

Crop
Production

HERMAN OTTÓ INTÉZET
NONPROFIT KFT.

NÖVÉNYTERMELÉS

68. kötet | 4. szám | 2019. december

Alapítás éve: 1952

Főszerkesztő: Nagy János



Az energiafűz életlani és biomassza paramétereinek optimalizálása triakontanol és kelpak biostimulatorokkal

Termesztéstechnológiai elemek hatása a *Diana* tarkabab termés mennyiségére

A termesztési mód hatása az édesburgonya (*Ipomoea batatas* L.) termésére eltérő ökológiai tájkerületben

www.agrarlapok.hu

Növénytermelés

CROP PRODUCTION

A Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft. kiadásában,
az Agrárminisztérium támogatásával megjelenő folyóirat
a növénytermesztés, növénynevelés, növénygenetika, növényélettan, agrobotanika
területén magyar és külföldi szerzők által írt, angol és orosz nyelvű összefoglalókkal
ellátott tudományos közleményeket, vitacikkeket, szemlét, könyvismertetést közöl.

**A folyóirat szakmai támogatója az MTA Agrártudományok Osztályának Talajtani,
Vízgazdálkodási és Növénytermesztési Tudományos Bizottsága**

Megjelenés egy kötet négy füzetben.

A Növénytermelést a SCOPUS és a Google Scholar indexeli.

Szerkesztőség:

DEBRECENI EGYETEM MÉK
4032 Debrecen, Böszörményi út 138.
4002 Debrecen, Pf. 400
Telefon: (06 52) 508-310
Fax: (06 52) 508-460
E-mail: novenytermeles@agr.unideb.hu
szelesne@agr.unideb.hu

Megrendeléseiket az alábbi elérhetőségeinken várjuk:

Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft.
1223 Budapest, Park u. 2.
Telefon: (06 1) 362-8100
Fax: (06 1) 362-8104
E-mail: info@agrarlapok.hu
www.hoi.hu - www.agrarlapok.hu
www.novenytermeles.hu

A kiadásért felelős Dr. Béres András,
a Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft. ügyvezetője

ISSN 0546-8191
Növényterm 68 (2019) 4
Printed in Hungary

Növénytermelés

CROP PRODUCTION

68. kötet, 4. szám, 2019. december

Főszerkesztő/Editor-in-Chief:

JÁNOS NAGY

Szerkesztőbizottság/Editorial Board:

Z. BERZSENYI, M. BIRKÁS, L. BLASKÓ, CS. GYURICZA, K. INUBUSHI,
Z. IZSÁKI, M. JOLÁNKAI, T. KISMÁNYOKY, É. LEHOCZKY,
L. CS. MARTON, J. NAGY, P. PEPÓ, K. RAJKAI, R. SCHMIDT

AGRÁRMINISZTERIUM

A kiadásért felelős a Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft. ügyvezetője

A nyomást és kötést a OOK-Press Nyomda végezte

Felelős szerkesztő: Dr. Nagy János

Fedélterv: Dávid Ildikó

Fotót készítette: Dr. Pepó Péter

ISSN 0546-8191

TARTALOM

<i>Digruber Tamás – Kenny Paul – Sass László – Cseri András – Remenyik Judit – Molnár István – Gyuricza Csaba – Dudits Dénes: Az energiafűz életteni és biomassza paramétereinek optimalizálása triakontanol és kelpak biostimulatorokkal</i>	5
<i>Györgyi Gyuláné – Zsombik László – Henzsel István: Termesztéstechnológiai elemek hatása a Diana tarkabab termésmennyiségére</i>	25
<i>Szarvas Adrienn – Pepó Péter: A termesztési mód hatása az édesburgonya (<i>Ipomoea batatas</i> L.) termésére eltérő ökológiai tájkörzetben</i>	41
<i>Varga Zoltán: Az éghajlatingadozás hatása a kukoricatermesztés agroklímológiai indikátoraira a Mosoni-síkon 1871–2018 között</i>	53

CONTENTS

<i>T. Digruber – Kenny Paul – L. Sass – A. Cseri – J. Remenyik – I. Molnár – Cs. Gyuricza – D. Dudits: Improved physiological and biomass parameters in energy willow plants after treatment with 1-triacontanol and kelpak as biostimulants</i>	5
<i>Gy.-né Györgyi – L. Zsombik – I. Henzsel: Effect of agrotechnical elements on the yield of pinto bean variety 'Diana'</i>	25
<i>A. Szarvas – P. Pepó: The effect of planting methods on the yield of sweet potato (<i>Ipomoea batatas</i> L.) in different ecological regions</i>	41
<i>Z. Varga: The effect of climatic fluctuation on the agroclimatic indicators of maize production on the Mosoni plain between 1871–2018</i>	53

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Т. Дигрубер – П. Кеннь – Л. Шаи – А. Чери – Ю. Ременьик – И. Молнар – Ч. Дьурица – Д. Дудич: Оптимизация физиологических и биомассовых параметров энергетической ивы биостимуляторами триакontanол и келпак</i>	5
<i>Дь.-не Дьорди – Л. Жомбик – И. Хенжел: Влияние элементов технологии выращивания на количество урожая пёстрой фасоли «Diana»</i>	25

<i>A. Сарваш – П. Пено</i> : Влияние метода выращивания на урожай батата (<i>Ipomoea batatas</i> L.) в различных экологических областях	41
<i>З. Варга</i> : Влияние климатических колебаний на агроклиматологические индикаторы выращивания кукурузы на равнине Мошони (Mosoni-sík) в 1871–2018 годы	53

Az energiafűz élettani és biomassza paramétereinek optimalizálása triakontanol és kelpak biostimulatorokkal

^{1,2}DIGRUBER TAMÁS – ¹KENNY PAUL – ¹SASS LÁSZLÓ – ¹CSERI ANDRÁS –
⁴REMENYIK JUDIT – ²MOLNÁR ISTVÁN – ³GYURICZA CSABA – ¹DUDITS DÉNES

¹MTA Szegedi Biológiai Kutatóközpont, Növénybiológiai Intézet, Szeged

²Agrár-Béta Ltd., Dombóvár

³Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ, Gödöllő

⁴Debreceni Egyetem, Debrecen

Összefoglalás

Napjainkban a megújuló energiaforrások iránti igény növekedése érinti a zöldenergia hordozókat is. Ezek között a rövid vágásfordulójú energetikai céllal termesztett fák, mint a fűz (*Salix spp.*) is szerepet kapnak. A fűzfa energetikai hatékonysága egyaránt függ a faj, illetve fajta genetikai potenciáljától, valamint a termesztési rendszertől. Ahhoz, hogy a gazdálkodók érdekeltek legyenek energiafűz ültetvények telepítésében, szükséges a megfelelő jövedelmezőség, még akkor is, ha így marginális talajok kerülnek hasznosításra. Széles körben használt technológia alapján a 20 centiméteres dugványokat vízben áztatják a talajba helyezés előtt. Ez a technológiai elem lehetőséget nyújt a szaporító anyagok stimulatorokkal történő kezelésére. Ebben a közleményben az 1-triakontanol (TRIA), elsődleges telített alkohol és egy tengeri moszat extraktum (KELPAK) hatását értékeltük a fiziológiai paraméterek és a biomassza növekedés stimulálása alapján két energiafűz fajta esetében (Inger, Tordis), üvegházi körülmények között. A fűz-dugványok kiültetés előtti TRIA (10 mg/l), illetve 25%-os KELPAK oldattal végzett 48 órás kezelése az Inger fajta esetében szignifikánsan növelte a hajtások hosszát a vizes kezeléshez viszonyítva. A Tordis fajta esetében a kisebb mértékű hatást csak a TRIA (10 mg/l) kezelést követően lehetett kimutatni. A két fajta esetében a hajtások átmérőjének stimulálása mindkét kezelést jellemezte. A gyökértömeg emelkedését csak az Inger növények dugványainak 25%-os KELPAK oldattal történt kezelését követően

tapasztaltuk. A stimulátor technológia költségének csökkentése érdekében a dugványok kezelését csak a TRIA (10 mg/l) hatóanyaggal végeztük, majd a leveleket 1%-os, illetve 2% KELPAK oldattal permeteztük. Ezek a kombinált stimulátor kezelések szignifikánsan növelték a fotoszintetikus aktivitást, elsősorban az Inger növényeknél. A stimulátorok hatására a levelek fotoszintetikus pigmenttartalmának növekedését is ki lehetett mutatni. A gyökér növekedés ütemében, amit digitális képalkotással fenotipizáltuk, illetve a gyökerek végső biomassza tömegében kedvező hatást tudtunk regisztrálni. A bemutatott kísérleti eredmények megalapoznak egy olyan növénytermesztési technológiát, amely hozzájárulhat a zöld bioenergia termelés előtérbe kerüléséhez.

Kulcsszavak: zöldenergia, *Salix*, biomassza, biostimulátor, fotoszintézis, pigment

Improved physiological and biomass parameters in energy willow plants after treatment with 1-triacontanol and kelpak as biostimulants

^{1,2}T. DIGRUBER – ¹KENNY PAUL – ¹L. SASS – ¹A. CSERI – ⁴J. REMENYIK –
²I. MOLNÁR – ³CS. GYURICZA – ¹D. DUDITS

¹Hungarian Academy of Science, Szeged Biological Research Centre,
Institute of Plant Biology, Szeged

²Agrár-Béta Ltd., Dombóvár

³National Agricultural Research and Innovation Centre, Gödöllő

⁴University of Debrecen, Debrecen

Summary

Nowadays, increasing significance is attributed to renewable energy sources, including the green energy provided by the short rotation energy woods as shrub willow (*Salix spp.*). The biomass productivity of willow plants depends both on the genetic potential of the given plant and the used cropping system. Farmers will cultivate this crop on marginal lands if similar profit can be generated as with cereal crops competing for the same land. In order to reach a wider use of energy willow, innovative agrotechnological solutions are needed to increase biomass productivity. Here we tested various protocols for using biostimulators as 1-triacontanol (TRIA), a saturated primary alcohol and

seaweed extract (KELPAK) in Inger and Tordis energy willow cultivars. As first technology, stem cuttings were pre-soaked in TRIA 10 mg l⁻¹ or in KELPAK 25% stimulator solutions. These treatments significantly enhanced the length of woody stems in the Inger plants in comparison with the water-treated ones. Responses of Tordis plants were moderated to TRIA 10 mg l⁻¹ treatment. The stem diameters of both Inger and Tordis plants were increased after the application of these stimulators. Root biomass of Inger plants was stimulated by treatment of cutting with KELPAK 25% solutions. In order to reduce the cost of stimulator application, we have tested combined technology based on soaking stem cuttings in TRIA (10 mg l⁻¹) solution for 48 hours before planting and spraying outgrown plants with KELPAK 1% or KELPAK 2% solution. This protocol increased the photosynthetic activity, especially in Inger plants. Higher photosynthetic pigment contents were detected in leaves of treated plants. By using a digital imaging-based phenotyping platform, we recorded improved growth rate and biomass yield in the root system. The presented experimental findings can support the introduction of novel cultivation systems for energy willow plantations.

Key words: green energy, *Salix*, biomass, stimulator, photosynthesis, pigments

Оптимизация физиологических и биомассовых параметров энергетической ивы биостимуляторами триаконтанол и келпак

^{1,2}Т. ДИГРУБЕР – ¹П. КЕННЬ – ¹Л. ШАШ – ¹А. ЧЕРИ – ⁴Ю. РЕМЕНЬИК –

²И. МОЛНАР – ³Ч. ДЬУРИЦА – ¹Д. ДУДИЧ

¹МТА Сегедский Биологический Исследовательский Центр,

Институт Биологии Растений, Сегед

²«Agrár-Béta» Ltd., Домбовар

³Центр Аграрных Исследований и Инноваций, Гёдёллэ

⁴Дебреценский Университет, Дебрецен

Резюме

В наши дни увеличение потребности в источниках возобновляемой энергии затрагивает и носителей зелёной энергии также. Среди этих выращиваемых с энергети-

ческой целью деревьев с коротким сроком оборота рубки, есть и ивы (*Salix spp.*). Энергетическая эффективность ивы в равной мере зависит от сорта, точнее от генетического потенциала сорта, и от метода выращивания. Для того, чтобы занимающиеся хозяйством люди были заинтересованы в насаждениях энергетической ивы, необходима соответствующая рентабельность, даже и тогда, если в использование попадают маргинальные земли. На основе широко применяемой технологии 20-и сантиметровые саженцы замачивают в воде до посадки в почву. Этот технологический элемент даёт возможность обработки стимуляторами репродуктивного материала. В этом сообщении оцениваем влияние 1-триаконтанола (TRIA), первичного насыщенного алкоголя и экстракта одной морской водоросли (KELPAK) на основе стимулирования физиологических параметров и роста биомассы в случае двух сортов энергетической ивы (Inger, Tordis), в тепличных условиях. Проведенная 48 часовая обработка саженцев ивы перед их посадкой раствором TRIA (10 mg/l), и 25%-os KELPAK I в случае сорта «Inger» значительно увеличила длину побегов по сравнению с обработкой водой. В случае сорта «Tordis» меньшее влияние только после обработки TRIA (10 mg/l) можно показать. В случае этих сортов стимулирование диаметров побегов было характерно для обоих обработок. Повышение массы корня только у саженцев растений сорта «Inger» обнаружили после обработки 25%-ым раствором KELPAK. В интересах уменьшения расходов технологии стимулятора обработку саженцев проводили только действующим веществом TRIA (10 mg/l), после листья опрыскивали 1%-ым, и 2%-ым раствором KELPAK. Эти комбинированные обработки стимуляторами значительно увеличили фотосинтетическую активность, в первую очередь у растений «Inger». Под влиянием стимуляторов можно было показать и увеличение фотосинтетического содержания пигмента листьев. В темпе роста корня, что дигитально созданными изображениями фенотипизировали, и могли регистрировать благоприятное влияние в окончательной массе биомассы корней. Показанные опытные результаты обосновывают такую технологию выращивания растений, которая может способствовать выдвигению на первый план производство зелёной биоэнергии.

Ключевые слова: зелёная энергия, *Salix*, биомасса, биостимулятор, фотосинтез, пигмент

Bevezetés

A növényi eredetű biomassza fontos szerepet tölt be a fosszilis energiahordozók kiváltásában mind hazánk, mind az EU energia politikai stratégiájában, ami a klímaváltozás hatásainak csökkentését, illetve az energiabiztonságot kívánja elérni. Az Európai Energia Ügynökség 2013-as jelentése szerint a természetű energianövények közül a rövid vágásfordulójú fás szárú energiaültetvények aránya elenyésző, amit 2020-ig a 1%-ról 17%-ra terveznek növelni, míg bizonyos más energianövények részesedési arányának jelentős csökkenését prognosztizálják (*The European Environment Agency* 2013). Hazánk éghajlati- és talajadottságaira tekintettel a rövid vágásfordulójú sarjasztással kialakított energiaültetvények engedélyezett fafajai a nyár, az akác és a fűz. Telepítéskor fontos a termőhelyi adottságokhoz legmegfelelőbb faj, illetve -fajta kiválasztása. A sarjasztásos rövid vágásfordulóban elérhető hozamok az egyes fajoknál a következők: fűz: 12–17; nyár: 12–15; akác: 5–12 t/ha/év (*Szalay és Marosvölgyi* 2013). A véghasználati hálózatban történő telepítést követően 10–15 éves vágásfordulóval hengeres faáru kerül előállításra, míg a sarjasztásos, rövid vágásfordulójú ültetvényekben a 2–4 éves vágásfordulóban fás hajtások arathatók. A rövid vágásfordulójú rendszerekben gyors növekedésű, bokrosodásra képes és magas hozamú fajok kezelhetők, mint a nyár és a fűz. (*Hughes et al.* 2007). Az energetikai céllal termesztett fűzfát 1–2 éves vágásfordulóban a gyors növekedés és a nagy biomassza hozam jellemzi. A *Salix* fajok energiacélú ültetvényeinek elsődleges hasznosítási módja a télen, nyugalmi állapotban betakarított faanyag kazánokban történő elégetése (*Keoleian és Volk* 2005). *Djomo et al.* (2011) szerint a rövid vágásfordulójú fás növények (fűz és nyár) 14,1–85,9-szer több energiát eredményeztek, mint a szén, valamint az üvegházhatású gázok kibocsátása 9–161-szer kisebb, mint az előbb említett fosszilis energiahordozó esetében. *De Vries et al.* (2006) véleménye szerint ez az erdészeti művelési forma a fosszilis tüzelőanyagoktól való függés csökkentésének egyik kiemelt jelentőségű módja. Alternatív energiatermelést tesz lehetővé továbbá a biogáz-előállítás, amikor a lignocellulóban gazdag fűz-biomassza is felhasználható biogáz- (metán és szén-dioxid keveréke) termeléshez.

Az energiafűz termesztése olyan talajokon folyik, amelyek gazdaságosan más növényvel nem hasznosíthatók. A gazdaságosan nem használható, illetve sóval vagy nehézfémekkel szennyezett területeken nagyobb sűrűségű állomá-

nyokat telepítenek (15 000–20 000 növény/ha) függően a klimatikus tényezőktől, a talaj tápanyag-tartalmától, illetve a vágási forduló időtartamától. A szaporítóanyagot egyéves állományból szedik, és az általános technológia szerint a 20 cm-es dugványokat -2 és -4 °C közötti hőmérsékleten tárolják. A telepítést megelőzően a szaporítóanyagot két napig vízben áztatják, majd az optimális ültetőágy kialakítása után a talajba nyomják, úgy, hogy annak 1–2 centimétere van csak a földfelszín felett. A nagyobb biomasszahozam elérése érdekében az egyéves növényeket visszavágják az ültetési magasságig. Az energetikai céllal termesztett fajokokat indokolt nagyon rövid, két-három éves vágásfordulóval hasznosítani. A legproduktívabb fajtákra jellemző, hogy évente 15 t száraz hozamot is képesek produkálni hektáronként (*Cuniff és Cerasuolo* 2011). Ezeknek a tulajdonságoknak a javítása stimulátorkezelési módszerrel egy merőben új technológia, a hozam maximalizálása céljából.

Ebben a tanulmányban a dugványkezeléssel, illetve a dugványkezelés és levélpermetezés kombinálásával végzett kísérletek eredményeit mutatjuk be. A megvásárolható stimulátor termékek közül a 1-triakontanolt alkalmaztuk a szaporító anyag kezelésére. Ez egy telített primer alkohol ($n\text{-C}_{30}\text{H}_{61}\text{OH}$), amely a természetben a növények epikutikuláris viaszrétegében található és másodlagos növekedési anyagként funkcionál (*Kolattukudy és Walton* 1972). A 1-triakontanolt először 1933-ban *Chibnall et al.* (1933) mutatta ki lucernában. Leginkább levélpermetezésre és vetőmagkezelésre használják különféle termesztett kultúráknál (*Naeem et al.* 2012).

A KELPAK fantázia nevű tengerimoszat-terméket csírázás utáni levélkezelésre használják különböző koncentrációjú oldatokban. Ez a stimulátor az *Ecklonia maxima* extraktuma. Számos jótékony hatása van, beleértve a gyökér- és hajtásnövekedés serkentését, a magasabb hozamot, valamint a biotikus és abiotikus stresszekkel szembeni nagyobb ellenállóságot. A KELPAK készítményben található olyan, a növények növekedését serkentő anyagokat, mint a cito-kinin, az auxin és a poliaminok (*Stirk et al.* 2014). Több tanulmány számolt be a tengeri moszatok kedvező hatásáról mind szántóföldi mind kertészeti kultúrák esetében (*Calvo et al.* 2014, *Arioli et al.* 2015). A rendelkezésre álló irodalmi adatok alapján indokolt ezen hatóanyagok használatát kiterjeszteni az energiaültetvényekre, ezért jelen tanulmányunkban az energiafűzre gyakorolt hatásukat foglaltuk össze.

Anyag és módszer

Növényi anyag és stimulátorkezelés

A magyarországi energiafűz termesztés elsősorban svéd fajtákon alapul. Jelen vizsgálatunkhoz két nagy terméspotenciálú fajtát választottunk. Az egyik a Tordis (*Salix schwerinii* x *Salix viminalis*) a másik pedig az Inger (*Salix triandra* x *Salix viminalis*). A nyugalmi állapotú dugványokat a kezeléseket követően 80% kertészeti tőzeges talaj és 20% homok keverékében neveltük plexi hengerekben, amelyeket polivinilklorid (PVC) műanyag henger vesz körül. Az öntözés hetente egyszer történt, minden növény esetében azonos mennyiségben. Az üvegházban a megvilágítás erőssége $400 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ volt (részletek: *Digruber et al.* 2018). A dugványkezelési vizsgálatok során a szaporítóanyagot vízben, TRIA 10 mg/l-es, illetve a KELPAK 25%-os oldatában áztattuk 48 órán át. A kombinált kezelés esetében a dugványkezelésre a TRIA 10 mg/l-es oldatát használtuk, az előkísérletek során keletkezett adatokra alapozva. A kiültetés követően két héttel jelentek meg a zöld hajtások. Ekkor került sor a levélpermetezésre, amihez a KELPAK 1 és 2%-os oldatát alkalmaztuk. A növényeket egyformán, teljes fedéssel permeteztük, ügyelve arra, hogy az oldat ne folyjon meg a növény felületén. A vizsgálatok során kezelésként 10–10 növényt értékeltünk.

A növekedési és biomassza paraméterek felvételezése

A hajtáshossz és a szárátmérő felvételezése hetente történt. Minden növény esetében a leghosszabb hajtást vizsgáltuk a csúcsi résztől a dugványig. A szárátmérő vizsgálatokor ugyanazt a hajtást vettük figyelembe, mint a magassági paraméter felvételezése esetén, a hajtás csúcsától 5 cm-re mértünk. A gyökök esetében a biomasszahozam vizsgálatát egy képalkotásra alapozott fél-automata fenotipizáló rendszerrel végeztük. A plexi hengereket egy Olympus C-7070WZ digitális kamerával fotóztuk négy különböző oldalról, illetve alulnézetből. A növekedési intenzitás méréséhez a fehér pixelek adtak támpontot. Egy képfeldolgozó szoftver segítségével a pixel számok alapján határoztuk meg a gyökérzet felszíni területét (mm^2). Ehhez az SZBK-ban kifejlesztett szoftver csomag mellett a (Matlab software tools 2008b verzió), illetve az Image Processing Toolbox) szoftvereket használtuk. A növekedési periódus befejezőkor minden növény gyökerét a talajból kimostuk, és megmértük azok tömegét.

Elektrontranszport mérése a fotoszintézis I és II rendszerben

A fotoszintetikus folyamatok megvizsgálására a csúcstól számított 5–6. levél emeleten vizsgáltuk a fiatal leveleket minden kombinációban 10 növény esetében. A klorofill-fluoreszcencia méréséhez impulzus amplitúdó modulációt és a P700 abszorpciós technikát alkalmaztunk, melyet egy korábbi közleményünkben ismertettünk (Dudits et al. 2016).

A fotoszintetikus pigmenttartalom meghatározása a levelekben

A liofilizált vizsgálandó mintából 150 mg-ot egy 25 ml-es mérőlombikba mérünk be, majd 80%-os acetonnal jelre töltöttük (VWR, Debrecen, Magyarország). A mintát 30 percig állni hagyjuk, közben időnként rázogattuk. 30 perc után az oldatból 10 ml-t lecentrifugáltunk 10 000-es fordulaton öt percig. A felülúszót leszedtük és 450 nm-en fotometráltuk (Amersham Biosciences Ultrospec 2100 Pro UV/Visible készülékkel). A klorofilltartalom meghatározását Hendry és Price (1993) módszere szerint végeztük. A minta-előkészítés során összegyűjtött felülúszót használtuk fel a spektrofotometriás mérésekhez. Klorofill-a esetében 664, míg klorofill-b esetében 644 nm-en mértük meg az abszorbcanciát (Amersham Biosciences Ultrospec 2100 Pro UV/Visible készülékkel). A megfelelő képletbe behelyettesítve kiszámoltuk a klorofill-a és -b koncentrációkat. A karotinoid-tartalom meghatározásakor a karotinoidok elnyelési maximumán 400–500 nm között, pontosabban 480 nm-en mért értékkel számoltunk.

Statisztikai analízis

Jelen tanulmányban a kontroll, vízzel kezelt és a különböző stimulátorokkal kezelt növények paramétereit hasonlítottuk össze. Valamennyi fenotípus adat 10 vizsgált növény átlagából származik. A statisztikai analízishez az IBM SPSS program 23. verzióját használtuk, a szignifikanciaszint meghatározása LSD Fisher számítással történt. A szignifikancia mértékének ábrázolása csillag jelöléssel történt: alacsony érték esetében ($P < 0,1$) egy csillag (*), magasabb érték esetében ($P < 0,05$) két csillag (**), míg a legmagasabb értéknél ($P < 0,01$) három csillag (***) jelölést kaptak a mérési adatok. A kapott adatokat megvizsgáltuk Tukey-teszttel is, melynek ábrázolása szignifikáns különbség esetén a csillagok aláhúzásával történt. A hajtások növekedési ütemét, illetve a gyökerek biomassza tömegét jellemző adatok megoszlását boxplot formában szemléltetjük a Web tool BoxPlotR (<http://boxplot.tyerslab.com/>) és a CorelDraw Graphics Suite X7. programok használatával (Spitzer et al. 2014).

Eredmények

A hajtás és gyökér biomassza paraméterek stimulálása a dugványok előkezelésével

A gyakorlatban leginkább elterjedt és legjobban bevált dugványkezelési eljárás, hogy a telepítés előtt a szaporító anyagot két napig vízben áztatják. A természettechnológia ezen összetevője ideális időszakot kínál a különböző stimulátorok alkalmazására. Mivel ismert a 1-triakontanol és a KELPAK termésnövelő potenciálja, ebben a kísérleti sorozatban a fűzdugványokat a kiültetés előtt TRIA (10 mg/l), valamint 25%-os KELPAK oldatban, illetve kontrollként vízben áztattuk 48 órán keresztül. Az 1. ábra bemutatja a hajtások hosszának és átmérőjének növekedését a különböző kezeléseket követően.

1. ábra. *A fűzhajtások hosszának és átmérőjének stimulálása a dugványok 1-triakontanollal (TRIA), illetve tengeri moszat (KELPAK) kivonattal történt kezelésével (Szeged, 2016)*

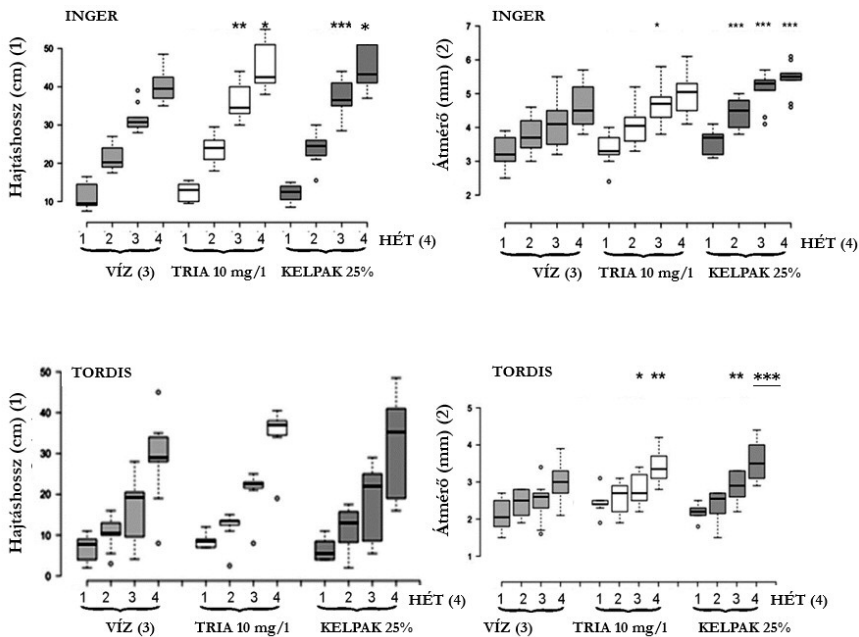


Figure 1. Stimulation of length and diameter of stems with 1-triakontanol (TRIA) and seaweed extract (KELPAK) treatment of willow cuttings growing periods 1–4 weeks (Szeged, 2016). (1) Stem length (cm), (2) Stem diameter (mm), (3) Water, (4) Weeks

Amint az a boxplot diagrammon is látható az Inger fajta növényeinek hajtáshosszát mindkét stimulátor szignifikáns szinten növelte, különösen a tenyésztés harmadik hetében. A Tordis növények esetében ugyan a kezeléseket követően hosszabb hajtások fejlődtek, de a hatások mértéke nem érte el a szignifikáns szintet. A fás biomassza-hozamot meghatározó tényezők között kiemelt jelentősége van a hajtások vastagsági paraméterének. Az 1. ábra adatai szerint a KELPAK kezelés mindkét fajta esetében szignifikánsan stimulálta a hajtások másodlagos növekedését. A TRIA kezelés kedvező hatása csak a Tordis fajta növényein mutatható ki. Az 1. ábrán bemutatott hatásokat szemléltetik a 2. ábra növényeinek fotói.

2. ábra. Az energiafűz növények nagyobb zöld tömege a dugványok stimulátor kezelését követően

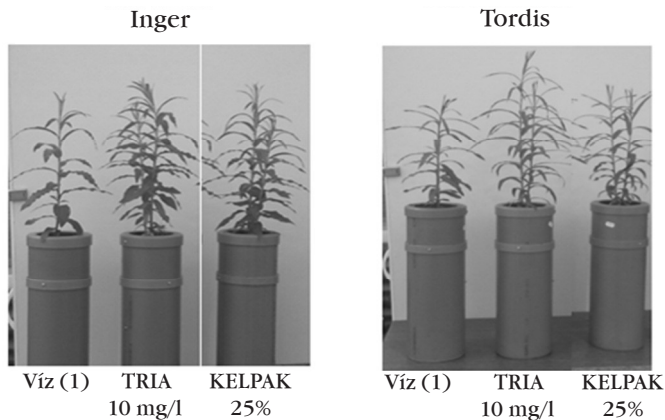


Figure 2. The energy willow plants have higher green biomass after biostimulant applications. (1) Water

A dugványok stimulator-kezelésének a gyökérrendszerre gyakorolt hatása

Az energianövények biológiai teljesítményét nagymértékben befolyásolja a gyökérrendszer fejlettsége. Ezért értékeltük a stimulátor-kezelések hatását a gyökértömegekre. Az egyes kombinációk esetében a tenyésztés végén mért gyökértömeg adatokat a 3. ábra mutatja be. Látható, hogy a Tordis fajta növényei jobban reagáltak a TRIA-kezelésre, míg a KELPAK stimulátor hatása jobban érvényesül az Inger növények esetében. Szignifikáns hatás, azonban csak az Inger növények esetében volt mérhető a KELPAK 25 hatására.

3. ábra. Az utolsó mérési időpontban mért gyökértömeg adatok az egyes dugványkezelések után

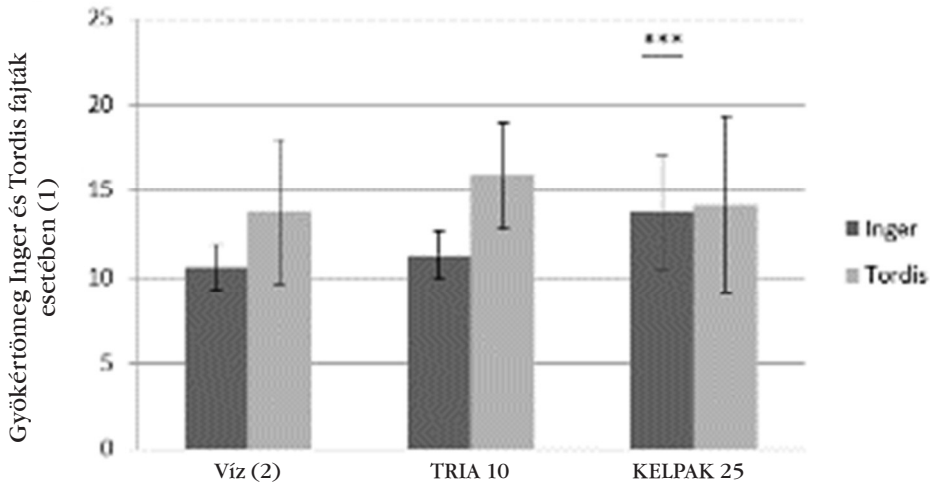


Figure 3. Root weight data at the end of experiment. (1) Root weight (Inger, Tordis), (2) Water

A dugványok TRIA kezelésén és a KELPAK levélpermetezés kombinálásának hatása a technológia gazdaságosságára

A beállított kísérletek egyik fontos célja, hogy a kapott eredmények alapján egy termesztési technológiába illeszthető, gazdaságos módszert találjunk. Ennek egyik alapvető összetevője a bekerülési költség. A dugványkezeléseknél alkalmazott módszerek közül a legjobb eredményeket adó TRIA10 hektárra vetített önköltsége 12 500 Ft, míg a KELPAK 25% egy hektárra vetített ára 438 000 Ft. A KELPAK magas bekerülési ára miatt permetezési partnerként gondoltuk az alkalmazását. A zöld hajtások permetezési dózisát előkísérletek, és szakmai ajánlás alapján állítottuk be, így alakult ki az 1, illetve 2%-os levélkezelési technológia, melynek bekerülési költsége 2019-ben 200 l/ha vízben oldva 4380 Ft/ha, illetve 8760 Ft/ha. Így az gazdaságosan beilleszthető egy termesztés-technológiai elemként. Korábbi közleményünkben igazoltuk, hogy a dugványok kezelése TRIA 10 mg/l; valamint a zöld hajtások permetezése 1%-os KELPAK oldattal szignifikánsan növelte a biomassza hozamot a vizes, kontroll kezeléshez viszonyítva (Digruber et al. 2018). Jelen közleményben a hatások élettani alapjainak megismerésére a főbb fotoszintetikus paramétereket jellemeztük.

A fotoszintézis folyamatok stimulálása kombinált kezeléssel

A fűzfa növények fotoszintetikus funkciójának jellemzésénél az 1. táblázatban bemutatott PI (photosynthetic performance index) paraméter értékeket használtuk. Ez az integratív paraméter, ami magába foglalja az aktív reakcióközpont sűrűségét, az elektronok mozgásának hatékonyságát és annak valószínűségét, hogy a fotonokat a reakció központ elnyeli (Strasser et al. 2004). A PI értékek alapján az Inger növényeknél a legmagasabb fotoszintetikus aktivitást a kombinált stimulátoros kezelések esetében (TRIA 10 mg/l + KELPAK 1% illetve 2%) találtunk, míg a Tordis fajtánál gyenge növekedést, illetve gátlást okoztak ezek a kombinációk. A dugványkezelés esetében is (TRIA 10 mg/l) különböző eredményeket kaptunk a fajták vizsgálatánál. Ezek az eredmények megerősítik, hogy fajtánként szükséges optimalizálni a technológiát.

1. táblázat. *A stimulátorkezelések hatása a fotoszintetikus folyamatok hatékonyságára a PI (photosynthetic performance index) értékek alapján*

	Inger	Tordis
Víz (1)	1,00±0,00	1,00±1,00
KELPAK 1%	1,89±0,86	0,74±0,30
TRIA 10 mg/l	0,96±0,19	1,32±0,34
TRIA 10 mg/l + KELPAK 1%	2,61±0,63**	1,17±0,38
TRIA 10 mg/l + KELPAK 2%	2,32±0,59*	0,78±0,24

Megjegyzés: az adatok 10 egymástól független ismétlés átlagai. A statisztikailag szignifikáns események esetén **P<0,05, illetve *P<0,1.

Table 1. Effects of stimulator treatments on photosynthetic efficiency characterized by the PI (photosynthetic performance index) values on field grown willow plants. (1) Water, Note: data are mean values of 10 independent plant replicates per treatment. Statistically significant events are indicated as **P<0.05 and *P<0.1.

Ezek a hatások megfelelnek a termesztett növényekkel kapott eredményeknek. Az 1-triakontanol fotoszintézisre gyakorolt pozitív hatását elsősorban levélpermetezéssel és a magok kezelésével demonstrálták (Ivanov és Angelov 1997, Chen et al. 2003, Naeem et al. 2012, Shahbaz et al. 2013). Az 1-triakontanol öntözővízhez keverése a PSII fotokémiai hatékonyságát növelte paradicsom növények esetében (Borowski et al. 2000).

Nagyobb fotoszintetikus pigmenttartalom a stimulált növények leveleiben
A levelek 1%-os KELPAK oldattal történt permetezése után valamennyi pigment komponens szintje megemelkedett mindkét fajta esetében (2. táblázat). A klorofill-a és -b pigmentek össz mennyisége 50%-kal emelkedett az Inger, és 25%-kal a Tordis fajta esetében. A karotinstimuláció is nagyobb volt az Inger fajta esetében (19,2%), mint a Tordis növényeknél (8,9%). A dugványok 1%-os KELPAK oldattal történt kezelését követően mindkét fajta esetében stimulálta a fotoszintetikus pigmentek (klorofill-a és -b) felhalmozódást. A 10 mg/l triakontanol-kezelés az Inger fajta esetében növelte, míg a Tordis dugványok esetében csökkentette a pigmentek felhalmozódását a levelekben. A pigment-szintek adatai alapján a kombinált kezelés kedvező hatása az Inger növényeken mutatható ki. A Tordis fajta esetében nagyobb, de nem szignifikáns pigment-tartalom növekedést csak a TRIA 10+KELPAK 1% kezelés eredményezett.

2. táblázat. *Fotoszintetikus pigmenttartalom alakulása a fűzfalevelekben a különböző biostimuláns kezeléseket követően*

	Klorofill-a ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) (1)	Klorofill-b ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) (2)	Klorofill-a+b ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) (3)	Karotin ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) (4)
Inger				
Víz (5)	25,54±0,9	5,35±1,0	30,54±1,6	8,12±0,2
KELPAK 1%	37,11±1,7**	9,42±0,5**	45,99±2,1**	9,66±0,2*
TRIA 10 mg/l	32,08±2,2	8,41±0,7*	40,02±2,8	8,94±0,4
TRIA 10 mg/l + KELPAK 1%	34,03±5,8	9,20±1,7**	42,54±7,4*	8,55±0,8
TRIA 10 mg/l + KELPAK 2%	36,84±4,3**	9,47±1,1**	45,77±5,3**	9,63±0,5*
Tordis				
Víz (1)	31,37±2,2	8,05±0,6	38,96±2,7	8,30±0,1
KELPAK 1%	39,19±3,3**	10,22±0,8**	48,83±4,0**	9,04±0,4
TRIA 10 mg/l	30,58±1,5	7,52±0,5	37,66±1,9	8,15±0,1
TRIA 10 mg/l + KELPAK 1%	33,91±1,6	8,52±0,6	41,94±1,9	8,62±0,3
TRIA 10 mg/l + KELPAK 2%	31,16±2,8	7,86±0,9	38,56±3,7	7,98±0,5

Megjegyzés: az adatok 10 egymástól független ismétlés átlagai. A statisztikailag szignifikáns események esetén ** $P < 0,05$, illetve * $P < 0,1$.

Table 2. Amount of various photosynthetic pigments after application of biostimulants in the leaves of willows. (1) Chlorophyll a ($\mu\text{g cm}^{-2}$), (2) Chlorophyll b ($\mu\text{g cm}^{-2}$), (3) Chlorophyll a+b ($\mu\text{g cm}^{-2}$), (4) Carotene ($\mu\text{g cm}^{-2}$), (5) Water. Note: data are mean values of 10 independent plant replicates per treatment. Statistically significant events are indicated as ** $P < 0.05$ and * $P < 0.1$.

A levélpigmentek, beleértve a klorofillokat és a karotinoidokat, kulcsfontosságú szerepet játszanak a növények élettani teljesítményében (Lu *et al.* 2015). Matysiak *et al.* (2011) kimutatták, hogy a KELPAK SL fantázianévű készítménnyel kezelt vetőmagból kifejlődő kukoricánövények szignifikánsan több klorofillt tartalmaztak a kontroll növényhez viszonyítva. Adatainkat alátámasztják, hogy az 1-triakontanollal kezelt rizsnövényeknél megnövekedett klorofilltartalmat mértek (Chen *et al.* 2003, Li *et al.* 2016).

A gyökérrendszer stimulálása kombinált kezeléssel

A talajban elhelyezkedő gyökérrendszer kialakulásának jellemzése korlátozottan lehetséges. Hozzávetőleges információt nyerhetünk a digitális képalkotás segítségével a plexi hengerekben nevelt növények esetében (4. ábra). Természetesen ezzel a módszerrel csak a hengerek felszínén megjelenő gyökerek mennyisége határozható meg, de így is lehetőség van a kezelési kombinációk összehasonlítására.

4. ábra. Félautomata fenotipizáló rendszer a gyökér fejlődés összehasonlító értékelésére fűzfákkal beállított kísérletben

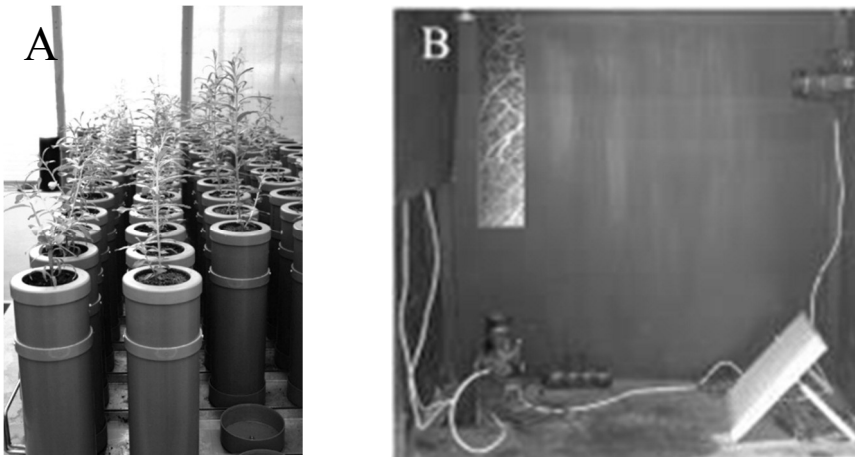


Figure 4. Imaging of root growth was carried out by semi automatic phenotyping system

Amint azt az 5. ábra is mutatja, hogy a fűzfajták között jelentős különbségeket lehetett kimutatni a gyökérnövekedés kinetikájában. A TRIA 10 mg/l dugványkezelés és a KELPAK 1%-os levélpermetezés kombinálása az Inger fajta

gyökérzetét jelentősen megnövelte, míg a Tordis növények esetében a TRIA 10 mg/l dugvány és KELPAK 2%-os a kezelési kombináció bizonyult a legjobbnak. Ez az együttes hatás már jelentősen gátolta az Inger fajta gyökérzetének fejlődését.

5. ábra. A fűzgyökér növekedési intenzitásának vizsgálata fehér pixelek alapján

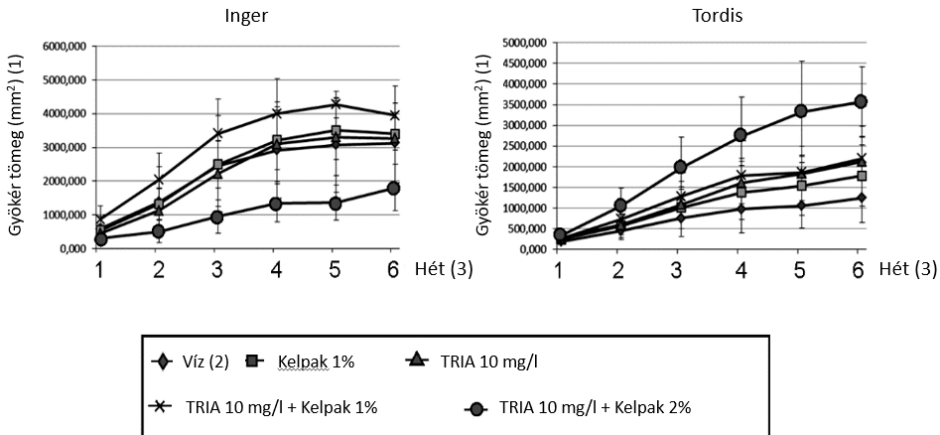


Figure 5. Willow root density change over the study period. (1) Root density (mm²), (2) Water, (3) Week

A gyökér fenotipizálási rendszerben megfigyelt hatások többnyire kimutathatók a végső nedves gyökértömeg adatok elemzésekor, bár a gyökerek kimosása is lehet hibával terhelt. A 6. ábrán bemutatott végső méréskor kapott gyökértömeg adatok mutatják, az Inger fajta esetében a TRIA 10 mg/l dugványkezelés, illetve a TRIA 10 mg/l dugványkezelés és KELPAK 1%-os levélpermetezési kombinálása volt a leghatékonyabb. A Tordis fajta növényeinek gyökérzetének tömegét valamennyi kezelési variáció megnövelte.

A bemutatott üvegházi mérési eredmények alátámasztják, hogy a kombinált kezelés mind a zöld, mind a gyökérbiomassza-hozamok növelését fajtafüggő módon biztosíthatja.

Következtetések

Széleskörűen elfogadott, hogy a megújuló energiaigények kielégítésében a növényi, zöld biomassza felhasználása kiemelt jelentőséget kaphat. Az is nyil-

vánvaló, hogy ezt nem az élelmiszertermelés kárára kell megvalósítani. A rövid vágásfordulóban nevelt fafajok számos előnyt kínálnak. Az energiafűz esetében előnyt jelent, hogy a marginális, sokszor szennyezett talajokon is jelentős biomassa állítható elő. Ennek a tevékenységnek a gazdaságosságát növelheti a biostimulátorok, pl. a triakontanol vagy a Kelpak alkalmazása. Mindent kísérleti eredményeink is alátámasztották. A bemutatott üvegházi adatok, illetve a korábban közölt szántóföldi eredmények (Digruher et al. 2018) alapján indokolt a természetési technológia kiegészítése ezekkel a módszerekkel.

6. ábra. Utolsó mérési időpontban kapott fűz gyökértömeg adatok

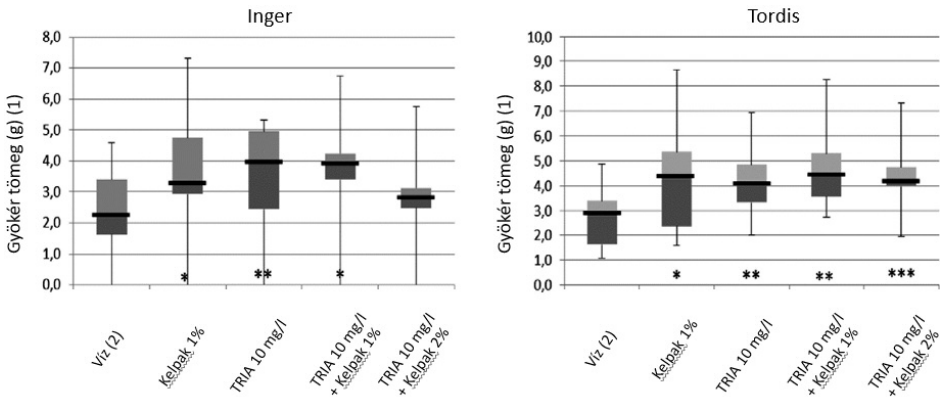


Figure 6. Willow root weight values at the end of experiment (1) Root weight (g), (2) Water

Köszönetnyilvánítás

A bemutatott kísérleteket a GOP-1.1.1-11-2012-0365 és GINOP-2.2.1-15-2017-00081 pályázatok keretében végeztük el.

Irodalom

Arioli, T.-Scott, W.-Mattner, S. W.-Winberg, P. C.: 2015. Applications of seaweed extracts in Australian agriculture: past, present and future. J. Appl. Phycol. 27: 2007-2015.

- Borowski, E.–Blamowski, Z. K.–Michalek, W.*: 2000. Effects of tomatex/triacontanol on chlorophyll fluorescence and tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) yields. *Acta Physiol. Plant.* 22: 271–274.
- Calvo, P.–Nelson, L.–Kloepper, J. W.*: 2014. Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant Soil.* 383: 3–41.
- Chen, X. P.–Yuan, H. Y.–Chen, R. Z.–Zhu, L. L.–He, G.*: 2003. Biochemical and photochemical changes in response to triacontanol in rice (*Oryza sativa* L.). *Plant Growth Regul.* 40: 249–256.
- Chibnall, A. C.–Williams, E. F.–Latner, A. L.–Piper, S. H.*: 1933. The isolation of n-triacontanol from lucerne wax. *Biochem. J.* 27: 1885.
- Cunniff, J.–Cerasuolo, M.*: 2011. Lighting the way to willow biomass production. *Journal of the Science of Food and Agriculture.* 91: 1733–1736.
- De Vries, B. J. M.–van Vuuren, D. P.–Hoogwijk, M. M.*: 2006. Renewable energy sources: their global potential for the first-half of the 21st century at global level: an integrated approach. *Energy Policy.* 35: 2590–2610.
- Digruber, T.–Sass, L.–Cseri, A.–Kenny, P.–Nagy, V. A.–Remenyik, J.–Molnár, I.–Vass, I.–Toldi, O.–Gyuricza, Cs.–Dudits, D.*: 2018. Stimulation of energy willow biomass with triacontanol and seaweed extract. *Industrial Crops and Products.* 120: 104–112
- Djomo, S. N.–Kasmioui, O. E.–Ceulemans, R.*: 2011. Energy and greenhouse gas balance of bioenergy production from poplar and willow: a review. *GCB Bioenergy.* 3: 181–197.
- Dudits, D.–Török, K.–Cseri, A.–Paul, K.–Nagy, A. V.–Nagy, B.–Sass, L.–Ferenc, G.–Vankova, R.–Dobrev, P.–Vass, I.–Ayaydin, F.*: 2016. Response of organ structure and physiology to autotetraploidization in early development of energy willow (*Salix viminalis*). *Plant Physiol.* 170: 1504–1523.
- Hughes, S.–Partzsch, L.–Gaskell, S.*: 2007. The development of bio-fuels within the context of the global water crisis. *Sustainable Development Law and Policy.* 62: 58–48.
- Ivanov, A. G.–Angelov, M. N.*: 1997. Photosynthesis response to triacontanol correlates with increased dynamics of mesophyll protoplast and chloroplast membranes. *Plant Growth Regulation.* 21: 145–152.
- Keoleian, G. A.–Volk, T. A.*: 2005. Renewable energy from willow biomass crops: life cycle energy, environmental and economic performance. *Crit. Rev. Plant Sci.* 24: 385–406.
- Kolattukudy, P. E.–Walton, T. I.*: 1972. The biochemistry of plant cuticular lipids. *Prog. Chem.* 13: 121–175.
- Li, X.–Zhong, Q.–Li, Y.–Li, G.–Ding, Y.–Wang, S.–Liu, Z.–Tang, S.–Ding, C.–Chen, L.*: 2016. Triacantanol reduces transplanting shock in machine-transplanted rice by improving the growth and antioxidant systems. *Front Plant Sci.* 7: 1–10.

- Lu, S.-Lu, X.-Zhao, W.-Liu, Y.-Wang, Z.-Omasa, K.*: 2015. Comparing vegetation indices for remote chlorophyll measurement of white poplar and Chinese elm leaves with different adaxial and abaxial surfaces. *J. Exp. Bot.* 66: 5625–5637.
- Matysiak, K.-Kaczmarek, S.-Krawczyk, R.*: 2011. Influence of seaweed extracts and mixture of humic acid on germination and growth of *Zea mays* L. *Acta Sci. Pol. Agricultura.* 10: 33–45.
- Naeem, M.-Masroor, M.-Kahn-Moinuddin, M.*: 2012. Triacantanol: a potent plant growth regulator in agriculture. *J. Plant Interactions.* 7: 129–142.
- Shahbaz, M.-Noreen, N.-Perveen, S.*: 2013. Triacantanol modulates photosynthesis and osmoprotectants in canola (*Brassica napus* L.) under saline stress. *J. Plant Interactions.* 8. 4: 350–359.
- Spitzer, M.-Wildenhain, J.-Rappsilber, J.-Tyers, M.*: 2014. BoxPlotR: a web tool for generation of box plots. *Nat. Methods.* 11: 121–122.
- Stirk, W. A.-Tarkowská, D.-Turečová, V.-Strnad, M.-van Staden, J.*: 2014. Abscisic acid, gibberellins and brassinosteroids in Kelpak®, a commercial seaweed extract made from *Ecklonia maxima*. *J Appl. Phycol.* 26: 561–567.
- Strasser, R. J.-Tsimilli-Michael, M.-Srivastava, A.*: 2004. Analysis of the chlorophyll fluorescence transient. [In: Papageorgiou and Govindjee (eds.) *Chlorophyll Fluorescence: A Signature of Photosynthesis, Advances in Photosynthesis and Respiration.*] 19: 321–362.
- Szalay D.-Marosvölgyi B.*: 2013. Fásszárú energetikai ültetvények természetes karbonkörforgalmát befolyásoló tényezők. *Fiatalköznevelés és tudományok konferencia XVIII. – Kolozsvár, 2013. Erdélyi Múzeum-Egyesület kiadványa.* 371–374.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

Digruber Tamás – Kenny Paul – Sass László – Dr. Cseri András – *Dr. Dudits Dénes
MTA Szegedi Biológiai Kutatóközpont
Növénybiológiai Intézet
Szeged
Temevári kr. 62.
H-6726
*dudits.denes@brc.hu

Digruber Tamás – Molnár István
Agrár-Béta Ltd.
Dombóvár
Birkamajor
H-7200

Dr. Gyuricza Csaba
Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ
Gödöllő
Szent-Györgyi Albert u. 4.
H-2100

Dr. Remenyik Judit
Debreceni Egyetem MÉK
Élelmiszertechnológiai Intézet
Debrecen
Egyetem tér 1.
H-4032

Termesztéstechnológiai elemek hatása a Diana tarkabab termésmennyiségére

GYÖRGYI GYULÁNÉ - ZSOMBIK LÁSZLÓ - HENZSEL ISTVÁN
Debreceni Egyetem AKIT Nyíregyházi Kutatóintézet, Nyíregyháza

Összefoglalás

Termesztéstechnológiai kísérletünket három egymást követő évben állítottuk be (2015–2017). Arra kerestük a választ, hogy a változó klimatikus feltételek mellett az intézetünkben nemesített Diana tarkabab fajtának milyen a stressz reakciója, illetve, milyen termesztéstechnológiai variánsok alkalmazásával termesztethető extrém talaj- és talajnedvességi viszonyok között eredményesen, csökkentve a korlátozó tényezők hatását. Ennek érdekében vetésidő, állománysűrűség és műtrágyakezeléseket állítottunk be a Nyírségben, homoktalajon, öntözetlen körülmények között. A vizsgált tényezők termésmennyiségre gyakorolt hatását és a közöttük lévő kapcsolatot számszerűsítettük. A kiértékelést az SPSS programcsomag variancia analízisével és korreláció vizsgálatával végeztük.

Három év alatt különböző csapadék és hőmérsékleti viszonyok jellemezték a tenyészidőszakot. Az első két évben a korai, április végi vetésidő adta a legnagyobb termést, a legkisebbet pedig a legkésőbbi, május 20. körüli. 2017-ben a 3. vetésidő termett legtöbbet, de nem különbözött a szignifikánsan a 2. vetésidő termésmennyiségétől. 2015–2016-ban legtöbbet a 2. vetésidő műtrágya nélküli kezelése teremték, mert az aszály és a magas hőmérséklet miatt a műtrágya kedvező hatása nem nyilvánult meg. 2017-ben már megmutatkozott az emelt műtrágyaadag termésmenővelő hatása, legnagyobb termésmennyiséget a 150%-os műtrágyamennyiség alkalmazásakor takarítottunk be. A vizsgált állománysűrűségek közül a 400 ezer csíra/ha állománysűrűség terméseredménye volt a legjobb. A termésmennyiség szórását legnagyobb százalékban a vetésidő határozta meg.

Megállapíthatjuk, hogy a bab mint fagyérzékeny növény, a változó klimatikus feltételek ellenére biztonságosan továbbra is május első felében vethető. A Diana tarkabab későbbi vetése a félig determinált növekedése miatt nem javasolt, mert csapadékos feltételek között érése elhúzódó, mely a betakarítást nehezíti.

Kulcsszavak: bab, vetésidő, műtrágya, állománysűrűség, termésmennyiség

Effect of agrotechnical elements on the yield of pinto bean variety 'Diana'

GY.-NÉ GYÖRGYI - L. ZSOMBIK - I. HENZSEL

University of Debrecen, Institutes for Agricultural Research and Educational Farm,
Nyíregyháza Research Institute

Summary

Our experiment of cultivation technology was established for 3 years (2015–2017). The aim of the study was to examine the stress response of pinto bean variety Diana that was bred in our institute, and to find the best technology variants for successful cultivation under extreme soil and soil water conditions and changing climate conditions. For this purpose, we set sowing time, plant density and fertilizer treatments in the Nyírség region on sandy soil without irrigation. The effect of the examined factors on the yield and the relationship between them were quantified. The evaluation was performed with variance and correlation analysis using SPSS.

Different precipitation and temperature conditions were observed during the growing season for 3 years. Sowing in late April provided the highest yield and sowing around 20 May resulted in the least yield in the examined 2 years. In 2017, the third sowing time was the best with respect of yield, but did not significantly differ from the yield of the 2nd sowing time. In 2015–2016 the treatments without fertilizer of second sowing time produced the highest yield because the beneficial effect of the fertilizer was not manifested for the drought and high temperature. In 2017, the yield-enhancing effect of the raised fertilizer dose had already been manifested as the 150% fertilizer dose provided the highest yield. In the case of plant density, the yield of 400 000 seeds ha⁻¹ plant density was the most favourable. The sowing time determined the deviation of yield in the largest percentage.

It can be concluded that beans, as frost-sensitive plants, can continue to be safely sown in the first half of May despite changing climate conditions. The later sowing of the Diana pinto bean is not recommended because of its semi-determinative growth, as its ripening in rainy conditions is longer, which makes it difficult to harvest.

Key words: bean, sowing time, fertilizer, plant density, yield

Влияние элементов технологии выращивания на количество урожая пёстрой фасоли «Diana»

ДЬ.-НЕ ДЬОРДИ – Л. ЖОМБИК – И. ХЕНЖЕЛ

Дебреценский Университет АКІТ

Ниредьхазский Исследовательский Институт, Ниредьхаз

Резюме

Наши опыты по технологии выращивания проводили в течении 3-х лет (2015–2017). Искали ответ на вопрос, что в изменяющихся климатических условиях какая реакция на стресс выведенного в нашем институте сорта пёстрой фасоли «Diana», а также использованием какой вариации технологии выращивания можно результативно выращивать в экстремальных почвенных и почвенновлажных условиях, уменьшить влияния ограничивающих факторов. В интересах этого установили сроки посева, густоту насаждения и дозы искусственного удобрения в области Ниршиг, на песчаной почве, в неорошаемых условиях. Влияние на количество урожая исследованных факторов и связь между ними выразили в числовых данных. Оценку проводили вариантным анализом программами SPSS и исследованием корреляции.

За три года разные температурные и влажностные условия характеризовали вегетационный период. В первые два года ранний срок посева, в конце апреля, дал самый большой урожай, а самый маленький дал самый поздний срок посева, после 20-го мая. В 2017-ом году 3-ий срок посева дал самый большой урожай, но не отличался значительно от количества урожая 2-го срока посева. В 2015–2016-ых годах больше всего дали обработки 2-го срока посева без внесения удобрений, так как из-за засухи и высокой температуры не проявились благоприятные влияния искусственного удобрения. В 2017 году уже проявилось увеличивающее урожай влияние

повышенной дозы искусственного удобрения, самое большое количество урожаёв собрали при 150%-ом количестве искусственного удобрения. Среди исследованной густоты насаждений результат урожая густоты 400 тысяч побегов/га был самым лучшим. Разброс в количестве урожая в большей мере (в процентах) определил срок посева.

Можем установить, что фасоль, как чувствительное к заморозкам растение, несмотря на изменяющиеся климатические условия и дальше безопасно можно высевать в первой половине мая. Более позднее высевание пёстрой фасоли «Diana» не предлагается из-за наполовину детерминированного роста, потому что во влажных условиях её созревание затягивается, что затрудняет уборку урожая.

Ключевые слова: фасоль, срок посева, искусственное удобрение, густота насаждения, количество урожая

Bevezetés

A szárazabb fontos fehérjeforrás táplálkozásunkban. Termesztésében az egyre inkább tapasztalható szélsőséges időjárási körülmények termés csökkentő tényezőként szerepelnek, melyek kedvezőtlen csapadékeloszlásban és intenzitásban, virágzáskori magas hőmérsékletben és légszárazságban nyilvánulnak meg. A bab igen érzékeny ezekre az ökológiai körülményekre, fagyűrő képessége kicsi, a szárazság és a magas léghőmérséklet következtében kialakult aszályal szemben az egyik legérzékenyebb növény. A meleg, csapadékos körülményeket kedveli (Tóth 1979). A homoktalajon beállított kísérletben ezek a kedvezőtlen tényezők fokozottabban jelentkeznek, mely a növényi válaszreakciók intenzitását is növeli.

A kísérletben vizsgáltuk az intézetünkben nemesített Diana tarkabab stressz reakcióját, illetve, hogy milyen termesztéstechnológiai variánsok alkalmazásával termesztethető extrém talaj- és talajnedvességi viszonyok között eredményesen, csökkentve a korlátozó tényezők hatását. Ezen szélsőséges edafikus és klimatikus adottságok kiváló lehetőséget nyújtanak a genotípusok stressz-tolerancia plaszticitás vizsgálatára. Ennek érdekében vetésidő, állománysűrűség és műtrágya kezelések hatásait vizsgáltuk a Diana tarkabab terméseredményére, kedvezőtlen adottságú homoktalajon.

A tarkabab jobban tolerálja a korai vetésidőt, mint a fehér babok, mert pigmentjei védelmet biztosítanak a hideg talajban való elfekvéskor előforduló gombás megbetegedések ellen (*Fageria* 2006).

A műtrágyaadagok és vetésidő hatását vizsgálva *Ermolaev és Radkov* (1975) megállapították, hogy kedvezőtlen időjárás esetén a trágyázás hatása is kedvezőtlen, továbbá, hogy a vetésidő kitolódásával kevesebb idő jut a műtrágyákból a tápanyagok felvételére, így a hasznosulására. A víz limitáló szerepét *Simmonds et al.* (2015) is kiemelték, miszerint a N műtrágyázás csak akkor növelte a maghozamot, ha a víz nem volt korlátozó tényező. A N trágyázás állománysűrűségtől függetlenül növeli a hektáronkénti termést (*Soratto et al.* 2017). A N trágyázás termésmenővelő hatását mutatták ki *Thies et al.* (1995) is.

Az állománysűrűség termésmennyiséget befolyásoló hatását vizsgálták *Simmonds et al.* (2015), akik megállapították, hogy a magasabb állománysűrűség (440 ezer tő/ha) növelte a maghozamot a kisebb (220 ezer tő/ha) tőállományhoz képest. Hasonló eredményre jutott *Pawar et al.* (2007), akik 333 ezer tő/ha állománysűrűség hektáronkénti termését hasonlították össze a 148 ezer tő/ha állománysűrűséggel, és *Abu Seif et al.* (2016), akik 330 ezer tő/ha állománysűrűség magasabb hozamát állapították meg 220 ezer tő/ha állománysűrűséggel szemben. *Moniruzzaman et al.* (2009) zöldbab fajták hüvelytermését vizsgálták, ahol szintén kimutatták, hogy a nagyobb állománysűrűség (500 ezer tő/ha) hektáronként nagyobb termést eredményez. Az előzőekkel ellentétes következtetésre jutottak *Soratto et al.* (2017) Botucatuiban (Brazília). Állománysűrűség és N trágyázás hatását vizsgálták két babfajtánál és megállapították, hogy az alacsonyabb állománysűrűségek nem csökkentették a hektáronkénti magtermést, a 320 g ezermagtömegű fajtánál szignifikáns növekedést igazoltak. Azonban vizsgálatukban a legkisebb és legnagyobb állománysűrűség 110 és 170 ezer hektáronkénti tőszámot jelentett.

Ahmed et al. (2016) sortávolság változtatásának hatását vizsgálták többek között a termésmennyiségre. Növényesűrűségre átkonvertálva a megfigyeléseket, megállapítható, hogy a legkisebb állománysűrűségű kezelés adta hektáronként a legkevesebb termést.

Az optimális állománysűrűséget a fajta növekedési habitusa is befolyásolja. *Escalante-Estrada et al.* 2006-ban közölt publikációjukban leírták, hogy bokorbaboknál 50, futó baboknál 25, félig determinált fajtáknál 36 növény/m² az optimális növényszám.

Anyag és módszer

A kísérletet homoktalajon 10 m²-es parcellákkal, négy ismétlésben, randomizált elhelyezésben állítottuk be. A vizsgált állománysűrűségi szintek 200, 300 és 400 ezer csíra/ha voltak. A kijuttatott műtrágya alapját *Antal* (1983) és *Velich* (1994) 1 tonna szemtermés eléréséhez javasolt 95 kg N, 40 kg P és 80 kg K mennyiségei adták. A kontroll mellett a javasolt dózist, illetve annak 150%-os adagját juttattuk ki. Az általánosságban alkalmazott május 7–10-i vetésidő mellett egy korábbi (április 24–25. és május 3.) és egy későbbi (május 18–19. és 23.) időpontban történt a vetés. A hektárra vetített termésmennyiségek statisztikai kiértékelése SPSS programcsomag egy és több tényezős varianciaanalízis és korreláció vizsgálatával történt.

A csapadék mennyisége és időpontja, valamint a hőmérsékleti viszonyok jelentősen befolyásolják a bab megtermékenyülését, hüvely- és magképződését, ezért kerül részletesebb bemutatásra a tenyészidőszakok időjárása.

A kísérlet három évében eltérő időjárási viszonyokat figyelhettünk meg, amelyek a hatása a terméseredményekben is tükröződik. 2015-ös év volt a legmelegebb és a legszárazabb, valamint a tenyészidőszak alatt a legkevesebb csapadék hullott (*1–2. táblázat*). A virágzáskori hőmérsékleti maximumok is nagyon magasak voltak, amely a talajszárazság mellett légköri aszályt is eredményezett. 2016-17-ben kedvezőbb volt a csapadék és hőmérséklet a bab számára. A tenyészidőszakok alatti csapadék mennyiségében és eloszlásában is hasonló volt a két év. 2017-ben az áprilisi 49 mm csapadékkal kedvezően indult a tenyészidő. A különbséget 2017-ben az áprilisi csapadék mellett a virágzáskori alacsonyabb hőmérsékleti maximum jelentette, amely kedvező hatása a termésmennyiségben is megmutatkozott.

Eredmények

Különböző vetésidők bab (cv. Diana) termésre gyakorolt hatásának értékelése 2015–2016-ban a legkevesebb termést a 3. vetésidőkben takarítottunk be (2015-ben 49 kg/ha, 2016-ban 267 kg/ha) (*1. ábra*). Ebben a két évben az 1. vetésidő alkalmazása eredményezte a legnagyobb termést (2015-ben 128 kg/ha, 2016-ban 440 kg/ha), amely 2016-ban szignifikánsan is elkülönült a későbbi vetésidők termésmennyiségétől. 2017-ben azonban a 3. vetésidő adta a legtöbb termést (818 kg/ha), de különbsége nem szignifikáns a 2. vetésidőtől (799 kg/ha).

1. táblázat. *A havi csapadékmennyiségek alakulása a bab tenyészidőszakában (mm) (Nyíregyháza, 2015–2017)*

Hónapok (1)	2015	2016	2017
Április (2)	19 (8*)	7	49 (0*)
Május (3)	52	67	41
Június (4)	24	83	99
Július (5)	22	73	66
Augusztus (6)	14	24	33
Tenyészidőszakban összesen (7)	120	254	239

Megjegyzés: *vetés után hullott csapadék mennyisége.

Table 1. Monthly rainfall during the bean growing season (mm) (Nyíregyháza, 2015–2017). (1) Months, (2) April, (3) May, (4) June, (5) July, (6) August, (7) Total during the growing season, Note: *precipitation after sowing

2. táblázat. *Hőmérsékleti maximum átlagai virágzási időszak alatt és a virágzási idő hosszának alakulása (Nyíregyháza, 2015–2017)*

Vetésidő (1)	Hőmérsékleti maximum átlaga (°C)			Virágzási idő hossza (nap)		
	(2)	(2)	(2)	(3)	(3)	(3)
	2015	2016	2017	2015	2016	2017
1. vetésidőben (4)	30,4	29,6	27,1	12	19	28
2. vetésidőben (5)	29,9	30,2	27,0	22	12	22
3. vetésidőben (6)	31,5	28,9	26,6	8	5	10

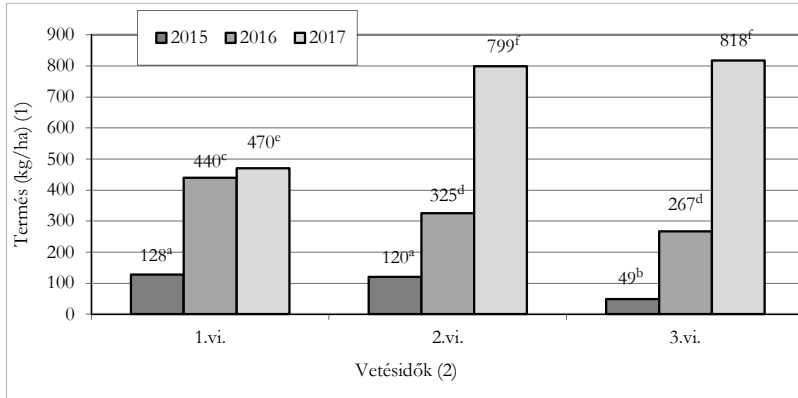
Table 2. Average maximum temperatures during flowering period and length of flowering time. (1) Sowing date, (2) Average maximum temperatures (°C), (3) Length of flowering time (days), (4) In 1st sowing date, (5) In 2nd sowing date, (6) In 3th sowing date

Műtrágya kezelések terméseredményeinek értékelése

2015–2016. évben a 2. vetésidő kontroll kezeléseinek termésmennyisége szignifikánsan nagyobb volt a másik két vizsgált tápanyag-ellátási szinttől (2. ábra). 2017-ben már megmutatkozott az emelt műtrágyaadag termésmenvelő hatása, amely a megfelelő időben és mennyiségben érkezett csapadék és a mellé társult kedvező virágzáskori hőmérséklet eredményeként érvényesülhetett. Legnagyobb termést a 150%-nyi műtrágya mennyiség alkalmazásakor mértünk,

amely az 1. és 3. vetésidőben szignifikánsan nagyobb a műtrágya nélküli termesztés termésétől.

1. ábra. A vetésidő hatása a termés alakulására eltérő évjáratokban, homoktalajon (Nyíregyháza, 2015–2017)



Megjegyzés: a szignifikáns különbségek évenként vannak jelölve.

Figure 1. Effect of sowing time on the yield bean (cv. Diana) in different years on sandy soil (Nyíregyháza, 2015–2017). (1) Yield (kg ha⁻¹), (2) Sowing date, Note: significant differences are marked annually.

A különböző állománysűrűségek terméseredményre gyakorolt hatásának értékelése

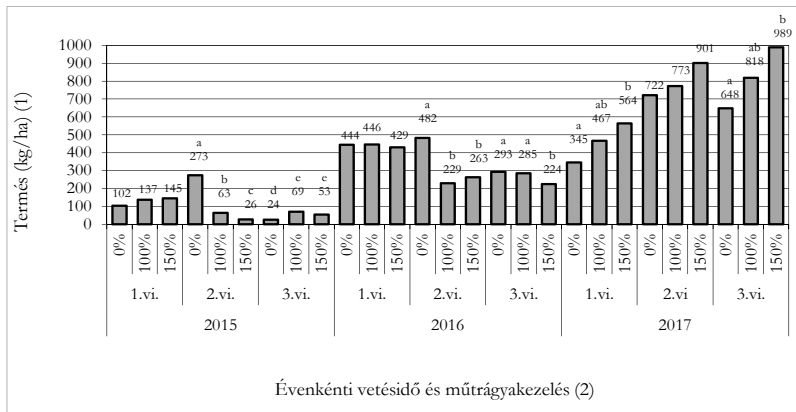
2015-ben nem volt szignifikáns különbség az eltérő állománysűrűségek termésre gyakorolt hatása között. Szignifikáns hatás 2016-ban a legkorábbi, 2017-ben a 2. vetésidőben mutatkozott meg, ahol a 400 ezer csíra/ha állománysűrűség termése statisztikailag is igazolható módon nagyobb volt a 200 ezer csíra/ha állománysűrűség termésétől (3. ábra). Azonban a 300 és a 400 ezer csíra/ha állománysűrűség termése között statisztikailag igazolható különbség nem volt kimutatható.

A különböző kezeléskombinációk bab (cv. Diana) termésmennyiségére gyakorolt hatásának értékelése

2015-ben nagyobb termést a 2. vetésidő kontroll kezelése adták mindhárom állománysűrűség esetén. 2016-ban legtöbb termést a legkorábbi vetésidő 400 ezer csíra/ha állománysűrűségű, kontroll kezelése adta (567 kg/ha). 2017-ben

azonban a legnagyobb termést a 3. vetésidő 150%-os műtrágyadózissal ellátott 400 ezer csíra/ha (1036 kg/ha) és a 300 ezer csíra/ha állománysűrűségű (1033 kg/ha) kezelése adták (3. táblázat).

2. ábra. A vetésidő, a műtrágya kezelés és az évjárat hatása a Diana babfajta termésének alakulására a tőszámok átlagában (Nyíregyháza, 2015–2017)



Megjegyzés: a szignifikáns különbségek adott évben vetésidőnként vannak jelölve.

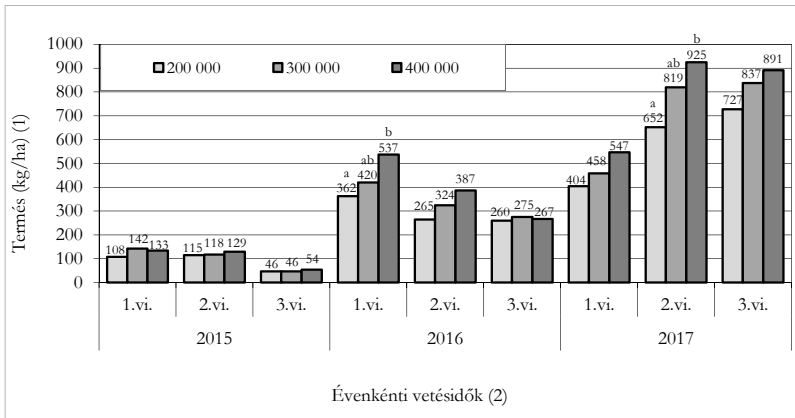
Figure 2. Effect of sowing time, fertilizer treatment and cropyear on the yield of Diana bean variety on average of plant densities (Nyíregyháza, 2015–2017). (1) Yield (kg ha⁻¹), (2) Sowing dates and fertilizer treatment by annually. Note: significant differences are marked by sowing dates in a given year.

Vetésidő, műtrágya és állománysűrűség bab (cv. Diana) termésére gyakorolt hatásainak számszerűsítése

Többtényezős varianciaanalízissel kiértékelve az adatokat megállapíthatjuk a parciális eta négyzet mutató alapján, amely jelen esetben a termés szórását magyarázza a független változók százalékában, hogy mindhárom évben legnagyobb százalékban a vetésidő határozta meg a termésmennyiséget (2015-ben 37%, 2016-ban 29% és 2017-ben 53%), kivéve 2015-ben, ahol a vetésidő×műtrágya interakciója 62%-ban befolyásolta (4. táblázat). Ebben az esetben negatív irányban erősítették fel egymás hatását a kedvezőtlen vízellátottságú körülmények és a magas hőmérséklet hatására. A műtrágyázás fokozta a kedvezőtlen időjárási körülmények hatását, a vetésidő eltolódásával a virágzás erre a kedvezőtlen időszakra esett, amely során a megtermékenyülési és termésképzési folyamatok jelentős kárt szenvedtek. A műtrágyázás hatása 2015-ben 22%-ban

határozta meg a termés mennyiségét, 2016-ban 14% és 2017-ben 30%-ban. Az állománysűrűség hatása ennél is kisebb (2016-ban 12%, 2017-ben 20%).

3. ábra. A vetésidő, az állománysűrűség és az évjárat hatása a Diana babfajta termésének alakulására a műtrágyakezelések átlagában (Nyíregyháza, 2015–2017)



Megjegyzés: a szignifikáns különbségek adott évben vetésidőnként vannak jelölve.

Figure 3. Effect of sowing time, plant density and cropyear on the yield of Diana bean variety on average of fertilizer treatments (Nyíregyháza, 2015–2017). (1) Yield (kg ha⁻¹), (2) Sowing times by annually, Note: Significant differences are marked by sowing dates in a given year.

A műtrágya és vetésidő negatív irányú korrelációja a termésmennyiséggel szintén a kedvezőtlen időjárási körülményekkel magyarázható. A vetésidő korrelációja mindhárom évben közepes ($r_{2015}=-0,497^{**}$, $r_{2016}=-0,439^{**}$, $r_{2017}=0,55^{**}$), jelentős kapcsolatra utal a termésmennyiséggel. Hatása már 1%-os szignifikancia szinten kimutatható. A műtrágya hatása a termésmennyiségre szignifikáns, de gyenge kapcsolatot mutatott ($r_{2015}=-0,208^{*}$, $r_{2016}=-0,259^{**}$, $r_{2017}=0,335^{**}$). 2017-ben a kedvezőbb hőmérsékleti és csapadék viszonyok alakulása miatt hatásuk pozitív irányú a termésmennyiségre. A műtrágyázás is ki tudta fejteni a termésnövelő hatását.

Az állománysűrűség hatása 2015-ben elhanyagolható. 2016–2017-ben szignifikánsan kimutatható, de gyenge kapcsolatot mutat a termésmennyiséggel.

A vizsgált tényezők 2015-ben 73%-ban, 2016-ban 51%-ban és 2017-ben 66%-ban magyarázzák a termés varianciáját.

3. táblázat. A kezeléskombinációk hatása a Diana babfajta termésére
(Nyíregyháza, 2015–2017)

Vetésidő (1)	Állománysűrűség (csíra/ha) (2)	Műtrágyakezelés (3)	Termés (kg/ha) (4)		
			2015	2016	2017
1.	200 000	Kontroll (5)	99	361	381
		100%	96	405	374
		150%	129	321	453
	300 000	Kontroll (5)	114	405	262
		100%	154	440	489
		150%	159	416	573
	400 000	Kontroll (5)	93	567	391
		100%	160	493	543
		150%	147	551	667
2.	200 000	Kontroll (5)	212	432	625
		100%	93	184	565
		150%	41	179	767
	300 000	Kontroll (5)	286	462	686
		100%	50	231	852
		150%	16	277	920
	400 000	Kontroll (5)	320	553	857
		100%	45	273	902
		150%	21	334	1015
3.	200 000	Kontroll (5)	30	273	622
		100%	52	220	663
		150%	57	288	898
	300 000	Kontroll (5)	21	325	623
		100%	68	285	854
		150%	50	214	1033
	400 000	Kontroll (5)	23	282	700
		100%	88	350	937
		150%	53	171	1036

Table 3. The yields of dry bean (cv. Diana) in different treatment combination. (1) Sowing times, (2) Plant density (seeds ha⁻¹), (3) Fertilizer treatment (4) Yield (kg ha⁻¹), (5) Control

4. táblázat. *Különböző kezelések hatása a Diana tarkabab termésereedményére (Nyíregyháza, 2015–2017)*

Kezelések (1)	2015		2016		2017	
	Parciális eta ² (7)	Spearman- féle rangkor. együtthető (r) (8)	Parciális eta ² (7)	Spearman- féle rangkor. együtthető (r) (8)	Parciális eta ² (7)	Spearman- féle rangkor. együtthető (r) (8)
Vetésidő (2)	0,37	-0,497**	0,29	-0,439**	0,53	0,55**
Műtrágya (3)	0,22	-0,208*	0,14	-0,259**	0,30	0,335**
Állománysűrűség (4)		-0,009	0,12	0,224*	0,20	0,299**
Vetésidő×műtrágya (5)	0,62		0,17			
R ² (6)		0,73		0,51		0,66

Megjegyzés: ** 0,01%-os szignifikancia szinten korrelál, * 0,5%-os szignifikancia szinten korrelál. A táblázatban csak a szignifikáns hatások szerepelnek.

Table 3. Effects of different treatments on the yield of Diana dry bean. (1) Treatments, (2) Sowing date, (3) Fertilizer, (4) Plant density, (5) Sowing date×Fertilizer, (6) R Squared, (7) Partial Eta Squared, (8) Spearman's rank correlation, Note: ** Correlation was significant at the 0.01% level, * Correlation was significant at the 0.5% level. Only significant effects are shown in the table.

Következtetések

Három év termésereedményei alapján megállapítható, hogy a bab érzékenyen reagál az időjárási körülményekre.

A vetésidő hatásának vizsgálatánál megfigyelhető, hogy az első két évben a legkorábbi vetésidők adták a legnagyobb termésmennyiséget, de csak 2016-ban mutatható ki szignifikáns különbség a későbbi vetésidők termésereedményétől. Ennek ellenére az eltérés mértéke nem olyan jelentős, hogy a korai vetéssel egy május eleji fagyveszély kockázatát vállaljuk, hiszen a bab növény már 5 °C alatt is károsodik. 2007–2017-es időszakban 8 évben fordult elő 5–6 °C közötti, illetve ez alatti hőmérséklet április 28-tól és május hónapban. Legna-

gyobb számú kritikus napok 2016-ban voltak (11 nap), illetve 2009-ben hét nap. Ebben a nyolc évben átlagosan 5–6 nap volt olyan, amely a növény károsodását okozhatta volna és két évben mértünk három nap fagypont alatti hőmérsékletet. A 3. évben már nagyságrendekkel nagyobb a 2. és 3. vetésidő termésmennyisége, amellyel az előbb említett fagyveszélyt elkerülve jelentősen növelhető a termésbiztonság.

Műtrágya alkalmazásával kapcsolatosan a betakarított termésmennyiségek alátámasztják azt az irodalmi megállapítást, hogy a trágyázás hatása csak kedvező feltételek mellett tud megmutatkozni. Ez legjobban a 2017-es évben figyelhető meg. Vetésidőtől függetlenül a legnagyobb termést a 150%-os műtrágyázás adta. A jobb csapadék ellátottság és a kedvezőbb hőmérséklet hatására a növény már fel tudta használni a tápanyagokat, amely nagyobb termésmennyiségben nyilvánult meg. Azonban 2015-ben a gyenge csapadék ellátottság miatt a nagyobb adagú műtrágya a 2. vetésidőben fokozta az aszály termésre gyakorolt kedvezőtlen hatását, így a műtrágyázatlan állományok termése nagyobb volt, mint a műtrágyázott kezeléseké.

Az első két évben, amikor kedvezőtlenebbek voltak az időjárási feltételek, az irodalmi adatoknak megfelelően megfigyelhető a műtrágyázás negatív hatása a terméseredményre, illetve a vetésidő kitolásával hatásuk még további csökkenése. Azonban a 2017-es év terméseredménye mást mutat *Ermolaev és Radkov* (1975) megállapításához képest, miszerint a vetésidők időbeni kitolásával egyre kevesebb idő jut a tápanyagok hasznosítására. Esetünkben későbbi vetés esetén is nőtt a betakarított termésmennyiség műtrágyázás hatására. Azonban előfordulhat, hogy a klímaváltozás hatására extrém viszonyok között is keresünk a babtermesztéshez egy stresszt jól tűrő fajtát és termesztéstechnológiájának egy olyan változatát, amellyel ilyen körülmények között is eredményesen termeszthető.

Állománysűrűség vizsgálatunk eredménye megegyeznek az irodalmi megállapításokkal, miszerint a nagyobb állománysűrűség nagyobb termést eredményez. Kísérletünkben 2016-ban szignifikáns különbség az 1. vetésidőben, 2017-ben a 2. vetésidőben volt kimutatható a legkisebb és legnagyobb állománysűrűség között. Esetünkben a Diana fajtánál a 400 ezer csíra/ha sűrűség adta a legnagyobb termést, azonban szignifikáns különbség csak a 200 ezer csíra/ha növény-sűrűség terméseredményétől igazolható. Eredményeink alátámasztják *Escalante-Estrada et al.* megállapítását (2006), miszerint a félig determinált növekedésű fajták optimális állománysűrűsége 36 növény/m².

Irodalom

- Abu Seif, Y. I.–El-Din, M. S.–El-Miniawy, S. M.–Hegazi, A. Z.*: 2016. Response of snap bean growth and seed yield to seed size, plant density and foliar application with algae extract. *Annals of Agricultural Sciences* 61. 2: 187–199.
- Ahmed, N.–Razaq, M.–Alam, H.–Salahuddin*: 2016. Response of French Bean Cultivars to Plant Spacing Under Agroclimatic Condition of Baffa. *Journal of Northeast Agricultural University (English Edition)*. 23. 1: 16–19.
- Antal J.*: 1983. Növénytermesztők zsebkönyve. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 189.
- Ermolaev, I.–Radkov, P.*: 1975. Vlijanie na szroka za szejtba, poszevnata norma i nivoto na torene vörhu dobiva i kacsesztvoto na zörnoto pri faszula. *Rasztenievdni Nauki. Szofija*. [In: Unk J. (1984): A bab (*Phaseolus vulgaris*). Akadémia Kiadó. Budapest. 142–143.
- Escalante-Estrada, J. A.–Rodriguez-Gonzalez, M. T.–Escalante, E. L. E.*: 2006. Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) yield in relation to growth habit, plant density and nitrogen fertilization. <https://naldc.nal.usda.gov/naldc/download.xhtml?id=IND43805586&content=PDF> (letöltés dátuma: 2017. 01. 27.)
- Fageria, N. K.*: 2006. Liming and Copper Fertilization in Dry Bean Production on an Oxisol in Notillage System. *Journal of Plant Nutrition*. 29. 7: 1219–1228.
- Hang, A. N.–Prest, V. L.*: 2002. Plant configuration and density effects on dry bean production in Central Washington. *Journal of Annu. Rep. Bean Improv. Coop.* 45: 212–213.
- Moniruzzaman, M.–Halim, G. M. A.–Firoz, Z. A.*: 2009. Performances of French bean as influenced by plant density and nitrogen application. *Bangladesh J. Agril. Res.* 34. 1: 105–111.
- Pawar, S. U.–Awari, H.–Kharwade, M. L.*: 2007. Effect of plant density on vegetative growth and yield performance of different varieties of French bean under irrigated condition. *Karnataka J. Agric. Sci.* 20. 3: 684–685.
- Simmonds, L. P.–Mburu, M. W. K.–Pillbeam, C. J.*: 2015. Bean growth and yield response to irrigation, Nitrogen fertiliser and planting density under temperate and tropical conditions. <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.4314/eaafj.v65i1.1754?journalCode=teaf20> (letöltés dátuma: 2017. 01. 26.)
- Soratto, R. P.–Catuchi, T. A.–de Freitas Cordova de Souza, E.–Garcia, J. L. N.*: 2017. Plant density and Nitrogen fertilization on common bean nutrition and yield. *Revista Caatinga*. 30. 3: 670–678.
- Thies, J. E.–Singleton, P. W.–Bohlool, B. B.*: 1995. Phenology, growth and yield of field-grown soybean and bush bean as a function of varying modes of N nutrition. *Soil Biology and Biochemistry*. 27. 4–5: 575–583.
- Tóth T.*: 1979. A bab és a lencse termesztése. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 42–46., 90.
- Velich I.*: 1994. Bokor- és karósbab. [In: Balázs S. (szerk.) Zöldségtermesztők Kézikönyve.] Mezőgazda Kiadó. Budapest. 375.

A szerzők levelezési címe - Adress of the authors:

*Györgyi Gyuláné - Dr. Zsombik László - Henzsel István
Debreceni Egyetem AKIT
Nyíregyházi Kutatóintézet
Nyíregyháza
Westsik Vilmos út 4-6.
H-4400
*gyorgyine@agr.unideb.hu

A termesztési mód hatása az édesburgonya (*Ipomoea batatas* L.) termésére eltérő ökológiai tájkerületben

¹SZARVAS ADRIENN – ²PEPÓ PÉTER

¹Szegedi Tudományegyetem Mezőgazdasági Kar, Hódmezővásárhely

²Debreceni Egyetem MÉK Növénytudományi Intézet, Debrecen

Összefoglalás

A 2017. évben eltérő ökológiai feltételek (Deszk = kötött öntés talaj, Debrecen = közép-kötött vályog talaj) mellett vizsgáltuk a termesztési mód (sík és bakhátas művelés) hatását az Ásotthalmi 12 édesburgonya termésére. A termőtáj meghatározta az édesburgonya termésszintjét. A kedvező talajadottságú debreceni kísérletben az Ásotthalmi 12 fajta gumótermése 23,233–32,200 t/ha között, a kedvezőtlenebb, kötöttebb talajú deszki kísérletben 16,482–22,056 t/ha között változott művelési módtól és műtrágyakezeléstől függően. Ellentétes hatású volt a művelési mód a kísérleti helyeken. Debrecenben a síkművelésben (32,200 t/ha) lényegesen nagyobb gumótermést kaptunk, mint bakhátas művelésben (23,233 t/ha). Ezzel szemben a deszki kísérletben a bakhátas művelésben a terméseredmények (18,286–22,056 t/ha tápanyag dózistól függően) szignifikánsan nagyobbak voltak, mint a síkművelés eltérő műtrágya kezeléseiben (16,482–18,257 t/ha).

Kulcsszavak: édesburgonya, termesztés, kispárcellás kísérlet, bakhát, Ásotthalmi-12

The effect of planting methods on the yield of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) in different ecological regions

¹A. SZARVAS – ²P. PEPÓ

¹University of Szeged, Faculty of Agriculture, Hódmezővásárhely

²University of Debrecen, Faculty of Agricultural and Food Sciences and Environmental Management, Institute of Crop Science, Debrecen

Summary

In 2017, we examined the effect of different planting methods (flat and ridge planting) on the yield of the sweet potato variety Ásotthalmi 12 under different ecological conditions (Deszk = heavy alluvial soil, Debrecen = mid-heavy adobe soil). The production region determined the yield level of sweet potato. In the experiment of favourable soil endowments, the tuber yield of Ásotthalmi 12 ranged between 23.233–32.200 t ha⁻¹, while in the less favourable experiment with the heavier soil in Deszk, the obtained yield ranged between 16.482–22.056 t ha⁻¹, depending on the given planting method and fertiliser dose. The applied planting method had a reverse effect at the experiment site. In Debrecen, significantly higher yield was obtained (32.200 t ha⁻¹) in the case of flat planting than ridge planting (23.233 t ha⁻¹). On the contrary, yield obtained from ridge planting in the Deszk experiment (18.286–22.056 t ha⁻¹, depending on the given fertiliser dose) was significantly higher than in the case of ridge planting (16.482–18.257 t ha⁻¹).

Key words: sweet potato, planting method, small plot experiment, ridge, Ásotthalmi-12

Влияние метода выращивания на урожай батата (*Ipomoea batatas* L.) в различных экологических областях

¹A. САРВАШ – ²П. ПЕПО

¹Институт Почвоведения и Агрохимии Центра Аграрных Наук Венгерской Академии Наук, Будапешт | Сегедский Университет, Факультет сельского Хозяйства, Ходмезовашархей

²Дебреценский Университет, МЕК, Институт Ботаники, Дебрецен

Резюме

В 2017 году в различных экологических условиях (Деск (Deszk) = связанная пойменная почва, Дебрецен (Debrecen) = среднесвязанная суглинистая почва) исследовали влияние метода выращивания (ровная и гребневая обработка) на урожай батата сорта «Ásothalmi 12». Почва выращивания определила уровень урожая батата. В дебреценском опыте с благоприятными почвенными данными сорт «Ásothalmi 12» урожай клубней изменялся в рамках 23,233–32,200 t/ha, в менее благоприятном, с более связанной почвой, опыте в Деск урожай изменялся в рамках 16,482–22,056 t/ha в зависимости от метода обработки и дозы искусственных удобрений. Метод обработки имел противоположное влияние на местах опыта. В Дебрецене в плоской обработке (32,200 t/ha) существенно больше урожай клубней получили, чем при гребневой обработке (23,233 t/ha). Вопреки этому в опыте в Деск в гребневой обработке результаты урожая (18,286–22,056 t/ha в зависимости от дозы питательного вещества) значительно больше были, чем в опытах плоской обработки с различными дозами искусственных удобрений (16,482–18,257 t/ha).

Ключевые слова: батат, выращивание, малопарцельный опыт, гребень, Ásothalmi-12

Bevezetés

Hazánkban az édesburgonya honosítására irányuló törekvések több mint 100 éves múltra tekintenek vissza. Előzmény nélkülinek tekinthetők azok a kísérletek, amelyek az Országos Magyar Királyi Növénytermelési Kísérleti Állomásán zajlottak, 1913-ban a magyaróvári, majd 1914-ben a kassai Magyar Királyi

Gazdasági Akadémia kertjében. Megállapították, hogy az ország melegebb részein, szabadföldi termesztéssel is sikert lehet elérni, különösen akkor, ha a talaj, illetve az éghajlati viszonyok kedvezően alakulnak. A kísérletek akkor nem folytatódtak a háború kitörése miatt (*Surányi és Gyárfás* 1916). Az 1949–1950-es években újabb kísérletek kezdődtek Porpáczy Aladár vezetésével a Fertődi Kísérleti Gazdaságban. A háromévnvi kísérleti eredményekből megállapították, hogy a batáta eredményesen termesztendő hazánk ökológiai és agrotechnikai viszonyai között. Arra a következtetésre jutottak, hogy a termés mennyiségét az időjárás alakulása nagyban befolyásolja és helyesen alkalmazott agrotechnikával a burgonyánál nagyobb termést lehet betakarítani (*Porpáczy* 1952). A következő édesburgonyával folytatott kutatásokat Horváth Lajos kezdte meg 1986-ban a Növényi Diverzitás Központ (NÖDIK) jogelődjénél, Tápíószelén. Kísérleteinek eredményeiből világossá vált, hogy a batáta eredményesen termesztendő Magyarországon (*Horváth* 1991abc). Az 1990-es évek elején a batáta hazai termesztésébe bekapcsolódott Váraljai Dénes, aki Ásotthalmon és környékén kezdte termesztési kísérleteit a jelenlegi Bivalyos Tanya Kft.-ben. A több évtizedes hazai termesztési múlt ellenére, azonban a batáta ismertsége csak az utóbbi években vált szélesebb körűvé, termőterülete növekedésének az utóbbi években folyamatosan növekvő fogyasztói kereslet adott lendületet. Az iránta mutatkozó kereslet jelenleg olyan nagymértékű, hogy azt már a folyamatosan növekvő termelői kör sem tudja megfelelően kielégíteni. A hozzáférhető termesztéstechnológiai leírások és adott esetben évtizedes tapasztalatok ellenére, a batáta hazai termőhely-specifikus termesztéstechnológiája napjainkig nem alakult ki, a termésbiztonságot illetően továbbra is rendszeresen adódnak problémák.

Az édesburgonya az USA déli államaiban hagyományos kultúrának számít, azonban Európa számos országában is egyre fokozódik iránta a fogyasztói és termelői érdeklődés. Afrikában alapvető élelmiszer, de a világon szinte bárhol hozzájuthatunk (*Net 1*). A batáta gyökérgumós évelő növény, de fagyérzékenysége miatt a trópusi területeken kívül egyényári növényként termesztik. A mérsékelt égöv melegebb tájain (Nagy-Britannia déli területéig) is termesztendő, ahol a hőigénye kielégíthető a tenyészidő alatt. A batáta fogyasztása hazánkban is évről évre nő. Termőterülete növekszik a Dráva mentén, a Duna-Tisza közi homokhátságon Ásotthalom környékén, Kiskunfélegyházán és Fejér megyében is.

Az édesburgonya a lazább fizikai szerkezetű, semleges-enyhén savanyú (6–7 pH) talajokat kedveli (*Paneque* 1992). *Kay* (1973) kimutatta, hogy a batáta homoktalajokon természetesen a legeredményesebben és szegényes termést ad a kötött vályogtalajon. Ezzel ellentétben, saját kutatásaink során a kötöttebb, agyagos vályog talajon jobb eredményeket kaptunk (*Szarvas et al.* 2017). Kísérletekkel bizonyították, hogy az édesburgonya 30,2 és 73,5 tonna hektáronkénti termésmennyiséget is képes adni (*Hossain et al.* 1987). Hazánkban a batáta terméshozama hektáronként 18–25 tonna, ami termőhelytől és az alkalmazott technológiától függően változik (*Net2*).

Munkánkban célul tűztük ki, hogy összehasonlíjuk két különböző ökológiai adottságú tájkörzetben beállított kísérlet eredményeit.

Anyag és módszer

A kisparcellás kísérleteket Deszken, illetve Debrecenben állítottuk be.

A deszki kísérlet elrendezése a 2017. évben négyismétléses véletlen blokk típusú volt. A parcellák 12 m² területűek voltak. A talaj kötöttsége 46 K_A, ami az agyagos vályog kategóriába tartozik. A területen az elővetemény édesburgonya volt, azt megelőzően öt évig pihentetve volt. A talaj-előkészítést 2017 március elején rotátorozással kezdtük, majd ezt kiültetés előtt, május közepén megismételtük. A talajfertőtlenítés céljára Force-t használtunk, melyből alkalmanként 3,3 kg/ha-t juttattunk ki május 17-én és május 20-án.

A tápanyagok kijuttatása 2017. július 7-én és 8-án történt pétisó (27%), szuperfoszfát (20%) és káliumszulfát formában (51%). A kontroll parcellák nem kaptak tápanyagot. A kijuttatott hatóanyag mennyiségek a következők voltak: az 1. kezelésnél N=45 kg/ha, P₂O₅=90 kg/ha, K₂O=135 kg/ha hatóanyag mennyiséget juttattunk ki (NH₄NO₃+CaMg (CO₃)₂, P₂O₅, K₂O), a 2. kezelésnél pedig N=67,5 kg/ha, P₂O₅=90 kg/ha, K₂O=180 kg/ha (NH₄NO₃+CaMg (CO₃)₂, P₂O₅, K₂O) mennyiséget.

A debreceni kísérlet háromismétléses, kisparcellás kísérlet volt. A talaj típusa mészlepedékes csernozjom, amely középkötött, vályog talajfizikai típusba tartozik. A Debreceni Egyetem MÉK Növénytudományi Intézet Bemutató kertjében állítottuk be a 2017. évben. A kísérlet előveteménye őszi búza volt. Az elővetemény lekerülése után a szokásos talajműveleteket (tarlóhántás+zárás, tarlóápolás, őszi szántás 30 cm) végezték el. Tavasszal (2017. 05. 22.) a terület komplex műtrágyát (N:P₂O₅:K₂O=13:19:19) és pétisót (N=27%) kapott.

A kijuttatott hatóanyag mennyiségek a következők voltak: $N=52+54=106$ kg/ha, $P_2O_5=76$ kg/ha, $K_2O=76$ kg/ha.

A kísérletekben az Ásotthalmi 12 államilag minősített hazai batáta fajtát alkalmaztuk, ami az időjárási feltételekhez adaptálódott, bőtermő, a gumó héja piros, a húsa narancssárga, ízletes és édes. Hosszú indákat fejleszt, jó a talajtakarása, ezáltal a gyomelnyomó képessége is kiváló. A szaporítóanyagot a Bivalyos Tanya Kft. szaporító telepéről szereztük be. Deszken az ültetés 2017. június 9-én, Debrecenben 2017. május 31-én történt meg.

A kísérletben vizsgált fajtánál sík és bakhátas művelést alkalmaztunk mindkét területen. A sortávolság 1,0 m, a palánták tőtávolsága 0,3 m volt.

Deszken a 2017. tenyészidőszak (június-szeptember) alatt a csapadékmenyiség 196 mm volt, ami az előző évhez viszonyítva kevésnek mondható. Ezt kiegészítettük az ültetést követően egy beiszapoló öntözéssel és a tenyészidőszakban esőszerű öntözéssel. Május végétől június közepéig 20–20 mm öntözővizet juttatunk ki hetente. Június közepétől szeptember közepéig megemeltük az öntözővizet heti 40–40 mm-re, majd a betakarításig ismét lecsökkentettük heti 20–20 mm-re. A betakarítást megelőző két hétben már nem öntöztük a területet. A területen háromszor történt kézi gyomirtás: július 5-én, augusztus 4-én, majd utolsó alkalommal augusztus 30-án. Szeptembertől már nem volt szükség gyomirtásra, ugyanis ekkorra a batáta lombozata olyan mértékben behálózta a talaj felszínét, hogy nem hagyott lehetőséget a gyomok újbóli kifejlődéshez. A gyomlálás kézzel történt, de a bakhátas soroknál kapát is használtunk. A kísérleti terület betakarítása 2017. október 15-én történt, kézi erővel.

Debrecenben a 2017. tenyészidőszak alatti (június-szeptember) csapadékmenyiség 256 mm volt. A kísérletben 2017. május 31. és 2017. július 10. között naponta 4–4 mm öntözővizet juttattak ki a parcellák növényállományaira. A kísérletben 2017. június hónapban 4 alkalommal kézi gyomirtást végeztek. A kísérlet betakarítására 2017. október 10-én került sor. A kézi betakarítás során mérték a parcellák teljes gumótermését, valamint a nem piacképes és piacképes gumótermést is.

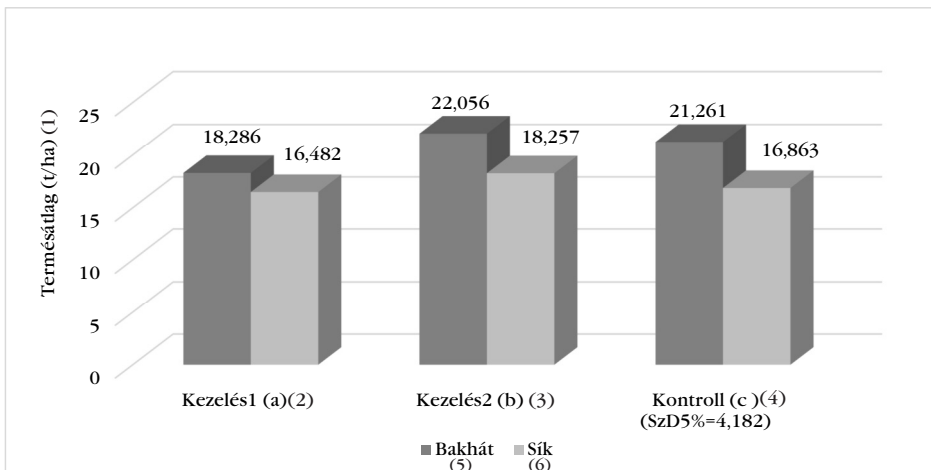
Eredmények

A deszki kísérlet eredményeinek a bemutatása

Az 1. ábra szemlélteti, hogy a 2017-es évben az 1 ha-ra vetített legnagyobb

édesburgonya termést a bakhátas területről sikerült betakarítani, ami 18,286–22,056 t/ha között változott, összehasonlítva a síkművelésű területtel, ami 16,482–18,256 t/ha közötti mennyiséget adott. A legnagyobb termésmennyiséget a legnagyobb tápanyag dózis adta, a bakhátas és a bakhát nélküli területen egyaránt. Szignifikáns különbséget a bakhátas és a bakhát nélküli termesztés összehasonlítása során a kontroll csoport esetében kaptunk (SzD_{5%}=4,182).

1. ábra. Az ültetési mód hatása az Ásotthalmi 12 batátafajta gumótermésére (t/ha) (sortávolság=1,0 m)
(Deszk, 2017, agyagos vályog talaj)



Megjegyzés: "abcd" statisztikai analízis ANOVA Duncan (szignifikancia: $p < 0,05$) teszttel

Figure 1. The effect of planting method on the tuber yield ($t\ ha^{-1}$) of the sweet potato variety Ásotthalmi 12 (row spacing=1.0 m) (Deszk, 2017, loamy adobe soil). (1) Average yield ($t\ ha^{-1}$), (2) Treatment1 (a), (3) Treatment2 (b), (4) Control (c), (5) Ridge, (6) Flat, Note: "abcd" statistical analysis using ANOVA Duncan test (significance: $p < 0.05$)

A debreceni kísérlet eredményei

Az Ásotthalmi 12 fajta esetében, 1,0 m sortávolságnál a síkművelésben 32,2 t/ha-t, a bakhátas művelésnél 23,2 t/ha termést értünk el. A terméskülönbség a két termesztési mód között elérte a 8,9 t/ha volt (1. táblázat).

1. táblázat. Az ültetési mód hatása az Ásotthalmi 12 batáta fajta gumótermésére (t/ha) (sortávolság=1,0 m) (Debrecen, 2017, csernozjom talaj)

Fajta (1)	Termés (t/ha) (2)		Terméskülönbség (sík-bakhát) (t/ha) (3)
	Ültetési mód (4)		
	Sík (5)	Bakhát (6)	
Ásotthalmi 12	32,200	23,233	8,967
SzD _{5%} (7)	9,701		

Table 1. The effect of planting methods on the tuber yield (t ha⁻¹) of the sweet potato variety Ásotthalmi 12 (row spacing=1.0 m) (Debrecen, 2017, chernozem soil). (1) Variety, (2) Yield (t ha⁻¹), (3) Yield difference between flat and ridge planting (t ha⁻¹), (4) Planting method, (5) Flat, (6) Ridge, (7) LSD_{5%}

A deszki és debreceni eredmények összehasonlítása bakhátas művelésben

A bakhátas művelés esetében szignifikánsan jobb eredményeket kaptunk a debreceni termesztés esetében ($p < 0,05$) a deszki kontrollhoz viszonyítva. A különböző kezelések hatását vizsgálva megállapítható, hogy a debreceni termésmennyiség szignifikánsan jobb ($p < 0,05$), mint a deszki kísérlet műtrágya kezelése. Ezeket a különbségeket a 2. ábrán mutatjuk be.

Eredményeink alapján, hazai éghajlati viszonyok között az édesburgonya eredményesen termesztendő kötött talajon, sík és bakhátas művelésben is. A deszki területen a bakhátas művelési mód bizonyult jobbnak, a debreceni területen a síkművelés adta a nagyobb termés mennyiséget annak ellenére, hogy a szakirodalmak kötöttebb talajon a bakhátas termesztéstechnológiát részesítik előnyben.

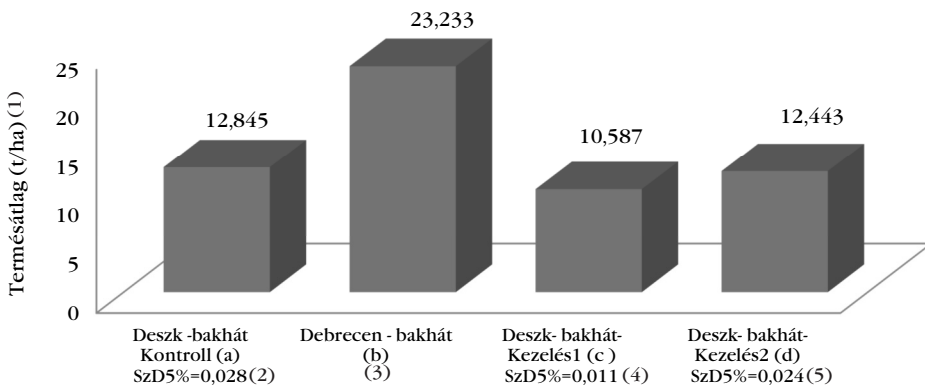
Következtetések

Kutatásaink azt bizonyították, hogy az édesburgonya a hazai körülmények között való termesztésre alkalmas, mint ahogy azt már korábbi kutatások is be-mutatták (Horváth 1991a).

Kay (1973) kimutatta, hogy az édesburgonya a homokos talajon termesztendő legjobban és kevesebb termést ad a kötött talajon, amely megállapítást a kísérleti eredményeink nem igazolták. A termesztéstechnológiájának specifi-

kuma, hogy elsősorban a bakhátas termesztés az elterjedt, de a síkfelületű termesztés is lehetséges (Lebot 2009, Clark 2013). A 2017. évi adatok összehasonlításából egyértelműen látszik, hogy mindkét területen jó eredményeket kaptunk.

2. ábra. Az Ásotthalmi 12 batáta fajta termésátlag eredményei, bakhátas művelésben (t/ha) (sортávolság=1,0 m) (Deszk–Debrecen, 2017)



Megjegyzés: "abcd" statisztikai analízis ANOVA Duncan (szignifikancia: $p < 0,05$) teszttel

Figure 1. The effect of planting method on the tuber yield (t ha⁻¹) of the sweet potato variety Ásotthalmi 12 (row spacing=1.0 m) (Deszk, 2017, loamy adobe soil). (1) Average yield (t ha⁻¹), (2) Deszk - ridge Control (a), (3) Debrecen - ridge (b), (4) Deszk - ridge - Treatment1 (c), LSD_{5%}=0.011, (5) Deszk - ridge - Treatment2 (c), LSD_{5%}=0.024, Note: "abcd" statistical analysis using ANOVA Duncan test (significance: $p < 0.05$)

A debreceni kísérletben a síkművelésben, a deszki kísérletben pedig a bakhátas művelésben adta az Ásotthalmi 12 batátafajta a nagyobb termést 2017. évben. Ezek az eredmények rámutatnak arra, hogy tovább szükséges folytatni az ilyen irányú szabadföldi kísérleteket.

Irodalom

Clark, C. A.: 2013. Cultivation and storage. [In: Clark, C. A. et al. (eds.) Compendium of sweet potato disease, pests, and disorders. Second edition.] APS Press. St. Paul. Minnesota. 4–7.

- Horváth L.*: 1991a. A batáta és termesztése: Az édesburgonya Magyarországon. Kertészet és Szőlészet. 40. 15: 16–17.
- Horváth L.*: 1991b. A batáta Magyarországon: Védelem, tárolás. Kertészet és Szőlészet. 40. 16: 16.
- Horváth L.*: 1991c. A batáta szaporítása. Kertészet és Szőlészet. 40. 21: 7.
- Hossain, M.–Siddique, M. A.–Chowdhury, B.*: 1987. Yield and chemical composition of sweet potato as influenced by timing of N and K fertilizer application under different levels of irrigation. Bangladesh J. Agricultural. 12: 181–188.
- Net1*: <http://www.greenfo.hu/hirek/2014/07/01/batatafalvi-batata-baratai> (letöltve: 2018. 04. 21)
- Net2*: <http://magyarmezogazdasag.hu/2016/01/06/hazankban-termesztheto-batata> (letöltve: 2017. 02. 02)
- Kay, D. E.*: 1973. Crop and product Digest 2: Root crops, Tropical Product Institute. London. 245.
- Lebot, V.*: 2009. Tropical root and tuber crops: cassava, sweet potato, yams and aroids. Crop production science in horticulture (17). CAB books. CABI. Wallingford. UK
- Paneque, R.*: 1992. Cultivation harvesting and storage of sweet potato products. [In: Machin, D.–Nyvold, S. (eds.) Roots, tubers, plantains and bananas in animal feeding. Proceedings of the FAO Expert Consultation held in CIAT.] Cali, Colombia 21–25 January 1991. FAO Animal Production and Health Paper. 95.
- Porpáczy A.*: 1952. Batátatermesztési kísérletek. Fertődi Kísérleti Gazdaság. 1952. március 1. 2–28.
- Surányi J.–Gyárfás J.*: 1916. Termelési kísérletek édes burgonyával (*Ipomoea batatas*) 1913. és 1914. években. Országos M. Kir. növénytermelési kísérleti állomás, Magyaróvárott. Érk. 1916. 01. 05. 41–49.
- Szarvas, A.–Váraljai, T.–Monostori, T.*: 2017. Sweet potato production on alluvial soil with high clay content. Annals Series on Agriculture, Silviculture and Veterinary Medicine Sciences. 6: 1. 68–75.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

Szarvas Adrienn
Szegedi Tudományegyetem Mezőgazdasági Kar
Hódmezővásárhely
Andrássy u. 15.
H-6800
szarvasadrienn@mgk.u-szeged.hu

Dr. Pepó Péter
Debreceni Egyetem MÉK
Növénytudományi Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032
pepopeter@agr.unideb.hu

Az éghajlatingadozás hatása a kukoricatermesztés agroklimatológiai indikátoraira a Mosoni-síkon 1871–2018 között

VARGA ZOLTÁN

Széchenyi István Egyetem MÉK

Víz- és Környezettudományi Tanszék, Mosonmagyaróvár

Összefoglalás

Az utóbbi években egyre nyilvánvalóbbá vált, hogy a Wallace Broecker által "globális felmelegedésnek" elnevezett és sokáig döntően ezen a néven emlegetett légköri folyamat valójában lényegesen összetettebb annál, mintsem hogy pusztán az átlaghőmérsékletek emelkedését értsük alatta. A különböző éghajlati elemek egyidőben jelentkező, de eltérő jellegű ingadozásai, amelyek részben az éghajlati változékonyság, részben az éghajlatváltozás megnyilvánulásai, komplex befolyást gyakorolnak a növénytermesztésre, s így legelterjedtebben termesztett takarmánynövényünk, a kukorica termesztési feltételeire is. Miközben a nemzetközi irodalomban az átlagértékek eltolódására fókuszáló éghajlatváltozási hatásvizsgálatokkal lehet a leggyakrabban találkozni, a változékonysággal párosuló éghajlatváltozás komplex és reális értelmezése állítja igazán nagy kihívás elé a szakterület kutatóit és a kukoricatermelőket, akiknek taktikai és stratégiai döntéseikben az ilyen jellegű ismereteknek is egyre nagyobb hangsúlyt kell kapniuk.

A vonatkozó hazai és külföldi irodalmak áttekintése alapján egyértelműsíteni próbáljuk az éghajlatingadozás különböző formáinak viszonyát és számszerűsítjük a kukorica termesztése szempontjából meghatározó, az irodalomban egyre gyakrabban öko- vagy agroklimatológiai indikátorokként emlegetett éghajlati feltételeket, valamint elemezzük azok alakulását az utóbbi kb. másfél évszázadban a Mosoni-síkon. A Mosonmagyaróváron 1861 óta észlelt és feljegyzett hosszú - a térség leghosszabb - folyamatos hőmérsékleti és csapadék adatsorok szolgáltatnak ehhez alapot, bár csak az 1871-től

kezdődő adatokat használjuk e munkában. Az itt bemutatott vizsgálatainkat tehát a növénytermesztés éghajlati feltételei közül a hőmérséklet és csapadék viszonyok alakulására korlátozzuk, mivel az ilyen jellegű adatok a leginkább hozzáférhetőek hazánkban, s általában e tényezőket tekintik a legmeghatározóbbnak az éghajlat-növény kapcsolat vonatkozásában.

A kukoricatermesztés regionális éghajlati feltételeinek megváltozása – döntően a hőmérséklet esetén – az utóbbi néhány évtizedben jelentkezett hangsúlyosabban; azt megelőzően inkább az éghajlati változékonysághoz való alkalmazkodás jelentett folyamatos feladatot. Általában a kedvező változások vannak túlsúlyban, de e lehetőségeket ki is kell használni. Másfelől aggodalomra adhat okot, hogy az éghajlati elemek szórásának (pontosabban szórásnégyzetének, azaz varianciájának) szignifikáns megváltozása általában annak növekedését, azaz az extrém értékek gyakoribbá válását jelentette, ami szintén nagyon fontos reagálnia a növénytermelőknek.

Hangsúlyozni kell viszont, hogy e munka során a makroklimát jellemző tendenciák feltárása volt a célunk, s nem szabad megfeledkezni arról, hogy a mezo- és mikroklímatis hatások módosíthatják az így kirajzolódó képet, még ha ezek alapvetően nem is változtatják meg a makroklima által biztosított éghajlati feltételeket. A kapott eredmények – közvetve és kellő óvatossággal interpretálva – a hazánk egész területén zajló klimatikus folyamatokba is betekintést adhatnak.

Kulcsszavak: éghajlatváltozás, éghajlati változékonyság, agroklimatológiai indikátorok, kukoricatermesztés

The effect of climatic fluctuation on the agroclimatic indicators of maize production on the Mosoni plain between 1871–2018

Z. VARGA

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

Summary

In recent years, it has become increasingly evident that the atmospheric process, which had been called “global warming” by Wallace Broecker and which has long been

referred to as this name, is actually much more complex than simply the rise in average temperatures. Various climatic fluctuations of different climatic elements, which are partly due to climatic variability and partly to climate change, have a complex impact on crop production, and therefore on growing conditions of maize as the most widely used forage crop. While the impact assessment of climate change focusing on the shift in average values is deepening all over the world, the complex and realistic interpretation of climate change coupled with climatic variability puts a great challenge on researchers in this field and on vine growers who need to gain this kind of knowledge in their tactical and strategic decisions.

Based on a review of the relevant Hungarian and international literature, we try to clarify the relationship between different forms of climatic fluctuations, we quantify the climatic conditions, referred to as eco- or agroclimatic indicators more often, that determine the maize production and analyze their evolution in the last one and a half century on Mosoni-Plain.

The longest climatological data series of the region, namely the series of temperature and precipitation data that has been observed and recorded in Mosonmagyaróvár since 1861 provide the basis for this, although we only use the data from 1871. Therefore, our studies presented here are limited to temperature and precipitation conditions of crop production, as such data are most accessible in our country, and these factors are generally considered to be the most decisive for the climate-plant relationship.

Modification in the regional climatic conditions of maize production have been more pronounced in the last few decades, mainly in the case of temperature; before, it was a continuous task for agriculture to adapt itself to climate variability. Generally, the positive changes are predominant, but these options have to be exploited. On the other hand, it may be a cause for concern that a significant change in the standard deviation of climatic elements usually meant an increase in the probability of extreme values, which is also very important to respond to.

However it should be emphasized that the aim of this work was to reveal the macroclimatic tendencies and not to forget that the meso- and microclimatic effects can change the results even if they do not fundamentally change the climatic conditions provided by the macroclimate. The results obtained, interpreted indirectly and cautiously, may provide insight into the climatic processes taking place throughout Hungary.

Key words: climate change, climatic variability, agroclimatic indicators, maize production

Влияние климатических колебаний на агроклиматологические индикаторы выращивания кукурузы на равнине Мошони (Mosoni-sík) в 1871–2018 годы

З. ВАРГА

Университет им. Святого Иштвана, МЭК, Кафедра Водохозяйства и
Окружающей Среды, Мошонмадьярвар

Резюме

В последние годы стало всё более очевидным, что названное Wallace Broecker "глобальным потеплением" и долгое время в основном упоминаемый этим именем атмосферный процесс в действительности существенно сложнее того, что понимаем как просто повышение средней температуры. Появляющиеся одновременно различного характера колебания отдельных климатических элементов, но которые являются частью изменчивости климата, и частью проявления изменения климата, оказывают комплексное влияние на растениеводство, и так и на самое распространенное у нас выращиваемое кормовое растение, на условия выращивания кукурузы. В то время как в международной литературе чаще всего можно встретить с исследованиями влияния изменения климата, фокусирующимися на смещении средних величин, комплексный и реальный анализ изменения климата совместно с анализом его изменчивости является в действительности бóльшим вызовом для исследователей в этой области и для производителей кукурузы, у кого в их тактических и стратегических решениях знаниям такого характера надо уделить все большее внимание.

На основе просмотра относящейся к теме отечественной и иностранной литературы попробуем прийти к однозначному пониманию связи различных форм колебания климата и в числах проанализируем решающие с точки зрения выращивания кукурузы, в литературе все чаще упоминаемые как эко- или агроклиматологическими индикаторами климатические условия, а также анализ их формирования примерно за последние полтора столетия на равнине Мошони (Mosoni-sík). Замеченные и записанные в Мошонмадьярваре (Mosonmagyaróvár) с 1861 года подробные – в этой области самые длинные – постоянные данные температуры и осадков служат основой для этого, хотя используем в этой работе данные, начиная только с 1871 года. Таким образом, показанные здесь наши исследования мы ограничили формированием условий температуры и осадков среди климатических условий растениеводства.

ва, так как эти данные наиболее доступны в нашей стране, и обычно эти факторы рассматривают самыми определяющими касательно связи климат–растение.

Изменение региональных климатических условий выращивания кукурузы – в основном в случае температуры – в последние несколько десятилетий проявилось более подчеркнuto; до этого в основном приспособление к климатической изменчивости означало постоянную задачу. Обычно преобладают благоприятные изменения, но эти возможности надо использовать. С другой стороны может дать причину для беспокойства то, что значительное изменение рассеивания климатических элементов(точнее квадрату рассеивания, т.е. вариантность)обычно в сторону увеличения, это означает, что более частыми становятся проявления экстремальных величин, на что также очень важно реагировать растениеводам.

Однако надо подчеркнуть, что в ходе этой работы целью было определить тенденции, характерные для макроклимата, и нельзя забывать о том, что мезо- и микроклиматические влияния могут изменить образующуюся так картину, даже если они в основном не изменяют обеспеченные макроклиматом климатические условия. Полученные результаты – косвенно и с нужной осторожностью интерпритированные– могут дать возможность взглянуть на происходящие на всей территории страны климатические процессы.

Ключевые слова: изменение климата, климатическая изменчивость, агроклиматологические индикаторы, выращивание кукурузы

Bevezetés

A légköri folyamatok és jelenségek hosszútávú alakulása, azaz az éghajlat legjellemzőbb vonása annak folyamatos ingadozása. Az éghajlatingadozás mindkét formája, az éghajlati változékonyság és az éghajlatváltozás egyaránt jelentős mértékben befolyásolja a mezőgazdasági termelést. Az utóbbi évtizedekben egyértelműen az éghajlatváltozás, s annak hatásai kerültek a vizsgálatok középpontjába, háttérbe szorítva az éghajlati változékonyság elemzését. Ráadásul sok esetben az elemzések – túlzott leegyszerűsítést alkalmazva – csakis az átlagok alakulása alapján mutatják be az adott térség éghajlatának módosulását, miközben a sokéves átlagok mellett fontos jellemzője a klímának az is, hogy a meteorológiai elemek értékei milyen mértékben szóródnak a leggyakoribb, átlaghoz közeli értékek körül. A növények számára ugyanis meghatározó jelen-

tőségűek termőhelyük átlagos, illetve átlaghoz közeli meteorológiai viszonyai, mert általában ezekhez alkalmazkodva alakítják ki környezeti igényeiket, de fontosak az ezektől lényegesen eltérő, extrém meteorológiai hatások is, mivel ezek jelentős károkat képesek okozni természetett növényeinknek.

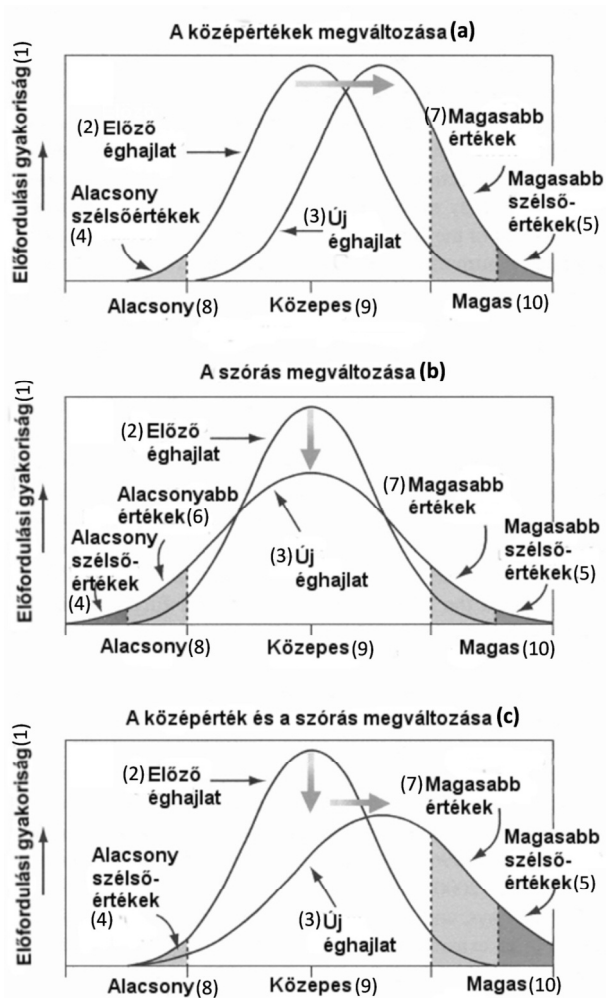
Azt is meg kell jegyezni, hogy az irodalomban nem mindig különböztették meg konzekvensen az éghajlatingadozás különböző formáit. Az utóbbi évtizedekre viszont általánosan elfogadottá vált, hogy az éghajlati változékonyság esetén az éghajlati értékek folyamatos és statisztikailag véletlenszerű fluktuációi egy lényegében állandónak tekinthető középérték körül történnek. Éghajlatváltozás esetén viszont nemcsak az aktuális meteorológiai elemértékek változnak, hanem az azok jellemzésére szolgáló statisztikai értékek is kimutatható változást mutatnak.

Az 1. ábra mutatja be az éghajlatváltozás lefolyásának lehetséges általános sémáit. Az ábra (a) része szemlélteti az éghajlatváltozásnak azt a leggyakrabban interpretált változatát, amikor az átlagértékek valamilyen irányú eltolódása játszódik le. Ugyanakkor a középő, (b) ábrarész is egy potenciális éghajlatváltozást jelenít meg. Ebben az esetben a statisztikailag változatlan átlagérték mellett az adott éghajlati elem szélsőséges értékeinek gyakorisága változik meg a véletlent meghaladó mértékben. Ha az értékek gyakorisági eloszlását szemléltető függvény laposabbá válik, akkor az extrém értékek gyakorisága megnövekszik az átlaghoz közeli értékekhez képest; míg ha a függvény alakja megnyúlik, akkor szignifikánsan lecsökken az átlagtól jelentősen eltérő, szélsőséges meteorológiai események gyakorisága. Mivel – mint azt már említettük – az élőlények általában egy adott élőhely átlaghoz közeli környezeti viszonyaihoz alkalmazkodnak a leghatékonyabban, s az attól jelentősen eltérő értékekhez a legkevésbé, az ilyen jellegű éghajlatváltozás is számottevő kihívásokat jelent a mezőgazdaság számára. Természetesen az sem zárható ki, hogy az átlagok eltolódása és az attól való eltérések mintázata, az elemek szórása egyszerre változik meg. Ezt szemlélteti a (c) ábrarész.

Ezek alapján az átlag alakulása mellett a szórás esetleges módosulásának vizsgálatát is beterveztük – varianciaanalízis formájában – az éghajlatingadozás és a kukoricatermesztés kapcsolatának elemzésekor.

A kukorica tesztnövényként való használata több szempontból is indokoltnak látszott. Kiemelkedő nemzetközi és hazai termesztési jelentősége éppúgy indokolja ezt, mint a fajon belüli alakgazdagsága (a nagyon változatos éréscsoportok megléte) és nagyfokú alkalmazkodóképessége.

1. ábra. Az éghajlatváltozás lehetséges sémái



Forrás: Houghton et al. (2001)

Figure 1. Possible patterns of climate change. (a) Change of mean value, (b) Change of standard deviation, (c) Change of mean value and standard deviation, (1) Frequency of occurrence, (2) Previous climate, (3) New climate, (4) Low extreme values, (5) Higher extreme values, (6) Lower values, (7) Higher values, (8) Low, (9) Medium, (10) High, Sources: Houghton et al. (2001)

Az eredetileg trópusi területekről származó növény fő termesztési zónája már jó ideje a mérsékelt éghajlatú területekre koncentrálódik, s az ezt megalapozó jelentős bázishőmérséklet csökkenés, amely a növény nagyfokú gene-

तिकai formálhatóságának bizonyítéka, napjainkban sem állt meg. Míg a pár évtizeddel ezelőtti irodalmak még általánosan 10–12 Celsius fokos fejlődési minimum hőmérsékletet, azaz bázishőmérsékletet tekintettek a kukoricára érvényesnek (*Menyhért 1985, Varga-Haszonits 1987*), napjainkban már nem ritkák a 8 fokos értékek sem (*Jones et al. 2003, Bocchiola et al. 2013*), sőt, esetenként előfordulnak 6 Celsius fokos bázishőmérséklettel kalkuláló irodalmak is (*Holzschläger et al. 2015*).

A vizsgálatainkat a bázishőmérsékletre hasonló, az irodalomban egyre gyakrabban felbukkanó (*Holzschläger et al. 2013, Caubel et al. 2015, 2018*) öko- vagy agroklimatológiai indikátorok középpontba állításával terveztük megvalósítani, mivel ezek az adott éghajlatnak egy adott növény számára való alkalmasságát segítik számszerűsíteni növény- és fejlődési szakasz specifikusan, megteremtve ezzel a részletes, mélységi, kvantitatív agroklimatológiai elemzés lehetőségét.

A vizsgálati célkitűzésünk tehát az volt, hogy részletesen elemezzük az éghajlatingadozás különböző formáinak potenciális hatását régióinkban a kukoricatermesztés feltételeire. A makroklímát jellemző tendenciák feltárása volt a célunk, nem feledve azt sem, hogy a mezo- és mikroklimatikus hatások enyhén árnyalhatják az így kirajzolódó képet, ugyanakkor tudva, hogy ezek alapvetően nem változtatják meg a makroklíma által biztosított éghajlati kereteket.

Anyag és módszer

Kvantitatív elemzéseinket az utóbbi évtizedek klimatikus történéseire összpontosítottuk, miközben a korábbi időszakokból levonható tanulságokra is kitértünk. Régióinkban a leghosszabb folyamatos meteorológiai adatsorok a mosonmagyaróvári – eredetileg óvári – meteorológiai állomásról származnak, ahol Anton Masch, az agrárfelsőoktatási intézmény tanára, majd igazgatója kezdeményezésére a mérések az 1840-es években kezdődtek, s bizonyos elemekre az 1860-as évektől, viszonylag több elemre az 1870-es évek elejétől ezek folyamatos adatsorok formájában rendelkezésre is állnak (*Tenk 2017*). A Mosonmagyaróvárra kapott eredményeinket nemcsak a Mosoni-síkra, de – kellő óvatossággal – az egész Észak-dunántúli régióra is vonatkoztathatjuk.

A tervezett vizsgálatok kivitelezéséhez elengedhetetlen volt, hogy lehatároljuk a kukorica termesztése szempontjából fontos kvantifikált klimatológiai feltételeket, azaz agroklimatológiai indikátorokat. Ezt úgy valósítottuk meg,

hogy kiválasztottunk néhányat az utóbbi évtizedek olyan átfogó munkáiból (*Menyhért* 1985, *Varga-Haszonits* 1987, *Bocz et al.* 1996, *Varga-Haszonits et al.* 2006, *Sadras et al.* 2012), melyek akár több tucat aktuális irodalmat feldolgozva mutatták be a kukoricatermesztés éghajlati igényeit. Emellett figyelembe vettük néhány fontos részletet pontosító közelmúltbeli publikáció (*Wang et al.* 2015, *Tao et al.* 2016, *Shim et al.* 2017, *Lizaso et al.* 2018, *Rahimi-Moghaddam et al.* 2018, *Wang et al.* 2018) megállapításait is. Ezeket összegezve az alábbi kiemelkedően fontos feltételeket nevesítettük:

1. A hőmérsékletileg lehetséges vegetációs periódus hosszának alakulása. Ezt alapvetően a növény bázishőmérsékletének tavaszi és őszi átlépési időpontja határozza meg, s ennek megfelelően azt az időszakot jelöli ki, amikor a növény termesztéséhez kedvező hőmérsékleti viszonyok állnak fenn. Minél hosszabb értékei tekinthetők kedvezőnek. A bázishőmérsékletről a fentiekben leírtaknak megfelelően háromféle változatát kalkuláltuk: a 6, 8 és 10 Celsius fok feletti hőmérsékletileg lehetséges vegetációs periódust (1a: HLVP10, 1b: HLVP8, 1c: HLVP6).
2. A vegetációs periódus átlaghőmérséklete. A kukorica tenyészidőszakaként az április 1.–október 31. közötti időszakot vettük figyelembe. Az irodalomban általában 15–18 Celsius fok közötti értékeit tartják kedvezőnek, mert ilyen hőmérsékletek mellett tapasztalható a legmagasabb produktivitás.
3. A július-szeptember periódus átlaghőmérséklete. A szerzők általában a 20 Celsius fokot lényegesen meghaladó, akár 25 Celsius fok körüli értékeket tekintik optimálisnak a generatív fejlődés időszakára vonatkozóan. Ezt hazánkban a melegebb években is csak alulról közelítjük.
4. A legmelegebb hónap (július) átlaghőmérséklete. A meleg égövi származású növény számára a 21–27 Celsius fok közötti legmagasabb havi átlaghőmérsékletet tekintik optimálisnak. E tartománynak szintén az alsó részében helyezkednek el a hazai melegebb júliusi középértékek.
5. A vegetációs periódus pozitív hőmérsékleti összegei. Általában elvárás, hogy 3100 foknap felett legyen ez a vegetációs periódus átlaghőmérsékletével szoros kapcsolatban álló hőmérsékleti jellemző érték.
6. Évi fagymentes napok száma. Az irodalmak többsége ezzel kapcsolatban azt az elvárást fogalmazza meg, hogy 120 felett legyen. Ezt a nálunk könnyen teljesülő agroklimatológiai indikátort csak 1951-től tudtuk vizsgálni, mivel napi bontású adatok szükségesek hozzá.

7. A vegetációs periódusban előforduló fagyok gyakorisága. Külön vizsgáltuk a kukorica tenyészidőszakában a 0, illetve a -6 Celsius fok alatti minimumhőmérsékletű napok előfordulási gyakoriságát (7a, illetve 7b). Mivel a kutatók jelentősen fokozott mértékű károsodásról számolnak be, ha ezek az alacsony hőmérsékletek legalább három egymást követő napon jelentkeznek, 7c és 7d jelöléssel az ilyen hosszabb fagyhatást okozó napok gyakoriságát is megvizsgáltuk.
8. A vegetációs periódusban előforduló hűlést okozó minimumhőmérsékletű napok gyakorisága. Általában a 0 Celsius foknál magasabb alacsony napi minimumhőmérsékleteket is károsnak tartják a melegigényes kukorica számára. Mi a legalacsonyabb szóba jöhető bázishőmérséklet értékét, azaz a 0 és 6 Celsius fok közötti minimumhőmérsékletű napok előfordulási gyakoriságát határoztuk meg az 1951–2018-as időszakra.
9. A vegetációs periódusban előforduló magas hőmérsékleti stressz gyakorisága. Az irodalom általában a 35 fok feletti napi maximumhőmérsékleteknek tulajdonít kedvezőtlen hatást, ezért azok előfordulási gyakoriságát elemeztük (9a). Ezen agroklimatológiai indikátor esetén is kimutatható, hogy fokozott a károsodás, ha legalább három egymást követő napon jelentkeznek, így ezt is vizsgáltuk (9b).
10. Vegetációs periódus vagy ezen belüli fokozott vízigényű időszakok csapadékösszege. Vizsgáltuk a tenyészidőszak (10a), a július-augusztus időszak (10b), illetve a virágzás környéki időszakot legjobban lefedő júliusi csapadékösszegek (10c) alakulását. A vegetációs időszak egészére vonatkozóan általában 375 mm a minimálisan elvárt csapadékösszeg, s a 420–440 mm közötti értékeket tekintik optimálisnak. A július és augusztus hónapok esetén többnyire 100 mm fölötti havi összeget tartanak kívánatosnak.
11. Kritikus időszak csapadékos napjainak száma. Mivel az idézett publikációk gyakran nem csak a júliusi, illetve július-augusztusi csapadékmennyiség kiemelkedő szerepét hangsúlyozzák a kukorica megfelelő terméseihez, hanem kitérnek az egyenletes csapadékeloszlás fontosságára is ezen időszakokban, ezért elemeztük a júliusi, illetve július-augusztusi csapadékos napok számának alakulását is (11ab). Ezeknél a csapadékos napok számának növekedését tekintettük kedvező fejleménynek.

Látható, hogy nagyon különböző klimatikus kritériumokról van szó, még úgy is, hogy csakis hőmérsékleti és csapadék adatokon alapuló agroklimato-

lógiai indikátorokat vontunk be a vizsgálatainkba, mivel az ilyen jellegű adatok a leginkább hozzáférhetőek hazánkban, s általában e tényezőket tekintik a legmeghatározóbbnak az éghajlat-növény kapcsolat vonatkozásában.. Találhatók közöttük viszonylag komplexebb, s viszonylag egyszerűbb éghajlati feltételek is. Ezek egy része pontosan kvantifikált, más esetben viszont csak a kedvező vagy kedvezőtlen tendenciák kerültek megjelölésre. A kukoricatermesztés által igényelt meteorológiai hatás időtartama is nagyon különbözhet. Ezért a jobb áttekinthetőség érdekében az *1. táblázatban* rendezve mutatjuk be ezeket.

1. táblázat. *A kukoricatermesztés agroklimatológiai indikátorainak kategorizálása*

Időtartam (4)	Meteorológiai hatótényező (1)	
	Hőmérséklet (2)	Csapadék (3)
Tenyésidőszak (5)	1a, 1b, 1c, 2, 5	10a
Évszak, hónap (6)	3, 4	10b, 10c
Nap (7)	6, 7a, 7b, 7c, 7d, 8, 9a, 9b	11a, 11b

Megjegyzés: a kukorica tenyésidőszakaként az április 1.-október 31. közötti időszakot vettük figyelembe.

Table 1. Categorizing the agroclimatic indicators of maize production. (1) Meteorological factors, (2) Temperature, (3) Precipitation, (4) Time intervals, (5) Growing season, (6) Season, month, (7) Day, Note: the growing season of maize was considered to be the period between 1st April - 31st October.

1a: Thermal growing season length above 10 Celsius degrees; 1b: Thermal growing season length above 8 Celsius degrees; 1c: Thermal growing season length above 6 Celsius degrees; 2: Mean temperature of growing season; 3: Mean temperature of period July-Sept; 4: July mean temperature; 5: Positive temperature sum of growing season; 6: Yearly number of frost-free days; 7a: Number of days with minimum temperature below 0 Celsius degrees in growing season; 7b: Number of days with minimum temperature below -6 Celsius degrees in growing season; 7c: Number of days with minimum temperature below 0 Celsius degrees in growing season (at least 3 consecutive days); 7d: Number of days with minimum temperature below -6 Celsius degrees in growing season (at least 3 consecutive days); 8: Number of days with minimum temperature between 0 and 6 Celsius degrees in growing season; 9a: Number of days with maximum temperature above 35 Celsius degrees in growing season; 9b: Number of days with maximum temperature above 35 Celsius degrees in growing season (at least 3 consecutive days); 10a: Precipitation sum of growing season; 10b: Precipitation sum of period July-August; 10c: July precipitation sum; 11a: Number of rainy days of period July-August; 11b: Number of rainy days in July

Kitűnik, hogy a meteorológiai elemek teljes tenyésidőszakra vonatkozó, évszagos vagy havi, illetve napi értékei szerepelnek az összeállításban. Találkozunk az irodalomban évi értékekkel kapcsolatban megfogalmazott elvárások-

kal is, de ezeket nem használtuk, mivel a mezőgazdasági használhatóságuk megkérdőjelezhető, s legfeljebb csak közvetett jelentőségű, amennyiben feltételezzük, hogy az évi értékek trendje valamilyen kapcsolatban áll a tenyészidőszakra vagy azok rövidebb, a növény életjelenségei szempontjából kiemelkedő jelentőségű időszakaira jellemző meteorológiai viszonyok alakulásával.

A kukorica termesztése szempontjából fontos klimatológiai feltételek alakulásának vizsgálatakor matematikai statisztikai vizsgálatokat végeztünk az eredmények megbízhatóságának megállapításához. Egyrészt lineáris trendanalízissel elemeztük a fent felsorolt meteorológiai elemek változásának jellegét, mértékét és a változás jelentőségét kifejező szignifikanciát (*Fisher* és *Yates* 1963, *Sváb* 1981) a Mosonmagyaróváron 1871–2018 között mért adatok alapján. Ezek összefoglalásaként elkülönítettük a szignifikáns (éghajlatváltozást mutató) és nem szignifikáns (azaz inkább éghajlati változékonyságra utaló) kapcsolatokat, illetve a kukoricatermesztés szempontjából kedvezőtlen és kedvező klimatikus tendenciákat. Adatbázisunkban a mosonmagyaróvári meteorológiai adatok 1951-től kezdődően állnak rendelkezésre napi bontásban, azt megelőzően általában havi értékek kerültek archiválásra. Ezért az elemzések elvégzésekor a vizsgált paramétereket két nagy csoportba osztottuk. A klimatikus jellemzők egy részénél az említett vizsgálatokat a teljes vizsgálati időszakot három (csaknem) egyenlő részre osztva végeztük el: a kukoricatermesztés meteorológiai feltételeinek változását az 1871–1920, 1921–1970 és az 1971–2018 közötti időszakokra vonatkozóan határoztuk meg. A statisztikai elemzést természetesen a teljes 1871–2018-as intervallumra is elvégeztük. A napi adatok alapján meghatározható klimatikus feltételeket (6, 7abcd, 8, 9ab, 11ab) értelemszerűen csak egy szűkebb időintervallumra tudtuk számszerűsíteni, így azoknál az 1971–2018-as és az 1951–2018-as (teljes) vizsgálati periódusokat alkalmaztuk.

Vizsgálataink másik nagy területét az ugyanezen agroklimatológiai indikátorok értékei szórásában bekövetkező változások analízise jelentette. A vizsgált időintervallumot négy teljesen egyenlő részre osztva a klimatikus feltételek előbb lehatárolt egyik csoportja esetén meghatároztuk az 1883–1916-os, az 1917–1950-es, az 1951–1984-es és az 1985–2018-as időszakokra jellemző szórás értékeket, majd elemeztük a szórásnégyzet (variancia) megváltozásának irányát, mértékét és szignifikanciáját kétmintás F-próbával (*Cochran* és *Cox* 1957, *Sváb* 1981). A napi adatok alapján meghatározható klimatikus feltételek esetén

csak az utóbbi két részidőszak vizsgálatára volt lehetőség. Ekképpen ki tudtuk mutatni az éghajlatváltozás azon formáját is, amikor nem az átlag eltolódása, hanem az extrém értékek előfordulási gyakoriságának változása vált számottevő mértékűvé.

Eredmények

A 2–5. táblázatok foglalják össze az elmúlt másfél évszázad különböző periódusaiban a kukoricatermesztés agroklimatológiai indikátorai átlagainak eltolódásával bekövetkező változásokra vonatkozó elemzéseink eredményeit. Látható, hogy a komplex éghajlati kritériumok szükségyszerű megbontása miatt mindösszesen 20 éghajlati (15 hőmérsékleti és 5 csapadékkal kapcsolatos) feltétel alakulását vizsgáltuk. Vastagítással emeltük ki a szignifikáns változásokat, betűtípus használatával pedig a változások kedvező vagy kedvezőtlen voltát. Ezek segítségével viszonylag könnyebben átlátható, hogy szignifikáns változások leginkább az utóbbi fél évszázadban jelentkeztek, amikor az esetek kb. felében észleltünk statisztikailag nagy valószínűséggel igazolható változást, illetve háromnegyedében volt a feltételek – akár csak tendenciaszerű, nem szignifikáns – módosulása kedvező jellegű. E változások egyértelműen a hőmérséklet esetén voltak kifejezettebbek.

A 2. táblázatban bemutatott eredmények alapján megállapítható, hogy a 19. és 20. század fordulójának tájékán a rendelkezésre álló havi adatok elemzésével vizsgálható agroklimatológiai indikátorok között alig találtunk szignifikáns változást, erősen szignifikáns jellegűt pedig mindössze kettőt. Lényegében ezek mindegyike az év meleg időszakának a kukorica számára kedvezőtlen lehűlését jelentette. A csupán tendenciaszerű változások többsége is kedvezőtlennek volt minősíthető, de összességében az mondható el erről az időszakról, hogy a vizsgált klímáparaméterek várható értékeinek jelentős elmozdulása nem volt megfigyelhető ezekben az évtizedekben.

Nagyjából hasonló megállapításokat tehetünk a 3. táblázat alapján a 20. század közepének agroklimatológiai viszonyairól. Valójában az 1921–1970-es időszak éghajlati viszonyai ilyen szempontból még stabilabbnak tűnnek; a vizsgált változások 80%-a nem szignifikáns, 20%-a pedig csupán nagyon gyenge szinten az. Az utóbbi csoportba a kukorica számára kritikus, virágzás körüli időszak csapadékellátottságának kedvező jellegű növekedése tartozik.

2. táblázat. A kukoricatermesztés agroklimatológiai indikátorainak alakulása (1871–1920)

	1a	1b	1c	2	3
	HLVP10	HLVP8	HLVP6	Veg. per. átl. hóm. (5)	Júl.–szept. átl. hóm. (6)
Változás mértéke (1)	-1,4 nap/évtized (7)	-0,1 nap/évtized (7)	0,8 nap/évtized (7)	-0,12 °C/évtized (8)	-0,24 °C/évtized (8)
Változás jellege (2)	Kedvezőtlen (9)	Kedvezőtlen (9)	Kedvező (10)	Kedvezőtlen (9)	Kedvezőtlen (9)
r érték (3)	0,1673	0,0100	0,0831	0,3151	0,4244
Változás szignif. (4)	NS	NS	NS	5%	1%
	4	5	10a	10b	10c
	Júl. átl. hóm. (11)	Veg. per. poz. hóm. össz. (12)	Veg. per. csap. össz. (13)	Júl.–aug. csap. össz. (14)	Júl. csap. össz. (15)
Változás mértéke (1)	-0,32 °C/évtized (8)	-25,8 foknap/évtized (16)	2,1 mm/évtized (17)	3,0 mm/évtized (17)	6,0 mm/évtized (17)
Változás jellege (2)	Kedvezőtlen (9)	Kedvezőtlen (9)	Kedvező (10)	Kedvező (10)	Kedvező (10)
r érték (3)	0,3418	0,3151	0,0332	0,0825	0,2296
Változás szignif. (4)	2%	5%	NS	NS	NS

Table 2. The development the agroclimatic indicators of maize production (1871–1920). (1) Rate of change, (2) Type of change, (3) r value, (4) Significance of change, (5) Average temperature in the vegetation period, (6) Average temperature between July–September, (7) 0.8 day/decade, (8) -0.12 °C/decade, (9) Unfavourable, (10) Favourable, (11) Average temperature in July, (12) Positive temperature sum of the vegetation period, (13) Precipitation sum of the vegetation period, (14) Precipitation sum of July–August, (15) Precipitation sum of July, (16) -25.8 degree days/decade, (17) 3.00 mm/decade

3. táblázat. A kukoricatermesztés agroklimatológiai indikátorainak alakulása (1921–1970)

	1a	1b	1c	2	3
	HLVP10	HLVP8	HLVP6	Veg. per. átl. hőm. (5)	Júl.–szept. átl. hőm. (6)
Változás mértéke (1)	0,5 nap/évtized (7)	1,1 nap/évtized (7)	0,6 nap/évtized (7)	-0,01 °C/évtized (8)	-0,09 °C/évtized (8)
Változás jellege (2)	Kedvező (10)	Kedvező (10)	Kedvező (10)	Kedvező (10)	Kedvezőtlen (9)
r érték (3)	0,0663	0,1308	0,0742	0,0346	0,1473
Változás szignif. (4)	NS	NS	NS	NS	NS
	4	5	10a	10b	10c
	Júl. átl. hőm. (11)	Veg. per. poz. hőm. össz. (12)	Veg. per. csap. össz. (13)	Júl.–aug. csap. össz. (14)	Júl. csap. össz. (15)
Változás mértéke (1)	-0,16 °C/évtized (8)	3,3 foknap/évtized (16)	2,8 mm/évtized (17)	9,8 mm/évtized (17)	7,5 mm/évtized (17)
Változás jellege (2)	Kedvezőtlen (9)	Kedvező (10)	Kedvező (10)	Kedvező (10)	Kedvező (10)
r érték (3)	0,2054	0,0346	0,0469	0,2621	0,2644
Változás szignif. (4)	NS	NS	NS	10%	10%

Table 3. The development the agroclimatic indicators of maize production (1921–1970). (1) Rate of change, (2) Type of change, (3) r value, (4) Significance of change, (5) Average temperature in the vegetation period, (6) Average temperature between July - September, (7) 0.6 day/decade, (8) -0.01 °C/decade, (9) Unfavourable, (10) Favourable, (11) Average temperature in July, (12) Positive temperature sum of the vegetation period, (13) Precipitation sum of the vegetation period, (14) Precipitation sum of July-August, (15) Precipitation sum of July, (16) 3.3 degree days/decade, (17) 7.5 mm/decade

Mint arra már utaltunk, jelentős változások az utóbbi évtizedekben tapasztalhatók. A 4. táblázat alapján az alábbiakat állapíthatjuk meg a jelenleg is zajló éghajlatváltozásnak a kukoricatermesztésre gyakorolt potenciális hatásairól.

4. táblázat. A kukoricatermesztés agroklimatológiai indikátorainak alakulása (1971–2018)

	1a	1b	1c	2	3
	HLVP10	HLVP8	HLVP6	Veg. per. átl. hőm. (5)	Júl.–szept. átl. hőm. (6)
Változás mértéke (1)	6,4 nap/ évtized (7)	5,5 nap/ évtized (7)	5,9 nap/ évtized (7)	0,56 °C/ évtized (8)	0,57 °C / évtized (8)
Változás jellege (2)	Kedvező (10)	Kedvező (10)	Kedvező (10)	Kedvező (10)	Kedvező (10)
r érték (3)	0,6648	0,5343	0,5056	0,8055	0,6926
Változás szignif. (4)	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
	4	5	6	7a	7b
	Júl. átl. hőm. (11)	Veg. per. pozitív hőm. össz. (12)	Évi fagymentes napok száma (13)	Veg. per. 0 °C alatti napok száma (14)	Veg. per. -6 °C alatti napok száma (15)
Változás mértéke (1)	0,65 °C /évtized (8)	120,7 foknap/ évtized (16)	1,8 nap/ évtized (17)	-0,7 nap/ évtized (17)	-0,04 nap/ évtized (17)
Változás jellege (2)	Kedvező (10)	Kedvező (10)	Kedvező (10)	Kedvező (10)	Kedvező (10)
r érték (3)	0,5989	0,8055	0,1619	0,2839	0,1752
Változás szignif. (4)	0,1%	0,1%	NS	5%	NS

A 4. táblázat folytatása a következő oldalon...

... 4. táblázat folytatása

	7c	7d	8	9a	9b
	Veg. per. 0 °C alatti napok száma (min 3 nap*) (18)	Veg. per. -6 °C alatti napok száma (min 3 nap) (19)	Veg. per. 0-6 °C közötti napok száma (20)	Veg. per. 35 °C feletti napok száma (21)	Veg. per. 35 °C feletti napok száma (min 3 nap) (22)
Változás mértéke (1)	-0,4 nap/ évtized (7)	0,0 nap/ évtized (7)	-3,1 nap/ évtized (7)	0,9 nap/ évtized (7)	0,5 nap/ évtized (7)
Változás jellege (2)	Kedvező (10)		Kedvező (10)	Kedvezőtlen (9)	Kedvezőtlen (9)
r érték (3)	0,1992		0,5406	0,4416	0,4223
Változás szignif. (4)	NS		0,1%	1%	1%
	10a	10b	10c	11a	11b
	Veg. per. csap. össz. (23)	Júl.-aug. csap. össz. (24)	Júl. csap. össz. (25)	Júl.-aug. csap. napok száma (26)	Júl. csap. napok száma (27)
Változás mértéke (1)	13,7 mm/ évtized (28)	4,3 mm/ évtized (28)	2,6 mm/ évtized (28)	-0,9 nap/ évtized (7)	-0,3 nap/ évtized (7)
Változás jellege (2)	Kedvező (10)	Kedvező (10)	Kedvező (10)	Kedvezőtlen (9)	Kedvezőtlen (9)
r érték (3)	0,2252	0,1319	0,0949	0,2482	0,1000
Változás szignif. (4)	NS	NS	NS	10%	NS

Megjegyzés: * legalább három egymást követő napon

Table 4. The development the agroclimatic indicators of maize production (1971–2018). (1) Rate of change, (2) Type of change, (3) r value, (4) Significance of change, (5) Average temperature in the vegetation period, (6) Average temperature between July-September, (7) day/decade, (8) °C/decade, (9) Unfavourable, (10) Favourable, (11) Average temperature in July, (12) Positive temperature sum of the vegetation period, (13) Yearly number of days without frost, (14) Number of days below 0 °C in the vegetation period, (15) Number of days below -6 °C in the vegetation period, (16) degree days/decade, (17) -0.7 day/decade, (18) Number of days below 0 °C in the vegetation period (min. 3 days), (19) Number of days below -6 °C in the vegetation period (min. 3 days), (20) Number of days between 0–6 °C in the vegetation period, (21) Number of days above 35 °C in the vegetation period, (22) Number of days above 35 °C in the vegetation period (min. 3 days), (23) Precipitation sum of the vegetation period, (24) Precipitation sum between July-August, (25) Precipitation sum of July, (26) Number of rainy days between July-August, (27) Number of rainy days in July, (28) mm per decade, Note: *at least 3 consecutive days)

- A növény fejlődése számára rendelkezésre álló hőmérsékletileg lehetséges vegetációs periódus határai kitolódtak ebben az időszakban. A legerősebb szinten is szignifikánsnak bizonyult összefüggések azt mutatják, hogy bármely az irodalomban felbukkanó bázishőmérsékletet vesszük alapul, nagyjából hasonló mértékű a termesztés számára kihasználható időszak gyarapodása: a 10 fok feletti hőmérsékletileg lehetséges vegetációs periódus évtizedenként 6,4 nappal lett hosszabb, míg ez az érték a 8 fok feletti potenciális tenyészidőszaknál évtizedenként 5,5 nap, a HLVP6 esetén pedig 5,9 nap. E kedvező változások azt sugallják, hogy egyre inkább érdemes lehet nagyobb termőképességű, hosszabb tenyészidejű hibrideket termesztetni.
- Szintén párhuzamosságok figyelhetők meg a következő három vizsgált indikátor: a tenyészidőszak, a generatív időszak, illetve a legmelegebb hónap átlaghőmérsékletének alakulását illetően is. Az erősen szignifikáns és jelentős, évtizedenkénti 0,56–0,65 Celsius fokos melegedés a vegetációs időszak egészére vonatkozóan az irodalom által a legkedvezőbbnek tartott 15–18 Celsius fokos tartomány felső részébe „terelte” az utóbbi évtizedek átlaghőmérsékletét, míg a tenyészidőszak melegebb részeire vonatkozóan az optimális tartományok – ez a július-szeptember időszak esetén 20–25 Celsius fokos, míg a július esetén 21–27 Celsius fokos – alsó részét sikerült a melegedéssel megközelíteni.
- A tenyészidőszak pozitív hőmérsékleti összege is a véletlent egyértelműen meghaladó mértékben, évtizedenként 120 foknapos értékkel növekedett. Ez azt jelenti, hogy az 1970-es években még csak az elvárt minimum tájékán, 3100 foknap körül található összegek napjainkra 3700 foknap körüli értékekre emelkedtek.
- Az évi fagymentes napok száma csak csekély mértékben és nem szignifikáns jelleggel emelkedett, de ez a klímaindikátor amúgy sem korlátozó tényezője hazánkban a kukorica termesztésének.
- Lényegében hasonló dolgokat mondhatunk el a vegetációs periódusban előforduló fagyok gyakoriságát illetően is. A 0 és a -6 Celsius fok alatti minimumhőmérsékletű napok gyakorisága 50 évvel ezelőtt sem volt jelentős, ami napjainkra a gyengébb fagykategória esetén évenként négy körülire, az erősebb fagyok esetén közel 0-ra csökkent. Ugyanilyen változásokat figyelhettünk meg, ha a fagyos napoknak az egymás utáni jelentkezését vizsgáltuk, mivel az erőteljes melegedési trend még ritkábbá tette a káros klimatikus szélsőségek sorozatos előfordulását.

- Ezzel szemben a potenciálisan hűlést okozni képes alacsony hőmérsékletek előfordulása szignifikáns jelleggel és évtizedenként három nappal csökkent az utóbbi fél évszázadban, de még mindig 25 körüli ilyen hideghatásra számíthatunk a vegetációs periódus során – igaz, döntően annak a letelején és végén, amikor nem feltétlenül fog ténylegesen károsítani.
- Egyértelműen kedvezőtlennek ígérkezik viszont az extrém magas napi hőmérsékleti maximumok szignifikánsan növekvő gyakorisága. Amíg az 1970-es és 1980-as években alig lehetett 35 Celsius fok feletti napi maximumhőmérséklettel találkozni, a 2000-es éveket követően már egyre gyakrabban jelentkeznék; 2015-ben például 14 alkalommal! Ez még az alapvetően melegigényes kukoricára is kedvezőtlenül hathat, különösen, ha a közvetett, vízmérlegre gyakorolt hatásokat is figyelembe vesszük. A negatív hatások fokozódhatnak, ha a magas hőmérsékleti stressz egymást követő napokon jelentkezik, márpedig ennek gyakorisága is kimutathatóan növekszik (20 évente 1 nappal).
- A csapadék alakulását illetően inkább csak tendenciaszerű változásokat tudunk kimutatni. A csapadék mennyisége az összes vizsgált időszakban kedvezően emelkedett, de így sem érte el az optimálisnak tartott értékeket sem a tenyészidőszakban, sem a virágzás körüli kritikus időszakokban. Ráadásul a július-augusztus időszak csapadékos napjai számának csökkenése szintén a kukoricatermesztés bizonytalanságát növelő tényező.

Az 5. táblázatból az látható, hogy mivel általában az 1970 utáni időszak hozta a legnagyobb módosulást a kukoricatermesztés éghajlati feltételeit illetően, legtöbbször a teljes vizsgálható időszakot jellemző változásokat is ezek határozták meg.

Mint azt már említettük, vizsgálat tárgyává tettük ugyanezen agroklimatológiai indikátorok szórásának (varianciájának) alakulását is. Ebben az esetben a vizsgált időszakok optimális lehatárolásának az előzőektől eltérő szempontjai miatt az eddigiektől kissé eltérő szakaszokat alakítottunk ki, melyek a következők voltak: 1883–1916, 1917–1950, 1951–1984, 1985–2018. Így a vizsgált feltételek többsége esetén négy egyenlő hosszúságú időszak szórását tudtuk összehasonlítani varianciaanalízis formájában, a napi adatokat igénylő paraméterek esetén pedig ezek közül az utóbbi kettő időszak összehasonlítására terjedhettek ki elemzéseink.

A 6. táblázat foglalja össze azokat az eseteket, amikor a variancia legalább gyengén szignifikáns megváltozását tapasztaltuk. Az elvégzett vizsgálatok mind-

össze kb. hetedénél találtunk ilyen, s ezek felénél volt erősen szignifikáns a szórásnégyzet módosulása. A nem túl magas arány ellenére aggodalomra adhat okot, hogy a variancia szignifikáns megváltozása 73%-ban – az erősen szignifikáns változások 100%-ában – annak növekedését, azaz az extrém értékek gyakoribbá válását jelentette, ami kedvezőtlen lehet a kukoricatermesztés számára.

5. táblázat. *A kukoricatermesztés agroklimatológiai indikátorainak alakulása (1871–2018, illetve 1951–2018)*

	1a	1b	1c	2	3
	HLVP10	HLVP8	HLVP6	Veg. per. átl. hőm. (5)	Júl.–szept. átl. hőm. (6)
Változás mértéke (1)	0,6 nap/ évtized (7)	1,0 nap/ évtized (7)	1,1 nap/ évtized (7)	0,06 °C/ évtized (8)	0,05 °C / évtized (8)
Változás jellege (2)	Kedvező (10)	Kedvező (10)	Kedvező (10)	Kedvező (10)	Kedvező (10)
r érték (3)	0,2035	0,2998	0,3409	0,3404	0,2256
Változás szignif. (4)	2%	0,1%	0,1%	0,1%	1%
	4	5	6	7a	7b
	Júl. átl. hőm. (11)	Veg. per. pozitív hőm. össz. (12)	Évi fagymentes napok száma (13)	Veg. per. 0 °C alatti napok száma (14)	Veg. per. -6 °C alatti napok száma (15)
Változás mértéke (1)	0,05 °C /évtized (8)	13,1 foknap/ évtized (16)	3,8 nap/ évtized (17)	-0,7 nap/ évtized (17)	0,0 nap/ évtized (17)
Változás jellege (2)	Kedvező (10)	Kedvező (10)	Kedvező (10)	Kedvező (10)	
r érték (3)	0,1546	0,3404	0,4263	0,3863	
Változás szignif. (4)	10%	0,1%	0,1%	0,1%	

Az 5. táblázat folytatása a következő oldalon...

... 5. táblázat folytatása

	7c	7d	8	9a	9b
	Veg. per. 0 °C alatti napok száma (min 3 nap*) (18)	Veg. per. -6 °C alatti napok száma (min 3 nap) (19)	Veg. per. 0-6 °C közötti napok száma (20)	Veg. per. 35 °C feletti napok száma (21)	Veg. per. 35 °C feletti napok száma (min 3 nap) (22)
Változás mértéke (1)	-0,5 nap/ évtized (7)	0,0 nap/ évtized (7)	-2,6 nap/ évtized (7)	0,5 nap/ évtized (7)	0,2 nap/ évtized (7)
Változás jellege (2)	Kedvező (10)		Kedvező (10)	Kedvezőtlen (9)	Kedvezőtlen (9)
r érték (3)	0,2924		0,5767	0,3589	0,2668
Változás szignif. (4)	2%		0,1%	1%	5%
	10a	10b	10c	11a	11b
	Veg. per. csap. össz. (23)	Júl.-aug. csap. össz. (24)	Júl. csap. össz. (25)	Júl.-aug. csap. napok száma (26)	Júl. csap. napok száma (27)
Változás mértéke (1)	-2,5 mm/ évtized (28)	0,4 mm/ évtized (28)	0,6 mm/ évtized (28)	-0,3 nap/ évtized (7)	-0,1 nap/ évtized (7)
Változás jellege (2)	Kedvezőtlen (9)	Kedvező (10)	Kedvező (10)	Kedvezőtlen (9)	Kedvezőtlen (9)
r érték (3)	0,1221	0,0361	0,0624	0,1349	0,0361
Változás szignif. (4)	NS	NS	NS	NS	NS

Megjegyzés: * legalább három egymást követő napon

Table 5. The development the agroclimatic indicators of maize production (1871–2018 and 1951–2018). (1) Rate of change, (2) Type of change, (3) r value, (4) Significance of change, (5) Average temperature in the vegetation period, (6) Average temperature between July-September, (7) day/decade, (8) °C/decade, (9) Unfavourable, (10) Favourable, (11) Average temperature in July, (12) Positive temperature sum of the vegetation period, (13) Yearly number of days without frost, (14) Number of days below 0 °C in the vegetation period, (15) Number of days below -6 °C in the vegetation period, (16) Degree days/decade, (17) -0.7 day/decade, (18) Number of days below 0 °C in the vegetation period (min. 3 days), (19) Number of days below -6 °C in the vegetation period (min. 3 days), (20) Number of days between 0–6 °C in the vegetation period, (21) Number of days above 35 °C in the vegetation period, (22) Number of days above 35 °C in the vegetation period (min. 3 days), (23) Precipitation sum of the vegetation period, (24) Precipitation sum between July-August, (25) Precipitation sum of July, (26) Number of rainy days between July-August, (27) Number of rainy days in July, (28) mm per decade, Note: *at least 3 consecutive days)

6. táblázat. *A kukoricatermesztés agroklimatológiai indikátorai varianciájának szignifikáns változásai (1883–2018)*

Változás jellege (1)	Szignifi- kancia (2)	Klímaparaméter (3)	Időszak 1 (4)	Időszak 2 (5)
Növekedés (6)	P=10%	2: Veg. per. átl. hőm. (8)	1883– 1916	1917– 1950
Növekedés (6)	P=10%	5: Veg per. pozitív hőm. össz. (9)	1883– 1916	1917– 1950
Növekedés (6)	P=10%	7b: Veg. per. -6 fok alatti napok száma (10)	1951– 1984	1985– 2018
Csökkenés (7)	P=10%	10a: Veg. per. csap. össz. (11)	1917– 1950	1951– 1984
Csökkenés (7)	P=10%	10b: Júl.-aug. csap. össz. (12)	1951– 1984	1985– 2018
Csökkenés (7)	P=10%	10c: Július csap. össz. (13)	1883– 1916	1917– 1950
Növekedés (6)	P=2%	2: Veg. per. átl. hőm. (14)	1883– 1916	1985– 2018
Növekedés (6)	P=2%	5: Veg. per. pozitív hőm. össz. (15)	1883– 1916	1985– 2018
Növekedés (6)	P=2%	9a: Veg. per. 35 fok feletti napok száma (16)	1951– 1984	1985– 2018
Növekedés (6)	P=2%	9b: Veg. per. 35 fok feletti napok száma (legalább 3 egymást követő napon) (17)	1951– 1984	1985– 2018
Növekedés (6)	P=2%	10c: Július csap. össz. (18)	1917– 1950	1951– 1984

Table 6. Significant changes in the standard deviation of the agroclimatic indicators of maize production (1883–2018). (1) Type of change, (2) Significance of change, (3) Climatic parameters, (4) Period 1, (5) Period 2, (6) Increasing, (7) Decreasing, (8) Average temperature in the vegetation period, (9) Positive temperature sum of the vegetation period, (10) Number of days below -6 °C in the vegetation period, (11) Precipitation sum in the vegetation period, (12) Precipitation sum between July and August, (13) Precipitation sum in July, (14) Average temperature in the vegetation period, (15) Positive temperature sum of the vegetation period, (16) Number of days above 35 °C in the vegetation period, (17) Number of days above 35 °C in the vegetation period (min. 3 days), (18) Precipitation sum in July

Leggyakrabban a 19 – 20. század fordulójához (1883–1916), esetleg az 1951 – 1984-es időszakhoz képest az 1917 – 1950-es években, vagy még inkább az 1980-as évektől kezdődő évtizedekben volt megfigyelhető az extrém értékek gyakoribbá válása. A hőmérsékleti indikátorok esetén inkább a szórás és a variancia növekedése, a csapadéknál inkább a csökkenés volt megfigyelhető.

Az éghajlati bizonytalanság fokozódása legerőteljesebben ($P=2\%$) az utóbbi évtizedekre jellemző – egyfelől a teljes tenyészidőszak hőmérsékletére, másfelől a forró napok gyakoriságára vonatkozóan. A kukoricatermesztés számára tehát várhatóan egy erősödő mértékben ingadozó melegedés jelent még nagyobb kihívást a következő évtizedekben.

Következtetések

A kukoricatermesztés éghajlati feltételeinek megváltozása a Mosoni-síkon az utóbbi évtizedekben jelentkezett hangsúlyosabban; azt megelőzően inkább az éghajlati változékonysághoz való alkalmazkodás jelentett folyamatos feladatot a termelők számára. A folyamatban lévő, s a jövőben várhatóan folytatódó éghajlatváltozás jelentős mértékben az éghajlati elemek és jellemzők átlagainak eltolódása révén gyakorol befolyást a gazdálkodásra. Az ilyen jellegű eredményeink úgy összegezhetők, hogy általában a kukoricatermesztés éghajlati feltételeinek kedvező változásai vannak túlsúlyban, amit indokolhat a növény meleg égővi származása, de a lehetőségeket realizálni is kell, például a termesztett éréscsoportok és hibridek, valamint az alkalmazott agrotechnika elemeinek újragondolásával. Másfelől nagyon fontos a várható kedvezőtlen hatásokra is reagálni, végiggondolva az alkalmazkodás, védekezés, illetve a beavatkozás területén adódó lehetőségeket.

Elemeztük a meghatározó meteorológiai feltételek szórásának (varianciájának) alakulását is azzal a céllal, hogy számszerűsítsük az extrém meteorológiai viszonyok előfordulásában bekövetkező változásokat. Aggodalomra adhat okot, hogy a variancia szignifikáns megváltozása általában annak növekedését, azaz az extrém értékek gyakoribbá válását jelentette, ami szintén innovatív megoldásokra ösztönözheti a kukoricatermesztőket és nemesítőket a gazdálkodás bizonytalanságának csökkentése céljából.

Az éghajlati viszonyok alakulásának dinamikáját leginkább úgy lehet összefoglalni, hogy az éghajlatváltozás különböző formái és az éghajlati változékonyság együttesen állítják nagy kihívás elé a termelőket annak ellenére, hogy

a kukorica melegebb égövi származása és relatív jó alkalmazkodóképessége miatt a klimatikus történések – alakulásuk jelenlegi és a közeli jövőben várható szakaszában – nem egyértelműen kedvezőtlenek az ágazat számára.

Hangsúlyozni kell viszont, hogy e munka során a makroklímát jellemző tendenciák feltárása volt a célunk, s nem szabad megfeledkezni arról, hogy a mezo- és mikroklimatikus hatások módosíthatják az így kirajzolódó képet, még ha ezek alapvetően nem is változtatják meg a makroklíma által biztosított éghajlati feltételeket.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00008 számú „Innovatív tudományos műhelyek a hazai agrár felsőoktatásban” című projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Irodalom

- Bocchiola, D.–Nana, E.–Soncini, A.*: 2013. Impact of climate change scenarios on crop yield and water footprint of maize in the Po valley of Italy. *Agricultural Water Management*. 116: 50–61.
- Bocz E.–Kováts A.–Ruzsányi L.–Szabó M.*: 1996. Kukorica. [In: Bocz E. et al. (szerk.) Szántóföldi növénytermesztés.] Mezőgazda Kiadó. Budapest. 362–423.
- Caubel, J.–Garcia de Cortázar-Atauri, I.–Launay, M.–de Noblet-Ducoudré N.–Huard, F.–Bertuzzi, P.–Graux, A. I.*: 2015. Broadening the scope for ecoclimatic indicators to assess crop climate suitability according to ecophysiological, technical and quality criteria. *Agricultural and Forest Meteorology*. 207: 94–106.
- Caubel, J.–Garcia de Cortázar-Atauri, I.–Vivant, A.C.–Launay, M.–de Noblet-Ducoudré N.*: 2018. Assessing future meteorological stresses for grain maize in France. *Agricultural Systems*. 159: 237–247.
- Cochran, W. G.–Cox, G. M.*: 1957. *Experimental designs*. Second edition. Wiley and Son. New York.
- Fisher, R. A.–Yates, F.*: 1963. *Statistical tables for biological, agricultural and medical research*. Sixth edition. Oliver and Boyd. London.
- Holzschläger, A.–Calanca, P.–Führer, J.*: 2013. Identifying climatic limitations to grainmaize yield potentials using a suitability evaluation approach. *Agricultural and Forest Meteorology*. 168: 149–159.

- Holzkämper, A.–Calanca, P.–Honti, M.–Fuhrer, J.*: 2015. Projecting climate change impacts on grain maize based on three different crop model approaches. *Agricultural and Forest Meteorology*. 214–215, 219–230.
- Houghton, J. T.–Ding, Y.–Griggs, D. J.–Noguer, M.–van der Linden, P. J.–Dai, X.–Maskell, K.–Johnson, C. A. (eds.)*: 2001. Climate change 2001: The scientific basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Published for the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. Cambridge.
- Jones, J. W.–Hoogenboom, G.–Porter, C. H.–Boote, K. J.–Batchelor, W. D.–Hunt, L. A.–Wilkens, P. W.–Singh, U.–Gijsman, A. J.–Ritchie, J. T.*: 2003. The DSSAT cropping system model. *European Journal of Agronomy*. 18. 3–4: 235–265.
- Lizaso, J. I.–Ruiz-Ramos, M.–Rodríguez, L.–Gabaldon-Leal, C.–Oliveira, J. A.–Lorite, I. J.–Sánchez, D.–García, E.–Rodríguez, A.*: 2018. Impact of high temperatures in maize: Phenology and yield components. *Field Crops Research*. 216: 129–140.
- Menyhért Z.*: 1985. A kukorica termőhelyigénye. [In: Menyhért Z. (szerk.) A kukorica-termesztés kézikönyve.] Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 240–263.
- Rahimi-Moghaddam, S.–Kambouzia, J.–Deihimfard, R.*: 2018. Adaptation strategies to lessen negative impact of climate change on grain maize under hot climatic conditions: A model-based assessment. *Agricultural and Forest Meteorology*. 253–254: 1–14.
- Sadras, V. O.–Schultz, H. R.–Girona, J.–Marsal, J.*: 2012. Grapevine. [In: Steduto, P. et al. (eds.) Crop yield response to water. FAO Irrigation and Drainage Paper 66.] Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. 460–485.
- Shim, D.–Lee, K. Y.–Lee, B. W.*: 2017. Response of phenology- and yield-related traits of maize to elevated temperature in a temperate region. *The Crop Journal*. 15: 305–316.
- Sváb J.*: 1981. Biometriai módszerek a kutatásban. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Tao, F.–Zhang, Z.–Zhang, S.–Rötter, R. P.–Shi, W.–Xiao, D.–Liu, Y.–Wang, M.–Liu, F.–Zhang, H.*: 2016. Historical data provide new insights into response and adaptation of maize production systems to climate change/variability in China. *Field Crops Research*. 185: 1–11.
- Tenk A.*: 2017. Dicső múltunk I. A Magyaróvári Gazdasági akadémia XIX. századi fénykorszaka és nagy tanári kara (1818–1918). Tarandus Kiadó. Mosonmagyaróvár.
- Varga-Haszonits Z.*: 1987. Agrometeorológiai információk és hasznosításuk. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Varga-Haszonits Z.–Varga Z.–Lantos Zs.–Enzsölné Gerencsér E.*: 2006. Az éghajlati változékonyság és az agroökoszisztémák. Monográfia. Monocopy. Mosonmagyaróvár.
- Wang, N.–Wang, J.–Wang, E.–Yu, Q.–Shi, Y.–He, D.*: 2015. Increased uncertainty in simulated maize phenology with more frequent supra-optimal temperature under climate warming. *European Journal of Agronomy*. 71: 19–33.

Wang, N.-Wang, E.-Wang, J.-Zhang, J.-Zheng, B.-Huang, Y.-Tan, M.: 2018. Modelling maize phenology, biomass growth and yield under contrasting temperature conditions. *Agricultural and Forest Meteorology*. 250-251., 319-329.

A szerző levelezési címe - Adress of the author:

Dr. Varga Zoltán
Széchenyi István Egyetem MÉK
Víz- és Környezettudományi Tanszék
Mosonmagyaróvár
Vár tér 2.
H-9200
varga.zoltan@sze.hu



NAGY JÁNOS főszerkesztő
a Magyar Tudományos Akadémia doktora,
Debreceni Egyetem prorektora,
Széchenyi-díjas egyetemi tanára, az Aradi, a Nagyváradi
és a Kaposvári Egyetem „Honoris causa doktora”
az Ukrán Agrártudományi Akadémia külföldi tagja
Szakterülete: növénytermesztés, földművelés

növénytermesztés | növénynevelés | növénygenetika | növényélettan | agrobotanika
