.J., Hein, G.L.* (1995): Environmental and edaphic effects on western corn rootworm ( Coleoptera, Chrysomelidae) overwintering egg survival. *J. Econ. Entomol.* 88: 1445-1454.

*Grozea, I.* (2000): Research regarding growth and development of *Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte in the laboratory and fields of the western part of the country [Romania]. *Lucrări Științifice - Agricultură, Universitatea de Științe Agricole Și Medicină Veterinară a Banatului Timișoara* 2000 Vol.32 No.2 pp.613-618.

*Gyeraj, A., Szalai, M., Pálkás, A., Edwards, C.R., Kiss, J.* (2021): Effects of adult western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, Coleoptera: Chrysomelidae) silk feeding on yield parameters of sweet maize. *Crop Protection*, Volume 140.

*Hallem, E.A., Dillman, A.R., Hong, A.V., Zhang, Y., Yano, J.M., DeMarco, S.F., Sternberg, P.W.* (2011): A sensory code for host seeking in parasitic nematodes. *Current Biology*, 21. (5): 377-383.

- Hill, R.E.* (1975): Mating, oviposition patterns, fecundity and longevity of the western corn rootworm . *Journal of Economic Entomology*, 68:311–315
- Horváth A.* (2003): A kukoricabogár elleni védekezésre engedélyezett rovarölő szerek az engedélykíratok alapján. *Gyakorlati Agrofórum Extra* 4,15.
- Ilovai, Z., Princzinger G., Tóth, M.* (1997): Az Amerikai kukoricabogár ( *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, Coleoptera: Chrysomelidae) felderítése Magyarországon 1996-ban. *Növényvédelmi Tudományos Napok*, Budapest.
- Immaraju, J.* (1998): The commercial use of azadirachtin and its integration into viable pest control programmes. *Pesticide Science*, 54. (3): 285-289.
- Isard, S. A., Spencer, J. L., Nasser, M. A. and Levine, E.* (2000): Aerial movement of western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae): Diel periodicity of flight Activity in Soybean fields. *Environ. Entomol.* 29 (2): 226-234.
- Kahler, A.L.; Olness, A.E., Sutter, G.R., Dybing, C.D., Devine, O.L.* (1985): Root damage by western corn rootworm and nutrient content in maize. *Agron. J.*, 77: 769-774.
- Keszthelyi, S.* (2019): Veszélyes kártevők talajlakók. *Agrofórum online*.
- Kiss J., Edwards, C.R.* (2001): A kukoricabogár európai elterjedése (European distribution of western com rootworm). *Gyakorlati Agrofórum* 12 (5): 2–3.
- Kiss, J., Edwards, R.C.* (2001): A kukoricabogár európai elterjedése. *Gyakorlati Agrofórum*, 12. (5): 2-3
- Komáromi, J., Kiss J., Edwards, C.R.* (2001): A kukoricabogár rajzásdinamikája és egyedsűrűségének változása Bácska térségében. *Agrofórum*, 12:17-18
- Krawczyk, K., Forys, J., Nakonieczny, M., Tranawska, M., K.Beres, P.* (2021): Transmission of *Pantoea ananatis*, the causal agent of leaf spot disease of maize (*Zea mays*), by western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte). *Crop Protection*, Volume 141.
- Krysan, J.L.* (1986): Introduction: Biology, Distribution, and Identification of Pest *Diabrotica*. In: Krysan J. and Miller, T. (eds): *Methods for the Study of Pest Diabrotica*. Springer-Verlag, New York pp. 1-23.
- Krysan, J.K., Miller, T.A.* (1986): *Methods for the Study of Pest Diabrotica*. - Springer Series in Experimental Entomology. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo. 272 S., 81 Abb., 19 Tab. - Preis 198.- DM.

- Kuhlmann, U., W.A.C.M. van der Burght* (1998): Possibilities for biological control of the western corn rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, in Central Europe. *Biocontrol News and Information*, 19: 59-68.
- Lang, G.* (1976): Szántóföldi növénytermesztés, Mezőgazda Kiadó
- Lengai, G.M.W., Muthomi, J.W., Mbega, E.R.* (2020): Phytochemical activity and role of botanical pesticides in pest management for sustainable agricultural crop production. *Scientific African*, 7.
- Levine, E. and Oloumi-Sadeghi, H.* (1996): Western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) larval injury to corn grown for seed production following soybeans grown for seed production. *J. Econ. Entomol.*, 89: 1010-1016.
- Levine, E., Spencer, J.L., Onstand, D.W., Gray, M.E.* (2002): Adoption of the western corn rootworm to crop rotation: Evolution of a new strain in response to a management practice. *Am. Entomol.*, 48: 94-107
- Ludwig, K.A., Hill, R.E.* (1975): Comparisons of gut contents of adult western and northern corn rootworms in northeast Nebraska. *Environ. Entomol.*, 4: 435-438
- Manninger, G.A.* (1960): Szántóföldi növények állati kártevői. Budapest, Mezőgazdasági Kiadó.
- Mayo, Z.B.* (1986): Field evaluation of insecticides for control of larvae of corn rootworms pp. 183-203. In: KRYSAN, J. and MILLER, T. (eds): *Methods for the study of pest Diabrotica* Spinger- Verlag, New York pp. 1-23.
- Miller, N.J., Giordano, R., Siegfried, B.D., Gray, M.E., Meinke, L.J., Sappington, T.W.* (2009): Genes, gene flow and adaptation of *Diabrotica virgifera virgifera*. *Agric Forest Entomol*, 11: 47-60.
- Mooser, J.* (2003): Nutritional ecology of the invasive maize pest *Diabrotica v. virgifera* LeConte in Europe. 89 pp PhD thesis, Faculty of Agricultural Sciences. Georg-August-University, Goettingen.
- Mordue, A.J., Artes, R.J.* (1997): Feeding Deterrence and Toxicity of Neem Triterpenoids. *Journal of Chemical Ecology*, 23: 2117-2132
- Mordue, A.J., Black, A.* (1993): Azadirachtin: an update. *Journal of Insect Physiology*, 39. (11): 903-924.
- Musick, G.L. and Suttle, P.J.* (1972): Ohio northern corn rootworm research. Part 1: Chemical control. Annual report. Ohio Agricultural development and Research Center, Wooster, Ohio

- Niu, X., Kassa, A., Hu, X., Robenson, J., McMahon, M., Richtman, N.M., Steimel, J.P., Kernodle, B.M., Crane, V.C., Sandhl, G., Ritland, J.L., Persani, J.K., LU, Albert, L., Wu, G.* (2017): Control of Western Corn Rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera*) Reproduction through Plant-Mediated RNA Interference. *Nature, Scientific reports*, 7.(1).
- Pálfay, G.* (2001): Talajfertőtlenítéssel a kukoricabogár ellen. *Gyakorlati Agrofórum*, 12. (5) : 6.
- Pálfay, G.* (2001): Talajfertőtlenítéssel a kukoricabogár ellen. *Gyakorlati Agrofórum*, 12. (5) :6.
- Pereira, A. E., Wang, H., Zukoff, S.N., Meinke, L.J., French, B.W., Siegfried, B.D.* (2015): Evidence of Field-Evolved Resistance to Bifenthrin in Western Corn Rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) Populations in Western Nebraska and Kansas. *Plos One*, 10. (11).
- Petty, H.B., Kuhlman, D.E., Sechriest, R.E.* (1968): Corn yield losses correlated with rootworm larval populations. *Entomol. Soc. Ameri. N. Cent. Br. Proc.* 24, 141-142. in: CHIANG, H.C. (1973): Binomics of the northern and western corn rootworms. *Annual Review of Entomology*, (18): 47-72.
- Pilz, C., Toepfer, S., Knuth, P., Strimitzer, T., Heimbach, U., Grabenweger, G.* (2014): Persistence of the entomoparasitic nematode *Heterorhabditis bacteriophora* in maize fields. *Journal of Applied Entomology*, 138. (3): 202-212.
- Pilz, C., Wegensteiner, R., Keller, S.* (2007): Selection of entomopathogenic fungi for the control of the western corn rootworm *Diabrotica virgifera virgifera*. *Journal of Applied Entomology*, 131. (6): 426-431.
- Princzinger, G.* (1996): Monitoring of western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) in Hungary 1995. *IWGO Newsletter XVI* 1. pp. 7–11.
- Raja, R.K., Padmanaban, K., Sivaramakrishnan, S.* (2011): Entomopathogenic Nematodes: A Best Bio-control Agent for Insect Pest: Isolation and Identification of Entomopathogenic Nematodes from Agricultural land. Lambert Academic Publishing.
- Rasmann, S., Köllner, T. G., Degenhardt, J., Hiltbold, I., Toepfer, S., Kuhlmann, U., Gershenson, J., Turlings, J.* (2005): Recruitment of entomopathogenic nematodes by insect-damaged maize roots. *Nature* 434(7): 732-738
- Rauch, H., Steinwender, B.M., Mayerhofer, J., Sigsgaard, L., Elienberg, J., Enkerli, J., Zelger, R., Strasser, H.* (2017): Field efficacy of *Heterorhabditis bacteriophora* (Nematoda: Heterorhabditidae), *Metarhizium brunneum* (Hypocreales: Clavicipitaceae),



and chemical insecticide combinations for *Diabrotica virgifera virgifera* larval management. *Biological Control*, 107: 1-10.

*Rice, M.E.* (2004): Transgenic rootworm corn: Assessing potential agronomic, economic, and environmental benefits. *Plant Health Progress*, Progress doi: 10.1094/php-2004-0301-01-RV. Online publikálva

*Ripka, G., Hataláné Zs.I., Kiss, J.* (2000): Hol tart ma az amerikai kukoricabogár Európában? *Gyakorlati Agrofórum*, 11. (3): 106-108.

*Rudeen, M.L., Jaronski, S.T., Petzold-Maxwell, J.L., Gassmann, A.J.* (2013): Entomopathogenic fungi in cornfields and their potential to manage larval western corn rootworm *Diabrotica virgifera virgifera*. *J Invertebr Pathol*, 144 (3): 329-332.

*Sampson, K., Zaitseva, J., Stauffer, M., Berg, B.K., Guo, R., Tomso, D., McNulty, B., Desai, N., Balasubramanian, D.* (2017): Discovery of a novel insecticidal protein from *Chromobacterium piscinae*, with activity against Western Corn Rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera*. *J Invertebr Pathol*. 142: 34-43.

*Santos, V., Junior, A.M., Andaló, V., Moreira, C.C, Alves de Olinda, R.* (2011): Virulence of entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Steinernematidae and Heterorhabditidae) for the control of *Diabrotica speciosa* germar (coleoptera: chrysomelidae). *Ciencia e Agrotecnologia*, 35. (6).

*Schmutterer, H.* (1988): Potential of azadirachtin-containing pesticides for integrated pest control in developing and industrialized countries. *Journal of Insect Physiology*, 34. (7): 713-719.

*Souza, D., Peterson, J.A., Wright, R.J., Meinke, L.J.* (2020): Field efficacy of soil insecticides on pyrethroid-resistant western corn rootworms (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte). *Pest Manage Sci.*, 76. (2): 827-833.

*Spencer, J.L., Hibbard, B.E., Moeser, J., Ostand, D.W.* (2009): Behaviour and ecology of the western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte). *Agricultural and Forest Entomology*, 11. (1): 9-27.

*Spike, B.P. Tollefson, J.J.* (1991 a): Yield response of corn subjected to western corn rootworm ( Coleoptere, Chrysomelidae) infestation and lodging. *J. Econ. Entomol.*, 84: 1585-15

*Stamm, D.E., Mayo, Z.B., Bambell, J.B., Witkowski, J.F., Andersen, L.W., Kozub, R.* (1985): Western corn rootworm ( Coleoptera, Chrysomelidae) beetle counts as a means of larvae control recommendations in Nebraska. *J. Econ. Entomol.* 78: 794-798.

- Stock, S.P., Goodrichblair, H.* (2008): Entomopathogenic nematodes and their bacterial symbionts: The inside out of a mutualistic association. *Symbiosis*, 46. (2): 65-75.
- Szalai, M., Kiss, J., Kövér, SZ., Toepfer, S.* (2014): Simulating crop rotation strategies with a spatiotemporal lattice model to improve legislation for the management of the maize pest *Diabrotica virgifera virgifera*. *Agricultural Systems*, 124: 39-50.
- Szemán, A. és Takács, A.* (2004): Az amerikai kukoricabogár elleni védekezés stratégiáinak végig gondolása és kidolgozása. *Gyakorlati Agroforum Extra 8.*: 47- 49.
- Tímár, A.*(2003): Komoly kihívásra, komoly válasz... . *Gyakorlati Agroforum Extra 2*: 13-89.
- Tirpin, F.T., Dumenil, L.C., Perers, D.C.* (1972): Edafic and agronomic characters that effect potential for rootworm damage to corn in Iowa. *J. Econ. Entomol.*, 65: 1615-1619.
- Toepfer, S. – Gueldenzoph, C. – Ehlers, R.U. – Kuhlmann, U.* (2005): Screening of entomopathogenic nematodes for virulence against the invasive western corn rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera* (Coleoptera: Chrysomelidae) in Europe. *Bull. entomol. Res.* 95(5): 473-482
- Toepfer, S. – Hatala-Zseller, I. – Ehlers, R.U. – Peters, A.* (2010/B): The effect of application techniques on field-scale efficacy: Can the use of entomopathogenic nematodes reduce damage by western corn rootworm larvae? *Agricultural and Forest Entomology*. 12(4)
- Toepfer, S.– Burger, I. – Ehlers, R.U. – Peters, A. – Kuhlmann, U.* (2010/A): Controlling Western corn rootworm larvae with entomopathogenic nematodes: effect of application techniques on plant-scale efficacy. *Journal of Applied Entomology*. 134(5): 467-480
- Toepfer, S., Burger, R., Ehlers, R.U., Peters, A., Kuhlmann, U.* (2010): Controlling western corn rootworm larvae with Entomopathogenic nematodes: effect of application techniques on plant-scale efficacy. *Journal of Applied Entomology*, 134. (5): 467-480.
- Toepfer, S., Guldenzoph, C., Ehlers, R.U., Kuhlmann, U.* (2007): Screening of entomopathogenic nematodes for virulence against the invasive western corn rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera* (Coleoptera: Chrysomelidae) in Europe. *Bull Entomol Res.*, 95.(5): 473-482
- Toepfer, S., Kurtz, B., Kuhlmann, U.* (2010): Influence of soil on the efficacy of entomopathogenic nematodes in reducing *Diabrotica virgifera virgifera* in maize. *Journal of Pest Science*, 83. (3): 257-264.

- Toepfer, S., Tóth, SZ.* (2020): Entomopathogenic nematode application against root-damaging *Diabrotica* larvae in maize: what, when, and how? *Microbial and Nematode control of Invertebrate Pests. IOBC-WPRS Bulletin*, vol:150: 185-188.
- Toepfer, S. – Knuth, P. – Glas, M. – Tóth, SZ. – Zellner, M.* (2019): Field level dose-efficacy response of entomopathogenic nematodes at controlling at *Diabrotica v. virgifera* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Poszter. 65.Növényvédelmi Tudományos Napok Budapest, február 19-20.*
- Topor, V.E.* (2020): *Kertmagazin*
- Tóth, M. és Nagy, B.* (1995): Amerikából jöttem...A kukoricabogár. *Élet és Tudomány*, 8: 227–229.
- Tóth, SZ. – SZalay, M. – Zellner, M. – Knuth, P. – Glas, M. – Kiss, J. – Toepfer, S.* (2019): A *Diabrotica v. virgifera* (Coleoptera: Chrysomelidae) lárvája elleni kémiai és biológiai védekezési lehetőségek hatékonyságának időbeli különbségei szabadföldön. *Poszter. 65.Növényvédelmi Tudományos Napok Budapest, február 19-20.*
- Tóth, V.* (2005): Protection against western corn rootworm adults ( *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) in Baranya county (Hungary).
- Tuska, T., Kiss, J., Edwards, C.R., Szabó, Z., Ondriusz, I., Miskucz, P., Garai, A.* (2002): Az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera*LeConte) imágóveszélyességi küszöbértékének (bíberágás) meghatározása vetőmag-kukoricában. *Növényvédelem* 38:505-511
- Vörös, G.* (2002a): Újabb kukorica-ellenség: Az amerikai kukoricabogár. *Gyakorlati Agrofórum, Gyakorlati Agrofórum füzetek (6) 35.*
- Vörös, G.* (2004): Az áru kukorica kártevői elleni védekezés. *Gyakorlati Agrofórum Extra, 5: 43-46.*
- Vörös, G.,* (2002b): Az Amerikai kukoricabogár hat éve Tolna megyében. *Növényvédelem, 38 (10): 547-550.*
- Vörös, L.* (2019): Védekezési lehetőségek az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera*) lárvái ellen. *Diplomamunka, Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar, Növénytudományi Tanszék, Mosonmagyaróvár.*
- Wessler, J., Fall, E.H.* (2010): Potential damage costs of *Diabrotica virgifera virgifera* infestation in Europe – the ‘no control’ scenario. *Journal of Applied Entomology, 134. (5): 385-394.*

*Wilde, G.E.* (1971): Temperature effect on development of western corn rootworm eggs. *J. Kans. Entomol. Soc.* 44, 185-187. in: *CHIANG, H.C.* (1973): Bionomics of the northern and western corn rootworms. *Annual Review of Entomology*, (18) 47-72.

*URL1: UKEssays.* (2018): Effect of Azadirachtin on Insects. Retrieved from <https://www.ukessays.com/essays/biology/effect-of-azadirachtin-on-insects-biology-essay.php?vref=1>

*URL2: V. TOPOR, E.* (2020): Neem-fa és a Neem olaj: <https://www.kertportal.hu/5-tipp-neem-fa-es-a-neem-olaj/>

*URL3: NÉBIH:* Magyarországon engedélyezett növényvédő szerek hivatalos adatbázisa <https://novenyvedoszer.nebih.gov.hu/Engedelykereso/kereso>

*A szerzők levélcíme – Address of the authors:*

Vörös Levente

e-mail:



## TÁJÉKOZTATÓ ÉS ÚTMUTATÓ A SZERZŐK RÉSZÉRE

### Általános szempontok

1. Csak önálló kutatáson alapuló, más közleményekben meg nem jelent, a növény-tudományok (kertészet, genetika, növénykórtan, állati kártevők, agrometeorológia, növényélettan, agrobotanika, stb.), állatt-tudományok (takarmányozás, állatgenetika, állategészség, stb.), élelmiszer- és az ökonómiai tudományok témakörébe tartozó szakcikket közölhetünk. Szemle rovatunkba a fenti tárgykörökhöz tartozó irodalmi összefoglalók, témadokumentációk, módszertani ismertetések, stb. kerülnek.

2. Tudományos folyóiratunkban a dolgozatokat angol vagy magyar nyelven tesszük közzé. Ez attól függ, hogy az új tudományos eredmények nemzetközi vagy inkább hazai érdeklődésre tarthatnak számot. Más nyelven a továbbiakban már nem fogadunk be cikkeket. A közlemények megjelentetésekor, az adott lapszámok összeállításakor az angol nyelvű anyagok előnyt élveznek. A megfelelő nyelvi színvonal fenntartása érdekében angolul írt cikk benyújtásakor anyanyelvi lektor által kiállított igazolást is kérünk csatolni.

3. Csak formailag kifogástalan kéziratot fogadunk el.

4. A kéziratot - annak mellékleteivel együtt - elektronikusan (e-mailben) kell megküldeni Dr. Szalka Éva címére (Acta Agronomica Óváriensis Szerkesztő Bizottsága, 9201 Mosonmagyaróvár, Vár 2.; szalka.eva@sze.hu)

### A kézirat összeállítása

#### 1. Formai követelmények

1.1. A kézirat táblázatokkal és ábrákkal együtt legfeljebb 16-20 gépelt - számozatlan - oldal legyen, Times New Roman betűtípussal 11 pt betűmérettel, körben 2 cm-es margót hagyva. A gépirás fekete betűkkel, irodai (A/4-es) papír egyik oldalára, 1,5-es sorközrel történjék. Fej- és lábléc (másként: élőfej és élőláb) használatát kérjük mellőzni.

1.2. Az alcímeket, fejezetcímeket, egyéb elkülönülő részeket 1-1 üres sorral kell elválasztani a fő szövegtől, aláhúzás és sorszám nélkül.

1.3. Az idegen szavak írását fonetikusán vagy, ha még nem honosodtak meg, eredeti helyesírással kérjük.

A magyar fajnevek mellett a tudományos nevet (esetenként a címben is) fel kell tüntetni és *dőlt* betűvel írni. A fajták nevét (magyar és külföldi) a minősítésben elfogadott név szerint kell írni szintén *dőlt* betűvel (pl.: *Sinapis alba* cv. *Budakalász sárga*).

## **2. A kézirat szerkezete**

2.1. A dolgozat címe alatt a szerző(k) neve, munkahelye(ik) és annak székhelye szerepeljen. Pontos cím megadása itt kerülendő. A tudományos fokozatot és munkahelyi beosztást nem közöljük.

2.2. A tudományos közlemények kialakult rendjének és kézirat felépítését a következő csoportosítás szerint kérjük:

-Bevezetés

-Irodalmi áttekintés

-Anyag és módszer

-Eredmények

-Következtetések

-Összefoglalás

-Irodalom

az Acta Agronomica Óváriensis hagyományainak megfelelően. Egyes fejezetek a téma jellege, terjedelme szerint összevonhatók: Bevezetés és az Irodalmi áttekintés, Eredmények és a Következtetések. Az Anyag és módszer helyett a szerző a Kísérletek leírása címet is használhatja.

2.3. Az Irodalom után kérjük feltüntetni a szerző(k) levélcímét (név, munkahely és annak székhelye a postai irányítószámmal; e-mail cím).

A fentiek szerint csoportosított kéziratot kiegészítik (külön oldalakra gépelve):

·magyar nyelvű közlemény esetén

-magyar nyelvű összefoglalás a végén kulcsszavakkal

-angol nyelvű összefoglalás a dolgozat angol nyelvű címével, a szerző(k) nevével és a munkahely(ük) feltüntetésével, a végén angol kulcsszavakkal

-táblázatok és ábrák

-angol nyelvű táblázat- és ábracímek

-az ábrák feliratait és a táblázatok fejléceit angol fordításban, számozva pl:

*1. táblázat* Az egynyári szélfű előfordulása a Fertő-Hanság-medence  
kukoricavetéseiben

*Table 1 Occurrence of Mercurialis annua L. in maize fields in the Fertő-Hanság-basin*

Felvételezési hely (1)		Egynyári szélfű száma a felvételi négyzetekben (2)				Átlag db/4m <sup>2</sup> (3)
		1.	2.	3.	4.	
1.	Hanságfalva*	46	72	54	36	52
2.	Jánossomorja	38	27	25	30	30
3.	Hanságliget	2	1	4	0	2

\* a tenyészidőszak folyamán sem mechanikai, sem pedig kémiai gyomirtásban nem részesült

(1) location of survey, (2) the number of *Mercurialis annua* L. in sample squares, (3) average pc/4m<sup>2</sup>, \*during the vegetation period neither mechanical nor chemical weed control was carried out

angol nyelvű közlemény esetén

-angol nyelvű összefoglalás a végén kulcsszavakkal

-magyar nyelvű összefoglalás a dolgozat magyar címével, a szerző(k) nevével és a munkahely(ük) feltüntetésével, a végén magyar kulcsszavakkal

-külön-külön oldalakra gépelt táblázatok és ábrák (a címek, feliratok, fejlécek magyarra fordítása nem szükséges)

### **3. Irodalmi hivatkozások**

3.1. Az Irodalmi áttekintés című fejezetbe - hivatkozáskor - egy szerző esetében a szerzők családnévének *dőlt* betűvel történő leírásával és zárójelben közleményének kiadási évszámával szerepeljen, pl. *Pocsai* (1986). Szerzőpárosra történő hivatkozás esetén a két név közé "és" szót tegyen: *Pocsai és Szabó* (1983). Kettőnél több szerző esetében az elsőként feltüntetett szerző neve után *et al.* rövidítést kérjük: *Schmidt et al.* (1983). Egy mondaton vagy témakörön belül, ha több szerzőre hivatkozik, akkor a mondat vagy a témakör tárgyalása végén zárójelben kérjük a szerzők nevének és közleményei kiadási évszámának a felsorolását: (*Ivánicsics* 1971, *Gergátz és Seregi* 1985, *Szajkó* 1987). Tudományos közleményben, könyvben szereplő hivatkozásra történő utalásnál a cit. rövidítést kell használni (*Wagner* 1979 cit. *Fahn* 1982).

3.2. Az Irodalom összeállításakor a dolgozatban idézett szerzők nevét ABC- és megjelenési időrendű felsorolásban kérjük. Minden tanulmányt külön sorban kell feltüntetni.

-Folyóiratban megjelent cikkekre való hivatkozásnál a szerző családneve és keresztnévnek kezdőbetűje *dőlten* szedve, a cikk megjelenésének évszáma zárójelben, a cikk címe, a folyóirat megnevezése, az évfolyam száma félkövéren, a lapszám zárójelben és a kezdő-befejező oldal száma kerül felsorolásra.

Pl: *Pocsai K.* (1986): A lóbab vetőmagszükséglet csökkentési lehetőségeinek vizsgálata. *Növénytermelés.* 35, (1) 39-44.

-Ha az idézett hivatkozás könyvben jelent meg, akkor kérjük a szerző nevét, a könyv megjelenési évszámát zárójelben, a könyv címét, kiadóját és a kiadó székhelyét közölni.

Pl: *Schmidt J.* (1995): Gazdasági állataink takarmányozása. Mezőgazda Kiadó, Budapest.

-Ha olyan szerzőre hivatkozik, aki társszerzőként írt a könyvben, akkor a szerző nevét az általa írt (hivatkozott) fejezet címét kérjük feltüntetni és "in" megjelöléssel a könyv szerkesztőjének a nevét, a könyv címét, kiadóját és a kiadó székhelyét

Pl.: *Gimesi A.* (1979): A lucerna vegyszeres gyomirtása. In *Bócsa I. (szerk.): A lucerna termesztése.* Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.

-Ha az Irodalmi áttekintésben több szerző által írt tanulmányra hivatkozott, az Irodalomban az összes szerző nevét ki kell írni és a nevek közé szóközzel kötőjelet keli tenni.

Pl: *Varga-Haszonits Z. – Varga Z. – Schmidt R. – Lantos Zs.* (1997): The effect of climatic conditions on the maize production. *Acta Agronomica Óváriensis.* 39, (1-2) 1-14.

-Külföldi szerző esetében család- és keresztnév közé vesszőt kell tenni. Magyar szerzőknél ez kerülendő.

#### **4. Ábrák és táblázatok**

4.1. A digitalizált képeket, ábrákat lehetőleg TIF, JPG kiterjesztésű állományként küldjük, és ne a dokumentumba ágyazva.

4.2. Táblázatok esetében kérjük, hogy szintén Times New Roman betűtípust használjanak. Lehetőleg mellőzzék a táblázatok különféle kerettel és vonalvastagságokkal történő tarkítását.

4.3. Kérjük az eredeti ábrák, táblázatok külön állományban (pl. XLS) történő mentését, ezeket se illesszék a dokumentumba.

4.4. Ugyanazon adatsorokat grafikus és táblázatos formában nem közöljük.



Kérjük, hogy a szövegben az ábrákra és táblázatokra (dőlt betűvel írva) minden esetben hivatkozzanak.

### **5. Lektorálás, korrektúra**

5.1. Az angol nyelvű cikkek lektorálása két szinten (anyanyelvi és szakmai bírálat) történik. Mint azt az *Általános szempontokban* említettük, a közlemény beérkezésekor benyújtott anyanyelvi lektori igazolás biztosítja az *előzetes nyelvi ellenőrzést*, amit *szakmai bírálat* követ.

5.2. A szerzők javaslatot tehetnek a két szakmai lektor személyére. A javasolt lektorok tudományos minősítéssel rendelkező személyek legyenek. A javasolt lektorokat a Szerkesztőbizottság hagyja jóvá, illetve jelöl ki új lektorokat. A lektorok nevét az évi utolsó lapszámban a borító belső oldalán – a bírált cikk megjelölése nélkül - feltüntetjük.

5.3. A lektori véleményeket a szerzőknek a kézirattal együtt megküldjük. Kérjük a szerzőket, hogy dolgozatukat a bírálók javaslata alapján módosítva mielőbb küldjék vissza e-mail-ben ([szalka.eva@sze.hu](mailto:szalka.eva@sze.hu)). Csak a végleges összeállítású, hibátlan dolgozatot tudjuk szerkeszteni.

A megjelent dolgozatokért a Szerkesztőbizottság tiszteletdíjat nem tud fizetni.

A kéziratokat a dolgozat megjelenéséig megőrizzük.

A Szerkesztőbizottság

**Kiadásért felelős:**

Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar dékánja

**A szerkesztőség címe**

H-9201 Mosonmagyaróvár, Vár tér 2.

## Tartalom

Mendelné Pászti E. - Mendel Á.:

Ceglédi kajszifajták fagyűrésének vizsgálata szabadföldi felvételezések alapján.....4

Varga Z:

A Mosoni-síkot jellemző új éghajlati normál értékek agroklimatológiai elemzése.....16

Gombkötő N.:

Beruházások hatékonyságának mérési módszerei.....40

Kacz K. - Varga Á.:

Egy mezőgazdasági vállalkozás terményszárító üzem létesítésének ökonómiai vizsgálata.....70

Nyéki A. - Neményi M. - Troján Sz.:

Fenntartható agrárfejlődés a precíziós gazdálkodás és a digitalizáció eszközszerével .....82

Szemle .....102

Kolenajisz R. - Ábrahám R. - Vértesi A.:

Növényvédőszeres és növényvédőszer keverékek hatása a környezetre.... .....103

Takács G. - Gergely I. - Ördög V.:

A búza (*Triticum Aestivum* L.) cvízigénye és a vízhiány hatása a növényre.....116

Vörös L.:

Az amerikai kukoricabogár elleni védekezési eljárások áttekintése .....141

Tájékoztató és útmutató a szerzők részére .....163