

Crop  
Production

 HERMAN OTTÓ INTÉZET

# NÖVÉNYTERMELÉS

66. kötet | 1. szám | 2017. március

Alapítás éve: 1952

Főszerkesztő: Nagy János



Szennyvíziszap-komposzt  
kezelés hatása barna  
erdőtalaj erózió-  
érzékenységére

A kukorica hibridek  
vetésidejének optimalizálása  
és racionalizálása különös  
tekintettel a klímaváltozásra

A talaj szén-dioxid  
kibocsátása a Westsik-féle  
vetésforgó tartamkísérletben

# Növénytermelés

## CROP PRODUCTION

A Herman Ottó Intézet kiadásában,  
a Földművelésügyi Minisztérium támogatásával megjelenő folyóirat  
a növénytermesztés, növénynemesítés, 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](mailto:novenytermeles@agr.unideb.hu)  
[szelesne@agr.unideb.hu](mailto:szelesne@agr.unideb.hu)

### **Megrendeléseiket az alábbi elérhetőségeinken várjuk:**

Herman Ottó Intézet  
Kiadói és Dokumentációs Osztály  
1223 Budapest, Park u. 2.  
Telefon: (06 1) 362-8100  
Fax: (06 1) 362-8104  
E-mail: [info@agrarlapok.hu](mailto:info@agrarlapok.hu)  
[www.hoi.hu](http://www.hoi.hu)  
[www.novenytermeles.hu](http://www.novenytermeles.hu)

A kiadásért felelős Dr. Mezőszentgyörgyi Dávid,  
a Herman Ottó Intézet főigazgatója

ISSN 0546-8191  
Növényterm 66 (2017) 1  
Printed in Hungary

# Növénytermelés

CROP PRODUCTION

66. kötet, 1. szám, 2017. március

*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,  
N. A. MAKARENKO, D. MEZŐSZENTGYÖRGYI, J. NAGY, P. PEPÓ, R. SCHMIDT

FÖLDMŰVELÉSÜGYI MINISZTERIUM

A kiadásért felelős a Herman Ottó Intézet főigazgatója  
A nyomást és kötést az ADU-PRESS Nyomda Kft. végezte

Felelős szerkesztő: Dr. Nagy János

Fedélterv: Dávid Ildikó

Fotót készítette: Dr. Csajbók József

ISSN 0546-8191



## TARTALOM

<i>Aranyos Tibor József – Makádi Marianna – Tomócsik Attila – Demeter Ibolya – Antal Károly – Blaskó Lajos: Szennyvíziszap-komposzt kezelés hatása barna erdőtalaj erózióérzékenységre .....</i>	7
<i>Bene Enikő – Sárvári Mihály: A kukorica hibridek vetésidejének optimalizálása és racionalizálása különös tekintettel a klímaváltozásra .....</i>	21
<i>Györgyi Gyuláné – Hadházy Ágnes – Henzsel István: A talaj szén-dioxid kibocsátása a Westsik-féle vetésforgó tartamkísérletben .....</i>	37
<i>Kocsis Mihály – Dunai Attila – Tóth Gergely – Makó András: Talajspecifikus aszályérzékenység becslése a kukorica (<i>Zea mays</i> L.) termésreakciók alapján .....</i>	49
<i>Nemeskéri Eszter – Molnár Krisztina – Dobos Attila Csaba: Csemegekukorica (<i>Zea mays</i> L. convar. saccharata) sztómaműködése és hatása a növekedésre és terméskomponensekre eltérő vízellátás alatt .....</i>	75
SZEMLE	
<i>Dudits Dénes – Nagy Anna Viktória: A fás szárú energianövények nemesítése hagyományos és géntechnológiai módszerekkel .....</i>	97
MEGEMLÉKEZÉS	
<i>Késmárki István – Schmidt Rezső: Emlékezés – Varga János (1926–1996) .....</i>	119

---

**CONTENTS**

<i>T. J. Aranyos – M. Makádi – A. Tomócsik – I. Demeter – K. Antal – L. Blaskó:</i> Effect of sewage sludge compost application on the erosion sensitivity of brown forest soil .....	7
<i>E. Bene – M. Sárvári:</i> Optimization and rationalisation of the sowing date of maize hybrids with special emphasis on climate change .....	21
<i>Gy. Györgyi – Á. Hadházy – I. Henzsel:</i> CO <sub>2</sub> -emission of the soil in the Westsik's crop rotation long-term experiment .....	37
<i>M. Kocsis – A. Dunai – G. Tóth – A. Makó:</i> Estimation of soil-specific drought sensitivity based on maize ( <i>Zea mays</i> L.) yield reactions .....	49
<i>E. Nemeskéri – K. Molnár – A. Cs. Dobos:</i> Stomatal behaviour and its influence on the growing and yield components of sweet corn ( <i>Zea mays</i> L. convar. saccharata) .....	75
<b>REVIEW</b>	
<i>D. Dudits – A. V. Nagy:</i> Breeding of woody energy crops with traditional methods and gene technology .....	97
<b>COMMEMORATION</b>	
<i>I. Késmárki – R. Schmidt:</i> Remembering – János Varga (1926–1996) .....	119

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Т. Я. Араньош – М. Макади – А. Тоточик – И. Деметер – К. Антал – Л. Блашко:</i> Влияние обработки компостом из ила сточных вод на чувствительность к эрозии бурой лесной почвы .....	7
<i>Э. Бене – М. Шарвари:</i> Оптимизация и рационализация срока посева гибридов кукурузы особенно учитывая изменения климата .....	21
<i>Дь. Дьёрди – А. Хадхази – И. Хензел:</i> Выделение почвой углекислого газа в продолжитльном опыте севомена по методу Вестшика (Westsik) ....	37
<i>М. Кочиш – А. Дунай – Г. Тот – А. Мако:</i> Оценка специфичной для почвы чувствительности к засухе на основе реакций урожаев кукурузы ( <i>Zea mays</i> L.) .....	49
<i>Э. Нетешкери – К. Молнар – А. Ч. Добош:</i> Деятельность устьиц сахарной кукурузы ( <i>Zea mays</i> L. convar. <i>saccharata</i> ) и её влияние на рост и компоненты урожая при различной водообеспеченности .....	75
<b>ОБЗОР</b>	
<i>Д. Дудич – А. В. Надь:</i> Селекция традиционными и генно-технологическими методами энергетических растений с древесными стволами .....	97
<b>ВОСПОМИНАНИЯ</b>	
<i>И. Кешмарки – Р. Шмидт:</i> Воспоминание – Янош Варга (1926–1996) .....	119



## Szennyvíziszap-komposzt kezelés hatása barna erdőtalaj erózióérzékenységére

<sup>1</sup>ARANYOS TIBOR JÓZSEF - <sup>1</sup>MAKÁDI MARIANNA - <sup>1</sup>TOMÓCSIK ATTILA -

<sup>1</sup>DEMETER IBOLYA - <sup>2</sup>ANTAL KÁROLY - <sup>3</sup>BLASKÓ LAJOS

Debreceni Egyetem

<sup>1</sup>Agrár Kutatóintézetek és Tangazdaság,

Nyíregyházi Kutatóintézet, Nyíregyháza

<sup>2</sup>Agrár Kutatóintézetek és Tangazdaság,

Karcagi Kutatóintézet, Karcag

<sup>3</sup>Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar,

Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet, Debrecen

### Összefoglalás

A nyírségi tájra jellemző sekély termőrétegű homok- és barna erdőtalajok vízgazdálkodási tulajdonságai kedvezőtlenek. Az újabb kísérleti eredmények szerint a szennyvíziszap-komposzt jól alkalmazható e kolloidokban szegény savanyú talajok javítására.

Kísérletünk elsődleges célja az volt, hogy megvizsgáljuk a komposztkezelésnek a talajszerkezetre, ezáltal a vízbeszivárgás folyamatára gyakorolt hatását. A talaj vízvezető képességének mérésére és a talaj erózióérzékenységének jellemzésére esztétető szimulátort használtunk.

A szennyvíziszap-komposzt kísérlet a Debreceni Egyetem Agrár Kutatóintézetek és Tangazdaság Nyíregyházi Kutatóintézetében 2003-ban került beállításra kovárványos barna erdőtalajon. A kísérletben használt komposzt fő alkotói: szennyvíziszap (40%), szalma (25%) és ásványi összetevők (riolit 30%, bentonit 5%). Az alkalmazott komposzt-dózisok: 0, 9, 18 és 27 t/ha (szárazanyag).

A komposztkezelés közvetlen hatása a talajszerkezet, illetve a talaj vízgazdálkodási feltételeinek javulásában nyilvánult meg. Az eredmények alapján megállapítottuk, hogy a komposzttal kijuttatott szerves és ásványi anyagok szerkezetjavító hatással bírnak.

Növelték a talajszerkezet vízerózióval szembeni ellenállását, illetve nagy intenzitású (185 mm/óra) csapadék esetén a talaj vízbefogadó képességét. Nagyobb adagú (18–27 t/ha) komposztkezelés hatására nem csökkent a beszivárgás intenzitása az idő függvényében, az infiltrációs ráta a mérés során gyakorlatilag változás nélkül magas maradt. Ezzel szemben a kontroll területen szignifikánsan nagyobb erózió lépett fel az esőztetés hatására.

A komposztkezelés kedvező hatása a jövőben még felértékelődhet a nagy intenzitású csapadékesemények esetén, amelyek jelentős eróziós károkat okozhatnak a homokkal fedett dombvidékeken.

**Kulcsszavak:** barna erdőtalaj, szennyvíziszap-komposzt, beszivárgás, erózió

## Effect of sewage sludge compost application on the erosion sensitivity of brown forest soil

<sup>1</sup>T. J. ARANYOS – <sup>1</sup>M. MAKÁDI – <sup>1</sup>A. TOMÓCSIK – <sup>1</sup>I. DEMETER –  
<sup>2</sup>K. ANTAL – <sup>3</sup>L. BLASKÓ

University of Debrecen

<sup>1</sup>Agricultural Research Institutes and Study Farm,  
Research Institute of Nyíregyháza, Nyíregyháza

<sup>2</sup>Agricultural Research Institutes and Study Farm,  
Research Institute of Karcag, Karcag

<sup>3</sup>Faculty of Agricultural and Food Sciences and Environmental Management,  
Institute of Water and Environmental Management, Debrecen

### Summary

Sandy soils and brown forest soils in the Nyírség Region with their shallow fertile soil layer have unfavourable water management properties. The results of new experiments show that sewage sludge compost application can improve this colloids poor acidic soils.

The aim of the measurements was to determine the effect of compost treatment on soil structure, thereby on the process of water infiltration into the soil. To measure the hydraulic conductivity of the soil and to characterize its the erodibility, a soil rainfall simulator was used.



The experiment was established in 2003 at the Research Institute of Nyíregyháza, University of Debrecen on brown forest soil. The applied compost was prepared from sewage sludge (40%), straw (25%), bentonite (5%) and rhyolite (30%). The applied compost doses are: 0, 9, 18 and 27 t ha<sup>-1</sup> of dry matter.

The direct effects of sewage sludge compost application were the improved soil structure and water management. Our results show that the organic and mineral materials of compost had a positive effect on soil structure. The soil structure resisted the destructive effects of the simulated, high intensity (185 mm h<sup>-1</sup>) rainfall and the rate of water infiltration into the soil increased. The effects of higher compost doses (18–27 t ha<sup>-1</sup>) the water infiltration did not decrease with time, the infiltration rate remained high and virtually unchanged during the measurement. However, in the control plot there was significantly higher water erosion.

The beneficial effect of compost application on soil structure can be more expressed in the future in case of high-intensity precipitation events, which could cause major erosion damage on sand hills.

**Key words:** brown forest soil, sewage sludge compost, infiltration, erosion

## **Влияние обработки компостом из ила сточных вод на чувствительность к эрозии бурой лесной почвы**

<sup>1</sup>Т. Я. АРАНЬОШ – <sup>1</sup>М. МАКАДИ – <sup>1</sup>А. ТОМОЧИК – <sup>1</sup>И. ДЕМЕТЕР –  
<sup>2</sup>К. АНТАЛ – <sup>3</sup>Л. БЛАШКО

Дебреценский Университет

<sup>1</sup>Аграрные Исследовательские Институты и Учебное Хозяйство,  
Ниредьхазский Исследовательский Институт, Ниредьхаза

<sup>2</sup>Аграрные Исследовательские Институты и Учебное Хозяйство,  
Карцагский Исследовательский Институт, Карцаг

<sup>3</sup>Факультет Сельского Хозяйства, Науки о Пище и Экологического Менеджмента,  
Институт Водохозяйства и Экологического Менеджмента, Дебрецен

### **Резюме**

Водохозяйственные свойства характерных для территории «Ниршиг» (nyírség) песчаных и бурых лесных почв с неглубоким плодородным слоем неблагоприятны.

Согласно новым результатам опытов компост из ила сточных вод можно хорошо использовать для улучшения этих бедных в коллоидах кислых почв.

Первой целью нашего опыта было исследовать влияние, оказываемое обработками компостом на структуру почвы, и посредством этого на процесс просачивания воды. Для измерения водопроницаемости почвы и для характеристики чувствительности к эрозии почвы использовали дождевальную установку.

Опыт компоста из ила сточных вод установили в Ниредьхазском Аграрном Учебно-Хозяйственном Исследовательском Институте Дебреценского Университета в 2003-м году на бурой лесной почве с известковыми вкраплениями. Главные элементы использованного в опыте компоста: ил сточных вод (40%), солома (25%) и минеральные составные (риолит 30%, бентолит 5%). Применяемые дозы компоста: 0, 9, 18 и 27 t/ha (сухое вещество).

Непосредственное влияние обработок компостом проявилось в улучшении структуры почвы и водохозяйственных условий почвы. На основании результатов установили, что внесённые с компостом органические и минеральные материалы обладают эффектом улучшения структуры. Увеличили сопротивляемость структуры почвы водной эрозии, а также в случае осадков большой интенсивности (185 мм/час) – водопроницаемость почвы. Под влиянием больших доз компоста (18–27 t/ha) не уменьшилась интенсивность просачивания в зависимости от времени, уровень инфильтрации в ходе измерений практически остался высоким без изменения. В отличие от этого на контрольной территории проявилась значительно большая эрозия под влиянием дождевания.

Благоприятное влияние обработок таким компостом в будущем станет ещё более ценной в случае осадков большой интенсивности, которые могут причинить значительный вред эрозией на покрытых песками холмистых территориях.

**Ключевые слова:** бурая лесная почва, компост из ила сточных вод, просачивание, эрозия

## Bevezetés

Hazánk mezőgazdaságilag hasznosított földterületeinek több mint 40%-a kedvezőtlen vízgazdálkodású. Utóbbi kategóriába sorolhatók a nyírségi tájra jellemző, kis szerves- és szerves kolloidtartalmú, sekély termőrétegű homok- és barna erdőtalajok (Várallyay 2001).

A homoktalajok víznyelő- és vízvezető képessége általában nagy, kivéve, amikor a felszínen kialakult tömörödött kéreg miatt nagymértékben lecsökken a beszivárgás. Míg a felszínre került csapadék lassan szivárog be a talajba, addig a talajba jutott nedvesség gyorsan átszivárog a talajszelvényen. Ennek legfőbb oka a kolloidok hiánya, a víz vezetésére alkalmas gravitációs pórustér nagyobb aránya a hasznos víz tározására alkalmas kapilláris pórustérhez viszonyítva (*Várallyay 1984, Birkás 2002*).

A beszivárgás folyamata az idő függvényében vizsgálva egy kezdeti gyorsabb, víznyelési; és egy lassabb, állandósult vízáteresztési szakaszból áll (*Kerényi 1991*). A beszivárgási sebesség jellemzésére használt általános egyenletek közül a víznyelési szakaszt a Philip-egyenlet, a vízáteresztési szakaszt a Horton-egyenlet írja le pontosabban (*Szabó 2002*). A beszivárgás mértékét elsősorban a talaj fizikai tulajdonságai határozzák meg. Ezen kívül a talaj vízbefogadását erősen befolyásolja a területhasznosítás módja, a növényborítottság, a felső rétegek kezdeti víztartalma, a csapadék intenzitása és időtartama (*Kerényi 1994, Füleky 2011*).

Csapadék és öntözés intenzitás függvényében történő beszivárgás (infiltráció) meghatározására és eróziós érzékenység jellemzésére kiterjedten alkalmazták a mesterséges esőztetés módszerét. Egyre gyakrabban használják a kisméretű, hordozható esőztető berendezéseket. Előnyük az alacsony költségek, a könnyű kezelhetőség, egyszerű szállítás a nehezen elérhető területeken, alacsony vízfelhasználás és a mérések nagyszámú ismételhetőségének lehetősége a területen (*Iserloh et al. 2010, Cerda és Jurgensen 2011, Fister et al. 2011*).

A mezőgazdaságban egyre inkább előtérbe helyeződik az ipari hulladékok és melléktermékek hasznosítása, amelyekkel javíthatók a talajok fizikai, kémiai tulajdonságai, illetve növelhető a talaj termékenysége (*Wang et al. 2014, Arthur et al. 2015*). Ilyen melléktermék a magas szervesanyag-tartalmú szennyvíziszap, mely komposztálva felhasználható a szerves- és ásványi kolloidokban szegény talajok javítására (*Makádi 2010*). A kijuttatott szervesanyag hatására javul a talaj szerkezete és vízgazdálkodása, ezáltal csökkentve a vízhiány okozta károkat és a talajerózió mértékét. Ezenkívül a bevitt szervesanyag csökkenti a talaj tömődöttségét, illetve növeli a porozitást és az aggregátum-stabilitást (*Suzuki et al. 2007, Leroy et al. 2008, Mylavaram és Zinati 2009*). A komposzt összetevőjeként kijuttatott bentonit nagy adszorpciós kapacitása szintén kedvezően hat a talajok szerkezetére, tápanyag- és vízgazdálkodására (*Szegi 2009, Tállai 2011*). A komposzt kedvező hatása – a megfelelő talajszerkezet kialaku-

lásán túl – jelentősen befolyásolja a talaj vízbefogadó képességét és nagymértékben csökkenti erózióérzékenységét (Kroulík et al. 2010, Wang et al. 2015, Xin et al. 2016).

Az említett irodalmi adatok alapján a feltevésünk az, hogy a szennyvíziszap-komposzt alkotórészeiként talajba juttatott ásványi és szervesanyagok részt vesznek a talaj szerkezetességének kialakításában, ezáltal csökken a felszíni tömődöttség és nő a vízbefogadó képesség. Emellett az ellenállóbb talajszerkezet növeli a talaj vízerózióval szembeni ellenállását.

### Anyag és módszer

A Debreceni Egyetem AKIT Nyíregyházi Kutatóintézetében 2003-ban beállított kísérletben a Nyírségvíz Zrt.-vel közösen kifejlesztett szennyvíziszap-komposzt készítmény (Nyírkomposzt) rendszeres alkalmazásának talajfizikai hatását vizsgáltuk.

A terület jellegzetes talajtípusa kovárványos barna erdőtalaj. A kísérletben használt komposzt fő alkotói: szennyvíziszap (40%), szalma (25%) és ásványi összetevők (riolit 30%, bentonit 5%). A szennyvíziszap-komposzt összeállításánál és felhasználásánál a 36/2006. (V.18.) FVM rendeletben előírt határértékeket vettük figyelembe. A komposztot eddig négy alkalommal juttattuk ki, az istállótrágyához hasonlóan háromévente 0, 9, 18 és 27 t/ha (sz. a.) dózisban. A 2012-ben kijuttatott komposzt legfontosabb paraméterei az 1. táblázatban láthatók. A laborvizsgálatokat az SGS Hungaria Kft. végezte.

A talaj vízvezető képességének mérésére és a talaj erózióérzékenységének jellemzésére Eijkelkamp 09.06 típusú esőztető berendezést használtunk. A készülék kis mérete és alacsony vízfelhasználása révén könnyen kezelhető a területen.

A talajeróziós vizsgálatokat az irodalmi adatok és az előzetes mérések tapasztalatai alapján végeztük 2014 augusztusában. A mérések megkezdése előtt a vizsgált terület felszínéről eltávolítottuk a növényi részeket, majd egy 15°-os dőlésszögű lejtős talajfelszínt alakítottunk ki. A kukorica sorközeiben végzett vizsgálatokat minden esetben 10 percen keresztül folytattuk 185 mm/óra csapadékintenzitást szimulálva. A talajba beszivárgott víz mennyiségét a csapadékintenzitás és a lefolyt víz mennyiségének különbségéből számoltuk.

A területről időegység alatt elszállított hordalék súlya alapján meghatároztuk a talajra jellemző erodálhatósági (K) tényezőt az USLE egyenletet felhasználásával (Wischmeier és Smith 1978).

1. táblázat. A 2012-ben kijuttatott szennyvíziszap-komposzt legfontosabb paramétereit

Paraméter (10)	Érték (11)
pH (H <sub>2</sub> O) (1)	7,18
Térfogattömeg (kg/dm <sup>3</sup> eredeti anyag) (2)	0,83
Szárazanyag-tartalom (m/m% eredeti anyag) (3)	n. m.*
Szervesanyag-tartalom (m/m% szárazanyag) (4)	27,63
Vízben oldható összes sótartalom (m/m% szárazanyag) (5)	2,15
Szemcseméret eloszlás 25,0 mm alatt (m/m% eredeti anyag) (6)	100
Összes N-tartalom (m/m% szárazanyag) (7)	1,26
Összes P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -tartalom (m/m% szárazanyag) (8)	1,04
Összes K <sub>2</sub> O-tartalom (m/m% szárazanyag) (9)	0,27

Megjegyzés: \* - n. m.=nem mért adat.

*Table 1.* The main parameters of sewage sludge compost applied in 2012. (1) pH (H<sub>2</sub>O), (2) Bulk density (kg dm<sup>-3</sup> original matter), (3) Dry matter content (m/m% original matter), (4) Organic matter content (m/m% dry matter), (5) Water soluble total salt content (m/m% dry matter), (6) Texture distribution below 25.0 mm (m/m% original matter), (7) Total N content (m/m% dry matter), (8) Total P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> content (m/m% dry matter), (9) Total K<sub>2</sub>O content (m/m% dry matter), (10) Parameter, (11) Value, Note: \* - n. m.=not determined.

Az eredmények kiértékeléséhez MS Excel, SPSS 13.0 és ORIGIN programcsomagokat használtunk. A kezelések közötti eltérések statisztikai értékelését egytényezős variancia-analízissel végeztük. A kezeléslagokat 95%-os valószínűségi szinten Tukey-tesztel hasonlítottuk össze.

## Eredmények

Az esőztető vizsgálatok megkezdése előtt az 5–10 cm-es mélységben a talaj aktuális nedvességtartalma 9,1–9,7 tf% között változott az egyes kezeléseknél, azaz nem volt szignifikáns különbség. A mérés során a kontroll terület talaja a felületére érkező csapadékot az első két percben nyelte el, majd a második perctől a csapadék jelentős részét a felszínen elvezette. Az esőcseppek becsapódása miatt a homokszemcsék eltömítették a gravitációs pórusokat, elzárva a csapadékvíz elől a beszivárgás útját a mélyebb talajrétegekbe. Ebben az állapotban a felszínről csak annyi víz szivárgott a talajba, amennyi a rétegből lefelé eltávozni képes. Ez a folyamat a kontrollterületen jóval hamarabb bekövetke-

zett az esőztetés alatt, mint a komposzttal kezelt területeken. A talajszerkezet szétesése után megindult az elfolyás a lejtő irányába magával ragadva a talajrészecskéket.

Az 1. ábrán látható, hogy a kontrollterületen a beszivárgás az idő függvényében exponenciálisan csökken. A komposztkezelés a beszivárgás intenzitásának növelése mellett jellemző módon megváltoztatta a beszivárgási görbe lefutását.

1. ábra. Kezeletlen és komposzttal kezelt talaj víznyelő és vízáteresztő képessége nagy intenzitású öntözés esetén

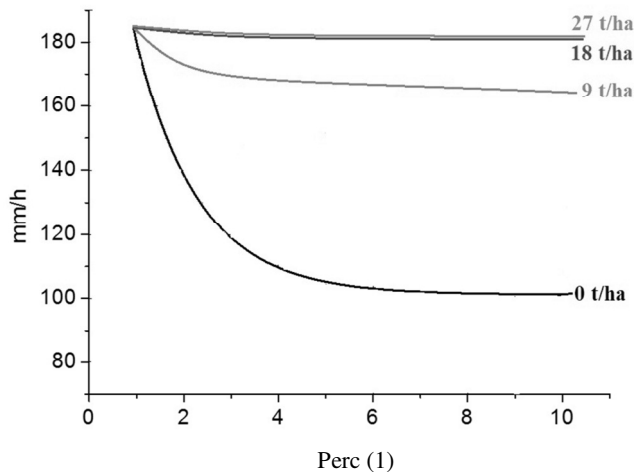


Figure 1. The rate of water infiltration on the control and compost treated plots during high intensity rainfall. (1) Minute

A kontrollterület és a komposzttal kezelt területek talajának víznyelő és vízáteresztő képessége között jelentős eltéréseket tapasztaltunk. Már a legkisebb (9 t/ha) komposzttal kezelt talaj is a csapadék nagy részét elnyelte, a felszíni elfolyás mértéke minimális volt. Nagyobb adagú (18–27 t/ha) komposztkezelés hatására nem csökkent a beszivárgás intenzitása az idő függvényében, az infiltrációs ráta a mérés során gyakorlatilag változás nélkül magas maradt.

A tízperces mérés során elfolyt víz és a hordalékatatok átlagértékeit, valamint a mérési adatok alapján számított, a talaj erodálhatóságát kifejező (K) tényező értékeit az 2. táblázatban foglaltuk össze.



2. táblázat. Az esőztető vizsgálatok eredményei

Komposzt- kezelés (t/ha) (1)	Csapadék- intenzitás (mm/óra) (2)	Elfolyás (ml/m <sup>2</sup> / 10 perc) (3)	Elfolyó/ kijuttatott víz aránya (%) (4)	Erózió (g/m <sup>2</sup> / 10 perc) (5)	Erózió/ csapadék (g/m <sup>2</sup> /mm) (6)	Talaj erodálha- tósági K-tényező (7)
0		11020 b	37,0	620 B	20,6	0,450 b
9	185	2160 a	7,0	70 A	2,3	0,053 a
18		190 a	0,7	7 A	0,2	0,006 a
27		120 a	0,5	5 A	0,2	0,004 a

Megjegyzés: a-b indexek: a különböző betűk a Tukey-teszt szerint statisztikailag különböző átlagokat jelölik ( $p < 0,05$ ).

Table 2. The results of the measurements with rainfall simulator. (1) Compost doses ( $t\ ha^{-1}$ ), (2) The intensity of simulated rainfall ( $mm\ h^{-1}$ ), (3) Runoff ( $ml\ m^{-2}\ 10\ minutes^{-1}$ ), (4) The rate of runoff/rainfall (%), (5) Erosion ( $g\ m^{-2}\ 10\ minutes^{-1}$ ), (6) Erosion/rainfall ( $g\ m^{-2}\ mm^{-1}$ ), (7) Soil erodibility factor (K), Note: a-b indexes: differences of means according to Tukey's test ( $P < 0.05$ ).

Az elfolyt víz és az erodált talaj mennyisége a kontrollterületen statisztikailag igazolhatóan nagyobb volt az esőztetés során.

Meghatároztuk a talajfelszínen elfolyó vízmennyiségnek a kijuttatott mennyiséghez viszonyított átlagos arányát, mely a kontrollterületen közel 37%. Ez az arány a 9 t/ha-os komposztkezelésben 7%, a 18 t/ha és 27 t/ha-os kezelésben az elfolyó víz aránya 0,5–0,7%.

Az egységnyi kijuttatott vízmennyiség által erodált talaj mennyisége alapján a kontrollterület talaja a legérzékenyebb az erózióval szemben, azonban már a legkisebb komposztdózis is jelentősen csökkenti a talaj vízerózióval szembeni érzékenységét.

A mérési adatok alapján számított, a talaj erodálhatóságát kifejező K-tényező értéke a kontrollterületen volt a legnagyobb (0,450), míg a 27 t/ha kezelésben a legkisebb (0,004). Ez több mint 120-szoros eltérést jelent, ami összhangban van az elfolyt víz és az erodált talaj mennyiségével.

Jakab és Szalai (2005) az erodálhatósági tényező (K) átlagos értékeként  $K=0,019$  kaptak eredményül, mely közel azonos érték a 9 t/ha-os kezelésben kapott adatokhoz képest ugyanolyan csapadérintenzitás és humusztartalom mellett. A 27 t/ha-os kezelésben mért  $K=0,0058$  érték közel megegyezik Kertész és Richter (1997) és Centeri (2002) vizsgálati eredményeivel.

A szerkezeti elemek stabilitása az egyik legfontosabb indikátora az intenzív csapadékkal és erózióval szembeni ellenállásnak. A talaj aggregátumainak stabilitását elsősorban az agyagtartalom, a szervesanyag mennyisége és minősége befolyásolják.

A komposztkezelés hatására általában nő a talaj szervesanyag-tartalma és csökken a térfogattömege (Leroy et al. 2008, Mylavarapu és Zinati 2009), amit korábbi méréseink igazolnak (Aranyos et al. 2016). A szervesanyagok már kis mennyiségben is elősegítik az ásványi szemcsék aggregációját és a szerkezetképződést. A homokszemcsék felületét bevonva jelentősen hozzájárulnak a szerkezetképződéshez (Volk és Hensel 1969). A szervesanyagok nagymértékben növelik a talajszerkezet vízállóságát. Stabil, vízálló, porózus morzsákat alakítanak ki, mivel a huminsavak két vegyértékű fémionokkal alkotott sói vízben nem oldódnak, csak duzzadnak (Füleky 2011).

A komposzt alkotórészeként kijuttatott bentonit a homoktalajok perspektivikus javítóanyagának tekinthető (Lazányi 2001). Magas montmorillonit-tartalommal rendelkezik, mely nagy vízkapacitású, nagy adszorpciós képességű agyagásvány (Dömsödi 1988). A tapasztalatok szerint a bentonit nagy adszorpciós kapacitása kedvezően hat a talajok szerkezetére és vízgazdálkodására (Tállai 2011). McKissock et al. (2002) tapasztalataik szerint az agyagásvány bevonja a homokszemcsék felületét, ezáltal csökkentve a talaj vízáteresztő képességét. Lazányi (2003) megállapította, hogy a bentonit, illetve az agyagásvány-szervesanyag komplexek megváltoztatják a talaj fizikai és kémiai tulajdonságait. A bentonit hozzájárul a megfelelő talajszerkezet kialakulásához azáltal, hogy a képződött szervesanyag-agyag komplexek hatására térhálós szerkezet jön létre.

Összhangban a szakirodalmi adatokkal (Cogger 2005, De O'na et al. 2009, Kroulík et al. 2010, Arthur et al. 2011, Bakr et al. 2012, Badalíková és Bartlová 2014), a vízbeszivárgás sebessége egyértelműen nőtt a komposzttal kezelt területeken, mely jelentősen csökkentette a vízerózió mértékét. A komposztkezeléssel talajba juttatott szervesanyagok és a bentonit hozzájárultak a talajszerkezeti elemek alakításához, ezáltal a porózus talajviszonyok létrejöttéhez. A lazább talajszerkezet elősegítette a víz beszivárgását a feltalajba, a tartósabb szerkezeti elemek pedig ellenálltak az esőcseppek ütő hatásával szemben, ezáltal csökkentve a felszíni elfolyást és az erózió mértékét.

### Következtetések

Az eredmények alapján a komposztkezelés egyértelműen javította a vizsgált barna erdőtalaj vízbefogadó képességét, ezáltal csökkentve a víz által okozott eróziót. Már a 9 t/ha-os komposztkezelés nagymértékben növelte a talajszerkezet vízerózióval szembeni ellenállását, illetve nagy intenzitású csapadék esetén a talaj vízbefogadó képességét. Nagyobb adagú (18–27 t/ha) komposztkezelés hatására nem csökkent a beszivárgás intenzitása az idő függvényében, az infiltrációs ráta a mérés során gyakorlatilag változás nélkül magas maradt. Ezzel szemben a kontrollterületen szignifikánsan nagyobb erózió lépett fel az esőztetés hatására.

A komposzt talajszerkezetre kifejtett pozitív hatása a jövőben még jobban felértékelődhet, mivel a klímaváltozás hatásaként a Kárpát-medencében megnőhet a nagy intenzitású és nagy mennyiségű csapadékesemények gyakorisága, amely jelentős eróziós károkat okozhat a domb- és hegyvidékeken.

### Köszönetnyilvánítás

A kutatás a TÁMOP 4.2.4.A/2-11-1-2012-0001 azonosító számú Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése országos program című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Köszönet illeti a Nyírségvíz Zrt.-t, hogy biztosították számunkra a kísérletben felhasznált szennyvíziszap-komposztot, továbbá köszönettel tartozunk a DE AKIT Karcagi Kutatóintézetnek, akik az esőztető berendezést kölcsönözték számunkra a mérések során.

### Irodalom

- 36/2006. (V. 18.) FVM rendelet: 2006. A terménynövelő anyagok engedélyezéséről, tárolásáról, forgalmazásáról és felhasználásáról.
- Aranyos, T.J.–Tomócsik, A.–Makádi, M.–Mészáros, J.–Blaskó, L.: 2016. Changes in physical properties of sandy soil after long-term compost treatment. *International Agrophysics*. 30: 269–274.

- Arthur, E.–Cornelis, W. M.–Vermang, J.–De Rocker, E.*: 2011. Effect of compost on erodibility of loamy sand under simulated rainfall. *Catena*. 85: 67–72.
- Arthur, E.–Tuller, M.–Moldrup, P.–de Jonge, L. W.*: 2015. Effects of biochar and manure amendments on water vapor sorption in a sandy loam soil. *Geoderma*. 243–244: 175–182.
- Badalíková, B.–Bartlová, J.*: 2014. Effect of various compost doses on the soil infiltration capacity. *Acta univ. agric. et silvic. Mendelianae Brunen.* 62: 849–858.
- Bakr, N.–Weindorf, D. C.–Zhu, Y.–Arceneaux, A. E.–Selim, H. M.*: 2012. Evaluation of compost/mulch as highway embankment erosion control in Louisiana at the plot-scale. *Journal of Hydrology*. 468–469: 257–267.
- Birkás M.*: 2002. Környezetkímélő és energiatakarékos talajművelés. Akaprint Kiadó. Budapest.
- Centeri Cs.*: 2002. Az általános talajvesztés becslési egyenlet (USLE) K tényezőjének vizsgálata. Doktori (PhD) értekezés. Szent István Egyetem. Gödöllő. 162.
- Cerda, A.,–Jurgensen, M. F.*: 2011. Ant mounds as a source of sediment on citrus orchard plantations in eastern Spain. A three-scale rainfall simulation approach. *Catena*. 85: 231–236.
- Cogger, C. G.*: 2005. Potential compost benefits for restoration of soils disturbed by urban development. *Compost Science and Utilization*. 13: 4.
- De O'na, J.–Osorio, F.–Garcia, P. A.*: 2009. Assessing the effects of using compost-sludge mixtures to reduce erosion in road embankments. *Journal of Hazardous Materials*. 164: 1257–1265.
- Dömsödi J.*: 1988. Ásványi anyagok, kőzetörlemények felhasználása talajjavításra, tápanyagvisszapótlásra. Budapest.
- Fister, W.–Iserloh, T.–Ries, J. B.–Schmidt, R. G.*: 2011. Comparison of rainfall characteristics of a small portable rainfall simulator and a combined portable wind and rainfall simulator. *Zeitschrift für Geomorphologie*. 55. 3: 109–126.
- Füleky Gy.*: 2011. Talajvédelem, talajtan. Pannon Egyetem Környezetmérnöki Intézet. Veszprém.
- Iserloh, T.–Fister, W.–Ries, J. B.–Seeger, M.*: 2010. Design and calibration of the small portable rainfall simulator of Trier University. *Geophysical Research Abstracts*. 12: 2769.
- Jakab G.–Szalai Z.*: 2005. Barnaföld erózióérzékenységének vizsgálata esőztetéssel a Tetves-patak vízgyűjtőjén. *Tájökológiai Lapok*. 3. 1: 1–12.
- Kerényi A.*: 1991. Talajerózió. Akadémia Kiadó. Budapest.
- Kerényi A.*: 1994. Talajerózió–talajvédelem. [In: Varga E. (szerk.) Természeti és társadalmi környezetünk.] ELTE TTK. Budapest. 72–97.
- Kertész, Á.–Richter, G.*: 1997. Plot measurements under natural rainfall. *ESSC newsletter*. 15–17.

- Kroulík, M.–Brant, V.–Masek, J.–Kavaríček, P.*: 2010. Influence of soil tillage treatment and compost application on soil properties and water infiltration. *Trend sin agricultural engineering. Czech University of Life Sciences. Prague.* 343–349.
- Lazányi J.*: 2001. A homoki gazdálkodás fenntartható rendszere. Debreceni Egyetem Kutató Központ. Nyíregyháza.
- Lazányi J.*: 2003. Bentonitos tufa a homoktalajok javításában. *Agrárgazdaság Vidékfejlesztés és Agrárinformatika az évezred küszöbén (AVA). Debrecen.* 4–8.
- Leroy, B. L. M.–Herath, M. S. K.–De Neve, S.–Gabriels, D.–Bommele, L.–Reheul, D.–Moens, M.*: 2008. Effect of vegetable, fruit and garden (VFG) waste compost on soil physical properties. *Compost Science and Utilization.* 16: 43–51.
- Makádi M.*: 2010. Ásványi és szerves adalékanyagok hatása a nyírségi homoktalajok mikrobiológiai tulajdonságaira. Doktori (PhD) értekezés. Gödöllő.
- McKissock, I.–Gilkes, R. J.–Walker, E. L.*: 2002. The reduction of water repellency by added clay is influenced by clay and soil properties. *Applied Clay Science.* 20: 225–241.
- Mylavarapu, R. S.–Zinati, G. M.*: 2009. Improvements of soil properties using compost for optimum parsley production in sandy soils. *Scientia Horticulturae.* 120: 426–430.
- Suzuki, S.–Noble, D. A.–Ruaysoongnern, S.–Chinabut, N.*: 2007. Improvement in water-holding capacity and structural stability of a sandy soil in Northeast Thailand. *Arid Land Research and Management.* 21. 1: 37–49.
- Szabó Sz.*: 2002. A környezetvédelem sajátos területe: a talajvédelem. *Debreceni Szemle.* 4: 663–680.
- Szegi T.*: 2009. Ásványi és szerves adalékanyagok hatása a nyírségi homokterületek fizikai és kémiai tulajdonságaira. Doktori (PhD) értekezés. Gödöllő.
- Tállai M.*: 2011. Bentonit és zeolit hatása savanyú homoktalajok tulajdonságaira és biológiai aktivitásának változására. Doktori (PhD) értekezés. Debrecen.
- Várallyay Gy.*: 1984. Magyarországi homoktalajok vízgazdálkodási problémái. *Agrokémia és Talajtan.* 33: 159–169.
- Várallyay Gy.*: 2001. A talaj vízgazdálkodása és a környezet. *Magyar Tudomány.* 46. 7: 799–815.
- Volk, G. M.–Hensel, D. R.*: 1969. Aggregation of mineral and organic matter in Rutlege, Ona, and Leon fine sands of the Southeastern Coastal Plains. *Soil Science.* 110: 333–338.
- Wang, G.–Fang, O.–Wu, B.–Yang, H.–Xu, Z.*: 2015. Relationship between soil erodibility and modeled infiltration rate in different soils. *Journal of Hydrology.* 528: 408–418.
- Wang, L.–Tong, Z.–Liu, G.–Li, Y.*: 2014. Characterization of biomass residues and their amendment effects on water sorption and nutrient leaching in sandy soil. *Chemosphere.* 107: 354–359.

- Wischmeier, W. H.-Smith, D. D.:* 1978. Predicting rainfall erosion losses. USDA Agriculture Handbook 537. Washington D. C. USA. 58.
- Xin, X.-Zhang, J.-Zhu, A.-Zhang, C.:* 2016. Effects of long-term (23 years) mineral fertilizer and compost application on physical properties of fluvo-aquic soil in the North China Plain. *Soil and Tillage Research*. 156: 166–172.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

\*Dr. Aranyos Tibor József – Dr. Makádi Marianna – Tomócsik Attila  
Debreceni Egyetem AKIT  
Nyíregyházi Kutatóintézet  
Nyíregyháza  
Westsik Vilmos utca 4–6.  
H-4400  
\*aranyostibor@agr.unideb.hu

Dr. Antal Károly  
Debreceni Egyetem AKIT  
Karcagi Kutatóintézet  
Karcag  
Kisújszállási út 166.  
H-5300

Dr. Blaskó Lajos  
Debreceni Egyetem MÉK  
Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet  
Debrecen  
Böszörményi út 138.  
H-4032



## A kukorica hibridek vetésidejének optimalizálása és racionalizálása különös tekintettel a klímaváltozásra

<sup>1</sup>BENE ENIKŐ – <sup>2</sup>SÁRVÁRI MIHÁLY

<sup>1</sup>Agrárgazdasági Kutató Intézet, Budapest

<sup>2</sup>Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Növénytudományi Intézet, Debrecen

### Összefoglalás

Vetésidő kísérleteinket a Debreceni Egyetem Növénytudományi Intézetének Bemutató-kertjében 2012–2014 években állítottuk be. Célunk számos egyéb vizsgálat elvégzése mellett annak megfigyelése volt, hogy a vetésidő miképpen befolyásolja a kukorica hibridek kelését, növénymagasságát, valamint ezek a tényezők milyen hatással vannak a termésképződésre. A kísérletben mindhárom évben 12 eltérő tenyészidejű kukorica hibrid kelésének idejét és növénymagasságának változását figyeltük meg három vetésidőben.

Mindhárom évben, így 2012-ben is vizsgáltuk a kelésidő és a kukorica termése közötti összefüggést a vetésidő függvényében, aminek során megállapítottuk, hogy már a kukorica kelése nagymértékben befolyásolja a várható termés nagyságát. 2012-ben vontatott volt a hibridek csírázása, kelése, ugyanis a vetéstől kelésig eltelt napok száma meghaladta a 20 napot. A kelés ideje és a kukorica termésmennyisége között igen szoros összefüggést állapítottunk meg ( $R^2=0,8941$ ). A vetésidő és kelésidő közötti összefüggés 2013-ban is megmutatkozott. A vetéstől a kelésig eltelt napok száma az első vetésidő esetén 12 nap, a második vetésidőben 9 nap, a harmadik vetésidőben 11 nap volt. A termés mennyiségének alakulását a hibridek átlagában az eltérő vetésidőkben a kelésidő szintén nagyban meghatározta ( $R^2=0,8082$ ). A vizsgált évek közül egyedül 2014-ben nem találtunk összefüggést a vetés időpontja és az állomány kelésének ideje között. A kelésig eltelt napok száma az alacsony vetéskori talajhőmérsékletből ( $8,0\text{ }^\circ\text{C}$ ) és a minimális márciusi csapadék mennyiségéből adódóan az első vetésidőben 19 nap volt, míg a második és harmadik vetésidőben 12–12 nap.

A vizsgálat a kukorica hibridek növénymagasságának alakulására is kiterjedt, amely során az évjárat és vetésidők okozta különbség jelentős volt. A Pearson-féle korreláció analízis eredményeként a 2012. és 2013. években a növénymagasság és termés között pozitív irányú, 0,586 és 0,410 értékű volt a korreláció, vagyis közepesen erős sztochasztikus kapcsolat állt fenn. A vetésidő hatása egyedül 2014-ben volt meghatározó, a növénymagasság és vetésidő közötti kapcsolat szorossága 0,543. A legkiemelkedőbbnek a 2012. év tekinthető, ugyanis a Sarolta, a DKC 4590 és a PR37N01 kivételével ebben a vizsgálati évben voltak a legmagasabbak a növények a vetésidők átlagában. Ehhez hasonlóan alakult a 2013. vizsgálati év is, 2014-ben viszont jelentősen alacsonyabbak voltak a növények. A legnagyobb különbség a DKC 4590-es hibridnél volt megállapítható, ahol 2012-höz képest 57,2 cm-rel, 2013-hoz képest 65,0 cm-rel volt alacsonyabb a növény.

A vizsgálati eredmények alapján megállapítható, hogy a vetésidő és kelésidő közötti interakció a kukorica hibridek termésében meghatározó lehet. Fontos, hogy a vetés-technológia, a termesztés körülményei, az évjárat együtt vannak döntő hatással a kukorica kelésének idejére. A kukorica növénymagassága elsősorban genetikailag determinált, azonban számos egyéb tényező meghatározza, hogy mekkora szárhosszt fejleszt a növény. A mai korszerű hibridek jó szárszilárdságának köszönhetően a 300 cm közeli magasság sem okozott megdőlést a kísérletben szereplő hibrideknél, amely tulajdonságra való nemesítés a jövőben továbbra is meghatározó lesz.

**Kulcsszavak:** kukorica, vetésidő, kelésidő, növénymagasság

## **Optimization and rationalisation of the sowing date of maize hybrids with special emphasis on climate change**

<sup>1</sup>E. BENE – <sup>2</sup>M. SÁRVÁRI

<sup>1</sup>Research Institute of Agricultural Economics, Budapest

<sup>2</sup>University of Debrecen, Faculty of Agricultural and Food Sciences and Environmental Management,  
Institute of Plant Sciences, Debrecen

### **Summary**

Our sowing date experiments took place in the Showgarden of the Institute of Plant Sciences of University of Debrecen, in years 2012–2014. In addition to a number of

other examinations, our goal was to detect how the sowing date influences the emergence and plant height of maize hybrids, and how the mentioned parameters affect yield formation. During the three years of experiment, we analysed how the time of emergence and the plant height of maize hybrids with 12 different growing seasons changed with 3 different sowing dates.

In those 3 years, thus in 2012 as well, we examined the correlation between the date of emergence and the yield, depending on the sowing date. We observed that, even the beginning of the development of the plant, the characteristics of the emergence process affects the yield. In 2012, the germination and emergence of hybrids were slow, as the number of days passed from sowing till emergence were more than 20. Between the time of emergence and the yield of maize a very close correlation was detected ( $R^2=0.8941$ ). The correlation between the sowing date and the time of emergence appeared also in 2013. From sowing to emergence the number of days passed was 12 with the 1<sup>st</sup>, 9 with the 2<sup>nd</sup> and 11 with the 3<sup>rd</sup> sowing date. The yield, in the average of the hybrids, with the different sowing dates, was also significantly ( $R^2=0.8082$ ) affected by the time of emergence. Among the tested years, 2014 was the only year when no correlation between the sowing date and the time of emergence was detected. Due to the low temperature of the soil (8.0 °C) at sowing and the small amount of rain in March, the number of days that passed till emergence was 19 with the 1<sup>st</sup> sowing date, while it was 12 both with the 2<sup>nd</sup> and the 3<sup>rd</sup> sowing dates.

The analysis also showed how the plant height of the maize hybrids changed, confirming that the extent of the differences caused by the crop year and the sowing dates was considerable. Pearson's correlation analysis revealed a positive correlation between the plant height and the yield in 2012 and 2013, with values 0.586 and 0.410, which means a medium close stochastic dependence. The effect of the sowing date was determining only in 2014, when the correlation between the plant height and the sowing date was 0.543. The most outstanding year was 2012, when plants, except for hybrids Sarolta, DKC 4590 and PR37N01, were the highest in the average of sowing dates. 2013 was a similar year to that, but in 2014 plants were significantly shorter. The biggest difference was detected with hybrid DKC 4590, its plant height in 2014 was 57.2 cm less compared to 2012 and 65.0 cm less than that in 2013.

Based on the test results, it can be concluded that for the yield of maize hybrids the interaction between the sowing date and the time of emergence can be determining. It is an important fact that the sowing technique, the circumstances of production and the crop year together have a strong effect on the time of emergence of maize. Plant height of maize is primarily genetically determined, but many other factors determine

the length of the stem. Due to the good stem strength of modern hybrids, even almost a 300 cm plant height did not cause lodging of the tested hybrids, which characteristic will still be one of the most important ones to improve plants for.

**Key words:** maize, sowing date, time of emergence, plant height

## **Оптимизация и рационализация срока посева гибридов кукурузы особенно учитывая изменения климата**

<sup>1</sup>Э. БЕНЕ – <sup>2</sup>М. ШАРВАРИ

<sup>1</sup>Исследовательский Институт Аграрного Хозяйства, Будапешт

<sup>2</sup>Дебреценский Университет, Факультет Сельского Хозяйства, Науки о Пище и Экологического Менеджмента,  
Институт Ботаники, Дебрецен

### **Резюме**

Наши опыты по срокам посева проводили в Демонстрационном Саду Института Ботаники Дебреценского Университета в 2012–2014 годах. Нашей целью было – наряду с проведением ряда прочих исследований – наблюдение того, каким образом срок посева может повлиять на всходы кукурузных гибридов, на высоту растений, а также влияние этих факторов на формирование урожая. В опыте во всех трёх годах наблюдали изменения времени всходов и высоты растений кукурузных гибридов 12 различных вегетационных периодов в трёх сроках посева.

Во всех трёх годах, так и в 2012-ом также исследовали взаимосвязь между временем всходов и урожаем кукурузы в зависимости от срока посева, в ходе чего установили, что уже всхождение кукурузы в большой мере влияет на ожидаемую величину урожая. В 2012-ом году затянутым было прорастание гибридов, их всхождение, поскольку количество дней от посева до всходов превысило 20 дней. Между временем всходов и количеством урожая кукурузы установили тесную связь ( $R^2=0,8941$ ). Взаимосвязь между сроком посева и временем всходов проявилась и в 2013-ом году тоже. Количество дней от посева до всходов в случае первого срока посева было 12 дней, во втором сроке посева 9 дней, а в третьем сроке посева было 11 дней. Время всходов также повлияло на формирование количества урожая в сред-

нем по гибридам в различные сроки посева в большой мере ( $R^2=0,8082$ ). За годы исследования только в 2014-ом году не обнаружили взаимосвязь между сроком посева и временем всходов насаждения. Количество прошедших до всходов дней, из-за низкой температуры почвы во время посева ( $8,0\text{ }^\circ\text{C}$ ) и минимального количества осадков в марте, в первом сроке посева было 19 дней, а во втором и третьем сроке посева по 12 дней в каждом.

Исследование распространилось и на формирование высоты растений кукурузных гибридов, в ходе чего наблюдались различия, причинённые годом выращивания и сроком посева. В результате анализа корреляции по методу Пирсона (Pearson) в 2012-ом и в 2013-ом годах между высотой растений и урожаем позитивного направления, 0,586 и 0,410 показатели корреляции были, т. е. имелась среднесильная стохастическая связь. Влияние срока посева только в 2014-ом году было решающим, показатель связи между высотой растений и сроком посева 0,543. Самым выделяющимся можно назвать 2012-ый год, поскольку кроме «Sarolta», «DKC 4590» и «PR37N01» в том году исследования были самыми высокими растения в среднем по срокам посева. Похоже к этому получился и 2013-ый год исследований, однако в 2014-ом году значительно ниже были растения. Самая большая разница была установлена у гибрида «DKC 4590», где по сравнению с 2012-ым годом на 57,2 см было ниже растение, а по сравнению с 2013-ым годом на 65,0 см растение было ниже.

На основании результатов исследования можно установить, что интеракция между сроком посева и временем всходов может быть решающей в урожае гибридов кукурузы. Важно, что технология посева, условия выращивания, год выращивания вместе оказывают решающее влияние на время всхождения кукурузы. Высота растений кукурузы в первую очередь генетически детерминирована, но однако многие другие факторы также определяют какую длину стебля развивает растение. Сегодняшним современным, участвующим в опыте гибридам, благодаря хорошей крепкости стебля, и высота около 300 см не причинила полегания, селекция этого свойства будет и в будущем решающим.

**Ключевые слова:** кукуруза, срок посева, время всходов, высота растения

## Bevezetés

A klímaváltozás okozta kedvezőtlen hatások mérséklésében fontos szerepe van a termesztéstechnológia szakszerű alkalmazásának. Az agrotechnikai té-

nyezők közül kiemelt szerepe van a vetésidőnek, amelynek optimális megválasztása jelentős mértékben befolyásolja a termesztés hatékonyságát.

A fenntartható növénytermesztés kiindulópontja a helyes vetésidő meghatározása. *Pap et al.* (2010) 10 éves kukorica kísérletben az időjárási tényezők figyelembe vételével arra keresték a választ, hogy előre meghatározható-e a kukorica számára megfelelő és kevésbé kedvező vetésidő. Kísérletükben a kelési százalékok hatását vizsgálták a termés és a betakarításkori szemnedvességtartalom alakulására. A korai vetés termésbiztonsággal, kielégítő termésszinttel és alacsonyabb betakarításkori szemnedvességgel volt jellemezhető a késői vetésekhez képest. Megjegyzendő, hogy különböző fajták, azonos idejű és módú vetés mellett más és más szántóföldi kelést produkálnak, ami még évente is változó lehet (*Pap et al.* 2009). A biológiai igény figyelembe vétele alapján a kukorica vetése akkor kezdhető meg, ha a talaj hőmérséklete reggel 7 órakor a vetés mélységében elérte a kukorica csírázási igényének minimumát, a 10 °C-ot (*Máté* 2002). *Pásztor* (1962) 1955–1958 között végzett debreceni vetésidő kísérleteinek eredményei szerint, az április 13–20. között vetett kukorica hibridek kelési időtartama a hőmérséklettől függően 14–21 nap volt, míg az április 20. utáni vetéseknél 8–14 nap telt el a vetés és kelés ideje között. A terméseredmények közti eltérések a májusi időpontokban 7–10 napos késéssel vetett állományoknál vetésidőnként, fajtánként és évjáratonként 2–31% különbséget mutattak. *Pletser* (1969) a kukorica kelése, növekedése és a talaj hőmérséklete közötti összefüggést vizsgálta. Megállapította, hogy a mikroklíma változtatásával jelentősen hathatunk a kukorica fejlődésének ütemére, mivel az elvetett kukorica melegebb talajban gyorsabban fejlődik, és ha ez a talaj magasabb nedvességtartalmával párosul, még gyorsabbá válik a növekedés folyamata. A kelés és a csíranövény fejlődésének időszakában jelentkező alacsony hőmérséklet a kukorica sárgulását, fiatalkori fejlődésének elhúzódását okozza, ezáltal a kukorica virágzása, terméskötődése és az érés időszaka később következik be (*Keszthelyi* 2005).

*Millner és Toor* (2007) négy kukorica hibrid kelésidejét vizsgálta különböző vetésidőkben. A hibridek között szignifikáns különbségeket találtak, a későbbi vetésidő pedig csökkentette a vetés és kelés ideje között eltelt napok számát a magasabb talajhőmérsékletből adódóan. A fajta és a vetésidő is szignifikáns hatással volt a kelési százalékokra *Edalat és Kazemeini* (2014) kísérletében is.



*Beiragi et al.* (2011) a kukorica növénymagasságának vizsgálata során a korábbi vetésidőben 202,5 cm szárhosszt, a megkésett vetésidőben ennél lényegesen nagyobb, 244,6 cm-t mértek, jóllehet a terméseredmények alakulásának a későbbi vetésidő kedvezett (14,6 t/ha). *Yousafzai et al.* (2004) és *Law-Ogbomo* és *Remison* (2009) vetésidő kísérleteikben szintén különbségeket találtak a kukorica növénymagasságában. *Ali et al.* (2015) 2011-ben Pakisztánban beállított kísérletben figyelték meg, hogy a vetésidő milyen hatással van a kukorica hibridek növénymagasságára. A vizsgálatok alapján a hibridek között nem találtak különbségeket, a vetésidők azonban jelentősen módosították a növények szárhosszát. A korábbi vetésidőben 232,0 cm volt a magasság, míg a későbbi vetésidő 47,0 cm-rel csökkentette az értéket.

Azonos termőhelyen, azonos agrotechnikai feltételek mellett a hibridek termésében 3–6 t/ha különbség is lehet, ezért a hibridválasztásnál fontos ismerni a kukorica hibridek értékmérő tulajdonságait és figyelembe kell venni a kukorica felhasználásának célját is (*Sárvári et al.* 2011), ugyanis korszerű biológiai alapok használatával nemcsak a termés mennyisége lesz kedvezőbb, de a termésbiztonság is.

### Anyag és módszer

Vetésidő kísérleteinket a Debreceni Egyetem MÉK Növénytudományi Intézetének Bemutatókertjében 2012–2014 években állítottuk be. A kísérleti terület talajtípusa kilúgzott csernozjom, a feltalaj meszet nem tartalmaz, a talaj felső szintje a mészhiány miatt száraz, aszályos évjáratokban cserepesedésre hajlamos. A humuszszint vastagsága 50–70 cm, a talaj szervesanyag-tartalma 2,57%.

Az elővetemény kukorica volt, a vetést 73 000 tő/ha csíraszámmal végeztük. A tápanyag-utánpótlás során nitrogén hatóanyagból 120 kg, a  $P_2O_5$ -ből 80 kg, a  $K_2O$ -ból 110 kg/ha lett kijuttatva. A 34%-os ammónium-nitrát műtrágya teljes mennyiségének 30%-a ősszel az alapművelést megelőzően, 70%-a tavasszal a magágykészítés előtt lett kiszórva. A 18%-os szuperfoszfát és 60%-os kálisó teljes mennyisége ősszel került kijuttatásra.

A vizsgálati években 12 eltérő tenyészidejű és genetikai hátterű kukorica hibridet teszteltünk, a kísérletek három vetésidőben (*1. táblázat*), három ismétlésben lettek beállítva, amelyek kéttényezős, véletlen blokk elrendezésűek voltak.

1. táblázat. A kísérletben alkalmazott vetésidők

	Vetésidők (4)		
I. vetésidő (1)	2012. 03. 23.	2013. 04. 16.	2014. 03. 27.
II. vetésidő (2)	2012. 04. 10.	2013. 05. 03.	2014. 04. 14.
III. vetésidő (3)	2012. 05. 02.	2013. 05. 16.	2014. 05. 08.

Table 1. Sowing dates used in the experiment. (1) 1<sup>st</sup> sowing date, (2) 2<sup>nd</sup> sowing date, (3) 3<sup>rd</sup> sowing date, (4) Sowing dates

Célunk számos egyéb vizsgálat elvégzése mellett annak a megfigyelése volt, hogy a vetésidő miképpen befolyásolja a kukorica hibridek kelését, növény-magasságát, valamint ezek a tényezők milyen hatással vannak a termésképződésre. A kísérletben mindhárom évben 12 eltérő tenyészidejű kukorica hibrid kelésének idejét és növénymagasságának változását vizsgáltunk. A termés-eredményeket 14,0%-os nedvességtartalomra számoltuk át.

A három vizsgálati év időjárása rendkívül eltérően alakult. 2012-ben a téli és tavaszi hónapok aszályos körülményei negatívan hatottak a csírázásra és kezdeti fejlődésre egyaránt. A kedvező május-júliusi időjárás ideális körülményeket teremtett, az augusztus-szeptemberi csapadékhiány viszont a szemtelítődési folyamatokra volt káros hatású. 2012-ben a hőség és forró napok száma jóval meghaladták a sokéves átlagot. 2013-ban az év eleji nagy mennyiségű csapadék hatására a talajok fel tudtak töltődni vízzel, ugyanakkor a nyári csapadékhiány kedvezőtlenül hatott a hím- és nővirágzás, ezáltal a megtermékenyülés, szemtelítődés folyamataira. 2014-ben a csapadékkeltetés a kukorica-termesztés számára megfelelően alakult, azonban annak eloszlása kedvezőtlen volt. A májusi csapadék a kukorica kelését, a kikelt állományok egyenletes, gyors fejlődését segítette elő. A 2012-es és 2013-as évek átlag feletti hőségnapjaihoz, csapadékhiányos júliusai, augusztusaihoz képest a 2014. év ezen hónapjai átlagos hőmérsékletűek, viszont kiemelkedően csapadékosak voltak.

A vetésidő kísérletből származó eredmények kiértékelését Sváb (1981) féle kéttényezős variancia-analízissel, lineáris és parabolikus regresszió-analízissel, Microsoft Office Excel (2013) programmal dolgoztuk fel.

## Eredmények

### *A kukorica vetés- és kelésideje közötti összefüggés*

A kukorica optimális kelését egyrészt a környezeti, elsősorban talajtényezők határozzák meg. Fontos a vetéskori megfelelő talajhőmérséklet, a talaj nedvességtartalmának alakulása, másrészt a vetőmag hidegtűrése, annak minősége, az egyenletes vetésmélység a növényállomány egyöntetű növekedésének, fejlődésének elengedhetetlen feltétele.

A vetésidő kísérletben alkalmazott 12 kukorica hibrid kelése rendkívül jónak mondható mind a három vizsgálati évben. A közel egyenletes vetésmélységnek köszönhetően a növények kelése egy napra esett mind a három évben. Ez alól csak 2014-ben a DKC 4983 hibrid volt kivétel, amely egy nappal később kelt ki.

A hibridek csírázása, kelése 2012-ben vontatott volt, a vetéstől kelésig eltelt napok száma meghaladta a 20-at. Ez egyrészt a márciusi alacsony talajhőmérsékletnek volt köszönhető, ami a vetés napján 8,5 °C volt. Nem elhanyagolható tényező az sem, hogy korábbi vetés esetén a kukorica sokkal jobban tudja hasznosítani a téli csapadékot, mint a későbbi vetések, ami viszont ebben az évben kedvezőtlenül alakult, hiszen január, február hónapokban 23,3 mm-rel, márciusban 31,7 mm-rel hullott kevesebb csapadék a 30 éves átlaghoz viszonyítva. A korai vetésidőben a talajban hosszú ideig elfekvő vetőmag jobban ki van téve a gombás megbetegedéseknek, amely növényvédelmi probléma viszont a vetőmag csávázásával elkerülhető.

Mindhárom évben, így 2012-ben is vizsgáltuk a kelésidő és a kukorica termése közötti összefüggést a vetésidő függvényében, aminek során megállapítottuk, hogy már a kukorica kelése nagymértékben befolyásolja a várható termés nagyságát. Az 1. ábrán látható, hogy a vetésidő kitolódásával a kelés ideje mennyivel rövidül.

Megfigyeltük, hogy a kelés ideje milyen hatással van a kukorica hibridek termésmennyiségének alakulására, amely összefüggést lineáris regresszió-analízissel vizsgálva e két tényező közötti kapcsolat igen szoros volt ( $R^2=0,8941$ ).

A vetésidő és kelésidő közötti összefüggés 2013-ban is megmutatkozott. A vetéstől a kelésig eltelt napok száma az első vetésidő esetén 12 nap, a második vetésidőben 9 nap, a harmadik vetésidőben 11 nap volt. Az első vetésidő vetése és kelése közötti átlaghőmérséklet 15,9 °C, az átlag talajhőmérséklet 12,3 °C volt,

amely hőmérsékleti érték már a vetés napján meghaladta a 10,0 °C-ot. A korai felmelegedés következtében a második vetésidő kelésideje jóval lerövidült, hiszen a vetés napján 20 °C körüli volt a talajhőmérséklet. A harmadik vetés idejére a vetésidő és kelés közötti átlag talajhőmérséklet 16,7 °C volt, az átlag levegőhőmérséklet 15,2 °C, azonban a kelésre pozitív hatással volt a vetést követő napokban hullott 31,5 mm csapadék.

1. ábra. A kukorica termése és kelésideje közötti összefüggés  
(Debrecen, 2012–2014)

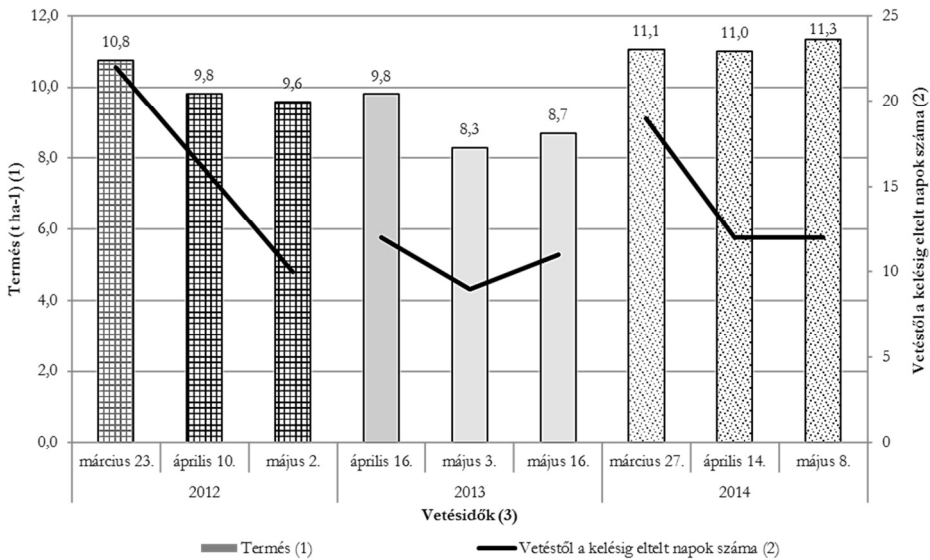


Figure 1. The correlation between the yield and the time of emergence of the maize (Debrecen, 2012–2014). (1) Yield (t ha<sup>-1</sup>), (2) The number of the days from sowing to emergence, (3) Sowing dates

A termés mennyiségének alakulását a hibridek átlagában az eltérő vetés-időkből a kelésidő nagyságában meghatározta, e két tényező közötti összefüggés 0,8082.

A vizsgált évek közül egyedül 2014-ben nem találtunk összefüggést a vetés időpontja és az állomány kelésének ideje között. A kelésig eltelt napok száma az alacsony vetéskori talajhőmérsékletből (8,0 °C) és a minimális márciusi csapadék mennyiségéből adódóan az első vetésidőben 19 nap volt, míg a második és harmadik vetésidőben 12–12 nap. A 2014. évi terméseredményeket

nem befolyásolta a kelés ideje, mivel a két tényező közötti csupán gyenge negatív kapcsolat volt ( $R^2=0,1359$ ).

*A vetésidő és az évjárat hatása a kukorica növénymagasságára*

2012-ben vetésidőtől függően 256,3–296,3 cm között változott a kukorica hibridek növénymagassága, amely legalacsonyabb értéket a második vetésidőben a Sarolta hibridnél, a legmagasabb, egyaránt 296,3 cm-t pedig az első vetésidőben a DKC 4590 és a második vetésidőben a DKC 4983 hibrideknél mértünk. A vetésidő jelentős hatással volt a hibridek szármagasságára. A vizsgált 12 kukorica hibrid közül hét hibrid esetében a második vetésidőben érték el a maximális növénymagasságot.

Az egyes vetésidőkben a genotípusok között megbízható volt a különbség, a hibridek átlagában azonban elmondható, hogy a vetésidő előrehaladtával a növénymagasság csökkent, amely 271,9–282,8 cm között változott. Szignifikáns különbség azonban csak a harmadik vetésidőben mutatkozott (SzD<sub>5%</sub>: hibrid 10,3; vetésidő 5,2; kölcsönhatás: 17,9).

A vizsgált hibridek esetében a vetésidők átlagában a legalacsonyabb méretű növény a Sarolta volt (260,2 cm). A P9578 után (289,9 cm) a DKC 4590 és a DKC4983 is 290,0 cm közeli nagyságúra nőtt a július 16-i növénymagasság mérés idejére. Ezen három hibrid a legnagyobb szármagasságot azonban eltérő vetésidőkben érték el. A DKC 4590 a közel 300,0 cm-es szármagasságát az első vetésidőben, a DKC 4983 a második vetésidőben, míg a harmadik vetésidőben a 284,7 cm-es maximális magasságot a P9578 adta. Ezen növény számára, azonban a harmadik vetésidő a legkedvezőtlenebbnek bizonyult, hiszen szignifikánsan magasabb volt az első (291,0 cm) és a második (294,0 cm) vetésidőben is.

Az eltérő vetésidőt legkevésbé toleráló hibrid a PR37N01 hibrid növénymagassága, amely az első vetésidőben elért 293,0 cm-es magasságához képest a második vetésidőben már 20,7 cm-rel, a harmadik vetésidőben pedig jelentős, 33,3 cm-rel volt alacsonyabb. Azonban ez a tény összefüggésben lehet a hibrid eltérő körülményekhez való jó alkalmazkodóképességével is.

A 2013. év a legkiemelkedőbb volt a vizsgált kukorica hibridek növénymagasságát illetően, amelyre a vetésidő ismét jelentős hatással volt. Vetésidőtől függően 241,0 cm és 317,5 cm között változott a szármagasság, amely értékek a 2012. évhez hasonlóan a második vetésidőhöz kapcsolódtak. A hibridek átlagát tekintve a tendencia szintén megegyezett az előző évvel. Az első vetés-

időben mért 283,0 cm átlag magassághoz képest a második vetésidőben 6,1 cm-rel, a harmadik vetésidőben 7,9 cm-rel voltak átlagosan alacsonyabbak a hibridek.

Ha külön vizsgáljuk meg az egyes hibrideket a vetésidők átlagában, akkor látható, hogy a Szegedi 386 a legkisebb (263,1 cm), a P0216 pedig az állomány legmagasabb hibridje volt (298,2 cm). A P0216 hibrid növénymagassága a második vetésidőben 317,5 cm volt, ami szignifikánsan nagyobb volt az első (299,2 cm) és a harmadik (277,8 cm) vetésidőben mért értékekhez képest (SzD<sub>5%</sub>: hibrid 20,2; vetésidő 10,1; kölcsönhatás 35,0). Ez összefüggésbe hozható a hibrid nagyobb habitusával, a nagyobb termőképességet megalapozó nagyobb levélterület által biztosított intenzívebb fotoszintetikus aktivitással. A DKC 4590 2012-höz képest a második és harmadik vetésidőben is jelentősen felülmúlta magasságát. A harmadik vetésidőben mért maximális szárhossz 299,6 cm volt. 2013-ban hét hibrid esetén az első vetésidő bizonyult a vegetatív fejlődés szempontjából a legkedvezőbbnek, köszönhetően a kedvező klimatikus körülményeknek.

2014-ben lényegesen alacsonyabb volt a hibridek magassága, a vetésidők közötti különbségek azonban ellenkezőleg alakultak. Vetésidőtől függően 197,7 cm és 273,3 cm között változott a növények magassága, ami lényegesen alacsonyabb volt az előző két év növénymagasság értékeihez viszonyítva. A legmagasabb az állomány a hibridek átlagában a harmadik vetésidőben volt (256,6 cm), az első és második vetésidő ennél szignifikánsan alacsonyabb, 227,4 és 225,9 cm volt.

A vetésidők átlagában hibridtől függően 223,4–252,1 cm-re nőttek a kukorica hibridek. A legmagasabb átlagos szármagassággal 2014-ben is a P0216, a legkisebb értékkel a P9494 és a Sarolta volt jellemezhető. A P0216 hibrid az első vetésidőben 247,7 cm volt a maximális növénymagasság, majd a vetésidő előrehaladtával nőtt az állomány magassága. Ugyanez a tendencia érvényesült a második vetésidőben elért DKC 4983 252,0 cm-es maximumánál is, ahol a vetésidők között szignifikáns különbség volt megfigyelhető (SzD<sub>5%</sub>: hibrid 14,0; vetésidő 7,0; kölcsönhatás 24,2). A harmadik vetésidő legmagasabb hibridje a P9578 (273,3 cm) volt. Ez a tulajdonság szintén összefügg az említett hibridek jó alkalmazkodó képességével, a jó termőképességüket a későbbi vetésidőben a nagyobb asszimilációs felülettel tudják biztosítani.

A három évet együttesen vizsgálva még inkább látható az évjárat és vetésidők okozta különbség. A növénymagasság hibrid-vetésidő-termés közötti

Pearson-féle korreláció-analízist NK Octet/NK Lucius és az NK Columbia/P0216 hibridek kizárásával végeztem, mivel ezek a hibridek nem voltak egységek a három évben.

2012 és 2013 években a növénymagasság és termés között pozitív irányú, 0,586 és 0,410 értékű a korreláció, vagyis közepesen erős sztochatikus kapcsolat állt fenn. A korrelációs együttható szignifikanciája (0,000) alapján mindkét esetben a két változó közötti kapcsolat nem a véletlennek köszönhető.

A vetésidő hatása egyedül 2014-ben volt meghatározó, a növénymagasság és vetésidő közötti kapcsolat szorossága 0,543.

A legkiemelkedőbbnek a 2012. év tekinthető, ugyanis a Sarolta, a DKC 4590 és a PR37N01 kivételével ebben a vizsgálati évben voltak a legmagasabbak a növények a vetésidők átlagában. Ehhez hasonlóan alakult a 2013. vizsgálati év is, 2014-ben viszont jelentősen alacsonyabbak voltak a növények. A legnagyobb különbség a DKC 4590-es hibridnél volt megállapítható, ahol 2012-höz képest 57,2 cm-rel, 2013-hoz képest 65,0 cm-rel volt alacsonyabb a növény (2. ábra).

2. ábra. A kukorica hibridek növénymagasságának alakulása (cm)  
(Debrecen, 2012–2014)

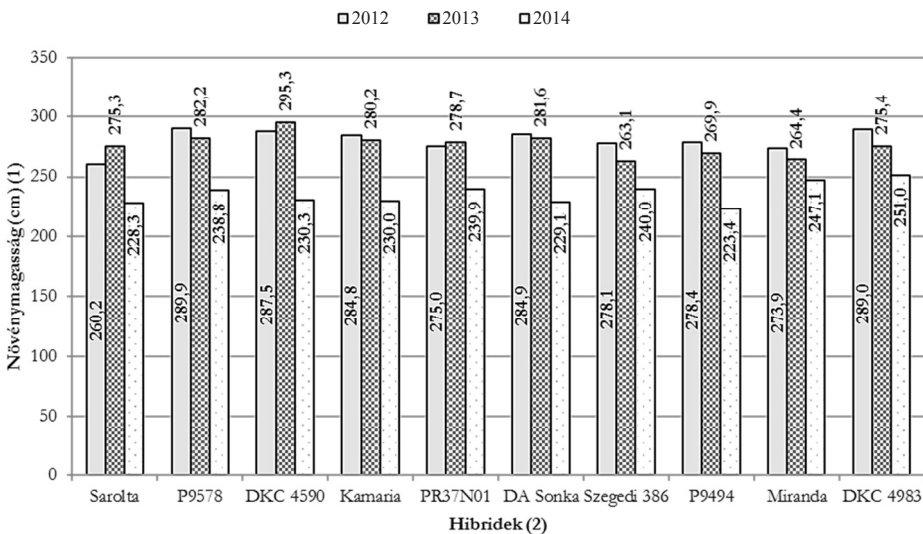


Figure 2. The plant height in the examined years (cm) (Debrecen, 2012–2014). (1) Height of hybrids (cm) (2) Hybrids



Ennek oka elsősorban az évjáráthatás rendhagyó alakulásában keresendő. 2012-ben az április, május, június hónapok csapadéka a már kikelt növények rohamos növekedését tette lehetővé. 2013-ban mindhárom vetésidőben a májusi kelésű növények számára „aranyat” ért a lehulló 30 éves átlagot meghaladó csapadék. 2014-ben is egyenes arányosságot figyelhettünk meg a növénymagasság és csapadék mennyisége között. Mivel egészen júliusig minimális volt a csapadék, a növények a fejlődés elején nem jutottak kellő mennyiségű vízhez, ezáltal jóval alacsonyabbak maradtak. Ez azt bizonyítja, hogy az időjárás már a fejlődés kezdetén meghatározó jelentőséggel bír.

### **Következtetések**

A vizsgálati eredmények alapján megállapítható, hogy a vetésidő és kelésidő közötti interakció a kukorica hibridek termésében meghatározó lehet, ezáltal a genetikai terméspotenciál kihasználásának egyik lehetősége a kelés minőségében rejlik. Azonban fontos, hogy nem elsősorban a vetés ideje az, amitől függ a kelés ideje. A vetéstechnológia, a termesztés körülményei, az évjárat együtt vannak döntő hatással a kukorica kelésének idejére.

A kukorica növénymagassága elsősorban genetikailag determinált, azonban számos egyéb tényező meghatározza, hogy mekkora szárhosszt fejleszt a növény. A vetésidő és az évjárat hatása nagyban módosítja a kukorica ezen fenológiai tulajdonságát, amelyet kísérleti eredményeink rendkívül jól alátámasztanak. A mai korszerű hibridek jó szárszilárdságának köszönhetően a 300 cm közeli magasság sem okozott megdőlést a kísérletben szereplő hibrideknél, amely tulajdonságra való nemesítés a jövőben továbbra is meghatározó lesz.

A kukoricatermesztésben a vetésidőt is csak hibridspecifikus módon célszerű alkalmazni, hiszen ez nem csak a terméseredményt, hanem a termesztés hatékonyságát is nagymértékben képes befolyásolni. Az eredményekből látható, hogy a terméseredmények alakulását nem csak a tenyészidőszak során ható környezeti és agrotechnikai tényezők befolyásolják, hanem egyéb tényezők, mint a kelésidő és növénymagasság is meghatározó elem, és mindezen tényezők együtt, egymás hatását módosítva alakítják a termésátlagokat.



## Irodalom

- Ali, S.–Inamullah Jan, A.–Din, M.–Habibullah, M.*: 2015. Yield response of maize (*Zea mays* L.) hybrids sown on various dates during Kharif in Peshawar-Pakistan Journal of Environment and Earth Science. 5. 1: 13–18.
- Beiragi, M. A.–Khorasani, S. K.–Shojaei, S. H.–Dadresan, M.–Mostafavi, K.–Golbashy, M.*: 2011. A study on effects of planting dates on growth and yield of 18 corn hybrids (*Zea mays* L.). American Journal of Experimental Agriculture. 1. 3: 110–120.
- Edalat, M.–Kazemeini, S. A.*: 2014. Estimation of cardinal temperatures for seedling emergence in corn. Australian Journal of Crop Science. 8. 7: 1072–1078.
- Keszthelyi S.*: 2005. A 2004. év klimatikus tényezőinek hatása a kukorica fejlődésére, kártevőinek megjelenésére és kártételére. Agrofórum Extra. 10: 3–7.
- Law-Ogbomo, K. E.–Remison, S. U.*: 2009. Growth and yield of maize as influenced by sowing date and poultry manure application. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici. Cluj-Napoca. 37. 1: 199–203.
- Máté A.*: 2002. A kukorica termesztéséről. Agrárágazat. 2. 4: 6–7.
- Millner, J. P.–Toor, G.*: 2007. Influence of sowing date and hybrid on maize emergence. Agronomy New Zealand. 37: 15–22.
- Pap J.–Földesi-Pap V.–Késmárki I.*: 2010. A vetésidő és a szántóföldi kelés szerepe a fenntartható kukoricatermesztésben. [In: Pepó P. (szerk.) Termesztési tényezők a fenntartható növénytermesztésben.] Debrecen. 172–179.
- Pap J.–Pap V.–Pap N.–Tuller P.*: 2009. A szántóföldi kelés jelentősége. Mezőgazdaság és a vidék jövőképe. Mosonmagyaróvár. Konferencia kiadvány II. kötet. 196–203.
- Pásztor K.*: 1962. Újabb kísérleti adatok a kukorica vetésidőjéhez. [In: I'só I. (szerk.) Kukoricatermesztési kísérletek 1958–1960.] Akadémia Kiadó. Budapest. 143–152.
- Pletzer J.*: 1969. A kukorica növekedésének kapcsolata a talaj hőmérsékletével és nedvességével. [In: I'só I. (szerk.) Kukoricatermesztési kísérletek 1965–1968.] Akadémiai Kiadó. Budapest. 98.
- Sárvári M.–Krivián Á.–Bene E.*: 2011. Termesztés és termésbiztonság. Magyar mezőgazdaság. 66. 45: 18–20.
- Sváb J.*: 1981. Biometriai módszerek a kutatásban. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Yousafzai, H. K.–Arif, M.–Gul, R.–Ahmad, N.–Khan, I. A.*: 2004. Effect of sowing dates on maize cultivators. Sarhad Journal of Agriculture. Pakistan. 18. 1: 11–15.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

Dr. Bene Enikő  
Agrárgazdasági Kutató Intézet  
Budapest  
Zsil utca 3-5.  
H-1093  
bene.eniko@aki.gov.hu

Dr. Sárvári Mihály  
Debreceni Egyetem MÉK Növénytudományi Intézet  
Debrecen  
Böszörményi út 138.  
H-4032

## A talaj szén-dioxid kibocsátása a Westsik-féle vetésforgó tartamkísérletben

GYÖRGYI GYULÁNÉ - HADHÁZY ÁGNES - HENZSEL ISTVÁN  
Debreceni Egyetem Agrár Kutatóintézetek és Tangazdaság,  
Nyíregyházi Kutatóintézet, Nyíregyháza

### Összefoglalás

Kutatásunkban a talaj szén-dioxid kibocsátását vizsgáltuk a Westsik-féle vetésforgó tartamkísérletben. A kísérlet a DE AKIT Nyíregyházi Kutatóintézet területén helyezkedik el, amelynek célja a homoktalaj termékenységének fenntartása, illetve növelése. A talaj tápanyagellátása különféle trágyázási módokkal valósul meg: szalma-, istálló- és zöldtrágyázás, valamint ezek NPK-műtrágyás kombinációi. A kísérlet talaja gyengén humuszos, savanyú kémhatású, laza homoktalaj.

A szalma- és istállótrágyázás nagyobb talajfelszíni CO<sub>2</sub>-emissziót eredményezett, mint a zöldtrágyázás, a szalma- és istállótrágyázást azonban nem tartjuk kedvezőtlennek, mert termésmenővelők, és nagyobb humusztartalmat eredményeztek a talajban, mint a zöldtrágyázás.

**Kulcsszavak:** szén-dioxid kibocsátás, szervesztrágyázás, tartamkísérlet

## **CO<sub>2</sub> emission of the soil in the Westsik's crop rotation long-term experiment**

GY. GYÖRGYI – Á. HADHÁZY – I. HENZSEL

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

### **Summary**

We examined the changes in the CO<sub>2</sub> emission of the soil in the Westsik's crop rotation long-term experiment. The experiment located on the fields of DE AKIT Research Institute in Nyíregyháza. The main aim of this experiment is to maintain or increase the fertility of the sandy soil. The following fertilizer methods are applied: farmyard, straw and green manures, and combinations of these manuring methods with NPK fertilizer. The soil of this experiment is slightly humous, acidic, loose sandy soil.

The straw manure and the farmyard manure treatments resulted in higher soil CO<sub>2</sub> gas emission, than the green manure application. Even so, we consider the straw and farmyard manure application to be not harmful because these manures increase the crop and result in higher soil humus content as the green manure application.

**Key words:** CO<sub>2</sub> emission, organic amendment, long-term experiment

## **Выделение почвой углекислого газа в продолжительном опыте севомена по методу Вестшика (Westsik)**

ДЬ. ДЬЁРДИ – А. ХАДХАЗИ – И. ХЕНЗЕЛ

Дебреценский Университет, Аграрные Исследовательские Институты и  
Учебное Хозяйство,

Ниредьхазский Исследовательский Институт, Ниредьхаза

### **Резюме**

В нашем исследовании изучали выделение почвой углекислого газа в продолжительном опыте севомена по методу Вестшика (Westsik). Опыт размещён на территории Ниредьхазского Исследовательского Института Дебреценского Университета

(DE AKIT), цель которого сохранение и увеличением плодородности песчаной почвы. Обеспечение питательными веществами почвы происходит различными методами удобрений: соломой, навозом и зелёным удобрением, а также комбинациями удобрений NPK. Почва опыта слабо-гумусная, кислой химической реакции, рыхлая песчаная почва.

Внесение соломы и навоза привело к большей поверхностной эмиссии CO<sub>2</sub>, чем зелёное удобрение, однако, и солому и внесение навоза не считаем неблагоприятным, поскольку увеличивают урожай, и ведут к большему содержанию гумуса в почве, чем зелёное удобрение.

**Ключевые слова:** выделение углекислого газа, внесение органического удобрения, продолжительный опыт

## Bevezetés

A napjainkban tapasztalható klímaváltozás oka az üvegházhatású gázok (pl. szén-dioxid, metán, dinitrogén-oxid) mennyiségének növekedése a légkörben. Az üvegházhatást okozó gázok közül a szén-dioxid a legjelentősebb, mintegy 60%-ban tehető felelőssé a globális felmelegedésért (*Rastogi et al.* 2002). A mezőgazdálkodás is okoz CO<sub>2</sub>-emissziót. A mezőgazdálkodás egyik fontos tevékenysége a növények tápellátása. A trágyázás és a talaj CO<sub>2</sub>-emissziója közötti kapcsolatot több szerző is vizsgálta. *Sainju et al.* (2008) kimutatták, hogy a N-műtrágyázás 14%-kal emelte a talaj CO<sub>2</sub>-emisszióját a műtrágya nélküli kezeléshez viszonyítva. *Szili-Kovács et al.* (2012) ásványi és istállótrágyás kísérleteinkben megállapították, hogy az istállótrágya-kezelés és az NPK-műtrágyával kiegészített istállótrágya-kezelés is szignifikánsan növelte a talajfelszíni CO<sub>2</sub>-kibocsátást.

A trágyázás, illetve annak hatására szervesanyag kerül a talajba, és a szervesanyag bomlása CO<sub>2</sub>-emisszió-növekedéssel jár (*Gerenyu et al.* 2005, *Kovács és Zsembeli* 2007, *Fekete* 2009). A növénytermesztés természetes velejárója a szén-dioxid emissziója. A növények részesei a tápelem- és szénkörforgalomnak. A növények tápelemeket és szenet asszimilálnak, betakarításukat követően pedig a szervesanyag elbomlik, átalakul (*Fülek* 2009). A növények felvehető tápelemekhez (pl. nitrogénhez, foszforhoz) folyamatosan a szervesanyag mineralizációja révén jutnak (*Stefanovits* 1975, *Loch és Nosticzius* 1992), ame-

lyet mikrobák végeznek, és amely CO<sub>2</sub>-felszabadulással is jár (Fehér 1954, Kátai et al. 2015). A növénytermesztés során a kérdés az, hogy mi hogyan tudjuk befolyásolni a szén megkötését és a szén-dioxid emisszióját.

A Westsik-féle vetésforgó kísérlettel kapcsolatos publikációk többsége a tápanyag-utánpótlási módok rozs- és burgonyatermésekre gyakorolt kedvező hatáseit elemezte (Westsik 1951, Lazányi 1994, Lazányi 2003), és viszonylag kevés olyan dolgozat született, amelyek a kezelések környezeti hatásait vizsgálja. A dolgozatban bemutatjuk, hogy a Westsik-féle vetésforgó kísérletben hogyan alakul a talaj szén-dioxid-kibocsátása a vetésforgók burgonyaszakaszaiban. A vizsgálatot abban az időszakban végeztük, amikor a burgonyának viszonylag nagy mennyiségű nitrogénre van szüksége, és amelyhez a szervesanyag mineralizációja révén jut folyamatosan, ami egyben CO<sub>2</sub>-keletkezéssel is jár. Vizsgálataink eredményét előzetes eredményeknek tekintjük, melyet folytatni kívánunk.

### Anyag és módszer

A vizsgálatokat a Westsik-féle vetésforgó kísérletben végeztük. A kísérlet vetésforgó rendszerűen lett kialakítva, ahol 14 db háromszakaszos és 1 db négyszakaszos vetésforgó található. A kísérlet jelzőnövényei a rozs és a burgonya. A kísérletben két istállótrágyás, négy szalmatrágyás, egy fővetésű csillagfürt zöldtrágyás, négy másodvetésű csillagfürt zöldtrágyás kezelés található a kontroll mellett, ahol sem szerves, sem műtrágyázás nem történik. Ezek mellett a csillagfürt talajtermékenységére gyakorolt hatását még három vetésforgóban vizsgáljuk: az egyikben zöldtakarmányként, a másikban magnak, valamint egy vetésforgóban magtermesztés céljából és másodvetésben zöldtrágyának termesztve is (1. táblázat).

A kísérletben 11 vetésforgó NPK-műtrágyázásban is részesül. A műtrágyás vetésforgók és azok nitrogénműtrágya-adagjai a következők: a vetésforgó ciklus alatt a II., III., XI. és XII. vetésforgókban 43 kg/ha, a VIII., IX., XIII. és XIV. vetésforgókban 86 kg/ha, a IV., V. és VI. vetésforgókban 108 kg/ha N hatóanyag kerül kijuttatásra. A 11 műtrágyás vetésforgók P és K adagjai azonosak: 94 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-ben és 84 kg/ha K<sub>2</sub>O-ban kifejezett hatóanyag műtrágyát kapnak a vetésforgó ciklus alatt.

A talaj mechanikai összetételét tekintve durvahomok (0,25–1,0 mm) 1,1%, közepes homok (0,05–0,25 mm) 91,0%, finomhomok (0,02–0,05 mm) 2,6%, iszap (0,01–0,02 mm) 2,5% és az agyagfrakció (0,002 mm-nél kisebb) 2,8%.

A talaj humusztartalma 0,45 és 0,77% közötti. A talaj vizes oldatban mért pH értéke 4,94–6,09, a kálium-kloridban mért pH érték 3,89 és 5,15 közötti. A talaj Arany-féle kötöttségi értéke 27–29. Az AL-oldható  $P_2O_5$ -tartalom 29,39–202,00 mg/kg, az AL-oldható  $K_2O$ -tartalom 59,54 és 184,40 mg/kg közötti.

1. táblázat. A Westsik-féle kísérlet szerves trágya adagjai

Vetés- forgó (1)	Szerves trágya (2)	Adag (t/ha) (3)
I	-	
II	Fővetésű csillagfürt zöldtrágya (4)	Nem mért (11)
III	Csillagfürt mag (gyökértrágya) (5)	Nem mért (11)
IV	Szalmatrágya (6)	3,48
V	Szalmatrágya (6)	11,30
VI	Szalmatrágya (6)	26,10
VII	Szalmatrágya (6)	26,10
VIII	Csillagfürt mag (gyökértrágya)+másodvetésű zöldtrágya (7)	Nem mért (11)
IX	Csillagfürt zöldtakarmány (gyökértrágya) (8)	Nem mért (11)
X	Istállótrágya (9)	26,10
XI	Istállótrágya (9)	26,10
XII	Másodvetésű csillagfürt zöldtrágya (10)	Nem mért (11)
XIII	Másodvetésű csillagfürt zöldtrágya (10)	Nem mért (11)
XIV	Másodvetésű csillagfürt zöldtrágya (10)	Nem mért (11)
XV	Másodvetésű csillagfürt zöldtrágya (10)	Nem mért (11)

Table 1. Doses of organic manure in Westsik's crop rotation experiment. (1) Number of the rotation, (2) Organic manure, (3) Dose ( $t\ ha^{-1}$ ), (4) Lupin green manure as main crop, (5) Lupin seed (root manure), (6) Straw manure, (7) Lupin seed (root manure) + lupin green manure as second crop, (8) Lupin for green fodder, (9) farmyard manure, (10). Lupin green manure as second crop, (11) Not measured

A mérést 2012. 05. 08-án három ismétlésben végeztük a vetésforgók burgonyaparcelláiban. A mérés időszakában a levegő hőmérséklete 14 és 15 °C közötti, a talaj nedvességtartalma 6,5 tömeg% volt.

A  $CO_2$ -koncentráció mérése COMT500 típusú infravörös szén-dioxid koncentráció mérővel történt. Az inkubációs edény henger alakú, 20 cm hosszú, melyet 10 cm mélységben kell lehelyezni a talajba, így a földfelszín feletti része 10 cm magas. A gyűjtőedény átmérője 10,5 cm, vagyis a mintavételi tér felülete

86,55 cm<sup>2</sup>. Az inkubációs idő 30 perc volt. A mérés során a szén-dioxid a gyűjtőedényből a készülékbe épített szivattyú segítségével a mintavevő csövön keresztül jut az infravörös analizátorhoz, a mért adatot pedig a készülék a memóriájában eltárolja.

A talaj humusztartalmának megállapítása az *MSZ 21470:1983.2* vizsgálati módszer szerint történt.

Az adatok értékelése egytényezős variancia-analízissel történt ( $p < 0,05$ ). A CO<sub>2</sub>-emisszió és a humusztartalom közötti összefüggés-vizsgálathoz Pearson-féle korrelációt alkalmaztunk.

### Eredmények

A humusztartalom 0,4 és 0,5% közötti volt az I. trágyázás nélküli, a II. fővetésű zöldtrágyás és a III. csillagfürt magtermesztéses vetésforgókban (1. ábra). 0,5 és 0,6% közötti értéket találtunk a IX. csillagfürt zöldtakarmány-termesztéses, a XII. másodvetésű zöldtrágyázásban is részesülő őszi vetésű takarmány-termesztéses, a XV. műtrágya nélküli és a XIV. műtrágyázásban is részesülő másodvetésű zöldtrágyás vetésforgókban. 0,6 és 0,7% közötti értéket mértünk a IV. erjesztés nélküli szalmatrágyás, a XIII. másodvetésű zöldtrágyás, a VIII. fő- és másodvetésű csillagfürtös, valamint a X. és XI. istállótrágyás vetésforgókban. A humusztartalom 0,7 és 0,8 közötti volt az V., VI. és VII. erjesztett szalmatrágyás vetésforgókban.

A kontroll (I.) és a fővetésű csillagfürtös vetésforgók (II., III., IX.) talajának humusztartalma egymáshoz hasonló volt. A kontrollhoz viszonyítva nagyobb volt a humusztartalom a nagyobb adagú szalmatrágyás (V., VI., VII.) és az istállótrágyás vetésforgók talajában (X., XI.), valamint abban a vetésforgóban, ahol a vetésforgó ciklus alatt fő- és másodvetésben is termesztünk csillagfürtöt (VIII.).

A talaj szén-dioxid-kibocsátása 0,15 g/m<sup>2</sup>/h alatti volt az I. trágyázás nélküli, a XIII. tavaszi leszántású másodvetésű zöldtrágyás, a IX. csillagfürt zöldtakarmány-termesztéses és a III. csillagfürt magtermesztéses vetésforgókban (2. ábra). 0,15 és 0,20 g/m<sup>2</sup>/h közötti értéket mértünk a II. fővetésű zöldtrágyás, a VIII. fő- és másodvetésű csillagfürtös, a XII. másodvetésű zöldtrágyás és a VI. és VII. erjesztett szalmatrágyás vetésforgók talajában. A CO<sub>2</sub>-kibocsátás 0,20 és 0,25 g/m<sup>2</sup>/h közötti volt a IV. és V. szalmatrágyás és a XV. műtrágya nélküli másodvetésű zöldtrágyás vetésforgókban. A CO<sub>2</sub>-emisszió 0,25–0,30 g/m<sup>2</sup>/h



tartományba esett a XIV. őszi leszántású másodvetésű zöldtrágyás és a X. és XI. istállótrágyás vetésforgókban.

1. ábra. Humusztartalom (2011)

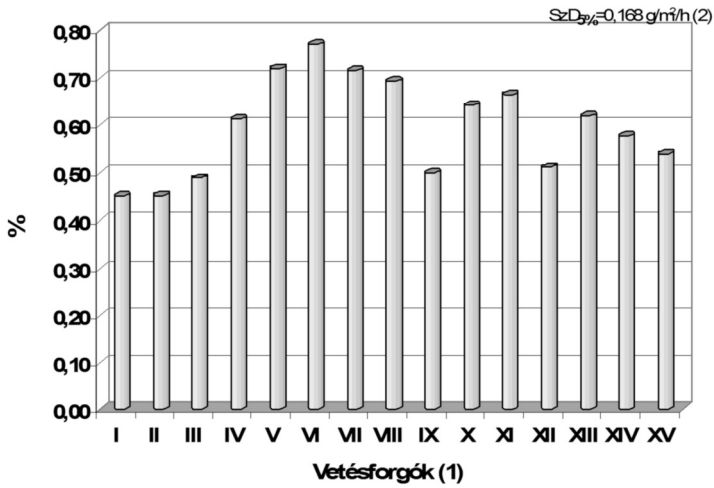


Figure 1. Humus content (2011). (1) Number of crop rotation, (2)  $LSD_{5\%}$

2. ábra. Szén-dioxid-kibocsátás (2012. 05. 08.)

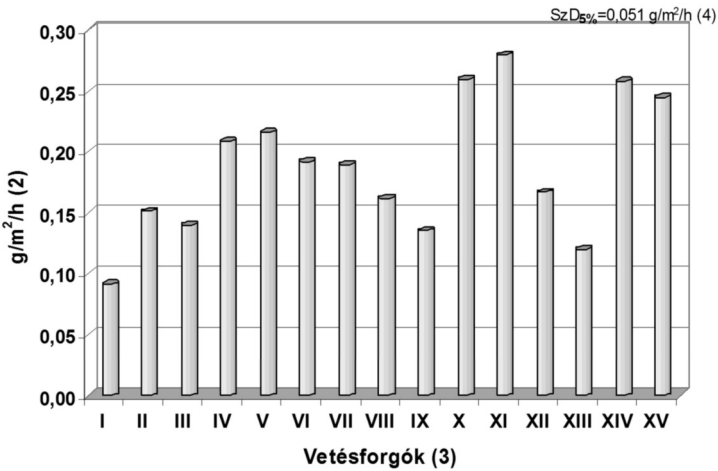


Figure 2. Carbon dioxide emission (08.05.2012.). (1) Number of crop rotation, (2)  $g\ m^{-2}\ h^{-1}$ , (3)  $LSD_{5\%}$

A talaj szén-dioxid-kibocsátása a X. és XI. istállótrágyás és a XIV. és XV. másodvetésű zöldtrágyás vetésforgókban szignifikánsan nagyobb volt, mint az I. trágyázás nélküli, a II., III. és IX. fővetésű csillagfürt termesztéses, a VIII. fő- és másodvetésű csillagfürtös és a XII. és XIII. másodvetésű zöldtrágyás vetésforgókban. A szén-dioxid-kibocsátás a IV., V., VI. és VII. szalmatrágyás vetésforgók talajában is szignifikánsan nagyobb volt, mint az I. trágyázás nélküli vetésforgó talajában.

A talaj szén-dioxid kibocsátása a legkisebb ott volt, ahol sem szerves, sem műtrágyázást nem végeztünk, és időszakos parlagoltatást alkalmaztunk (I.). A vetésforgó kísérletben a csillagfürt termesztési célja nem eredményezett különbséget a CO<sub>2</sub>-kibocsátásban: hasonló mértékű volt a csillagfürt zöldtrágyás (II.), a csillagfürt magtermesztéses (III.) és zöldtakarmány-termesztéses (IX.) kezelésekben egyaránt. A szalmatrágya formája nem eredményezett különbséget a CO<sub>2</sub>-kibocsátásban: hasonló értékeket mértünk az erjesztés nélküli szalmatrágyás (IV.), a nitrogén műtrágyával erjesztett (V.) és a vízzel erjesztett szalmatrágyás (VI., VII.) kezelések esetében is.

Az NPK-műtrágya nem befolyásolta jelentősen a szén-dioxid-kibocsátást. A szalma-, illetve az istállótrágyás vetésforgók esetében is azt találtuk, hogy az azonos szerves trágyaformák műtrágyás és műtrágya nélküli párhoz között nincs statisztikailag igazolható különbség (VI. VII., X XI.). Hasonló eredményre jutottak *Hoffmann et al.* (2013) is, akik ásványi és istállótrágyázás hatását vizsgálták a CO<sub>2</sub>-termelésre. Megállapították, hogy az istállótrágya és a nagyadagú ásványi trágyák, és azok kombinációi egyaránt növelték a talajlevegő CO<sub>2</sub>-koncentrációját a kontrollhoz képest, azonban a különböző trágyakezelések közötti különbségeket nem tudták egyértelműen igazolni.

Vizsgáltuk, hogy a CO<sub>2</sub>-kibocsátás és a talaj humusztartalma között milyen volt a kapcsolat (2. táblázat). A CO<sub>2</sub>-emisszió és a humusztartalom között pozitív, közepes összefüggést találtunk ( $r=0,458$ ). Az istálló- (X., XI.) és szalmatrágyás vetésforgókban (V., VI., VII.), ahol nagyobb volt a talaj humusztartalma, többnyire nagyobb volt a talajfelszíni szén-dioxid-kibocsátás is, mint a fővetésű zöldtrágyás (II.) és egyéb termesztési célú csillagfürtös vetésforgókban (III., IX.) vagy a kontrollban (I.), ahol kisebb volt a humusztartalom.

Azokban a vetésforgókban, ahová a területen kívülről vittünk be szerves-trágyát pl. szalma- és istállótrágya formájában, nagyobb volt a talajfelszíni szén-dioxid kibocsátás, mint azokon a területeken, ahol csak a helyben megtermelt

szervesanyag került a talajba. Ennek ellenére a szalma- és istállótrágyázást nem tartjuk kedvezőtlennek, mert termésmenvelők. A 3. ábrán a vizsgálat évét megelőző 5 év burgonyatermés átlagai vannak bemutatva. Láthatjuk, hogy az istállótrágyázással (X., XI.) és a nagyobb adagú szalmatrágyázással (V., VI.) jóval nagyobb termést takarítottunk be, mint a kontroll esetében (I.), de nagyobb volt a termés a fővetésű csillagfűtös vetésforgókhoz viszonyítva is (II., III., IX.). Azokon a területeken, ahol szerves trágyát juttatunk ki, nőtt ugyan a talaj CO<sub>2</sub>-emissziója, de nőtt a termésünk is. Azokkal a kezelésekkel, amelyekkel nagyobb termést tudunk elérni, vélhetően nagyobb össz mennyiségű biomasszát is előállítunk, amelynek következtében több szár- és gyökérmaradvány kerül a talajba.

2. táblázat. A lineáris összefüggés korrelációs koefficiensei (r-értékek)

Pearson-féle korreláció (1)	Humusztartalom (%) (2)
CO <sub>2</sub> -emisszió (g/m <sup>2</sup> /h) (3)	0,458

Table 2. Statistical assessment of the correlation between the CO<sub>2</sub> emission and the humus content. (1) Pearson's correlation, (2) Humus content, (3) CO<sub>2</sub> emission (g m<sup>2</sup> h<sup>-1</sup>)

3. ábra. Burgonyatermés átlag (2007–2011)

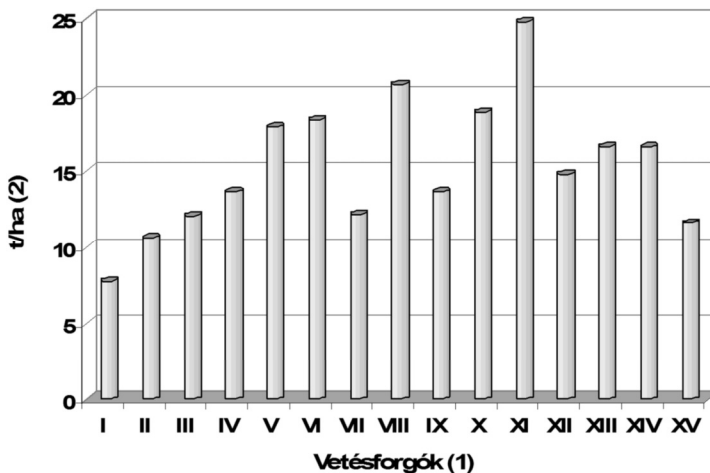


Figure 3. Average of potato yield (2007–2011). (1) Number of crop rotation, (2) t ha<sup>-1</sup>

A talajba került nagyobb mennyiségű szár- és gyökérmaradványok lebomlása során több szén-dioxid is keletkezett, amely nagyobb talajfelszíni CO<sub>2</sub>-emisszióval járt. A szervesanyag egy része azonban humusszá alakul át (*Stefanovits* 1975, *Filep* 1987). A több szervesanyagból pedig több humusz keletkezhet. Erre enged következtetni a VIII. vetésforgó példája is. A VIII. vetésforgóban a vetésforgó ciklus alatt a csillagfürt két alkalommal szerepel, természetjük magának, és zöldtrágyának is. A csillagfürt olyan kedvező elővetemény hatást eredményezett, hogy a kísérletben a második legnagyobb burgonyatermést tudtuk elérni. E vetésforgóban nem alkalmaztunk sem szalma-, sem istállótrágyázást, ennek ellenére a talaj humusztartalma a legnagyobb értékűek közötti volt. Ezt pedig annak tulajdonítjuk, hogy a nagy terméshez olyan nagy mennyiségű szár és gyökérmaradvány is párosult, mely a talajba kerülve, hasonlóan nagyobb humusztartalmat eredményezett, mint ami a szalma- vagy az istállótrágyázás hatására keletkezett.

### **Következtetés**

A szalma- és istállótrágyázás nagyobb talajfelszíni CO<sub>2</sub>-emissziót eredményezett, mint a zöldtrágyázás. A szalma- és istállótrágyázást azonban semmiképpen sem tartjuk kedvezőtlennek, mert termésmenvelők, és nagyobb humusztartalmat eredményeztek a talajban, mint a zöldtrágyázás.

Minden olyan eljárás, amelynek során növeljük a termést, egyben több szén is megkötünk, igaz viszonylag rövid időre. Azonban azokkal a módszerekkel, amelyekkel a humusztartalmat növeljük, már tartósan kötjük le a szén. Ebből következik, hogy a növénytermesztés nemcsak szén-dioxid kibocsátással jár, hanem szénmegkötéssel is.

### **Köszönetnyilvánítás**

Munkánkat a HUSK/0901/1.2.1/0129 számú pályázat keretében végeztük.

## Irodalom

- Fehér D.*: 1954. Talajbiológia. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- Fekete I. Cs.*: 2009. Avarkezelések hatása a síkfőkuti DIRT parcellák talajainak mikrobiális aktivitására és szerves anyag tartalmára. Debreceni Egyetem. Doktori (PhD) értekezés. Debrecen.
- Filep Gy.*: 1987. Talajtani alapismeretek I. Általános talajtan. Debreceni Agrártudományi Egyetem Mezőgazdaságtudományi Egyetemi Kar. Debrecen.
- Fülek Gy.*: 2009. Geokémiai körfolyamatok. Szent István Egyetem Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar Környezettudományi Intézet. Gödöllő.
- Gerenyu, L. V. O.–Kurganova, I. N.–Rozanova, L. N.–Kudeyarov, V. N.*: 2005. Effect of soil temperature and moisture on CO<sub>2</sub> evolution rate of cultivated Phaeozem: analysis of a long-term field experiment. *Plant Soil Environ.* 51: 213–219.
- Hoffmann S.–Berecz K.–Bálint Á.–Kristóf K.–Kampfl Gy.–Heltai Gy.*: 2013. Ásványi- és szerves trágyázás hatása a termésre és a CO<sub>2</sub>-termelésre szántóföldi és tenyész-edény-kísérletben. *Agrokémia és Talajtan.* 62. 1: 163–176.
- Kátai J.–Zsuposné Oláh Á.–Sándor Zs.–Tállai M.*: 2015. Összefüggések a talaj kémiai tulajdonságai és mikrobiológiai aktivitása között egy trágyázási tartamkísérletben. [In: Hernádi H. et al. (szerk.) A talajok térbeli változatossága – elméleti és gyakorlati vonatkozások.] Talajvédelmi Alapítvány, Budapest – Magyar Talajtani Társaság, Gödöllő. 29–38.
- Kovács Gy.–Zsembeli J.*: 2007. A talaj CO<sub>2</sub>-emissziójának dinamikája hagyományos és redukált talajművelési rendszerekben. *TSF Tudományos Közlemények.* 7. 1: 103–108.
- Lazányi J.*: 1994. A homokjavító vetésforgókkal végzett kísérletek eredményei. Debreceni Agrártudományi Egyetem Kutató Központja. Nyíregyháza.
- Lazányi J.*: 2003. Fenntartható gazdálkodás a Westsik vetésforgó kísérlet tapasztalatai alapján. Westsik Vilmos Nyírségi Tájfejlesztési Alapítvány. Nyíregyháza.
- Loch J.–Nosticzius Á.*: 1992. Agrokémia és növényvédelmi kémia. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- Rastogi, M.–Singh, S.–Pathak, H.*: 2002. Emission of carbon dioxide from soil. *Current Science.* 82. 5: 510–517.
- Sainju, U. M.–Jabro, J. D.–Stevens, W. B.*: 2008. Soil carbon dioxide emission and carbon content as affected by irrigation, tillage, cropping system, and nitrogen fertilization. *Journal of Environmental Quality.* 37. 1: 98–106.
- Stefanovits P.*: 1975. Talajtan. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.

*Szili-Kovács T.–Molnár E.–Villányi I.–Knáb M.–Bálint Á.–Heltai Gy.–Anton A.*: 2012. CO<sub>2</sub>-kibocsátás és mikrobiális aktivitás bolygatatlan talajoszlopban ásványi és istállótrágya kezelésekre hatására kukorica jelzőnövényrel. [In: Lehoczky É. (szerk.) Talaj - víz - növény kapcsolatrendszer a növénytermelési térben.] MTA ATK TAKI. Budapest. 61–64.

*Westsik V.*: 1951. Homoki vetésforgókkal végzett kísérletek eredményei. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.

A szerzők levelezési címe – Adress of the authors:

\*Györgyi Gyuláné – Dr. Hadházy Ágnes – Henzsel István  
Debreceni Egyetem AKIT Nyíregyházi Kutatóintézet  
Nyíregyháza  
Westsik Vilmos utca 4–6.  
H-4400  
\*gyorgyine@agr.unideb.hu

## Talajspecifikus aszályérzékenység becslése a kukorica (*Zea mays* L.) termésreakciók alapján

<sup>1</sup>KOCSIS MIHÁLY - <sup>1</sup>DUNAI ATTILA - <sup>1</sup>TÓTH GERGELY - <sup>2</sup>MAKÓ ANDRÁS

<sup>1</sup>Pannon Egyetem Georgikon Kar,

Növénytermesztési és Talajtani Tanszék, Keszthely

<sup>2</sup>Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományi Kutatóközpont,

Talajtani és Agrokémiai Intézet, Budapest

### Összefoglalás

A feltételezett klímaváltozás és az egyre gyakrabban előforduló időjárási szélsőségek okozta stressz-hatások mind nagyobb mértékben érintik a talajok termékenységét. Talaj-klímaérzékenységi kutatásaink során arra kerestük a választ, hogy a stresszhatások egyikeként fellépő, csapadékhiány következtében kialakuló aszályérzékenység miként nyilvánul meg a talajok termékenységében. A vizsgálatainkhoz felhasználtuk az Agrokémiai Információs és Irányítási Rendszer (AIIR) adatbázisának kukoricatermés-adatait, amely – országos szinten egyedülállóan – öt évről (1985–1989) táblaszintű komplex növénytermesztési- és talajtani információkat tartalmaz. Az adatbázis komplex növénytermesztési- és talajtani információtartalma alapján, országos léptékben évenként kukoricatermés térképeket szerkesztettünk, amely még Magyarországon napjainkban igen csak újdonságnak számít. A terméstérképek egyedülálló lehetőséget kínálnak a klíma-hatások talajspecifikus termésreakcióinak tanulmányozására.

Az AIIR adatbázis éves kukorica terméshozam adatait meghatározó meteorológiai évjáráthatást az adott évhez tartozó Pálfai-féle aszályindex-szel (PaDI) jellemeztük. Magyarországon még újnak számító megközelítésben, országos léptékű terméshozam térképek segítségével vizsgáltuk a különböző évjáráti hatások talaj-specifikus termésreakcióit. A PaDI értékekkel jellemzett évjáratokra meghatároztuk az aszálymentes kukorica terméshozamokat és termőterületeket. Az aszálymentes és évenkénti terméseredmények összevetésével, valamint statisztikai elemzések útján talaj főtípusokra és

fontosabb talajváltozati (fizikai féleség, pH, humusz- és  $\text{CaCO}_3$ -tartalom) tulajdonságokra megállapítottuk a talajok aszályérzékenységét. Statisztikai vizsgálataink eredményei alapján a talajféleségekre hétfokozatú aszályérzékenységi kategóriát képeztünk, amelyből kiindulva országos léptékben megszerkesztettük a talajok aszályérzékenységi térképét. Országos léptékű kutatási eredményeink jó kiindulási alapot nyújthatnak a nagy- méretarányú (1:10000) klímaérzékenységi termőhelyi talajtérképek készítéséhez, amelyek segíthetik a talajspecifikus, a klímaváltozáshoz alkalmazkodó növénytermesztést.

**Kulcsszavak:** talaj aszályérzékenységi index, évjáratí hatás, talajváltozat, kukorica terméshozam, AIIR ver3.0 adatbázis

## Estimation of soil-specific drought sensitivity based on maize (*Zea mays* L.) yield reactions

<sup>1</sup>M. KOCSIS - <sup>1</sup>A. DUNAI - <sup>1</sup>G. TÓTH - <sup>2</sup>A. MAKÓ

<sup>1</sup>University of Pannonia Georgikon Faculty,

Department of Crop Production and Soil Science, Keszthely

<sup>2</sup>Hungarian Academy of Sciences, Centre for Agricultural Research,

Institute for Soil Sciences and Agricultural Chemistry, Budapest

### Summary

Climate change, including frequent meteorological extremities affect the fertility of soils to a great extent. In this study we analyzed the effect of drought on the fertility of soils. We used data of the National Pedological and Crop Production Database (NPCPD), which, in a nationwide unique way, contains both crop production and soil data for 5 years (1985–1989).

The seasonal change of maize yield data of the NPCPD database were characterized by a standard annual drought index, the Pálfi Drought Index (PaDI). The soil-specific yield reactions to different seasonal effects were investigated with national scale yield maps together with soil information as a novel approach. The sensitivity of soil fertility to drought were determined by main taxonomical soil types and important soil characteristics (texture, pH-, humus-,  $\text{CaCO}_3$ -content), comparing the drought-free



and annual yields, applying statistical analysis. Based on our statistical analysis, the soil varieties were characterized by a seven-stage scale drought sensitivity scale. Using this scale, a sensitivity index map of soil fertility to drought was constructed in national scale. According to our plans, the drought sensitivity indices will be determined to other crops and will be clarified according to the meteorological data of the vegetation periods.

**Key words:** soil drought sensitivity index, seasonal effect, soil varieties, maize yield, NPCPD ver3.0 database

## Оценка специфичной для почвы чувствительности к засухе на основе реакций урожая кукурузы (*Zea mays* L.)

<sup>1</sup>М. КОЧИШ – <sup>1</sup>А. ДУНАИ – <sup>1</sup>Г. ТОТ – <sup>2</sup>А. МАКО

<sup>1</sup>Паннонский Университет Факультет Георгикон,  
Кафедра Растениеводства и Почвоведения, Кестхей

<sup>2</sup>Венгерская Академия Наук Аграрный Исследовательский Центр,  
Институт Почвоведения и Агротехники, Будапешт

### Резюме

Предполагаемое изменение климата и всё чаще встречающиеся причинённые крайностями погоды стрессовые влияния в большой мере затрагивают плодородие почвы. В ходе наших исследований почвы-чувствительность к климату ищем ответ на вопрос, что как проявляется в плодородии почвы возникающая как одно из стрессовых влияний, образовавшаяся вследствие недостатка осадков, чувствительность к засухе. В наших исследованиях использовали данные урожая кукурузы базы данных Агротехнической Информационной и Управленческой Системы (AIPR), которая – единственная в стране – содержит в таблице комплексную растениеводческую и почвенную информацию за пять лет (1985–1989). На основе комплексного содержания базы данных растениеводческой и почвенной информации, в масштабе страны создали ежегодные карты урожая кукурузы, которые и в Венгрии в наше время считаются новшеством. Карты урожая дают ни с чем не сравнимую возможность изучать почвенно-специфичную реакцию урожая под влиянием климата.

Метеорологическое влияние года выращивания на годовые данные урожая кукурузы базы данных AIPR характеризовали относящимся к данному году индексом засухи (PaDI) по методу Палфай (Pálfi). С помощью считающимся и в Венгрии новым подходом, картами урожая в масштабе страны, исследовали почвенно-специфичные реакции урожая под влиянием различных лет выращивания. На охарактеризованные величинами PaDI годы выращивания определили кукурузные урожай и территории выращивания без засухи. Сравнением ежегодных результатов урожая и урожая годов без засухи, а также путём статистического анализа установили для главных типов почвы и на главные свойства изменения почвы (физическая разновидность, pH, содержание гумуса и CaCO<sub>3</sub>) чувствительность почв к засухе. На основании результатов наших статистических исследований для разновидностей почвы создали семиступенчатую категорию чувствительности к засухе, используя которую в масштабе страны создали карту чувствительности почв к засухе. Наши результаты исследований в масштабе страны дают хорошую точку отправления для изготовления большемасштабных (1:10000) чувствительных к климату почвенных карт мест выращивания, которые помогают специфичному для почвы, приспособленному к изменению климата растениеводству.

**Ключевые слова:** индекс чувствительности почвы к засухе, влияние года выращивания, разновидность почвы, урожайность кукурузы, база данных AIPR ver3.0

## Bevezetés

A megszorodó időjárási anomáliák a termés hozamok ingadozásának növekedését eredményezik (Pepó 2005). A szélsőséges meteorológiai helyzetek (Jan et al. 1994, Geoffrey 1995, Dorland 2000, Patrick 2002, Szász 2005) is tekinthetők a talajokra ható természeti eredetű stressz-hatásoknak. Birkás et al. (2007) a klímaváltozás hatására kialakuló szélsőséges hőmérsékleti és csapadékviszonyok következtében a talajoknál fellépő stresszt és az erre adott úgynevezett „hatás-specifikus” válaszreakciókat – a környezeti érzékenység egyik típusaként – a talajok „klímaérzékenységének” nevezték. A szerzők szerint a talajok klímaérzékenységének negatív hatásai jól átgondolt és megtervezett talajműveléssel („vízforgalmat gátló tömörödés elkerülése, rögzépződés és porosodás megakadályozása, párologtató talajfelület csökkentése, illetve takarása”) tompíthatóak.

A feltételezett klímaváltozást jellemző hőmérsékletemelkedés, éves átlagos csapadécsökkenés és szélsőséges csapadékeloszlás talajokra gyakorolt legfontosabb hatásait számos kutató (*Ruzsányi* 1996, *Várallyay* 1989, 2005; *Stekauerová* és *Nagy* 2006, *Vágó et al.* 2006) összefoglalta. A klíma-csapadék-talaj kapcsolatrendszer alapvetően meghatározza a fenntartható agrár- és növénytermelés kereteit, valamint jövőbeli tendenciáit (*Csete* és *Láng* 2005). A klímaváltozással kapcsolatos kutatások közül főként *Runge* (1968), *Wetherald* és *Manabe* (1995), *Downing et al.* (2000), *Lobell* és *Asner* (2003) eredményeit; a hazai kutatók közül pedig *Szász* (1971), *Petrasovits* (1988), *Kádár* (1992, 1998), *Harnos* (1993), *Szász* és *Tókei* (1997), *Várallyay* (1997), *Rácz* (1999), *Bocz* (2001), valamint *Láng* (2003) munkáit kell megemlíteni.

*Nagy* (2005) megállapítása szerint Magyarországon a szemiárid éghajlati viszonyok között a növény-talaj vízháztartási kapcsolatrendszerben a párolgás folyamatos, viszont az időjárás szeszélye következtében a csapadék eloszlása nem egyenletes. A mezőgazdasági növénytermesztésnek színteret adó talajbiomassza termelése nagyban függ a vízszolgáltató képességtől és a vízellátástól, ezért a talajok vízraktározó tulajdonságai mind nagyobb szerephez jutnak (*Rajkai* 2004).

*Máté et al.* (2008, 2009) a klímaváltozás hatására bekövetkező magyarországi talajzónáknak eltolódását, megváltozását tanulmányozták 16 meteorológiai állomás 120 éves (1881–2000) adatsorainak, 30 éves időintervallumokra bontása segítségével. Vizsgálataik során arra a megállapításra jutottak, hogy mind a mezőségi, mind pedig az erdőtalajok övezetében periódikusan, de igazolhatóan megnőtt az atlanti és a mediterrán éghajlati hatás, ugyanakkor erősen – a mezőségi talajzónában rendkívüli módon – lecsökkent a kontinentális hatás.

Meteorológiai aszálynak az abnormálisan csapadékhiányos időszakokat nevezzük (*Molnár* és *Gácsér* 2014). *Gyuricza* (2004) az aszálynak három formáját különbözteti meg: a légköri, a fiziológiai és a talajaszályt. A légköri aszály esetén a talajban van elegendő, a növény számára hasznosítható nedvesség, azonban a gyökéren keresztüli vízfelvétel nem tud lépést tartani a forró levegő miatt intenzíven párologtató levélfelület vízleadásával; ez a jelenség a nyári napokon fordul gyakran elő. A fiziológiai aszály a gyökérszóna és a párologtató zóna közötti nagy hőmérséklet különbség miatt, a gyökér vízfelvételi zavara következtében lép fel. A talajaszály – az aszály legkárosabb formája – akkor alakul ki, amikor a talaj nedvessége csak a holtvíztartalomra korlátozódik: ilyen esetben nem áll rendelkezésre felvehető víz a növény számára.

A klimatikus viszonyok átalakulását *Rácz* (1999) kutatási eredményei jól alátámasztják. A szerző megállapította, hogy az 1900-as évek első felétől a téli, az 1950-es évektől a tavaszi, az 1980-as évektől a nyári, végül az 1950-es évektől napjainkig az őszi csapadék mennyisége fokozatosan csökkent. *Biacs et al.* (2004), illetve *Domonkos* (2004) is hasonló megállapításra jutottak. A Nyírség csapadékelátottságának romlását tükrözik *Márton* (2002, 2005) adatai is az utóbbi négy évtizedben. A nyírlugosi tartamkísérlet 39 évének (1962 és 2001 között) csapadékváltozásait értékelve a szerző arra a következtetésre jutott, hogy a régió időjárása 56%-kal aszályosodott, miközben 15%-kal nőtt az átlagos, 20%-kal csökkent a csapadékos és 52%-kal nőtt a száraz évek előfordulása.

A hazánk keleti részein megnyilvánuló szárazodás következtében fellépő vízhiány már a vízigényes növények termesztésének a fenntarthatóságát is megkérdőjelezi. A súlyosan aszálykáros területek nagysága 1983-tól a keleti, délkeleti irányból az északi és nyugati tájak felé terjeszkedik (*Bocz* 1995). Az 1981–2000 közötti időszakban az aszályos évjáratok száma duplájára (52,6%) növekedett az átlagos évjáratok (26,3%) rovására (*Pepó* 2007). Az aszályos évjáratok gyakoriságát támasztják alá *Molnár* (1996) hosszú idősoros (110 év) időjárási adatelemzései, valamint *Sárvári et al.* (2006) által végzett vizsgálatok is. A vizsgált időszakban (1968–2004) a csapadék éves mennyisége 55,3 mm-rel, a kukorica tenyészidejében, pedig 23,1 mm-rel csökkent a 30 éves átlaghoz képest. *Csajbók* (2000) vizsgálatai szerint a monokultúrában termesztett kukorica esetében igen szoros kapcsolat áll fenn a tenyészidőben lehullott csapadék és a terméshozam között, valamint a téli félév csapadéka és termés között ( $r=0,99$ ) is olyan években, amikor a nyári csapadék mennyisége igen csekély. *Ruzsányi* (2000) kukorica kísérletei is alátámasztották, hogy a hidrometeorológiai szélsőségek gyakorisága az utóbbi évtizedekben megnőtt. A csapadékos évek gyakorisága csak kis mértékben csökkent, míg a száraz évek gyakorisága 22,5%-ról 50%-ra nőtt 1981–1999 között, az 1860–1900 időszakhoz képest. Azt jelenti, hogy jelenlegi előrejelzések szerint nagy valószínűséggel 10 évből 5–6 évben – a kukorica termesztése esetében – szárazságra, kedvezőtlen vízellátottságra és termésingadozásra kell számítanunk (*Sárvári* 2001, *Pepó et al.* 2002).

A kukorica a tenyészidő folyamán a termőhelytől, a hibridfajta tenyészidejének hosszától függően 450–500 mm vizet igényel. A vízigény a tenyészidő folyamán változik (*Pető et al.* 1991). A kukoricát a 6–7 leveles fejlettségi állapotig ritkán éri vízhiány okozta stresszhatás, viszont a címerhányást követően a

víz- és tápanyagellátásra egyaránt igényes (Árendás *et al.* 2000). A virágzás, a megtermékenyülés és a szemképződés időszakában a kukorica vízigénye eléri a maximumot (Sárkány 1975, Petr *et al.* 1985). A tenyészidőszak vége felé, a termésérés időszaka alatt a kukorica vízigénye igen jelentősen lecsökken (Mihályfalvy és Németh 1967).

A vízhiány következtében a terméscsökkenés elérheti a 20–50%-ot is, sőt tartós aszály (szárazság) esetén a teljes termés kárba mehet (Menyhért 1985, Bradford 1994, Antal és Jolánkai 2005.) Neidhart *et al.* (1994) vizsgálatai során arra a megállapításra jutottak, hogy 4 hétig tartó vízhiány következtében 14–27%-kal csökkent a kukoricánkénti szemszám és az ezerszemtömeg. Tartós szárazság hatására a levelek vízháztartása romlik, korán öregednek, a növény fotoszintézise csökken (Outtar *et al.* 1987). Meleg, száraz időjárási körülmények esetén akár 30%-kal is megnőhet a kukoricánövény vízfelvétele (Antal 1966). Megfelelő vízutánpótlás nélkül mind nagyobb lesz a talajnedvességdeficit mértéke, egyre nehezebbé válik a növény vízfelvétele (Vad *et al.* 2007, Varga-Haszonits *et al.* 2008). A tenyészidőszak – május, június – első felében viszont a túl bőséges vízellátottság is komoly termés kiesést okozhat (Radics 1994, Palkovics és Koltai 2004).

Blaskó és Zsigrai (2000) mezőgazdasági évjáratonként elemezték a téli félévben és június-július hónapokban – mely a kukorica vízellátása szempontjából kritikus vízellátási időszak – lehullott teljes csapadékmennyiség, valamint a parcellák összegzett termésátlaga közötti kapcsolatokat. Eredményeik a kukorica termésátlagok és téli félév csapadéka közt nem mutattak összefüggést, viszont közepesen szoros kapcsolatot találtak a téli félév és a tenyészidőszak összegzett csapadék mennyisége közt. Igen szoros összefüggést figyeltek meg a tenyészidőszakban lehullott csapadék és a kukorica termésátlagok között. Kismányoky és Debreczeniné (2002) publikációjukban leírják, hogy az évjáratok hatása nagyobb, mint a tápanyag utánpótlások, a növényvédelmi- és az agrotechnikai eljárások együttes hatása. Kedvező évjáratokban az optimális tápanyag-ellátottsági szintek nagyobb terméseredményekhez, valamint alacsonyabb műtrágyaadagokhoz párosultak.

Hermann *et al.* (2014ab) az AIIR ver2.0 adatbázis táblaszintű adatsorain azt vizsgálták, hogy csernozjom és barna erdőtalajú termőhelyeken, különböző (kedvező, átlagos és kedvezőtlen) évjáratokban, a talaj foszfor- és humusz ellátottsága milyen hatással van a kukorica termés hozamainak alakulására. Elemzéseik során arra a következtetésre jutottak, hogy kedvező évjáratban csernoz-

jom talajon a magasabb szintű foszfor ellátottságnak már nincs termésmenvelő hatása. Kedvezőtlen évjárásban a talaj növekvő foszfor-ellátottsága mindkét termőhely esetében termésdepressziót okoz. Eredményeik továbbá azt mutatták, hogy kedvező évjárásban már a közepes humusztartalom mellett is magas kukorica hozamok várhatók a csernozjom és barna erdőtalajon egyaránt. Csernozjom talajokon kedvező évjárásban a közepes ellátottságig a humusztartalom mintegy 15%-os termésmenvelő hatása figyelhető meg. A barna erdőtalajon a kedvező évjárásban – szintén a közepes humusz-ellátottságig – hozamnövekedést tapasztaltak.

Kutatási munkánk során a talajok klímaérzékenységének vizsgálata keretében, a csapadék és párolgásviszonyoktól függő természetes növényi vízellátottságok terméseredményekre gyakorolt hatását tanulmányoztuk a térinformatikai (vektorizált) alapokra helyezett országos Agrokémiail Információs és Irányítási Rendszer (AIIR) adatbázis (1985–1989 közötti időszak) táblaszintű adatain (Kocsis et al. 2014). Vizsgáltuk az évjárat-hatásokat, ehhez az AIIR táblához rendelt meteorológiai gridrács Pálfai aszályindex (PaDI) értékeit használtuk fel. Vizsgálatunkban azért esett a választás a kukoricára, mert hazánkban több évtized óta ez a legnagyobb területen (éves átlagban 1,1–1,2 millió ha) termesztett szántóföldi kultúra, vetésterülete állandó és stabil (Nagy 2010).

### Anyag és módszer

Az AIIR adatbázis az ország különböző művelési ágú (szántó, rét, legelő, szőlő, kert, gyümölcsös és fásított terület) termőhelyeiről, mintegy négymillió hektár földterületről nyújt talajtani adatot és hét év (1984–1990) komplex növénytermesztési információit foglalja magába (Tóth 2001, Debreczeniné et al. 2003, Makó et al. 2007). A talajtani adatsorok a hazai talajosztályozás szerint talajaltípus szinten tartalmazzák a táblák vagy résztáblák talajainak felső művelt (0–25 cm-es) rétegéből származó átlagminták fontosabb vizsgálati eredményeit. Ezen felül résztáblánként a mű- és szerves trágyázásról, valamint 196 növénykultúra termés hozamairól, előveteményéről szolgáltat idősoros adatot (Kocsis et al. 2014). Az AIIR adatbázis az 1980-as években mért állapotokat tükrözi, de jelenleg országos szinten ez az egyetlen olyan adatsor, amely hozzáférhető módon komplexen tartalmaz földművelés egység szintű növénytermesztési és talajtani információkat.

A talaj-kukoricatermés-évjáráthatás közti kapcsolat statisztikai vizsgálatát egy – az adattartalmát tekintve megszürt – AIIR adatbázis (AIIR ver3.0) alapján végeztük. Így, a nyilvánvalóan téves adatrögzítésből adódó hibás rekordok mellett kizárásra kerültek az adott talajosztályozási egységen (altípuson) belül szakmai szempontból elfogadhatatlan, összegegyeztetetlen alapvizsgálati eredményeket tartalmazó adatsorok is. A szűrés során az AIIR adatbázis legfontosabb talajváltozati paramétereinek adatait az országos nagyméretarányú talajtérképezési útmutatóban (Jassó *et al.* 1989) szereplő térképi kategória-rendszerbe kódoltuk át. A kódrendszer jellemzője, hogy a talajvizsgálati eredményekhez nem konkrét értékeket, hanem térképi kategóriákat, mérési tartományokat (pl. vályog fizikai féleség, gyenge humusz- és mész tartalom stb.) ad meg (Farkas *et al.* 2009, Makó *et al.* 2010).

A vizsgálatainkhoz felhasznált szűrt adatbázis így jelenleg 321 915 adatsorból áll, éves átlagban 2 970 895 ha mezőgazdasági terület 76 849 földművelési egységéről nyújt információt. A kukorica terméseredményein is szűrést végeztünk, amely során kiszámoltuk az országos kukorica termésátlagot és a terméseredmények szórását. A termés hozamok szórásának kétszeresét negatív és pozitív irányba is felmértük az országos termésátlagra. A kétszeres szórásértéken mindkét irányba kívül eső terméseredményeket kizártuk.

A következő lépésben a kukorica terméseredményeket 1-től 100-ig terjedő skálára normalizáltuk (*1. egyenlet*):

$$Th_{100} = 1 + \left( \frac{Th - Th_{min}}{Th_{max} - Th_{min}} \right) \times 99$$

ahol:  $Th_{100}$  – a növény 1–100-as skálára normalizált termés hozama;  $Th$  – a növény termés hozama (t/ha);  $Th_{min}$  – a növény minimális termés hozama (t/ha);  $Th_{max}$  – a növény maximális termés hozama (t/ha).

Vizsgálatainkat a kukoricára vonatkozó információkat tartalmazó, 56 774 rekordból álló AIIR (ver3.0) adatbázison végeztük el, amely ötéves átlagban 11 349 táblát- és résztáblát, valamint 613 156 hektár szántóföldet foglal magába, ez összesen az ország területén 249 862 darab talajmintavételi helyhez köthető. A térinformatikai feldolgozásokhoz a művelt résztábla területek nagyságával (ha) súlyozva átlagoltuk földművelési egységekre (táblákra) az AIIR ver3.0 adatbázis mintavételi pontok fontosabb (kötöttségi szám, humusz,  $pH_{KCl}$  és  $CaCO_3$ ) talajvizsgálati eredményeit.



Az AIIR talaj-mintavételi helyeinek TIEDIT (Területhasználati Információk Egységes Digitális Térképe) XY koordinátáit az általunk kidolgozott módszer alapján konvertáltuk át Egységes Országos Vetületbe (EOV) (Kocsis et al. 2014). Az 1970-es évek közepén kifejlesztett TIEDIT térképi rendszer részben katonai célokat is szolgált, illetve részben ezen alapult a Magyarország Felszínborított-sági Rendszere nevű térképi adatbázis (Domokos 2004). Országos léptékben a kukorica terméstérképeket az ESRI ArcGIS 9.3 program Geostatistical Analyst Wizard moduljának Kriging menüjének segítségével szerkesztettük meg. A térképek évjáratonként általános krígeléssel (Ordinary kriging) állítottuk elő. A kukorica terméseredmények térbeli kiterjesztését úgy végeztük, hogy a becslésnél minden AIIR talaj-mintavételi pont 20 környező másik pontnak a termésértékét is figyelembe vettük. A pontokból becsült térképek krígelésénél a legnagyobb, 0,5 értékű térbeli simítást alkalmaztunk.

Az évjárat-hatások elemzésére a kukorica termés hozamokhoz az éves Pálfai aszályindexet (PaDI) rendeltük hozzá. Magyarországon az aszályok számszerű jellemzésére többek közt az 1980-as években kidolgozott Pálfai-féle aszályindexet használják, amely egy mezőgazdasági év aszályerősségét egyetlen számértékkel jellemzi (2. egyenlet). A PaDI meghatározásához mindössze a havi középhőmérséklet és a havi csapadékösszeg adatokra van szükség (Lakatos et al. 2013). A gyakorlati alkalmazás érdekében módosítottak az aszályindex kiszámításán (Bihari et al. 2012). Ez alapján a Pálfai-féle aszályindex alapértéke az alábbi képlettel számolható ki:

$$PaDI_0 = \frac{[\sum_{i=apr}^{aug} T_i]/5 \times 100}{c + \sum_{i=okt}^{szept} (P_i \times w_i)}$$

ahol:  $PaDI_0$  – a Pálfai-féle aszályindex alapértéke ( $^{\circ}C/100$  mm);  $T_i$  – havi középhőmérséklet áprilistól augusztusig ( $^{\circ}C$ );  $P_i$  – havi csapadékösszeg októbertől szeptemberig (mm);  $w_i$  – súlyozó tényező;  $c$  – állandó érték (10 mm). A vizsgálatokhoz felhasznált aszályindex adatok a [www.carpatclim-eu.org](http://www.carpatclim-eu.org) honlapról származnak.

Az aszályosságára vonatkozó információkat WGS 1984 vetületű vektoros átlományok tartalmazzák, amelyekben az értékek hazánk területére – Magyarország nyugati peremvidékének kivételével –  $10 \times 10$  km-es térbeli felbontású 1045 darab gridből álló meteorológiai rácshálóban helyezkednek el. A grid adatokat WGS 1984 koordináta rendszerből EOV vetületbe konvertáltuk.



Évjáratonként a meteorológiai rácsháló grid értékeiből az ArcGIS 9.3 3D Analyst tools, Raster interpolation Spline with Barriers alkalmazásával az ország területére 200×200 m-es felbontású, az aszályosság mértékét mutató raszter térképeket hoztunk létre. Majd az aszálytérképek PaDI értékeihez (aszálymentes év=<4; enyhe aszály=4–6; mérsékelt aszály=6–8; közepes erősségű aszály=8–10; súlyos aszály=10–15; nagyon súlyos aszály=15–30; extrém erősségű aszály=>30) kategória változókat rendeltünk *Bihari et al.* (2012) nyomán, amelyekkel az AIIR adatbázis mezőgazdasági éveit (1985–1989) jellemeztük.

Térinformatikai eszközök segítségével az aszálymentes területeket évjáratonként lehatároltuk, amelyek összevonásával 1985–1989 (5 éves) időszak aszálymentes területi térképét állítottuk elő. Ahol AIIR éveire nem tudtunk lehatárolni aszálymentes területeket (pl. Duna-Tisza közti Homokhátság), ott a legmérsékeltőbb (enyhe) aszályfokozatot vettük figyelembe. Az utóbbi térkép segítségével meghatároztuk az AIIR adatbázis éveire az aszálymentes, az időjárási viszonyok évjárat-hatásaitól függetlenítettnek tekintett, 1–100-as skálára normalizált kukorica terméseredményeket. A következő lépésként statisztikai vizsgálatainkhoz a krígelt kukorica terméstérképek, valamint a PaDI értékeket tartalmazó aszálytérkép raszter értékeit az ArcGIS 9.3 program 3D Analyst tools, Funcional surface Surface spot eszközével az AIIR ver3.0 adatbázis térinformatikai állományához rendeltük hozzá.

Statisztikai vizsgálatainkat IBM SPSS Statistics 18.0 programmal végeztük. A talaj aszályérzékenységi mutató képzése során a kukoricára kiszámítottuk – a különböző talajváltozatokon – a „tényleges” és a fent leírt módon meghatározott aszálymentes terméshozamok különbségét, majd ezt elosztottuk a Pálfi-aszályindex értékével. Az így képzett aszályérzékenységi mutatókat az egyes talajváltozati paraméterek (altípus, fizikai féleség, pH<sub>KCl</sub>, humusz- és mésztartalom) figyelembevételével klasszifikációs fa (CHAID: Chi-squared Automatic Interaction Detection) módszerrel csoportosítottuk (*Tóth et al.* 2012). A CHAID-módszerrel becsült csoportok (nóduszok) átlagos aszályérzékenységi mutatóit 0-tól 10-ig terjedő, egyenlő beosztású kategória-skálán helyeztük el (SPSS/Transform/Visual binning).

A következő lépésben egytényezős varianciaanalízissel (One-way Anova) megvizsgáltuk, hogy a képzett kategória csoportok aszályérzékenységi mutatói szignifikánsan különböznek-e egymástól.

A Magyarország nyugati peremvidékén elhelyezkedő talajokra – Vas megye, Győr-Moson-Sopron és Zala megye nyugati része – meteorológiai és (PaDI)

aszályindex adatok hiányában nem tudtunk talaj aszályérzékenységi mutatót számolni. A nyugati határmenti területekre így – az ország más területein megtalálható, hasonló talajváltozati tulajdonságok és az ezekhez tartozó kukorica terméseredmények alapján – becslési eljárással határoztuk meg az aszályérzékenységi kategóriákat.

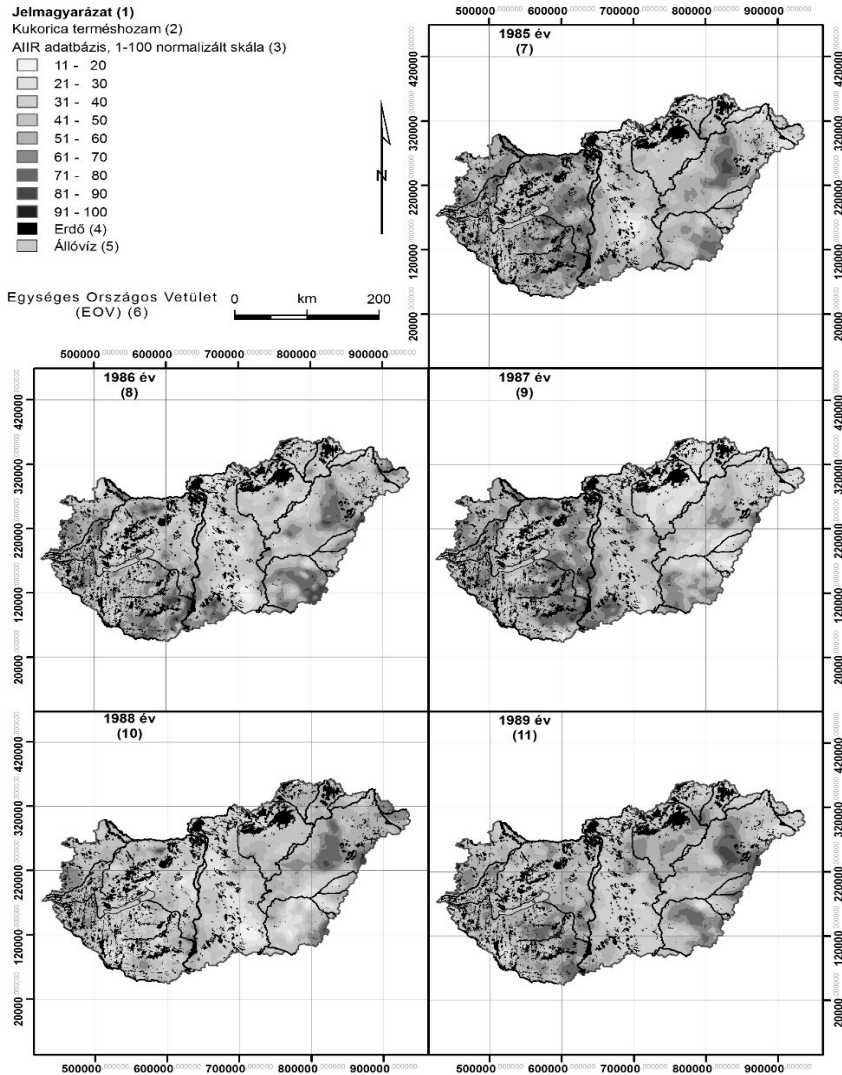
Végül megvizsgáltuk az aszályérzékenységi kategóriák országos megoszlását talaj főtípusonként, fizikai talajféleségenként, humusz, mész és pH kategóriánként.

### Eredmények

A térinformatikai alapokra helyezett AIIR ver3.0 adatbázis alapján (Kocsis et al. 2014) a mezőgazdasági évekre (1985–1989) elkészített terméstérképekről az mondható el, hogy évjárat-hatástól függően a legnagyobb kukorica termés-hozamok csernozjom talajainkon érhetők el (Pepó 2005, Szász 2005). A kiszámolt átlagos PaDI értékek szerint az 1985-ös és 1989-es év országos átlagban aszálymentes időszaknak, a köztes három év enyhén aszályosnak tekinthető. Az 1. ábrán bemutatott 1985., illetve 1988. évi kukorica terméstérképeken látható, hogy hazánk legjobb kukorica termőhelyei közé sorolhatók a Mosoni-sík, Szigetköz, Közép-Mezőföld, Dél-Mezőföld, Tolnai-Sárköz, Békési-sík, Békési-hát, Csanádi hát, Nagykovács, Hajdúság, Sajó-Hernád-sík stb. kistájak. Az 1989-es átlagosan aszálymentes évjáratban a Hatvani-sík és Jászság a többi évekhez képest, kimagasló terméseredményt mutat. A jó kukorica termőképességű területek az egykori vagy jelenlegi folyó hordalékkúpon, löszös talajképző kőzetten, vályog és agyagos vályog fizikai féleségű, valamint megfelelő vízgazdálkodási tulajdonságokkal rendelkező talajféleségeken alakultak ki. Az enyhén aszályos évek közül a legszárazabbnak az 1988-as év bizonyult (országos PaDI átlag 5,28), mely évben a legtöbb – a növény természetössége szempontjából – ideális termőterületen szokatlanul alacsony terméshozamok születtek.

Csak néhány kistájon (pl. a Hajdúháton, Érmelléki löszös háton, valamint a Békési-sík, Békési-hát és Csanádi-hát keleti részein) keletkeztek nagyobb terméseredmények. A többi év terméshozam térképei (1. ábra) is országosan a száraz és nedves évek közötti terméskülönbségeket igazolják (vö. Kismányoky, 2005). Általánosságban a homok fizikai féleségű (Duna-Tisza közti Homokhátság) és a nagy agyagtartalmú, igen kötött talajokon (pl.: Körösmenti-sík, Kis-Sárrét) születtek a legalacsonyabb kukorica terméseredmények.

1. ábra. Az AIIR adatbázis éveire (1985–1989) elkészített kukorica terméstérképek



Megjegyzés: a termésmennyiségeket 1–100 skálára normalizálva 10-es kategória-rendszer szerint adtuk meg.

Figure 1. Maize yield maps prepared to the NPCPD database years (1985–1989). (1) Legend, (2) Maize yield, (3) NPCPD database, 1–100 normalized scale, (4) Forest, (5) Lake, (6) HD 1972 Uniform National Projection System (UNPS), (7) Year 1985, (8) Year 1986, (9) Year 1987, (10) Year 1988, (11) Year 1989, Note: yields were provided in accordance with the 10-point category system, normalised to the scale of 1 to 100.

Az aszályérzékenységi mutatók képzése folyamán a CHAID módszer segítségével 133 csoportot (nóduszt) tudtunk elkülöníteni. Mivel a Levene-féle homogenitás teszt alapján a csoportok szóráseloszlásai különbözőek voltak, a varianciaanalízis során a Tamhane T2 post-hoc próbát alkalmaztunk. A próba eredménye alapján minden egyes kategória csoport határozottan nem vált szét egymástól, így bizonyos csoportok összevonásra kerültek. Végeredményben a magyarországi talajokat 7 különféle aszályérzékenységi csoporttal (kategóriával) tudtuk jellemezni. A meghatározott csoportokat kukorica-specifikusan aszályérzékenységi térképen ábrázoltuk, amelyen az 1-es kategória az igen nagyon (magas), a 4-es kategória a közepes, a 7-es kategória a legkevésbé (alacsony) vagy a nem érzékeny talajokat jelöli.

A talajok aszályérzékenységét bemutató térképen (2. ábra) jól látszik, hogy az Alföld középső részén a kukorica terméshozamokat igen jelentősen befolyásolja a korlátozottan – csapadék és talajnedvesség formájában – rendelkezésre álló vízmennyiség (Csajbók 2000, Jolánkai et al. 2003).

Az általunk megszerkesztett aszályérzékenységi térkép jól szemlélteti a szerzők azon állítását (Bocz 1995, Molnár 1996, Márton 2002, 2005; Sárvári et al. 2006, Pepó 2007, Jolánkai és Birkás, 2009), hogy miszerint az elmúlt évtizedekben a Hajdúság, a Nagykunság és a Körös-Maros köze területén mind súlyosabb formát öltő, átlagosan 200–300 mm körüli csapadék hiány miatt az aszály mind jobban fokozódik, mely az arra érzékenyebb talajokon nagyobb mértékű termés kiesésben mutatkozik meg. Nemcsak a szárazság mértékének erősödése jelenthet nagy problémát, hanem az átlagos hőmérséklet emelkedése is kiválthatja aszályérzékenység erősödését. Az utóbbi figyelhető meg Délnyugat-Magyarországon, Kerka-vidék (Hetés), Mura-bal parti sík, Közép-Zalai dombság (Göcsej) és Vasi-hegyhát területén, – amely hazánk legcsapadékosabb vidéke – ahol átlagosan 800 mm körüli csapadékmennyiség áll rendelkezésre (Varga-Haszonits és Varga 2005).

A térségben a mediterrán klimatikus hatás fokozódik, az Országos Meteorológiai Szolgálat (Bartholy et al. 2011) 30 éves (1980–2010) idősoros adatai szerint a nyári középhőmérsékletek átlagosan 2 °C fokkal növekedett. Az utóbbit igazolja Máté et al. (2008, 2009) talajok klímaérzékenységi kutatásai is, miszerint a kialakult magyarországi talajzónák eltolódnak, valamint egyes területeken a mediterrán éghajlati hatás dominánssá válik a kontinentális hatás rovására. A Délnyugat-Magyarországon található alapvetően amúgy is alacsony termőképességű, erősen savanyú (agyagbemosódásos, pszeudoglejes, mocsári) erdő-

talajok aszályérzékenységét erősítheti az, hogy e talajfélések kavicsos folyóvízi hordalékos talajképző kőzetten kialakult, többnyire homok és homokos vályog fizikai féleségűek, amelyek rossz vízraktározó képességgel rendelkeznek.

2. ábra. Magyarország talajspecifikus aszályérzékenységi térképe kukoricára

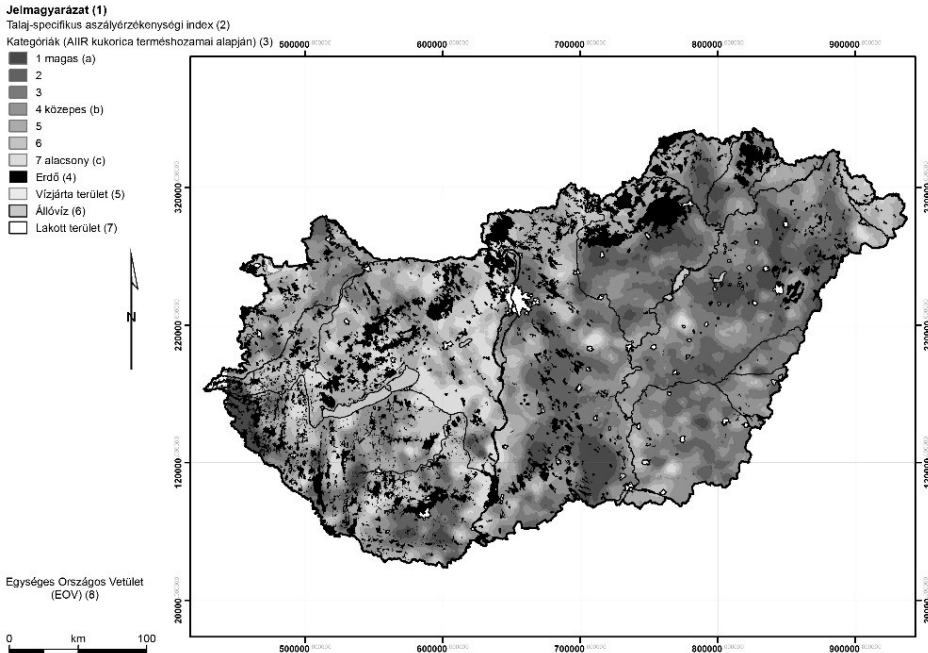


Figure 2. Soil-specific drought sensitivity map of Hungary to maize. (1) Legend, (2) Soil-specific drought sensitivity index, (3) Categories (based on NPCPD maize yields), (a) high, (b) moderate, (c) low, (4) Forest, (5) Temporarily flooded area, (6) Lake, (7) Inhabited area, (8) HD 1972 Uniform National Projection System (UNPS)

Vizsgálati eredményeink alapján megállapítható, hogy a kukorica termesztése szempontjából a (főként nagy homoktartalmú talajtípusokat tartalmazó) váztalajok a leginkább, a jó vízellátottságú láptalajok a legkevésbé aszályérzékenyek. A barna erdőtalaj, csernozjom és réti talaj fő típusok közepesen érzékenyek a természetes vízellátottságra (1. táblázat). (Az AIIR adatbázisban elenyésző elemszámú adat áll rendelkezésre a mocsári erdőtalajainkról, így azokról messzemenő következtetéseket nem érdemes levonni).

Fizikai féleség alapján csoportosítva a talajokat azt látjuk, hogy a homoktalajok a leginkább aszályérzékenyek, a vályog és agyagos vályog talajok a legke-

vésbé. Az aszályérzékenység az agyag és nehéz agyag talajok esetében kis mértékben újra növekszik (1. táblázat). Az agyagtalajok aszályérzékenységét igazolják Csorba et al. (2012) kutatási eredményei, miszerint az Alföldön elhelyezkedő jobbára nedves és igen kötött talajféleségekkel rendelkező termőhelyeket – pl. Dél-Tisza-völgy, Kis-Sárrét, Körösmenti-sík kistájakat – jelentős mértékben érintheti az éghajlatváltozás okozta szárazodás.

1. táblázat. *Talajspecifikus aszályérzékenységi kategóriák megoszlása talajfőtípusok és fontosabb talajparaméterek szerint kukorica vonatkozásában*

		Aszályérzékenységi kategóriák megoszlása (%) (a)						
Talajparaméterek (b)		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Talajfőtípus (c)	Váztalajok (1)	80,9	0,0	3,2	13,9	0,6	0,3	1,2
	Közethatású talajok (2)	10,9	2,7	0,0	64,3	6,2	0,0	15,9
	Barna erdőtalajok (3)	9,8	15,5	16,7	19,3	15,5	16,9	6,4
	Csernozjom talajok (4)	6,4	14,6	11,5	39,8	11,1	6,9	9,8
	Szikes talajok (5)	45,2	0,0	16,1	8,3	1,4	25,3	3,7
	Réti talajok (6)	12,4	4,6	13,7	48,7	9,2	2,7	8,7
	Láptalajok (7)	19,3	0,0	1,0	15,8	0,0	13,2	50,8
	Mocsári erdőtalajok (8)	50,0	0,0	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Öntés- és lejtőhordalék talajok (9)	10,3	0,9	2,6	43,4	1,2	8,5	33,2
Fizikai féleség (d)	Durva homok (10)	44,7	0,7	14,8	20,3	0,0	6,8	12,7
	Homok (11)	41,4	3,6	23,5	20,8	4,1	3,4	3,2
	Homokos vályog (12)	7,6	0,2	23,9	35,7	7,9	20,6	4,2
	Vályog (13)	6,0	25,5	6,5	23,3	25,4	3,7	9,5
	Agyagos vályog (14)	10,7	9,5	9,5	44,2	4,3	7,6	14,2
	Agyag (15)	21,1	2,5	7,4	53,9	0,2	3,0	11,9
	Nehéz agyag (16)	10,5	8,8	4,3	50,5	0,4	4,0	21,5
Humusz-tartalom (%) (e)	Nem vagy nagyon gyengén humuszos (17)	39,2	0,9	13,3	23,0	1,3	8,8	13,6
	Gyengén humuszos (18)	16,8	3,5	21,8	29,6	5,5	13,5	9,3
	Közepesen humuszos (19)	8,0	10,9	11,1	38,0	14,4	8,5	9,1
	Erősen humuszos (20)	20,8	19,9	9,5	31,3	1,7	4,2	12,6

*Az 1. táblázat folytatása a következő oldalon...*



... az 1. táblázat folytatása

		Aszályérzékenységi kategóriák megoszlása (%) (a)						
Talajparaméterek (b)		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Kémhatás pH <sub>KCl</sub> (f)	Erősen savanyú (21)	35,0	8,1	15,7	18,6	3,7	10,5	8,3
	Savanyú (22)	23,1	11,6	11,4	26,9	10,6	9,6	6,9
	Gyengén savanyú (23)	11,7	13,0	13,0	45,4	2,8	7,5	6,7
	Semleges (24)	7,0	12,0	21,5	28,5	2,5	12,1	16,5
	Gyengén lúgos (25)	8,3	7,4	5,1	33,7	28,8	6,5	10,3
	Lúgos (26)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Erősen lúgos (27)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CaCO <sub>3</sub> - tartalom (%) (g)	Nem meszes (28)	21,2	11,3	10,2	35,9	5,8	8,9	6,7
	Gyengén meszes (29)	8,5	11,5	15,7	35,0	10,8	8,4	10,2
	Közepesen meszes (30)	6,0	9,3	6,0	34,7	19,6	10,6	13,9
	Erősen meszes (31)	11,3	6,3	9,6	37,1	17,8	3,7	14,2

Table 1. Distribution of soil specific drought sensitivity categories according to main soil types and parameters in aspect of maize. (a) Distribution of drought sensitivity categories (%), (b) Soil parameters, (c) Main soil types according to the Hungarian Soil Classification, (d) Soil texture, (e) Humus content (%), (f) Soil pH<sub>KCl</sub>, (g) Soil CaCO<sub>3</sub>-content (%), (1) Skeletal soils, (2) Lithomorphous soils, (3) Brown forest soils, (4) Chernozem soils, (5) Salt-affected soils, (6) Meadow soils, (7) Bog soils, (8) Soils of marsh and alluvial forests, (9) Alluvial and sedimentary soils, (10) Coarse sand, (11) Sand, (12) Sandy loam, (13) Loam, (14) Clayey loam, (15) Clay, (16) Heavy clay, (17) No or very low humus content, (18) Low humus content, (19) Moderately humus content, (20) High humus content, (21) Highly acidic, (22) Acidic, (23) Slightly acidic, (24) Neutral, (25) Slightly alkaline, (26) Alkaline, (27) Highly alkaline, (28) No lime content, (29) Weakly calcified, (30) Moderately calcified, (31) Highly calcified

A közepes humusztartalmú talajok a legkevésbé aszályérzékenyek (Hermann *et al.* 2014b). A kis humusztartalmú talajok aszályérzékenységét valószínűleg az is növeli, hogy ide tartozik a nagy homoktartalmú talajaink zöme is, illetve, hogy ebbe a csoportba tartoznak azok a talajok is, ahol a humusztartalomnak alárendelt szerepe van. Az erősen humuszos talajok aszályérzékenység-növekedése is feltehetően egyéb talajtulajdonságok (fizikai féleség, pH, humusz- és CaCO<sub>3</sub>-tartalom stb.) kombinált hatásával magyarázható (1. táblázat).

A vizsgálati eredményeink is jól tükrözik, hogy a nagy agyagtartalmú talajok aszályérzékenységét növelheti ugyan a nagy holtvíztartalom, ugyanakkor ezzel ellentétes hatást fejt ki az, hogy az agyag a felületéhez kötve a szervesanyagot megvédi a gyors lebomlástól. Az adott talajféleségek esetében humusz- és agyagtartalom közötti összefüggéseket, valamint egymásra kifejtett hatásukat döntően a kettőjük mennyisége és minőségi összetétele határozza meg.

Arra, hogy az agyagtartalom vagy a humusztartalom befolyásolja-e jobban az aszályérzékenységet, csak célzott vizsgálatok eredményei adhatják meg választ. Az agyagtartalom „kettős szerepéből” kiindulva nehéz megítélni azt, hogy az egyes talajtulajdonságok milyen súllyal és hogyan vesznek részt a kombinálódó hatásban, így együttesen kialakítva az egyes talajoknak az aszály okozta stressz-hatásra adott választát.

Egyértelműen kimutatható, hogy az erősen savanyú talajoknak legnagyobb fokú az aszályérzékenysége (*1. táblázat*). A savanyú talajok szerkezete hajlamos a leromlásra és a tömörödéssre, ezért vízgazdálkodásuk is kedvezőtlen. Alacsony pH tartományon a talaj biológiai aktivitása is csökken, a baktériumok tevékenységének visszaszorulásával a mineralizáció és a nitrifikáció lelassul, a tápanyagok feltárolódása gátoltta válik. Felelősek mindezek a rossz tápanyag-gazdálkodási körülmények kialakulásáért, így a savanyú talajok termékenysége elmarad az átlagos szinttől. Közepesen savanyú és semleges kémhatású talajok közepes mértékben képesek tolerálni a vízhiány okozta stressz-hatást. A kukorica esetében a gyengén lúgos talajok képesek nagymértékben tompítani az aszályos időszakok negatív hatásait. Az utóbbi esetben is azt kell feltételeznünk, hogy az egyéb talajjellemzőkkel való kombinált hatás érvényesül.

Vizsgálati eredményeink azt támasztják alá, hogy a közepes mérsz tartalom a legkedvezőbb az aszálytompító-hatás szempontjából (*1. táblázat*) (vö. *Késmárki et al.* 2005). A karbonát-tartalom szerkezetstabilizáló szerepet tölt be, amely kedvező a morzsás és porhanyós agronómiai szerkezet kialakulása során. Kedvezően befolyásolja a talajok vízgazdálkodását, jó minőségű szervesanyag alakul ki, javul a tápanyag-forgalom, valamint a talajerő-utánpótlás hasznosulása is növekszik, amelyek szintén pozitívan hatnak a termőképességre.

### Következtetések

Vizsgálataink igazolják, amelyet számos hazai szakirodalmi megállapítások is alátámasztanak, hogy az egyes termőhelyek jellemző talajtípusainak vízgazdálkodási tulajdonságaival magyarázható nagy bizonyossággal a kukoricánövény és termőterületek különböző aszályérzékenysége, amelynek mértékét tompítani tudja az altalajvíz talaj-aszályt csökkentő szerepe. Elsősorban a természetes vízellátottság határozza meg a várható kukoricatermés nagyságát.



A kukorica növénynél kidolgozott módszerünk az időjárási faktorok kedvezőtlen kumulatív hatásainak figyelembevételére sajnos nem alkalmas, mert a számításakor nem vettük tekintetbe az előző évi vízhiány mértékét. Jövőbeni kutatási irányként azt tervezzük, hogy *Blaskó és Zsigrai* (2000), majd *Jolánkai et al.* (2003) által igazolt, a tenyészidő csapadékellátottsága és a termés hozamok közt megállapított igen szoros összefüggésre alapozva, a vegetációs időszakra vonatkozó meteorológiai adatsorok alapján pontosítsuk az aszályérzékenységi mutatókat. Vizsgálni kívánjuk továbbá a talaj aszályérzékenységi mutatók és az alkalmazott agrotechnikai eljárások, valamint a tápanyag-gazdálkodás közötti kapcsolatot: miként függ az aszályérzékenység az egyes talajváltozatokon az alkalmazott agrotechnikától, az elővetemény-hatásától és a műtrágya hatóanyagok kijuttatásától.

Az általunk szerkesztett, valós növénytermesztési adatokon alapuló terméshozam térképek Magyarországon még újdonságnak számítanak, eddig hasonló tematikájú munkák nem készültek. A nagyléptékű (országos) talajtermékenységi kutatásaink megteremtik annak a lehetőségét, hogy 1:10000 méretarányú termőhelyi klímaérzékenységi talajtérképek készüljenek, melyek segíthetik a talajspecifikus, klímaváltozáshoz alkalmazkodó növénytermesztést.

### Köszönetnyilvánítás

A kutatás a TÁMOP-4.2.4.A/2-11/1-2012-0001 azonosító számú Nemzeti Kiválóság Program „*Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése konvergencia program*” című kiemelt projekt által nyújtott személyi támogatással valósult meg. Szakmailag szorosan kapcsolódik a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0064 projekthez. A projektek az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósulnak meg.

### Irodalom

- Antal E.*: 1966. Egyes mezőgazdasági növényállományok potenciális evapotranszspirációja. Öntözéses gazdálkodás. 4. 1: 69–83.
- Antal J.–Jolánkai M.*: 2005. Növénytermesztés tan 1. A növénytermesztés tan alapjai, Gabonafélék. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 315–316.
- Árendás T.–Berzsenyi Z.–Szundy T.–Marton L. Cs.–Bónis P.*: 2000. Kukorica termesztőknek. Gyakorlati Agrofórum. 11. 3: 44–47.

- Bartholy J.–Bihari Z.–Horányi A.–Krüzselyi I.–Lakatos M.–Piec zka I.–Pongrácz R.–Szabó P.–Szépszó G.–Toma Cs.:* 2011. Hazai éghajlati tendenciák. [In: Bartholy J. et al. (szerk.) Klímaváltozás – 2011. Klímaszcenáriók a Kárpát-medence térségére.] Magyar Tudományos Akadémia – Eötvös Loránd Tudományegyetem Meteorológiai Tanszék, Budapest. <http://nimbus.elte.hu/~klimakonyv/Klimavaltozas-2011.pdf> 145–169.
- Biacs P.–Kocsondi Cs. né–Dobos Gy.:* 2004. A magyar mező- és erdőgazdaság feladatai a klímaváltozás tükrében. „AGRO-21” Füzetek. 33: 70–83.
- Bihari Z. (szerk.)–Gauzer B.–Gnandt B.–Gregorič, G.–Herceg Á.–Kovács T.–Kozák P.–Lakatos M.–Mattányi Zs.–Nagy A.–Németh Á.–Pálfai I.–Szalai S.–Szentimrey T.–Vincze E.:* 2012. Délkelet-Európai Aszálykezelési Központ – DMCSEE projekt. Összefoglaló a projekt eredményeiről. Országos Meteorológia Szolgálat. Budapest. [http://www.met.hu/doc/DMCSEE/DMCSEE\\_zaro\\_kiadvany.pdf](http://www.met.hu/doc/DMCSEE/DMCSEE_zaro_kiadvany.pdf)
- Birkás M.–Jolánkai M.–Stingli A.–Bottlik L.:* 2007. Az alkalmazkodó művelés jelentősége a talaj- és klímavédelemben. „AGRO-21” Füzetek. 51: 34–47.
- Blaskó L.–Zsigrai Gy.:* 2000. A műtrágyázás hatása a kukorica termésére és néhány talajjellemzőre réti csernozjom talajon. Gyakorlati Agroforum. 11. 3: 48–50.
- Bocz E.:* 1995. A fenntartható fejlődés időszerű kérdései. A fenntartható fejlődés időszerű kérdései a mezőgazdaságban – XXXVII. Georgikon Napok. Keszthely. 1–20.
- Bocz E.:* 2001: Magyarország vízellátottságának romlása. [In: Lunczer S. (szerk.) Vízellátottsági és öntözési jelzés 1–2.] Debreceni Agrártudományi Egyetem. Debrecen.
- Bradford, K. J.:* 1994. Water stress and the water relations of seed development: a critical review. Crop Science. 34. 1: 1–11.
- Csajbók J.:* 2000. A termesztési tényezők és a produkció összefüggései kukoricában. Agrártermékpiacon és környezetük – XLII. Georgikon Napok. Keszthely. 231–235.
- Csete L.–Láng I.:* 2005. A fenntartható agrárgazdaság és vidékfejlesztés. MTA Társadalomkutató Központ. Budapest.
- Csorba P.–Blanka V.–Vass R.–Nagy R.–Mezősi G.–Burghard, M.:* 2012. Hazai tájak működésének veszélyeztetettsége új klímaváltozási előrejelzés alapján. Földrajzi Közlemények. 136. 2: 237–253.
- Debreczeni B. né–Kuti L.–Makó A.–Máté F.–Szabóné Kele G.–Tóth G.–Várallyay Gy.:* 2003. D-e-Meter földminősítési viszonzyszámok elméleti háttere és információ tartalma. [In: Gaál Z. et al. (szerk.) Földminősítés és földhasználati információ.] Veszprémi Egyetem. Keszthely. 23–36.
- Domokos Gy.:* 2004. A térinformatika fejlődése, helyzete Magyarországon. [In: ESRI Magyarország Kft. – Térinformatika.] Nyugat-magyarországi Egyetem Geoinformatikai Kar. Székesfehérvár. <http://www.geo.info.hu/rendezvenyek/10eves/3/4%20ESRIGEO10.pdf>.
- Domonkos P.:* 2004. Éghajlat előrejelzés a 2005–2025 időszakra. „AGRO-21” Füzetek. 33: 18–35.

- Dorland, van R.*: 2000. Climate change and greenhouse effect. *Change*. 50: 16–18.
- Downing, T. E.–Harrison, P. A.–Butterfield, R. E.–Lonsdale K. G.*: 2000. Climate Change, Climatic Variability and Agriculture in Europe. University of Oxford. Oxford.
- Farkas Cs.–Hernádi H.–Makó A.–Marth P.–Tóth B.*: 2009. A Magyarországi Részletes Talajfizikai és Hidrológiai Adatbázis (MARTHA) bemutatása. Mezőgazdasági Szakigazgatási Hivatal Központ. Növény- és Talajvédelmi Igazgatóság. Budapest.
- Geoffrey, L.*: 1995. Down to Earth. UNCCD. Bonn.
- Gyuricza Cs.*: 2004. A víztakarékos talajművelés lehetőségei. *Agro Napló*. 8. 5: 16–18.
- Harnos Zs.*: 1993. Időjárás és időjárás-termés összefüggéseinek idősoros elemzése. [In: Baráth Cs.-né et al. (szerk.) *Aszály 1983.*] KÉE. Budapest. 9–43.
- Hermann T.–Kismányoky T.–Tóth G.*: 2014a. A foszfor-ellátottság hatása a kukorica (*Zea mays* L.) termőképességére mezőszégi és barna erdőtalajú termőhelyeken, különböző évjáratokban. *Növénytermelés*. 63. 1: 1–18.
- Hermann T.–Kismányoky T.–Tóth G.*: 2014b. A humuszellátottság hatása a kukorica (*Zea mays* L.) termésére csernozjom és barna erdőtalajú termőhelyeken, különböző évjáratokban. *Növénytermelés*. 63. 2: 1–22.
- Jan, R.–Mike, H.–Thomas, E. D.*: 1994. Climate change implications for Europe. *Global Environmental Change*. 4: 97–124.
- Jassó F.–Horváth B.–Izsó I.–Király L.–Parászka L.–Szabóné Kele G.*: 1989. Útmutató a nagyméretarányú országos talajterképezés végrehajtásához. Agroinform Kiadó. Budapest.
- Jolánkai M.–Szentpétery Zs.–Szöllősi G.*: 2003. Az évjárat hatása az őszi búza termésére és minőségére. „AGRO-21” Füzetek. 31: 74–82.
- Jolánkai M.*: 2005. A klímaváltozás hatása a növénytermesztésre. „AGRO-21” Füzetek. 41: 45–58.
- Jolánkai, M.–Birkás, M.*: 2009. Climate change and water availability in the agroecosystems of Hungary. *Columbia University Seminars*. 38–39: 171–180.
- Kádár I.*: 1992. A növénytaplálás alapelvei és módszerei. MTA TAKI. Budapest.
- Kádár I.*: 1998. Műtrágyázás hatása a talaj termékenységére mészlepedékes csernozjom talajon, Nagyhörcsök. [In: Blaskó L.–Zsigrai Gy. (szerk.) *Műtrágyázás, talajsavanyodás és meszezés összefüggései az OMTK kísérlethálózat talajain.*] OMTK kiadvány. Regiocon Kft. Kompolt–Karcag. 55–68.
- Késmárki I.–Kajdi F.–Petróczki F.*: 2005. A globális klímaváltozás várható hatásai és válaszai a Kisalföld szántóföldi növénytermelésében. „AGRO-21” Füzetek. 43: 24–38.
- Kismányoky T.–Debreczeni B.-né*: 2002. A búza és kukorica műtrágyázásának tapasztalatai az országos műtrágyázási tartamkísérletekben. [In: Pepó P.–Jolánkai M. (szerk.) II. Növénytermesztési Tudományos Nap.] MTA Növénytermesztési Bizottság. Budapest. 133–137.

- Kismányoky T.*: 2005. A globális klímaváltozás hatásai és válasza Közép- és Dél-Dunántúl szántóföldi növénytermelésében. „AGRO-21” Füzetek. 41: 81–94.
- Kocsis M.–Tóth G.–Berényi Üveges J.–Makó A.*: 2014. Az Agrokémiai Irányítási és Információs Rendszer (AIIR) adatbázis talajtani adatainak bemutatása és térbeli reprezentativitás-vizsgálata. *Agrokémia és Talajtan*. 63: 223–248.
- Láng I.*: 2003. A globális klímaváltozással kapcsolatos feladatok kutatásának terve. *A falu*. 18: 85–89.
- Lakatos, M.–Szentimrey, T.–Bihari, Z.–Szalai, S.*: 2013. Creation of a homogenized climate database for the Carpathian region by applying the MASH procedure and the preliminary analysis of the data. *Időjárás*. 117. 1: 143–158.
- Lobell, D. B.–Asner, G. P.*: 2003. Climate and management contributions to recent trends in U.S. agricultural yield. *Science*. 299: 1032–1045.
- Makó A.–Tóth G.–Máté F.–Hermann T.*: 2007. A talajtermékenység számítása a változati talajtulajdonságok alapján. [In: Tóth T. et al. (szerk.) *Földminőség, földértékelés és földhasználati információ.*] MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet – Pannon Egyetem. Budapest–Keszthely. 39–44.
- Makó, A.–Tóth, B.–Hernádi, H.–Farkas, Cs.–Marth, P.*: 2010. Introduction of the Hungarian Detailed Soil Hydrophysical Database (MARTHA) and its use to test external pedotransfer functions. *Agrokémia és Talajtan*. 59: 29–38.
- Márton L.*: 2002. A csapadék, a tápanyagellátás és az őszi búza (*Triticum aestivum* L.) termése közötti kapcsolat. *Növénytermelés*. 51. 5: 530–540.
- Márton, L.*: 2005. Effect of mineral fertilization and rainfall on the yield of maize (*Zea mays* L.). *Agrokémia és Talajtan*. 54. 3: 309–324.
- Máté F.–Makó A.–Sisák I.–Szász G.*: 2008. Talajaink klímaérzékenysége, talajföldrajzi vonatkozások. [In: Simon L. (szerk.) *Talajtani Vándorgyűlés*. 2008. május 28–29.] *Talajvédelem*, különszám: 141–146.
- Máté F.–Makó A.–Sisák I.–Szász G.*: 2009. A magyarországi talajzónák és a klímaváltozás. „AGRO-21” Füzetek. 56: 36–42.
- Menyhért Z.*: 1985. A kukoricatermesztés kézikönyve. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Mihályfalvy I.–Németh S.*: 1967. A fontosabb szántóföldi növények vízigénye, öntözési normái és vízhasznosítása. Károlyi Mihály Országos Mezőgazdasági Könyvtár és Dokumentációs Központ. Budapest.
- Molnár Á.–Gácsér V.*: 2014. Szélsőséges éghajlat – szeszélyes időjárás. *Iskolakultúra*. 11–12: 4–12.
- Molnár K.*: 1996. Hazai csapadékváltozások. *Természettudományi Közlöny*. Különszám 127. 1: 66–68.
- Nagy J.*: 2005. A mezőgazdasági földhasználat, a szántóföldi növénytermelés és vízgazdálkodás. „AGRO-21” Füzetek. 41: 38–46.
- Nagy J.*: 2010. A kukoricatermelés jelene és jövője. *Növénytermelés*. 59. 3: 85–111.

- Neidhart, B.–Soldati, A.–Stamp, P.*: 1994. Soil water status related to anthesis – silking interval and grain yield of maize (*Zea mays* L.). Third Congress of ESA. Proceedings. Abano–Padova. 196–197.
- Outtar, S.–Jones, R. J.–Crookston, R. K.–Kajetumo, M.*: 1987. Effect of drought on water relations of developing maize kernels. *Crop Science*. 27: 730–735.
- Palkovics G.–Koltai G.*: 2004. A talaj vízgazdálkodása és a növényi produkció kapcsolata különös tekintettel a talajvíz szerepére. *Agro Napló*. 8. 5: 23–28.
- Patrick, J. M.*: 2002. Global Warming. Cato Institute. Washington. USA.
- Pepó P.–Szabó P.–Albrecht L.*: 2002. Az állománysűrűség szerepe a fajtaspecifikus kukoricatermesztésbe. *Gyakorlati Agroforum*. 13. 3: 34–36.
- Pepó P.*: 2005. A globális klímaváltozás hatásai és válaszai a Tiszántúl szántóföldi növénytermelésében. „AGRO-21” Füzetek. 41: 59–65.
- Pepó P.*: 2007. A klímaátlakulás kedvezőtlen hatásai és az alkalmazkodás termesztéstechnológiai elemei a szántóföldi növénytermesztésben. *Agroforum*. 18. 11: 17–26.
- Pető K.–Ruzsányi K.–Sárvári M.*: 1991. Növénytermesztési füzetek 3. Kukorica, cirok. Debrecen. 53–64.
- Petr, J.–Cerny, V.–Hruska, L.*: 1985. A főbb szántóföldi növények termésképződése. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Petrasovits L.*: 1988. Az agrohidrologia főbb kérdései. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- Rajkai K.*: 2005. A víz mennyisége, eloszlása és áramlása a talajban. MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet. Budapest.
- Radics L. (szerk.)*: 1994. Szántóföldi növénytermesztéstan. KÉE Kertészeti Kar. Budapest.
- Rácz, L.*: 1999. Climate History of Hungary Since 16<sup>th</sup> Century: Past, Present and Future. Discussion paper. Center for Regional Studies of the Hungarian Academy of Sciences. Pécs.
- Runge, E. C.*: 1968. Effect of rainfall and temperature interaction during the growing season on corn yield. *Agronomy Journal*. 60: 503–507.
- Ruzsányi L.*: 1996. Aszály hatása és enyhítésének lehetőségei a növénytermesztésben. [In: Cselótei L.–Harnos Zs. (szerk.) Éghajlat, időjárás, aszály.] Akaprint. Budapest. 5–66.
- Ruzsányi L.*: 2000. Hidrometeorológia szélsőségek növénytermesztési értékelése. [In: Nagy J.–Pepó P. (szerk.) Talaj, növény és környezet kölcsönhatásai.] IV. Nemzetközi Tudományos Szeminárium. Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum. Debrecen. 145–161.
- Sárákány P.*: 1975. Termelési rendszerek a szántóföldi növénytermesztésben. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Sárvári M.*: 2001. A termesztési tényezők hatása a kukorica hibridek termesztésére. Habilitációs eljárás tézisei.

- Sárvári M.–El-halof N.–Molnár Zs.: 2006. A kukorica termesztése. Őstermelő. 2: 60–62.
- Szász G.: 1971. A természetes csapadékviszonyokra épülő növénytermesztés agrometeorológiai kérdései Magyarországon. MTA X. Osztály Közleményei. 4: 187–198.
- Szász G.–Tőkei L.: 1997. Meteorológia mezőgazdáknak, kertészeknek, erdészeknek. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- Szász G.: 2005. Az éghajlat változékonysága és a szántóföldi növények terméshingadozása. „AGRO-21” Füzetek. 38: 59–77.
- Stekauerová, V.–Nagy, V.: 2006. Course of layer water content in agricultural cultivated soil during years 1999 and 2000. Cereal Res. Commun. 34. 1: 287–290.
- Tóth, B.–Makó, A.–Guadagnini, A.–Tóth, G.: 2012. Water retention of salt affected soils: quantitative estimation using soil survey information. Arid Land Research and Management. 26: 103–121.
- Tóth, G.: 2001. Soil productivity assessment method for integrated land evaluation of Hungarian croplands. Acta Agronomy Hungarian. 49. 2: 151–160.
- Vad, A.–Zsombik, L.–Szabó, A.–Pepó, P.: 2007. Critical crop management factors in sustainable maize (*Zea mays* L.) production. Cereal Res. Commun. 35. 2: 1253–1256.
- Varga-Haszonits Z.–Varga Z.: 2005. Nyugat-Magyarország éghajlati viszonyai és a kukorica. „AGRO-21” Füzetek. 43: 71–79.
- Varga-Haszonits Z.–Varga Z.–Lantos Zs.–Enzsölné G. E.–Gerencsér E.–Milics G.: 2008. A talajok vízellátottságának hatása a gazdasági növények vízigényének alakulására. Agrokémia és Talajtan. 57. 1: 7–20.
- Vágó, K.–Dobó, E.–Kumar Singh, M.: 2006. Predicting the biochemical phenomenon of drought and climate variability. Cereal Res. Commun. 34. 1: 93–97.
- Várallyay Gy.: 1989. Az öntözéses gazdálkodás talajtani alapjai. [In: Szalai Gy. (szerk.) Az öntözés gyakorlati kézikönyve.] Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 27–99.
- Várallyay, Gy.: 1997. Environmental relationships of soil water management. [In: Nagy J. (szerk.) Soil, Plant and Environment Relationships.] Debrecen Agricultural University. Debrecen. 7–32.
- Várallyay Gy.: 2005. A magyar Alföld szélsőséges vízgazdálkodásai és az ahhoz történő alkalmazkodás lehetőségei és korlátai. [In: Pepó P. (szerk.) Korszakváltás a hazai mezőgazdaságban: a modern mezőgazdálkodás alapjai.] Tudományos Ülés. Debrecen. 43–51.
- Wetherald, R. T.–Manabe, S.: 1995. The mechanism of summer dryness induced by greenhouse warming. Journal Climate. 8: 3096–3108.

A szerzők levelezési címe - Address of the authors:

\*Dr. Kocsis Mihály - Dunai Attila - Dr. Tóth Gergely  
Pannon Egyetem Georgikon Kar  
Növénytermesztéstani és Talajtani Tanszék  
Keszthely  
Festetics u. 7.  
H-8360  
\*kocsis.mihaly@2010.georgikon.hu

Dr. Makó András  
MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet  
Budapest  
Herman Ottó út 15.  
H-1022





## Csemegekukorica (*Zea mays* L. convar. *saccharata*) sztómaműködése és hatása a növekedésre és terméskomponensekre eltérő vízellátás alatt

<sup>1</sup>NEMESKÉRI ESZTER – <sup>2</sup>MOLNÁR KRISZTINA – <sup>3</sup>DOBOS ATTILA CSABA

<sup>1</sup>Szent István Egyetem Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar,  
Kertészeti Intézet, Gödöllő

<sup>2</sup>Debreceni Egyetem Agrár Kutatóintézetek és Tangazdaság,  
Agrometeorológiai és Agroökológiai Monitoring Központ, Debrecen

<sup>3</sup>Debreceni Egyetem Mezőgazdaság, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar,  
Földhasznosítási, Műszaki és Területfejlesztési Intézet, Debrecen

### Összefoglalás

Eltérő tenésziidejű szuper édes csemegekukorica hibridek vízforgalmat szabályozó tulajdonságait (sztómarezisztencia, sztómasűrűség), levélterület indexet (LAI) és a terméskomponenseket vizsgáltuk optimális vízellátásban, mérsékelt vízhiányban és öntözés nélküli körülmények alatt, kisparcellás kísérletben. Öntözés nélkül termesztett hibrideknél a nagy sztómarezisztencia és sztómasűrűség hozzájárult a növénymagasság jelentős csökkenéséhez, valamint a cső átmérőjének és tömegének csökkenéséhez. Mérsékelt vízhiány, a kései GSS 2259 hibrid kivételével, nem csökkentette a csemegekukorica hibridek tövenkénti cső tömegét az optimális vízellátásban részesülő egyedekhez képest. Címerhányás alatt, az öntözővíz mennyiségének csökkenése 9–19%-kal csökkentette a kései érésű hibridek LAI értékét, de nem változtatta a középkoraiét. A csemegekukorica genotípusok vízhiány-tűrésének értékelése címerhányás alatt, mérsékelt vízhiányban eredményes, a sztómarezisztencia és a fosztott cső tömeg közötti szignifikáns összefüggés ( $r=0,69$ ) alapján. Öntözés nélkül, száraz körülmények és nővirágzás alatt mért sztómarezisztencia és fosztott cső tömeg ( $r=0,61$ ) illetve LAI és fosztott cső tömeg ( $r=0,80$ ) korrelációja ad lehetőséget vízhiánytűrő genotípusok kiválasztására.

**Kulcsszavak:** csemegekukorica, sztómarezisztencia, sztómasűrűség, öntözés

**Stomatal behaviour and its influence on  
the growing and yield components of sweet corn  
(*Zea mays* L. convar. *saccharata*)**

<sup>1</sup>E. NEMSKÉRI – <sup>2</sup>K. MOLNÁR – <sup>3</sup>A. CS. DOBOS

<sup>1</sup>Szent István University Faculty of Agricultural and Environmental Sciences, Institute of Horticulture and Technology, Gödöllő

<sup>2</sup>University of Debrecen Centre of Agricultural Sciences, Agrometeorological and Agroecological Monitoring Centre, Debrecen

<sup>3</sup>University of Debrecen Faculty of Agricultural and Food Sciences and Environmental Management, Institute of Land Utilisation, Regional Development and Technology, Debrecen

**Summary**

Small plot experiments were carried out to examine the characteristics correlated with the water circulation including stomatal resistance, stomatal density and leaf area index (LAI) and yield components of super sweet corn hybrids with different ripening under optimum water supply, moderate water deficit and non-irrigated conditions. High stomatal resistance and stomatal density contributed to significant decrease of plant height, as well as diameter and weight of ears of sweet corn hybrids grown under non-irrigated conditions. Moderate water deficiency did not decrease the individual weight of ear in comparison with the well-irrigated plants, except the late-ripening GSS 2259 hybrid. During tasselling, LAI values of late-ripening hybrids decreased by 9 and 19% using deficit irrigation but it was not changed for mid-early ripening one. The evaluation of water tolerance of sweet corn genotypes is efficient during tasseling, under moderate water deficiency that based on the significant correlation between stomatal resistance and weight of husked ear ( $r=0.69$ ). During silking, under non-irrigated dry conditions, the correlation between the stomatal resistance and weight of husked ear ( $r=0.61$ ) as well as LAI and weight of husked ear ( $r=0.80$ ) make the possibility to select genotypes with water stress tolerance.

**Key words:** sweet corn, stomatal resistance, stomatal density, irrigation

## Деятельность устьиц сахарной кукурузы (*Zea mays* L. *convar. saccharata*) и её влияние на рост и компоненты урожая при различной водообеспеченности

<sup>1</sup>Э. НЕМЕШКЕРИ – <sup>2</sup>К. МОЛНАР – <sup>3</sup>А. Ч. ДОБОШ

<sup>1</sup>Университет им.Св.Иштвана Факультет Сельского Хозяйства и Экологии,  
Институт Садоводства, Гёдёллэ

<sup>2</sup>Дебреценский Университет Аграрные Исследовательские Институты и  
Учебное хозяйство, Центр Агрометеорологического и  
Агроэкологического Мониторинга, Дебрецен

<sup>3</sup>Дебреценский Университет Факультет Сельского Хозяйства,  
Науки о Пище и Экологического Менеджмента, Институт Землепользования,  
Технический и Развития Территорий, Дебрецен

### Резюме

Исследовали регулирующие водообращение свойства гибридов супер сладкой сахарной кукурузы различных вегетационных периодов (резистенция устьиц, густота устьиц), индекс поверхности листа (LAI) и компоненты урожая в оптимальной водообеспеченности, в умеренном недостатке воды и в условиях без орошения, в опыте с малыми парцеллами. У выращиваемых без орошения гибридов большая устьичная резистенция и густота устьиц способствовала значительному уменьшению высоты растений, а также уменьшению диаметра початков и их массы. Умеренная нехватка воды, кроме позднего гибрида GSS 2259, не уменьшила массу початков гибридов сахарной кукурузы на стебле по сравнению с индивидуумами, обеспеченными оптимальной водообеспеченностью. Во время выбрасывания соцветия, уменьшение количества оросительной воды на 9–19%-ов уменьшило величину LAI гибридов позднего вызревания, но не изменила у гибридов среднего времени созревания. Оценка резистенции к отсутствию воды генотипов сахарной кукурузы во время выбрасывания соцветия, в умеренном дефиците воды результативная, на основании значительной взаимосвязи резистенций устьиц и массы лущёного початка ( $r=0,69$ ). Без орошения, засушливые условия и измеренная за время цветения женского соцветия резистенция устьиц и масса лущёного початка ( $r=0,61$ ) а также кор-

реляция LAI и массы лущёного початка ( $r=0,80$ ) даёт возможность выбрать толерантные к недостатку воды генотипы.

**Ключевые слова:** сахарная кукуруза, резистенция устьиц, густота устьиц, орошение

## Bevezetés

A csemegekukoricát feldolgozása, felhasználása miatt a zöldségnövények közé, de termesztése, és jelentős vetésterülete miatt a szántóföldi növények közé sorolják. A klímaváltozás következményeként gyakran előforduló száraz periódusok szükségessé teszik a csemegekukorica öntözését (Pereczes 1999, Helyes 2007), és a jó vízhasznosítású fajták kiválasztását. Vízhiányban a növények fejlődése lelassul, levélfelülete csökken. Stone et al. (2001) megállapították, hogy a korai, nővirágzás előtti vízhiány a levél terület index (LAI) nagyságát csökkenti, azonban nővirágzás után előforduló közepes erősségű vízhiány nem befolyásolja lényegesen a LAI értékét, de felgyorsítja a levelek öregedését. A kukorica fejlődési szakaszaiban fellépő vízhiány erőssége, időtartama szoros összefüggésben van a terméssel (Salter és Goode 1967, Nigicser 2001). A korai fejlődés alatt, csíranövény állapotban fellépő talaj szárazság jelentősen nem csökkenti a termést még akkor sem, ha a növények további enyhe szárazságnak vannak kitéve a hajtásnövekedés alatt (Kang et al. 2000). Későbbi időszakban, rövid ideig (3–4 nap) tartó vízhiány a címerhányás, nővirágzás és szemfejlődés alatt jelentős termés kiesést (40–50%) okozhat (Claassen és Shaw 1970), azonban ennek mértékét a hibridek vízhasznosítása befolyásolja (Molnár et al. 2015). Korlátozott vízellátás alatt, a vízhasznosítás hatékonysága összefügg a sztóma sűrűséggel, sztómák méretével (Hardy et al. 1995, Yang et al. 2004). A sztómasűrűség több tényezőtől, mint a környezeti tényezőktől, levél terület, levél helyzetétől függ (Meidner és Mansfield 1969, Gay és Hurd 1975). Vízhiány alatt a növények a sztómák zárásával csökkentik a vízvesztést, de hosszabb ideig tartó sztómazárás gátolja a sejtek között a CO<sub>2</sub> áramlását (Sing és Reddy 2011) ezáltal a fotoszintézist, ami végső soron a termés csökkenését eredményezi. Szoros szignifikáns összefüggést állapítottak meg a sztómarezisztencia és borsó genotípusok termése között, miszerint a sztómarezisztencia növekedésével jelentősen csökken az egyedek termése (Nemeskéri et al. 2015 ab).

Jelentős számú kísérlet vizsgálta a vízellátás hatását a kukorica termőképességére, de kevés foglalkozott a csemegekukorica tanulmányozásával. Hiányosak az ismereteink a csemegekukorica vízforgalmat szabályozó élettani tulajdonságainak és a termés mennyiségének kapcsolatáról. A tanulmány bemutatja a sztómaműködés szerepét csemegekukorica hibridek fejlődésében és a terméssel való kapcsolatát eltérő vízellátásban.

### Anyag és módszer

2011–2013 között, szuper édes (*sh2*) csemegekukorica hibridek termőképességét, vízforgalmát befolyásoló élettani tulajdonságait vizsgáltuk kisparcéllás kísérletben. Három eltérő tenyészidejű hibrid került kiválasztásra: a GSS 1477 középkorai (74 nap), Overland középkései (84 nap) és GSS 2259 (87 nap) kései tenyészidejű volt. A kísérlet kivitelezése kéttényezős kísérletben történt, ahol a fő tényező a vízellátás, melléktényező a hibridek voltak. A négysoros elemi parcella sorok közötti távolsága 70 cm, mérete 8,4 m<sup>2</sup> volt. Mindegyik hibrid véletlen blokk elrendezésben, öntözési kezelésként három ismétlésben, 60 tő/parcella állománsűrűséggel, került vetésre a Debreceni Egyetem MÉK Kertészettudományi Intézet bemutató kertjében. A kísérleti terület talaja mészlepedékes csernozjom. Morzsalékos szerkezetű, a humuszanyagok felhalmozódása miatt könnyen művelhető. A csapadék a CaCO<sub>3</sub>-tartalmat a mélyebb rétegekbe mossa, így a felső talajrétegre jellemző a kilúgzás. A mészhiány miatt száraz periódusban cserepedésre hajlamos. Tápanyagtartalma közepes, tápanyag-dinamizmusa jó. A talaj szervesanyag-tartalma 2,75%, kötöttsége 45 AK, pH értéke 7, N-tartalma 0,12%, AL-oldható P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 100 mg/kg, K<sub>2</sub>O tartalom 165 mg/kg. A talaj szabadföldi vízkapacitása 270–285 mm/m, holtvíz-tartalma 120–133 mm/m között volt.

A növények három vízellátásban: optimális vízellátásban, vízhiányban és öntözés nélkül, természetes csapadék-ellátottságban részesültek. Az öntözővíz mennyiségét, az evapotranszpirációs veszteség alapján, *Shuttleworth* és *Wallace* (1985) módszer felhasználásával, a kísérlet mellett lévő meteorológiai állomás napi adatai alapján határoztuk meg. Ennek megfelelően az optimális vízellátottságban ( $I_{1,0}$ ) a kijuttatott öntözővíz mennyisége a becsült evapotranszpirációs (ET 100%) veszteségnek felelt meg, a mérsékelt vízhiányt ( $I_{0,5}$ ) az öntözött ( $I_{1,0}$ ) parcellákra kijuttatott vízmennyiség fele, a száraz, nem öntö-

zött ( $I_0$ ) körülményt kizárólag a csapadék mennyisége biztosította. Az öntözés csepegtető öntözőrendszerrel került kivitelezésre.

Minden elemi parcellában 10–10 növényt jelöltünk ki, amelyeken mértük a sztómaellenállást, sztómasűrűséget, illetve a vegetatív fejlődési mutatót kifejező levélterület indexet (LAI). A méréseket három időpontban, 6–8 leveles állapotban (ST1), címerhányás (ST2) és 50%-os nővirágzás alatt (ST3) végeztük. A sztómarezisztencia mérését AP4 (Delta T Devices, Anglia) porométer műszerrel, minden alkalommal, 10 és 15 óra között végeztük. A sztómarezisztencia s/cm mértékegységben fejezi ki a sztómákon áthaladó vízgőz diffúzió mértékét. A levélfelületen lévő sztómasűrűség meghatározása *Nemeskéri et al.* (2015a) által leírtak szerint történt és egységnyi levélfelületre ( $\text{mm}^2$ ) eső sztómák számával került bemutatásra. A növényállomány fejlődésének intenzitását LAI-2000 (Plant Canopy Analyzer LI-COR Inc. USA) műszerrel mértük, és a sztómarezisztencia mérésével azonos időpontban végeztük. A kijelölt növények termését külön takarítottuk be, mértük a növényenkénti magasságot, tövenként a csövek számát, a csövek csuhéleveles illetve fosztott tömegét, a csövek hosszát és átmérőjét.

Az adatok elemzése SPSS for Windows 13.0 statisztikai programmal, két-tényezős variancia-analízissel (vízellátás×fejlődési szakaszok) történt. A fajták termésanalízise hasonló módon került kivitelezésre. A kezeléshatások és fajták közötti különbségek összehasonlítása Duncan-tesztel, a fejlődési szakaszokban mért sztómarezisztencia, sztómasűrűség, LAI és termés elemek közötti kapcsolat feltárása regresszió-analízissel történt.

## Eredmények

2011 és 2012 évben, a csemegekukorica tenyésztése alatt a növények közel azonos csapadékeloszlásban (211,9; illetve 182,8 mm), míg 2013-ban elégtelen vízellátásban részesültek (*1. táblázat*). A csapadékeloszlás, kiegészítve az öntözéssel, különböző vízellátást biztosított a növények számára az egyes fejlődési szakaszokban; 2011 évben a nővirágzás és szemérés időszaka csapadékos (101,59, illetve 121,8 mm), 2013-ban igen száraz volt, míg 2012-ben, a címerhányástól szemérésig tartó időszakot közepes vízellátottság jellemezte (*1. táblázat*).

1. táblázat. Meteorológiai adatok csemegekukorica fejlődési szakaszaiban (2011–2013)

Fenológia (1)	Dátum (hónap, nap) (2)	Év (3)	T <sub>min</sub> (4)	T <sub>max</sub> (5)	*RH% (6)	Talaj hőmérséklet (°C) (7)	Csapadék (mm) (8)	Öntözés (mm) (9)	Csapadék+ öntözés (mm) (10)
Vetés - kelés (11)	05.19.–05.31. 05.11.–05.23. 05.07.–05.19.	2011 2012 2013	12,59 9,72 12,01	28,41 22,73 25,35	63,78 72,25 70,30	16,44 16,41 18,51	6,1 33,2 33,2		6,10 33,20 33,20
Kelés - 6–8 leveles (12)	06.01.–06.14. 05.24.–06.18. 05.20.–06.25.	2011 2012 2013	15,49 13,43 13,81	28,19 25,92 24,87	64,54 71,08 75,93	18,05 17,92 19,33	12,4 90,4 73,0		12,40 90,40 73,00
Gímer- hányás (13)	06.15.–06.29. 06.19.–06.27. 06.26.–07.15.	2011 2012 2013	13,45 13,37 13,69	27,45 30,26 26,68	64,97 64,73 70,56	17,52 19,92 19,94	10,6 11,6 34,4	60,02 42,48 39,38	70,62 54,08 73,78
Nóvirágzás (50%)(14)	06.30.–07.15. 06.28.–07.18. 07.16.–07.22.	2011 2012 2013	15,41 16,63 13,90	28,66 31,90 28,26	69,26 65,11 63,73	18,71 20,94 20,05	61,0 24,8 37,90	40,59 44,56 37,90	101,59 69,36 37,90
Érés - betakarítás (15)	07.16.–08.18. 07.19.–08.14. 07.23.–08.13.	2011 2012 2013	15,14 16,37 15,70	26,34 30,35 32,62	77,05 65,41 61,36	19,82 20,94 25,10	121,8 32,8 4,4	121,8 36,59 40,60	121,80 69,39 45,00
Összes vizellátás (mm)(16)		2011 2012 2013					211,9 182,8 145,0	100,61 123,63 117,88	312,51 306,43 262,88

Megjegyzés: \*RH%=relatív páratartalom

Table 1. Meteorological data during the development of sweet corn (2011–2013). (1) Phenophase, (2) Date, (3) Year, (4) Temperaturemin, (5) Temperaturemax, (6) Relative humidity (RH%), (7) Soil temperature (°C), (8) Precipitation (mm), (9) Irrigation (mm), (10) Precipitation+irrigation (mm), (11) Sowing - Emergence, (12) Emergence - 6–8 leaves stage, (13) Tasseling, (14) Silking (50%), (15) Grain filling - Harvesting, (16) Water supply

Természetes csapadékellátottságban, öntözés nélkül ( $I_0$ ), jelentősen nagyobb volt a csemegekukorica sztómarezisztencia mértéke, mint mérsékelt vízhiányban ( $I_{0,5}$ ) és optimális ( $I_{1,0}$ ) vízellátásban. Évenként és különböző fejlődési szakaszokban jelentős különbség mutatható ki a sztómarezisztencia nagyságában; 2011 évben a legnagyobb sztómarezisztenciát címerhányás alatt mértük, ezt követően nővirágzás alatt csökkent, míg 2012-ben nővirágzás alatt, 2013-ban címer és nővirágzás alatt volt nagyobb, mint korai, 6–8 leveles állapotban (2. táblázat). 2011 és 2013 évben, vízhiányos ( $I_0$ ,  $I_{0,5}$ ) körülmények alatt, a legnagyobb sztómarezisztencia címerhányás alatt fordult elő. A fejlődési szakaszokban a sztómarezisztencia mértéke összhangban volt a növények számára az adott időszakban rendelkezésre álló vízmennyiséggel (1–2. táblázat). A csemegekukorica levélfelületén legnagyobb sztómasűrűséget nővirágzás alatt mértünk. Ebben az időszakban jelentősen több sztóma található az öntözés nélkül termesztett növények alsó levélfelületén, mint az öntözöttekén. Ettől eltérően, 2011 év kivételével, a felső levélfelületen a sztómasűrűsége nem volt hatással a vízellátás mértéke sem címerhányás sem nővirágzás alatt (2. táblázat).

A növények fejlődési szakaszaik szerint változóan reagáltak a vízhiányra; korai vegetatív szakaszban kevésbé, a generatív szakaszban érzékenyebbek voltak vízhiányra. Három év adatai alapján, a hibridek fejlődése alatt és eltérő vízellátásban a sztómarezisztencia és a levélfelületeken a sztómasűrűség változását a 1–3. ábra mutatja be.

A címerhányás alatt mindegyik hibrid levelében nagyobb a sztómarezisztencia, a korábbi állapothoz (6–8 levél) képest. Nővirágzás alatt a kései érésű GSS 2259-nél magas maradt, a középkései Overland-nál csökkent, míg a középkorai GSS 1477 hibridnél tovább emelkedett a címerhányás alattihoz képest (1a. ábra). A csemegekukorica legtöbb vizet a címerhányástól a szemtelítésig igényli. Az ebben a szakaszban fellépő vízhiány sztómazárása a sztómarezisztencia növekedését idézi elő. A címerhányás alatt szárazságban ( $I_0$ ) a sztómarezisztencia meghaladta a 3 s/cm értéket, mérsékelt vízhiányban ( $I_{0,5}$ ) a legnagyobb sztómarezisztenciát (3 s/cm) a kései érésű GSS 2259 hibrid mutatta (1b. ábra). A nővirágzás alatt fellépő vízhiányra a középkorai GSS 1477 hibrid hasonló módon, de intenzívebben reagált, mint a középkései Overland (1c. ábra).



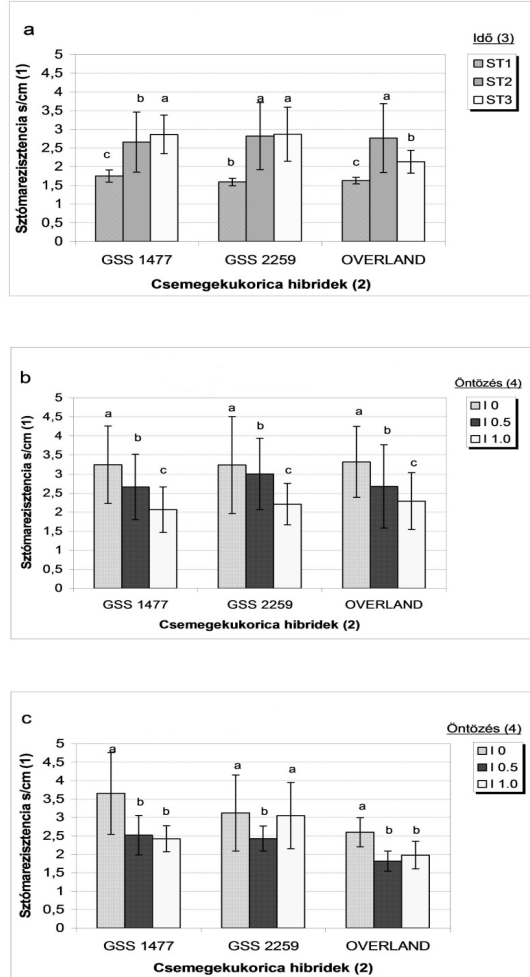
2. táblázat. Vízellátás hatása a sztómák működésére a csemegekukorica fejlődése alatt  
(St1=8 leveles, St2= címerhánnyás, St3= 50% nővirágzás)

Év (1)	Vízellátás* (2)	Sztómarezisztencia (s/cm) (3)			Sztómasűrűség alsó levéllemez (db/mm <sup>2</sup> ) (4)			Sztóma sűrűség felső levéllemez (db/mm <sup>2</sup> ) (5)		
		St1 (6)	St2 (7)	St3 (8)	St1 (6)	St2 (7)	St3 (8)	St1 (6)	St2 (7)	St3 (8)
2011	I <sub>10</sub> (9)	1,622 b	3,390 a	1,711 b	131,67 b	131,29 b	144,87 a	84,38 b	94,69 a	96,71 a
	I <sub>05</sub> (10)	1,751 b	4,476 a*	1,702 b	134,27 b	134,66 b	144,49 a	92,95 b*	90,93 b*	98,44 a
	I <sub>0</sub> (11)	2,201 b*	5,035 a*	1,687 c	133,41 b	135,43 b	167,12 a*	87,94 c*	95,75 b	106,15 a*
2012	I <sub>10</sub> (9)	1,297 b	1,001 b	3,531 a	132,16 b	128,92 b	143,43 a	79,18 b	96,32 a	101,14 a
	I <sub>05</sub> (10)	1,227 b	1,026 b	2,956 a*	126,28 b	147,66 a*	147,18 a	81,20 b	99,50 a	100,08 a
	I <sub>0</sub> (11)	1,763 b*	1,492 b*	3,611 a	130,61 b	135,43 b	170,20 a*	78,70 b	95,75 a	106,53 a
2013	I <sub>10</sub> (9)	1,734 b	2,607 a	2,109 a	133,22 b	133,79 b	148,24 a	86,11 b	99,50 a	103,84 a
	I <sub>05</sub> (10)	1,548 c	3,018 a*	2,159 b	128,98 b	150,36 a*	152,48 a	85,63 b	101,72 a	104,32 a
	I <sub>0</sub> (11)	2,026 c*	3,146 b*	4,105 a*	132,73 b	134,85 b	170,20 a*	86,69 b	98,44 a	101,14 a

Megjegyzés: I<sub>0</sub>=öntözés nélkül, I<sub>0,5</sub>=vízhiány, I<sub>1,0</sub>= jól öntözött. A sorokban az átlagot követő különböző betűk (a, b, c) a szignifikáns differenciát jelölik P<0,05 szinten Duncan teszt szerint. \* - szignifikáns különbség az öntözöttől (I<sub>1,0</sub>) az adott éven belül.

Table 2. The effect of water supply on stomatal behaviour during the development of sweet corn. (1) Year, (2) Water supply, (3) Stomatal resistance (s cm<sup>-1</sup>), (4) Stomatal density on lower epidermis of leaf (peace mm<sup>-2</sup>), (5) Stomatal density on upper epidermis of leaf (peace mm<sup>-2</sup>), (6) 8 leaves stage, (7) Tasseling, (8) Silking (50%), (9) Optimum water supply, (10) Moderate water supply, (11) Non-irrigated, Note: I<sub>0</sub>=non-irrigated, I<sub>0,5</sub>=water deficiency, I<sub>1,0</sub>= well irrigated. Different letters in rows after the average show significant differences at the P ≤ 0.05 level, based on Duncan test. \* - significant difference from optimum water supply (I<sub>1,5</sub>) in given years.

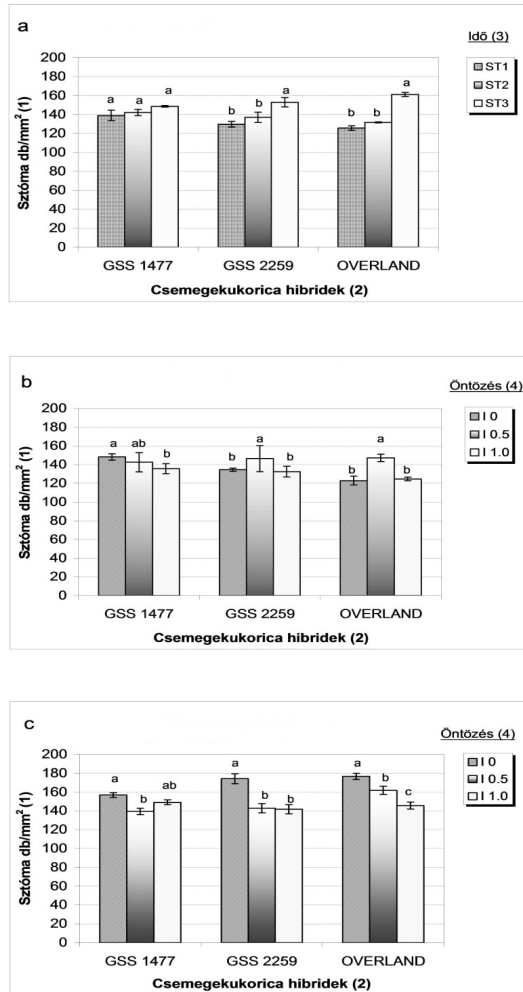
1. ábra. Csemegekukorica hibridek sztóma-ellenállása a fejlődési szakaszokban (a) (ST1 6–8 leveles állapotban, ST2 címerhányás, ST3 nővirágzás alatt), valamint címerhányás (b) és nővirágzás idején (c) eltérő vízellátás mellett



Megjegyzés: az adatok a kezelés és ismétlés átlagát és standard hibáját (SE) mutatják. A fajtákon belül a különböző betűk szignifikáns különbséget jelölik  $P < 0,05$  szinten.

Figure 1. Stomatal resistance of sweet corn hybrids in different phenophase (a) (ST1 6–8 leaves stage, ST2 tasseling, ST3 silking), as well as during tasseling (b) and silking (c) in different water supply. (1) Stomatal resistance, (2) Sweet corn hybrids, (3) Time, (4) Irrigation, Note: the data show the means and standard error (SE) of treatments and replications. Different letters in hybrids show significant differences at the  $P < 0.05$  level.

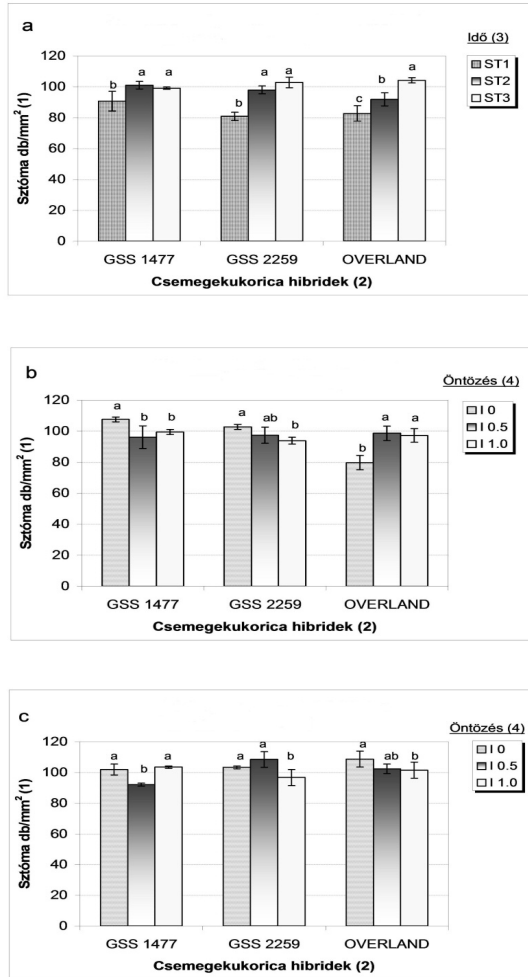
2. ábra. Csemegekukorica hibridek alsó levélfelület sztómasűrűsége fejlődési szakaszokban (a) (ST1 6–8 leveles állapotban, ST2 címerhányás, ST3 nővirágzás alatt), valamint címerhányás (b) és nővirágzás alatt (c) eltérő vízellátás mellett



Megjegyzés: az adatok a kezelés és ismétlés átlagát és szórását (SD) mutatják. A fajtákon belül a különböző betűk a szignifikáns különbséget jelölik  $P < 0,05$  szinten.

Figure 2. Stomatal density on lower epidermis of leaf of sweet corn hybrids in different phenophase (a) (ST1 6–8 leaves stage, ST2 tasseling, ST3 silking), as well as during tasseling (b) and silking (c) in different water supply. (1) Number of stoma, (2) Sweet corn hybrids, (3) Time, (4) Irrigation, Note: the data show the means and standard deviation (SD) of treatments and replications. Different letters in hybrids show significant differences at the  $P < 0.05$  level.

3. ábra. Csemegekukorica hibridek felső levélfelület sztómasűrűsége fejlődési szakaszokban (a) (ST1 6–8 leveles állapotban, ST2 címerhányás, ST3 nővirágzás alatt), valamint címerhányás (b) és nővirágzás alatt (c) eltérő vízellátás mellett



Megjegyzés: az adatok a kezelés és ismétlés átlagát és szórását (SD) mutatják. A fajtákon belül a különböző betűk a szignifikáns különbséget jelölik  $P < 0,05$  szinten.

Figure 3. Stomatal density on upper epidermis of leaf of sweet corn hybrids in different phenophase (a) (ST1 6–8 leaves stage, ST2 tasseling, ST3 silking), as well as during tasseling (b) and silking (c) in different water supply. (1) Number of stoma, (2) Sweet corn hybrids, (3) Time, (4) Irrigation, Note: the data show the means and standard deviation (SD) of treatments and replications. Different letters in hybrids show significant differences at the  $P < 0.05$  level.

A levélfelületeken lévő sztómák száma és működése szabályozza a transzspirációt, a növények vízforgalmát. A csemegekukorica hibridek alsó levélfelületen több sztóma található, mint a felső levél felületen (2-3. *ábra*). A kései érésű hibrideknél az alsó levélfelületen a sztómasűrűség címerhányás és nővirágzás alatt különbözött, de nem volt jelentős különbség a középkorai GSS 1477 hibridnél (2a. *ábra*). Szárazságban öntözés nélkül ( $I_0$ ) és címerhányás idején az alsó levélfelületen legtöbb sztóma a GSS 1477 hibridnél, a legkevesebb az Overlandnál fordult elő (2b. *ábra*). Ilyen körülmények között és nővirágzás alatt a kései érésű hibridek alsó levélfelületén jelentősen nagyobb a területegységen lévő ( $\text{mm}^2$ ) sztómák száma, a jól öntözött ( $I_{1,0}$ ) növényekhez képest azonban a középkorai GSS 1477 hibridnél a vízellátásnak nem volt hatása a sztómasűrűsége (2c. *ábra*). A felső levélfelületen a sztómasűrűség – az Overland kivételével – nem különbözött a hibridek címerhányás és nővirágzás időszaka alatt (3a. *ábra*). Öntözés nélkül ( $I_0$ ), címerhányás alatt a legtöbb sztóma a felső levélfelületen a GSS 1477, a legkevesebb az Overlandnál hibridnél fordult elő (3b. *ábra*), azonban nővirágzás alatt számuk jelentősen nőtt az Overlandnál és lényegesen nem változott a GSS 1477 hibridnél az előző állapothoz képest (3c. *ábra*). Nővirágzás alatt a vízellátásnak jelentős hatása egyedül a GSS 2259 hibrid felső levélfelületen lévő sztómasűrűsége volt (3c. *ábra*).

A sztómák működése egyedi növény szinten, a levélfelület index (LAI) állomány szinten jelzi a genotípusok vízforgalmi zavarait. A csemegekukorica fejlődése alatt a LAI fokozatosan nőtt, legnagyobb értéket nővirágzás alatt érte el. A hibridek LAI értékben csak nővirágzás alatt különböztek; a legnagyobb LAI értékkel a középkései Overland (LAI=2,85), a legkisebbel a kései érésű GSS 2259 (LAI=2,37) hibrid rendelkezett. Címerhányás alatt az öntözővíz mennyisége a kései érésű hibridek fejlődését jobban befolyásolta, mint a középkorai GSS 1477 hibridét. Ebben a szakaszban, az öntözővíz mennyiségének csökkenése ( $I_{0,5}$ ) 9-19%-kal csökkentette a kései érésűek LAI értékét az öntözött növényekhez képest, azonban nem változtatta meg a középkorai hibridét. Nővirágzás alatt a mérsékelt vízhiány ( $I_{0,5}$ ) a GSS 1477 és GSS 2259 hibrideknél 11%-os LAI csökkenést eredményezett, de nem befolyásolta az Overland LAI értékét. Az öntözés nélkül ( $I_0$ ) termesztett növények nővirágzás alatt mért LAI értéke szorosan összefügg a csövek fejlődésével, azaz a hosszával ( $r=0,94$ ) és átmérőjével ( $r=0,74$ ) illetve a fosztott cső tömegével ( $r=0,80$ ), de nem mutatható ki közöttük kapcsolat a kevésbé öntözött növényeknél ( $I_{0,5}$ ).

A továbbiakban azt vizsgáltuk, hogy deficités öntözéssel ( $I_{0,5}$ ) és öntözés nélkül ( $I_0$ ) termesztett csemegekukorica sztómaműködésének címerhányás vagy nővirágzás alatt van nagyobb hatása az egyedi termésre. Öntözés nélkül ( $I_0$ ) termesztett növényeknél a címerhányás és nővirágzás alatt mért sztómarezisztencia és a fosztott cső tömege között szignifikáns korreláció ( $r=0,62$ ,  $r=0,61$ ) volt, azonban a kevésbé öntözött ( $I_{0,5}$ ) növényeknél ilyen kapcsolat ( $r=0,69$ ) csak címerhányás alatt mutatható ki (3. táblázat). A levelek felületén lévő sztómák száma nagyobb hatással van a csövek morfológiai fejlődésére mérsékelt vízhiányban, mint öntözés nélkül, száraz körülmények alatt. A kevésbé öntözött növényeknél ( $I_{0,5}$ ), az alsó levélfelületen lévő sztómák száma címerhányás és nővirágzás alatt jelentősen befolyásolja a cső hosszát, míg nővirágzás alatt a mindkét levélfelületen lévő sztómák száma a cső átmérőjét. Öntözés nélkül ( $I_0$ ) termesztett csemegekukorica felső levélfelületén a sztómasűrűség szoros kapcsolatot ( $r=0,85$ ) mutat a csőátmérővel címerhányás alatt, míg az alsó levélfelületen lévő sztómák száma lazább kapcsolatban ( $r=0,59$ ) van a csőátmérővel nővirágzás alatt (3. táblázat).

A vizsgálati évek alatt a vízellátás nem volt jelentős hatással hibridek LAI értékére, de mérsékelt vízhiányban ( $I_{0,5}$ ) a növények magassága jelentősen csökkent a jó vízellátású ( $I_{1,0}$ ) növényekhez képest. A hibridek vízhiányra adott reakciói különböztek; mérsékelt vízhiányban ( $I_{0,5}$ ), a középkorai GSS 1477 hibridnél a 2,3 s/cm értékű sztómarezisztencia és változatlan sztómasűrűség egy 12%-os növénymagasság-csökkenéshez vezetett (4. táblázat). Ilyen körülmények között a kései érésű hibrideknél hasonló nagyságú sztómarezisztencia, és az alsó, illetve felső levélfelületen lévő nagyobb sztómaszám kisebb mértékű (4-6%) növénymagasság-csökkenést eredményezett a jól öntözött növényekhez képest. Mérsékelt vízhiány ( $I_{0,5}$ ) - a kései érésű GSS 2259 hibrid kivételével - nem csökkentette a csemegekukorica hibridek egyedi csőtermését az optimális vízellátásban részesülő egyedekhez képest. A középkorai GSS 1477 hibrid érzékenyen reagált vízhiányra, mivel kevesebb, kisebb átmérőjű csövek képződtek a kevésbé öntözött töveken, mint az optimális vízellátásban lévő növényeken (4. táblázat).

Öntözés nélkül ( $I_0$ ) termesztett hibrideknél a növények levelében a nagy sztómarezisztencia és sztómasűrűség jelentős növénymagasság-csökkenéshez vezetett, valamint hozzájárult a cső átmérőjének és tömegének csökkenéséhez - összehasonlítva a jó vízellátásban ( $I_{1,0}$ ) részesült növényekkel.

3. táblázat. Korrelációs együtthatók a csemegekukorica sztóma tulajdonságai, LAI, és termés elemek között vízhiányos ( $I_{0,5}$ ) és öntözés nélküli ( $I_0$ ) termesztésben ( $n=9$ )

Tulajdonság (1)	Fenofázis (2)	$I_0$					$I_{0,5}$				
		Csőhossz (cm) (3)	Csőátmérő (cm) (4)	Fosztott cső tömeg (g) (5)	Csőhossz (cm) (3)	Csőátmérő (cm) (4)	Fosztott cső tömeg (g) (5)				
Sztómarezisztencia (s/cm) (6)	Címerhányás (10) Nővirágzás (11)	0,67 0,28	0,53 0,47	0,62 0,61	0,49 0,34	0,47 0,06	0,69* 0,48				
Alsó sztóma ( $\text{db}/\text{mm}^2$ ) (7)	Címerhányás (10) Nővirágzás (11)	0,34 0,70	0,56 0,59	0,28 0,37	0,92** 0,79	0,48 0,69*	0,26 0,12				
Felső sztóma ( $\text{db}/\text{mm}^2$ ) (8)	Címerhányás (10) Nővirágzás (11)	0,55 0,44	0,85* 0,15	0,66 0,36	0,90*** 0,36	0,38 0,81*	0,19 0,31				
LAI (9)	Címerhányás (10) Nővirágzás (11)	0,45 0,94**	0,62 0,74	0,71 0,80*	0,65 0,69	0,23 0,34	0,11 0,36				

Megjegyzés: szignifikáns különbség \*  $P \leq 0,05$ ; \*\*  $P < 0,01$ ; \*\*\*  $P < 0,001$  szinten.

Table 3. Correlation coefficients between stomatal properties and LAI and yield components under moderate water deficiency ( $I_{0,5}$ ) and non-irrigated conditions ( $I_0$ ). (1) Properties, (2) Phenophase, (3) Ear length (cm), (4) Ear diameter (cm), (5) Ear weight without husk (g), (6) Stomatal resistance ( $\text{s cm}^{-1}$ ), (7) Stoma on lower epidermis of leaf ( $\text{piece mm}^{-2}$ ), (8) Stoma on upper epidermis of leaf ( $\text{piece mm}^{-2}$ ), (9) Leaf Area Index, (10) Tasseling, (11) Silking, Note: significant difference at \*  $P \leq 0,05$ , \*\*  $P < 0,01$ , \*\*\*  $P < 0,001$  level.

4. táblázat. Csemegekukorica hibridek élettani és termesztési tulajdonságai eltérő vízellátás alatt (2011–2013)

Hibridek (1)	Víz- ellátás (2)	Sztóma- rezisztencia (s/cm) (3)	Sztómaszám (db/mm <sup>2</sup> ) (4)		LAI (7)	Növény- magasság (cm) (8)	Cső (db/tő) (9)	Csőtömeg (g/tő) (10)		Cső- hossz (cm) (13)	Cső- átmérő (cm) (14)
			Alsó felület (5)	Felső felület (6)				Csuhé- levelés (11)	Fosztott (12)		
I <sub>1.0</sub> (15)		2,08 d	142,46 b	95,75 b	1,78	244,50 c	1,26 a	365,36 a	304,67 ab	26,64 a	4,86 b
GSS 1477	I <sub>0.5</sub> (16)	2,30 c	138,90 b	93,53 b	1,61	216,70 e	1,15 b	377,28 a	318,55 a	26,00 a	4,78 c
	I <sub>0</sub> (17)	3,12 a	149,20 a	103,36 a	1,59	177,72 g	1,01 c	336,04 b	286,98 c	24,10 c	4,71 c
	I <sub>1.0</sub> (15)	1,95 d	134,08 c	93,15 b	1,97	220,19 e	1,01 c	367,74 a	308,32 ab	24,19 c	5,10 a
Overland	I <sub>0.5</sub> (16)	2,00 d	143,81 ab	96,13 b	1,85	207,93 f	1,14 b	364,62 a	307,26 b	23,65 c	5,14 a
	I <sub>0</sub> (17)	2,62 b	141,02 b	88,33 c	1,56	174,57 g	1,00 c	326,46 b	271,98 c	23,50 c	4,79 c
	I <sub>1.0</sub> (15)	2,37 c	132,06 c	89,77 c	1,84	260,27 a	1,03 b	384,83 a	315,39 a	25,41 b	4,97 b
GSS 2259	I <sub>0.5</sub> (16)	2,33 c	135,91 c	94,30 b	1,62	252,36 b	1,09 b	374,27 a	302,77 b	25,08 b	4,99 b
	I <sub>0</sub> (17)	2,81 b	146,12 a	95,65 b	1,48	227,23 d	1,01 c	338,62 b	277,81 c	22,39 d	4,79 c

Megjegyzés: az oszlopokban az átlagot követő különböző betűk (a, b, c) a szignifikáns különbséget jelöli P ≤ 0,05 szinten Duncan teszt szerint.

Table 4. Physiological and production properties of sweet corn hybrids under different water supply (2011–2013). (1) Hybrid, (2) Water supply, (3) Stomatal resistance (s cm<sup>-1</sup>), (4) Numbers of stoma (piece mm<sup>-2</sup>), (5) Lower epidermis, (6) Upper epidermis, (7) Leaf Area Index, (8) Plant height (cm), (9) Number of ears (piece plant<sup>-1</sup>), (10) Ear weight (g plant<sup>-1</sup>), (11) With husk, (12) Without husk, (13) Ear height (cm), (14) Ear diameter (cm), (15) Optimum water supply, (16) Moderate water supply, (17) Non-irrigated, Note: the data show the average of 3 years. Different letters in column after the average show significant differences at the P ≤ 0.05 level, based on Duncan test.



A csemegekukorica intenzív növekedése 4–8 leveles állapotban van. Ebben az állapotban elkezdődik a csőkezdemények differenciálódása, ami az időszakos vízhiány hatására kisebb csövek kifejlődését eredményezi (Niglicser 2001). Legkritikusabb a címerhányás időszaka; ekkor a növény számára legkedvezőbb a 24–26 °C hőmérséklet, jóllehet ettől eltérő hőmérsékletek nem befolyásolják a termést (Varga és Varga-Haszonits 2003), azonban az ez idő alatt fennálló vízhiány jelentős terméseszköket okozhat (Claassen és Shaw 1970). Eltérő vízellátottság alatt a csemegekukorica termőképességét nagymértékben befolyásolja a fajta vízhasznosítása (Molnár et al. 2015), ami szoros kapcsolatban van a sztómák működésével (Nemeskéri et al. 2015a). Magas hőmérsékletű és csapadékszegény környezetben a növények a vízleadást a gázcsere-nyílás hosszabb-rövidebb ideig tartó zárásával korlátozzák. Ez idő alatt a sztómarezisztencia fokozódásával mérséklődik a transzspiráció. Borsó növényfajta virágzása és hüvelyfejlődése alatt az időjárási viszonyok szerint változik a sztómarezisztencia nagysága, ami hatással van a termés mennyiségére (Nemeskéri et al. 2015b). Hasonlóan reagáltak a csemegekukorica hibridek a címerhányás alatt fellépő vízhiányra. Az eredmények szerint a hibridek vízhiány-tolerancia szintje a címerhányás és nővirágzás alatt a levél sztómarezisztencia-változásával összehasonlítható; öntözés nélkül a középkorai GSS 1477 érzékenyen reagál vízhiányra, mivel a sztómarezisztencia a címerhányást követően nővirágzás alatt fokozódik, míg a kevésbé és jól öntözött növényeké lényegesen nem változik (1.bc ábra). A középkorai Overland leveleiben a sztómarezisztencia a nővirágzás alatt csökkent a címerhányás alattihoz képest az öntözés nélküli és a kevésbé öntözött növényeknél egyaránt, ami nagyobb szárazságtűrő képességre utal. A kultúrnövények optimális vízigényét meghaladó csapadékelátottság a szárazságstresszhez hasonló tüneteket okoz. A legnagyobb vízstressz-toleranciát az Overland hibridnél, míg gyengébb tolerancia szintet a GSS 1477 hibridnél mutatott ki Molnár et al. (2012), ami megerősíti a két hibridre vonatkozó eredményeinket.

A virágzás alatt mért sztómarezisztencia és genotípusok termése között lévő szignifikáns összefüggés (Nemeskéri et al. 2015a) lehetőséget ad vízhiányt jól tűrő egyedek kiválasztására. A bemutatott eredmények szerint a csemegekukorica címerhányás alatt mért sztómarezisztenciája szignifikáns összefüggést adott a fosztott cső tömegével mérsékelt vízhiányban ( $I_{0,5}$ ,  $r=0,69$ ) és szárazságban ( $I_0$ ,  $r=0,62$ ) egyaránt. Az összefüggés alapján címerhányás alatt mérsékelt vízhiányban ( $I_{0,5}$ ) sztómarezisztencia-méréssel 48%-os biztonsággal

jósolható meg a tövenként várható fosztott csőtömeg, míg az öntözés nélküli ( $I_0$ ) növényeknél ez 38%-ban valószínűsíthető. A 3. táblázatban bemutatott összefüggések alapján nővirágzás alatt öntözés nélküli növényeknél a sztómarezisztencia-méréssel 37%-os, míg a LAI-méréssel 64%-os biztonsággal jósolható meg a várható tövenkénti csőtermés, azonban ez a módszer mérsékelt vízhiányban nem alkalmazható. Vízhiányban a csemegekukorica levelek sztómasűrűsége nem hozható összefüggésbe az egyedi csőterméssel, de a kevésbé öntözött növényeknél a sztómasűrűség nagyobb befolyással van a csövek morfológiai fejlődésére, mint az öntözés nélkül termesztett növényeknél. Mérsékelt vízhiányban címerhányás alatt mindkét levélfelületen lévő sztómák száma a csőhosszúsággal, nővirágzás alatt a csőátmérővel mutatott szoros szignifikáns összefüggést. *Koksál et al.* (2013) szintén kimutatták, hogy a különböző öntözési szintek jelentős hatással vannak a csemegekukorica hibridek termés-komponenseire, a növény magasságára, a csőátmérőre és a csőhosszúságra. *Ertek és Kara* (2013) szerint 30%-os vízhiány nem csökkentette a csemegekukorica termését, de 60%-os vízhiány igen alacsony csőtermést eredményezett. Kísérleteink részben hasonló eredményt mutattak; mérsékelt vízhiány ( $I_{0,5}$ ) a kései GSS 2259 hibrid kivételével, nem csökkentette a csemegekukorica hibridek egyedi csőtömegét, de minden hibridnél a növények magassága csökkent az optimális vízellátásban részesülő egyedekhez képest (4. táblázat). Ilyen körülmények között, a középkorai GSS 1477 hibridnél az intenzív sztómaműködés a jelentős növénymagasság csökkenésnek tulajdoníthatóan, jöllehet tövenként kevesebb, kisebb átmérőjű csövek képződtek, a csövek tömege nem csökkent a jól öntözött növényekéhez képest. A kései érésű GSS 2259 hibridnél a felső levélfelületen kisebb növénymagasság-csökkenést okozott a középkorai hibridhez hasonló mértékű sztómarezisztencia, de nagyobb sztómasűrűség. Ennek következtében a rendelkezésre álló víz elsősorban a vegetatív részek fejlődésére fordítódott, kiváltva a csövek tömegnek jelentős csökkenését a jól öntözött növényekhez képest.

### Következtetések

Öntözés nélkül ( $I_0$ ), termesztett hibridek növénymagassága, csőátmérője és tömege jelentősen csökkent, összehasonlítva jó vízellátásban ( $I_{1,0}$ ) részesült növényekkel. Ebben a csökkenésben jelentős szerepe volt a nagy sztómare-

zisztenciának és sztómasűrűségnek. Mérsékelt vízhiányban ( $I_{0,5}$ ) a hibridek növénymagassága eltérő mértékben csökkent, azonban a kései GSS 2259 hibrid kivételével az egyedek csőtömege nem változott az optimális vízellátású egyedekhez képest. Ilyen körülmény között és virágzás alatt egy közepes mértékű sztómarezisztencia (2,0 s/cm) és nagyszámú sztóma az alsó levélfelületen biztosíthatja a csemegekukorica hibrid növényegyedeinek jó vízforgalmát és termésképzését. A sztómarezisztencia és fosztott csőtömeg közötti szignifikáns kapcsolat alapján a címerhányás alatt mért sztómarezisztencia a csemegekukorica genotípusok produktivitásának értékelésére mérsékelt vízhiányban lehet eredményes. Öntözés nélkül, száraz termesztési viszonyok és nővirágzás alatt mért sztómarezisztencia és LAI alkalmas a hibrid egyedek vízhiány-tűrésének értékelésére. Az eredmények felhasználhatók a nemesítésben vízhiány-tűrő genotípusok kiválasztására.

## Irodalom

- Claassen, M. M.–Shaw, R. H.*: 1970. Water deficit effects on corn II. Grain components. *Agron. J.* 62: 652–655.
- Ertek, A.–Kara, B.*: 2013. Yield and quality of sweet corn under deficit irrigation. *Agr. Water Manage.* 129: 138–144.
- Gay, A. P.–Hurd, R. G.*: 1975. The influence of light on stomatal density in the tomato. *New Phytol.* 75: 37–46
- Hardy, J. P.–Anderson, V. J.–Gardner, J. S.*: 1995. Stomatal characteristics, conductance ratios, and drought-induced leaf modifications of semiarid grassland species. *Am. J. Bot.* 82: 1–7.
- Helyes L.*: 2007. Kertészet. Egyetemi tankönyv. DE AMTC AVK. Debrecen. 17–21.
- Kang, S.–Shi, W.–Zhang, J.*: 2000. An improved water-use efficiency for maize grown under regulated deficit irrigation. *Field Crop Res.* 67. 10: 207–214.
- Koksal, A.–Erdal, S.–Buyuktas, D.–Bastug, R.–Toker, R.*: 2013. The influence of regular deficit irrigation applications on water use, yield and quality components of two corns (*Zea mays* L.) genotypes. *Agr. Water Manage.* 128: 65–71.
- Meidner, H.–Mansfield, T. A.*: 1969. *Physiology of Stomata*. McGraw-Hill. New York–London.
- Molnár K.–Víg R.–Nemeskéri E.–Dobos A.*: 2012. A vízellátottság és az évjárat hatása eltérő genotípusú csemegekukorica (*Zea mays* L. convar. *saccharata* Koern.) hibridek termőképességére. *Agrártudományi Közlemények.* 50: 203–210.

- Molnár K.–Rácz Cs.–Dövényi-Nagy T.–Bakó K.–Nemeskéri E.–Nagy J.–Dobos A. Cs.: 2015. A csemegekukorica (*Zea mays* L. convar. *saccharata*) termésének és vízhasznosításának változása eltérő vízellátottság mellett. *Növénytermelés*. 64. 2: 73–90.
- Nemeskéri, E.–Molnár, K.–Vígh, R.–Nagy, J.–Dobos, A.: 2015a. Relationships between stomatal behaviour, spectral traits and water use and productivity of green peas (*Pisum sativum* L.) in dry seasons. *Acta Physiol. Plant.* 37. 2: 1–16.
- Nemeskéri E.–Molnár K.–Dobos A. Cs.: 2015b. Különböző tenyészidejű borsófajták (*Pisum sativum* L.) vízhasznosítása eltérő vízellátás alatt. *Növénytermelés*. 64. 1: 57–76.
- Nigicsér T.: 2001. A sikeres kukorica termesztés sarokpontjai. *Gyakorlati Agroforum*. 12. 1: 21–29.
- Perczes J.: 1999. Csemegekukorica. [In: Mártonffy B.–Rimóczi I. (szerk.) *Nagymagvú zöldségfélék. Zöldborsó, zöldbab és csemegekukorica.*] Mezőgazda Kiadó. Budapest. 50–72.
- Salter, R. J.–Goode, J. B.: 1967. Crop response to water at different stage of growth. Commonwealth Agricultural Bureaux. Farnham Royal Bucks. England. 246.
- Sing, S. K.–Reddy, K. R.: 2011. Regulation of photosynthesis, fluorescence, stomatal conductance and water-use efficiency of cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] under drought. *J. Photoch. Photobiol. B.* 105: 40–50.
- Stone, P. J.–Wilson, D. R.–Jamieson, P. D.–Gillespie, R. N.: 2001. Water deficit effects on sweet corn. II Canopy development. *Aust. J. Agr. Res.* 57. 1: 115–126.
- Shuttleworth, J. W.–Wallace, J. S.: 1985. Evaporation from sparse crops – an energy combination theory. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 3: 839–855.
- Varga Z.–Varga-Haszonits Z.: 2003. A meteorológiai viszonyok hatása a kukorica életjelenségeire I. *Növényvédelmi tanácsok*. 12. 12: 18–19.
- Yang, H. M.–Zhang, X. Y.–Wang, G. X.: 2004. Relationships between stomatal character, photosynthetic character and seed chemical composition in grass pea at different water availabilities. *J. Agr. Sci.* 142: 675–681.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

Dr. Nemeskéri Eszter  
Szent István Egyetem MKK  
Kertészeti Intézet  
Gödöllő  
Páter Károly utca 1.  
H-2100

Dr. Molnár Krisztina  
Debreceni Egyetem AKIT  
Agrometeorológiai és Agroökológiai Monitoring Központ  
Debrecen  
Böszörményi út 138.  
H-4032  
molnark@agr.unideb.hu

Dr. Dobos Attila Csaba  
Debreceni Egyetem MÉK  
Földhasznosítási, Műszaki és Területfejlesztési Intézet  
Debrecen  
Böszörményi út 138.  
H-4032



**SZEMLE****Review****A fás szárú energianövények nemesítése hagyományos és géntechnológiai módszerekkel**

DUDITS DÉNES - NAGY ANNA VIKTÓRIA

Magyar Tudományos Akadémia Szegedi Biológiai Kutatóközpont,  
Növénybiológiai Intézet, Szeged**Összefoglalás**

A megújuló zöldenergiák iránti növekvő igények előtérbe helyezik a fás szárú növényeket, így megnő a természetes erdők, valamint a marginális termőhelyeken létesített energetikai ültetvények jelentősége. Hazánkban az energiatermelési célú ültetvényekben elsődlegesen használt fafaj a nyár, az akác és a fűz. A véghasználati hálózatban történő telepítést követően 10–15 éves vágásfordulóval hengeres fa, míg a sarjaztatásos, rövid vágásfordulójú ültetvényekben a 2–4 éves vágásfordulóban a fás száruk szolgálnak energia forrásként. Ezekben a művelési formákban a fafajok biológiai funkciói eltérnek az erdei állományokétól, és speciális tulajdonságok szükségesek a gazdaságos fahozam eléréséhez. Ehhez alkalmazkodik a nemesítő, amikor módszereit a legújabb tudományos eredmények alapján folyamatosan tökéletesíti. Gyakran a faj és nemzetség hibridizáció vezet a genetikai variabilitás jelentős növekedéséhez, amit klón szelekcióval lehet hasznosítani. Az alap kromoszómakészlet többszörösével rendelkező poliploid változatok megtalálhatók a természetes populációkban, de a mesterséges úton létrehozott poliploid növények is értékes nemesítési alapanyagot jelenthetnek. Különösen a triploid növények fahozama, a heterózishatás érvényesülése révén kiugróan jó lehet. Az autotetraploid formák nagyobb levéltömege, megnövekedett CO<sub>2</sub> megkötő képessége mérsékelheti a klímaproblémákat. A fafajok biológiai teljesítőképességének növelésé-

ben ma már szerepet kapnak a géntechnológiai módszerek. Lehetővé vált a DNS markerekkel történő szelekció, illetve nagy számban sikerült a fahozamot javító géneket izolálni, és génbeépítéssel kedvező tulajdonságokat kialakítani. Az így előállított GM változatokat világszerte zárt rendszerekben értékelik. A kedvezőbb növekedési paraméterek, a stressz tolerancia, vagy a faanyag jobb fermentálhatósága hozzájárulhatnak a nemesítés sikerességéhez. A genomszerkesztési stratégiák új korszakot nyitnak a precíziós nemesítés számára azzal, hogy lehetővé teszik az irányított mutagenézist, és a növények tulajdonságainak tervezett kialakítását akár gén beépítése nélkül is. A jelen összefoglaló betekintést ad a fás szárú energianövények hagyományos és géntechnológiai módszerekkel történő nemesítésének folyamataiba.

**Kulcsszavak:** fafajok, zöld energia, keresztezés, poliploidia, génbeépítés, genomszerkesztés

## **Breeding of woody energy crops with traditional methods and gene technology**

D. DUDITS – A. V. NAGY

Hungarian Academy of Sciences, Biological Research Centre,  
Institute of Plant Biology, Szeged

### **Summary**

The increasing demand for the renewable green energy focuses special attention on woody plants grown either in conventional forestry or in energy plantations established on marginal lands. In Hungary, poplar, black locust and willow plantations are primarily used for energy production purposes. Trees in bioenergy farms can be planted in wide spacing and cultivation ensured rapid diameter growth for timber in a 10–15-year rotation time, or as short rotation coppice planted at a high density, and harvested as woody stems in 2–4-year rotation. In these cultivation systems, the biology of tree species differs from those grown in natural forestry; therefore, specific traits are required for economic wood production. Breeding for these traits can only be productive by using the most advanced, science-based methodologies. Intra- and interspecific hybridization can generate significant genetic variability to be utilized by clone selection. Polyploid variants with multiplied chromosome sets can occur in nature and they can



be produced by cell division inhibitors. The high wood yield of triploid genotypes may originate from hybrid vigor. Autotetraploid variants with large leaf area and increased CO<sub>2</sub> fixation can contribute to the reduction of negative consequences of climate change. Nowadays, increasing the biological capacity of woody energy crops is supported by gene technology. The use of molecular markers in clone selection became an integrated component in tree breeding. Several technologies have been developed to identify and isolate key genes of wood production and these engineered genes are frequently introduced back to tree genomes. The GM trees are tested in confined field trials worldwide. Improved growth parameters and stress tolerance or more efficient wood fermentation were achieved by the introduction of genes. Currently, genome editing tools open a new area in precision plant breeding since directed mutagenesis can lead to designed tree traits even without the introduction of a new gene. In this study, we provide an overview of some selected features of modern tree breeding combining the traditional and molecular approaches.

**Key words:** wood species, green energy, cross-breeding, polyploidy, genetic incorporation, genome editing

## Селекция традиционными и генно-технологическими методами энергетических растений с древесными стволами

Д. ДУДИЧ – А. В. НАДЬ

Венгерская Академия Наук Сегедский Исследовательский Биологический Центр,  
Институт Биологии, г.Сегед

### Резюме

Растущие потребности в возобновляемой зелёной энергии выдвигают на первый план растения с древесными стволами, так увеличивается значение естественных лесов, а также осуществлённое на маргинальных местах посадки энергетических растений. В Венгрии в насаждениях растений в энергетических целях в первую очередь используют тополь, акацию и иву. После насаждения для окончательного использования с 10–15-летним циклом вырубki используют как источник энергии цилиндрические стволы деревьев, а в побеговых(кустарниковых), с кратким циклом вырубki в 2–4 года используют древесные побеги. В этих формах выращивания

биологические функции сортов деревьев отличаются от функций лесных насаждений, и необходимы специальные свойства для достижения рентабельного древесного урожая. К этому приспосабливается селекционер, когда постоянно совершенствует свои методы на основании самых новых научных результатов. Часто гибридизация сорта и вида ведёт к значительному росту генетической вариантности, когда можно использовать клон с селекцией. Полиплоидные изменения, располагающие многократным основным запасом хромосом, можно найти в естественных популяциях, но и созданные искусственным путём полиплоидные растения также могут означать ценный селекционный основной материал. Особенно урожай дерева триплоидных растений, путём действия гетерозисного влияния может быть особо высоким. Большая масса листьев автотетраплоидных форм, способность связывать растущее количество  $\text{CO}_2$  может уменьшить климатические проблемы. В росте биологической продуктивности пород деревьев уже сегодня играют роль методы геномной технологии. Стала возможной селекция с маркерами DNS, а также получилось в большом количестве изолировать гены, улучшающие выход древесины, и встроением генов сформировать благоприятные свойства. Произведённые так GM изменения оценивают во всём мире в закрытой системе. Более благоприятные параметры роста, толерантность к стрессу, или лучшая ферментационная способность древесного материала могут способствовать успеху селекции. Стратегии геномной структуры открывают новую эпоху в прецизионной селекции тем, что делают возможным направленный мутагенез, и формирование планированных свойств растений даже и без встроения гена. Эта статья может дать возможность заглянуть в процессы селекции древесных энергетических растений, происходящих традиционными и генно-технологическими методами.

**Ключевые слова:** древесные породы, зелёная энергия, скрещивание, полиплоидия, встроение гена, конструирование генома

### **A fás szárú energianövények biomasszája mint jelentős megújuló energiaforrás**

Az elmúlt években a megújuló energiaforrások iránti érdeklődés egyre inkább előtérbe kerül az Európai Unióban, és így Magyarországon is. Az EU 2007-ben elfogadott klímapolitikájának egyik fő törekvése, hogy a tagállamok 2020-ig 20%-kal csökkentsék az üvegházhatású gázok kibocsátását, és ugyanilyen

arányban növeljék a megújuló energiaforrások felhasználását. A 2013. évi adatok szerint Magyarországon az összes energiafelhasználás 9,8%-át biztosították megújuló energiahordozókból, és a kormányzat klímapolitikai szándéka szerint a 2020-ig elérendő célérték 13%. Hazánkban a hasznosításra kerülő megújuló energiaforrások közül a legnagyobb jelentősége, 65–80%-os aránnyal a biomassának van. A fás szárú energiaültetvényeken megtermelt biomassza felhasználása alapvetően a hő- és villamos energia előállítására irányul, de bioetanol és biogáz előállítására is alkalmas (Csipkés 2011). Az Európai Energia Ügynökség 2008-as jelentése szerint a termesztett energianövények közül a rövid vágásfordulójú fás szárú energiaültetvények aránya elenyésző, amit 2020-ig az 1%-ról 17%-ra terveznek növelni, míg bizonyos más energianövények részesedési arányát jelentősen csökkenteni (EEA 2013). A kedvezőtlen termőhelyek aránya több százezer hektárra tehető. Ezekon a termőhelyeken megoldást jelenthet a fás szárú energiaültetvények telepítése, amely az elmaradott régiókban új jövedelmezési forrást biztosíthat a gazdálkodóknak, és pozitív hatással lehet a vidékfejlesztésre is (Gyuricza *et al.* 2012). Hazánk összes biomassza készlete 350–360 millió tonna. A biomassza nagy részét a faalapú biomassza képezi, ami magában foglalja a fás energiaültetvények mellett az erdőgazdálkodásból származó szilárd biomasszát is (Vágvölgyi 2013).

### A rövid vágásfordulójú energianövény ültetvények jelentősége

Hazánk éghajlati és talaj adottságaira tekintettel a rövid vágásfordulójú sarjzatatátos energiaültetvények engedélyezett fafajai a nyár, az akác és a fűz. Telepítéskor fontos a termőhelyi adottságokhoz legmegfelelőbb fajaj illetve fajta kiválasztása. A sarjzatos rövid vágásfordulóban elérhető hozamok az egyes fajoknál a következők: fűz: 12–17; nyár: 12–15; akác: 5–12  $t_{\text{szá}}/\text{ha}/\text{év}$  (Szalai és Marosvölgyi 2013). Ebben a művelési módban az intenzív növekedés, a jó fagy-tűrő képesség, a gazdaságos és egyszerű szaporíthatóság, nagy alkalmazkodó képesség, betegségekkel és kártevőkkel szembeni ellenállóság, valamint a könnyű betakarítás mind fontos tulajdonságok, ezért kiemelt nemesítési célok is. Továbbá a visszavágás utáni kiváló újrasarjadzó képesség, hosszú vegetációs időszak, nagy nettó asszimilációs ráta, a betakarított fa alacsony nedvesség- és hamutartalma, kedvező kémiai összetétel, intenzív nedvességleadó képessége, valamint a nagy térfogattömege ugyanúgy meghatározó bélyegek (Gyuricza 2010, Gyuricza *et al.* 2011). A véghasználati hálózatban történő telepítést köve-

tően 10–15 éves vágásfordulóval hengeres faáru kerül előállításra, míg a sarjzatatásos, rövid vágásfordulójú ültetvényekben a 2–4 éves vágásfordulóban fás hajtások arathatók. A rövid vágásfordulójú ültetvények 10–20 évig maradnak ugyanazon a területen, így fontos a precízen elvégzett talaj-előkészítés és talajművelés is. A telepítés kora tavasszal a legideálisabb, szimpla vagy ikersoros technológiával. A fűz és nyár esetében rövid dugványokat (20–22 cm), az akác esetében egyéves gyökeres magágyi csemetéket alkalmaznak. Az első éves hajtásokból származó rövid dugványokat az ültetésig hűvös, párás helyen tárolják, majd a telepítés előtt két napig vízben áztatják. Az ültetést speciális energetikai ültetőgéppel, faiskolai csemete ültetőgéppel, vagy kézzel végzik. A tőtáv mindkét technológia esetében 0,4–0,5 m, a sortávolság a szimplasorosnál 0,7–2 m az ikersorosnál az ikersoron belül 0,6–0,7 m ahol 1,5–3 m széles művelő utat is hagyni kell. A sarjzatatásos technológia alkalmazásakor a tőszám, fajtától és a termőhely ökológiai adottságától függően 10–15 ezer tő/ha. Bizonyos fajták esetében magasabb tőszám is beállítható. A sikeres telepítéshez elengedhetetlen a szakszerű növényápolás, mechanikai és vegyszeres gyomszabályozás. A fás szárú energianövények tápanyag igénye hasonló más szántóföldi kultúrákéhoz. A betakarítás januárban és februárban történik egy vagy kétmenetű gépi, illetve kézi betakarítással. A betakarított és előkészített faanyagot az erdőművek használják fel fűtőanyagként hő- és villamos energia előállítására, az elsőéves vesszők pedig szaporítóanyagként szolgálnak (Gyuricza *et al.* 2012). Fontos környezetbarát hasznosítás a fermentációval történő bioetanol, illetve biogáz előállítás. Példaként az *1. ábra* a telepítéstől a betakarításig szemlélteti a folyamatot.

### **A biomassza hozamnövelése hagyományos nemesítési módszerekkel**

#### *Keresztezés, heterózis és szelekció*

A természetes populációkban lezajló nemzetség hibridizáció fontos forrása a genetikai variabilitás növelésének. A nemesítői munka során irányított keresztezéseket követően a reciprok rekurrens szelekció a leggyakrabban követett séma, amely kiegészül klón szelekcióval. Az energia céllal termesztett fafajok nemesítési stratégiáit a következő tanulmányok foglalják össze: nyár (Stanton *et al.* 2010), akác (Rédei *et al.* 2008), fűz (Karp *et al.* 2011). A fajok közötti keresztezést követően az utódnemzedékben heterózishatás is megfigyelhető,

vagyis az utódnemzedék biomassa hozama felülmúlhatja a szülők produktivitását. A nem kívánt tulajdonságokat általában a visszakeresztezés módszerével lehet eltávolítani. A fajtaminősítéssel zárul a nemesítői munka, amelynek fontos eleme a szaporítóanyag minőségének biztosítása is.

1. ábra. A rövid vágásfordulójú sarjzattatásos energiafűz ültetvények telepítése, a vesszők betakarítása és hasznosítási lehetőségei

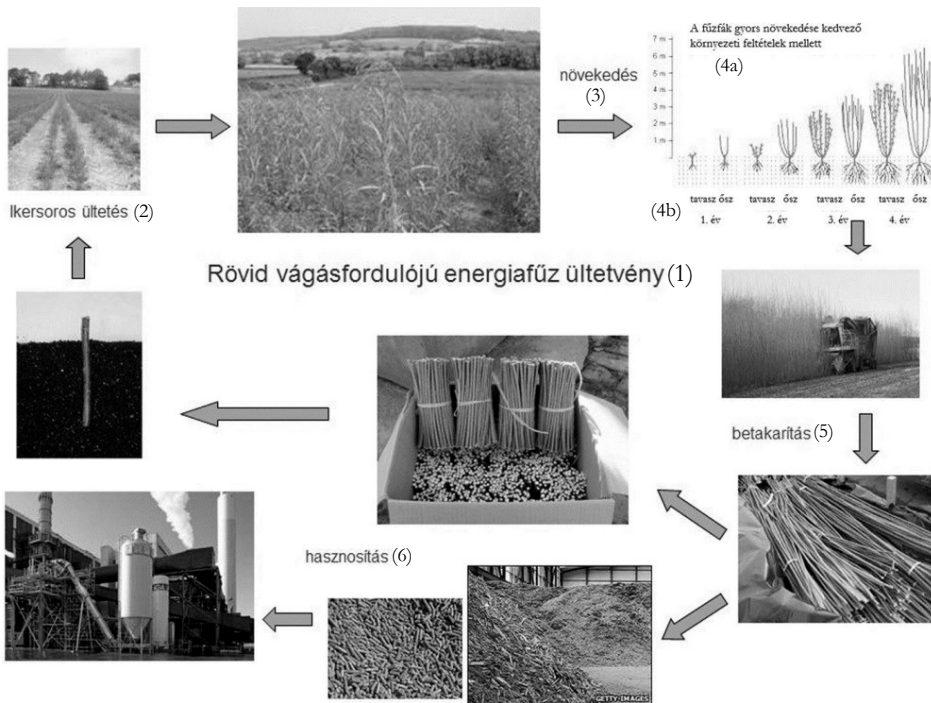


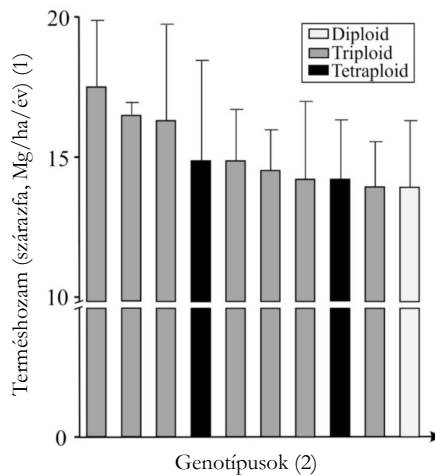
Figure 1. Plantation, harvesting and utilization of short rotation willow coppice. (1) Short rotation energy willow plantation, (2) Twin spacing, (3) Growth, (4a) The rapid growth of willow trees under favourable environmental circumstances, (4b) Spring and autumn each year, (5) Harvesting, (6) Utilisation

#### A kromoszómakészlet megsokszorozása: poliploidizáció

A keresztezés mellett egy másik hagyományos nemesítési módszer a poliploidizáció, amely a teljes génállomány, illetve a genom megsokszorozásán alapul. A poliploidizáció történhet spontán kereszteződés során vagy mesterséges indukcióval is. A *Salix* nemzetségben található 300 faj között jelentős

számban található poliploid változatok. *Serapiglia et al.* (2014) 75 féle fűz genotíusból álló populáció fajozamát hasonlították össze, amelyek között diploid, triploid és tetraploid vonalak is képviselve voltak. Néhány kiválasztott, különböző ploidszintű genotípus biomassa hozamát a 2. ábra szemlélteti. A legkisebb hozamot a diploid vonalak produkálták, míg a legmagasabbat a triploid genotípusok érték el. A szár vastagságában is észrevehető volt a triploidok fölénye a diploid genotípusokhoz képest.

2. ábra. A legjobb diploid, triploid és tetraploid genotípusok fajozamainak összehasonlítása



Forrás: *Serapiglia et al.* (2014)

Figure 2. Wood yield of diploid, triploid, tetraploid genotypes of energy willow. (1) Yield (dry wood, Mg ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>) (2) Genotypes, Source: *Serapiglia et al.* (2014)

A nemesítési céllal végzett poliploidizáció során különböző sejtosztódást gátló vegyületeket használnak. Leggyakrabban a merisztéma szövetek kolhicin kezelésével, az osztódó sejtek mikrotubulusainak gátlásával indukálják a kromoszómakészlet megduplázódását. A rövid vágásfordulójú energiaültetvények telepítésére alkalmas nyár (*Cai és Kang* 2011) és akác (*Wang et al.* 2013) esetében is több poliploidizációs programról számoltak be. Gyakran az *in vitro* tenyésztett szövetekből történő regeneráció során végzik a kolhicin kezelést. Az akác magok, illetve a csíranövények kolhicin kezelésével szintén előállítottak poliploid genotípusokat. Az *in vitro* szaporított fűz (*Salix viminalis*) nő-

vények oldalrügyein végzett kolhicin kezelést követően, sikerült tetraploid ( $2n=4x=76$ ) vonalakat felnevelni (Dudits *et al.* 2016). Ezek a növények több olyan tulajdonságban is felülmúlták a diploid változatot, amelyek a biomassza hozamot meghatározzák. A nagyobb méretű levelek (3. ábra) a jobb fényhasznosítási hatékonyságuknak köszönhetően hatékonyabban fixálták a széndioxidot. A 3. ábra azt is mutatja, hogy a tetraploid növény vastagabb szárral rendelkezik, mint a diploid fajta növénye. Figyelemre méltó a tetraploid változatok megnövekedett gyökértömege is, amely a méregtelenítési hatékonyságot javíthatja, ezáltal alkalmasabbak lehetnek a nehézfémekkel szennyezett talajok bioremediációjára.

3. ábra. A tetraploid kromoszómaszámmal rendelkező Poli Plusz növényekre (A) vastagabb szár és hajtásátmérő, valamint nagyobb levélfelület jellemző, mint a diploid (B) társaikéra



Forrás: Dudits *et al.* (2016)

Figure 3. The tetraploid Poli Plusz willow plant (A) develops larger leaves and wider stem diameter than the diploid (B) plant. Source: Dudits *et al.* (2016)

Poliploid nemesítés során a tetraploid és diploid növények közötti keresztezéssel triploid növények is előállíthatók, amelyek fokozott növekedési eréllyel rendelkeznek.

*A véletlenszerű genetikai változások hasznosítása a mutációs nemesítésben*

A tradicionális nemesítési módszerek között találjuk a mutációs nemesítést, melynek során a DNS molekulák szerkezetét besugárzással, vagy kémiai anyagokkal teljesen véletlenszerűen megváltoztatják, és ezek a hirtelen fellépő



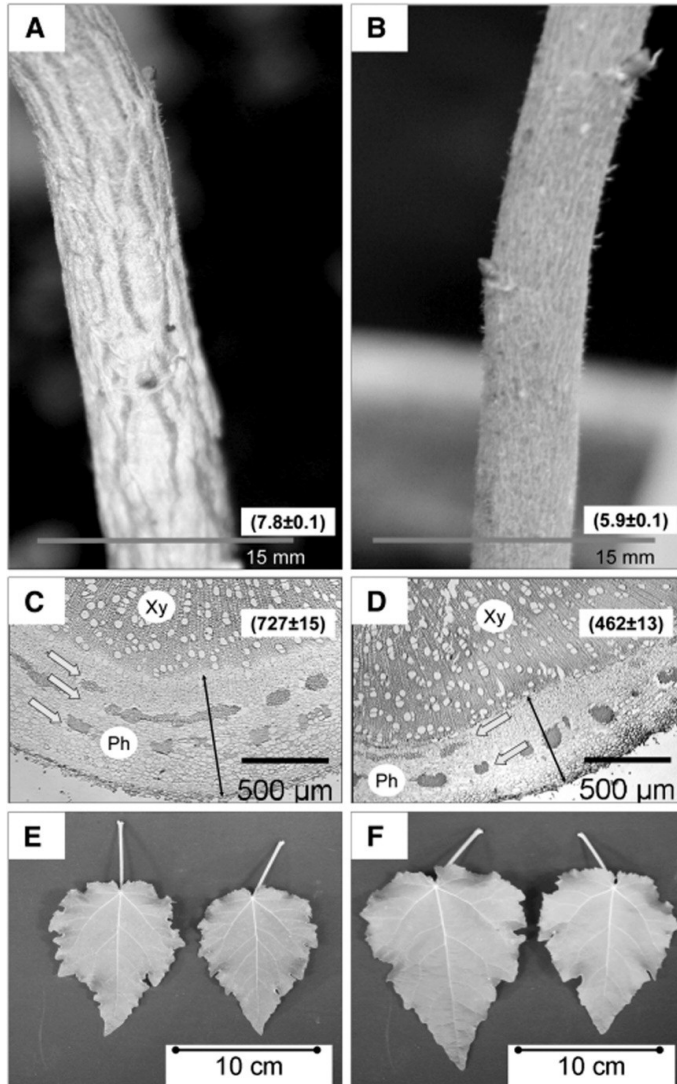
örökletes megváltozások a mutációk. Ilyenkor a DNS-t felépítő egységeket, a nukleotidokat a genomban bárhol érheti a találat, ennek következményeként a gének felépítése vagy működése módosul. A nemesítőnek az utódokon kell értékelnie a megváltozott tulajdonságokat, és a fajta-előállításához csak a hasznos mutáns egyedeket használja fel. A legelterjedtebben alkalmazott fizikai mutagének az UV, a gamma és az X-sugárzás, továbbá kémiai vegyületekkel (pl. etil-metán-szulfonát, EMS) is előidézhető véletlenszerű mutáció. Az előállított M1 nemzedékben csak a domináns mutációk ismerhetők fel, mivel a recesszív változások a gyakoriak ezért az M2-M4 utód populációkban lehet a hasznosítható tenyészananyagokat szelektálni.

A fás szárú fafajok mutációs nemesítésének több olyan akadálya is van, amelyek gátolják a hagyományos mutációs technikák és megközelítések sikerességét. Így említhető a heterozigóta állapot gyakorisága, a nagy növényi testméret, vagy a késői virágzás. Azonban az idegen szekvencia beépüléséhez kötött inszerciós mutagenézis, amellyel domináns fenotípusok előállítására is lehetőség van, alkalmas a fás szárú növények örökletes megváltoztatására. Különösképpen a nyár estében alkalmazták ezt a megközelítést. Az inszerciós mutagenézis során transzpozon vagy T-DNS szekvenciák épülnek be a genomba, ami működésképtelenné tehet egy gént. A nyárfa esetében beltenyésztéssel állítottak elő homozigóta vonalakat, és ezeken sikerrel alkalmazták az inszerciós mutagenézis módszerét (*Busov et al.* 2005). Ismertek olyan mutációs vektor konstrukciók, amelyekkel csak az aktív szabályzó elem, a promoter szekvencia építhető be a genom bármely részébe. Ha a beépülés valamely belső gén közelében történik, akkor annak kifejeződését a promoter megnövelheti. Ilyen eljárással *Yordanov et al.* (2010) nyárfában felfedeztek és azonosítottak Activation-Tagged mutánsokat, amelyek fokozott másodlagos növekedést, és a kéregállományukban is módosulást mutattak. A 4. ábrán jól látható, hogy a mutáns növényekben a másodlagos növekedési zónában a szár átmérője megnövekedett, a kéreg mélyen barázdált és közel 50%-kal haladta meg a vad típus kéregvastagságát. A mutánsok levelei valamivel kisebbek voltak a vad típusénál. Ezek az alaki változások a mutánsokban az LBD1 transzkriptum magasabb szintjéhez köthetők.

A mutációs nemesítés előtt új távlatokat nyit a TILLING (Targeting Induced Local Lesions in Genomes) eljárás, amellyel a géneket érintő mutációk DNS szinten azonosíthatók.



4. ábra. Morfológiai változások az Activation-Tagged nyár mutáns növényekben – a mutáns (A, C, E) és a vad típus (B, D, F) összehasonlítása



Forrás: Yordanov *et al.* (2010)

Figure 4. Morphological variation of Activation - Tagged poplar mutant (A, C, E) in comparison to the wild type plant (B, D, F). Source: Yordanov *et al.* (2010)

Kémiai mutagén kezelést követően az M2 populáció egyedeiből izolált DNS-t olyan nukleáz enzimmal (pl. *CEL1*) hasíthatjuk, amely csak az egyszálú DNS-t emésztí. Amennyiben a mutáció következtében egyszálú régió alakul ki a vizsgált génben, akkor az a megemésztett DNS mintázata alapján felismerhető. *Ríyal* (2011) a nyárfa kísérleteiben sikerrel alkalmazta kisebb módosításokkal a TILLING módszert, amellyel az EMS-sel kezelt nyárfa populáció mutáns egyedeinek szűrését végezte.

#### *Fás szárú energianövények nemesítése molekuláris markerekkel*

A molekuláris növény-nemesítés egyik fő területe a DNS markerekre alapozott szelekció (MAS – Marker Assisted Selection). A DNS szintjén is elvégezhető a szelekció, amennyiben a szekvencia specifikus sajátosságok és adott fenotípus bélyeg közötti összefüggés igazolt. Így elegendő csak a DNS profil vizsgálata, ami alapján az egyedek jellemzése megtörténhet. A céltól és feladattól függően határozható meg, hogy mikor melyik marker típust válasszuk (*Bordács* 2002). A nagyfokú polimorfizmus, a ko-domináns öröklődés, a mintázat gyakori előfordulása a genomban, a könnyű hozzáférhetőség, továbbá a gyors vizsgálati lehetőség, valamint a reprodukálhatóság mind olyan kritérium, aminek teljes egészében egy marker típus sem felel meg, csak részben.

A fás szárú növények nemesítése kiemelten a biomassa hozam növelésére, a biotikus és az abiotikus stressz toleranciára irányul. Ezeknek a tulajdonságoknak a genetikai hátterét a markerekre alapozott szelekcióval fel lehet deríteni, és a különböző hasznos géneket, és kapcsoltsági csoportokat azonosítani. Megkülönböztetünk markerekre alapozott szelekciót (MAS) és markerekre alapozott visszakeresztezést (MAB – Marker Assisted Backcrossing). A nyárfa esetében számos publikáció jelent meg a markerekre alapozott szelekcióval kapcsolatban és több nemesítési program is indult. A nyár a különböző nemesítési programjaiban QTL (Quantitative Trait Locus) térképezéssel sikerrel azonosítottak géneket főleg rezisztencia kialakítása céljából. Emellett SNP (Single Nucleotide Polymorphism) markereket is használnak, továbbá szintén markerekkel szelektálnak a hasznos, jelölt génekre is (*Stanton et al.* 2010).

A RAPD (Random Amplification of Polymorphic DNA) analízist különböző nyárfa, fűzfa fajokon és hibridjeiken is alkalmazták az eltérő, egyedi klónok azonosításához. Ez alkalmas lehet a különböző biomassa hozamú klónok megkülönböztetésére. Egy másik ismert megközelítésben az AFLP-t (Amplified Fragment Length Polymorphism) kombinálják az RFLP-vel (Restriction Fragment

Length Polymorphism) és a RAPD analízissel. A fűz estében tanulmányoztak és használtak a mikroszetellit (SSR – Simple Sequence Repeat) markereket. A szekvenciához kapcsolódó SSR markerek használata vonzó, mert ezek gyakran egy kromoszóma helyhez kötöttek, magas mutációs rátával rendelkeznek és többnyire több allélosak. Ko-domináns markerek egyszerű PCR vizsgálattal is könnyen detektálhatók. A fűz genomi DNS-éből magas SSR tartalmú kis DNS szakaszokat tartalmazó könyvtárat állítottak elő. A mikroszetellitek magas fokú polimorfizmust mutattak az összes tesztelt fűz klónnal. Ezek a markerek alkalmazhatók az AFLP alapú genom térképezéshez (*Lindgaard és Barker 1996*).

*Mishima et al.* (2009) sikeresen izolált mikroszetellit markereket fehér akácban, ahol 11 mikroszetellit lokusznál egyértelműen polimorfizmus volt megfigyelhető. Ezek hasznos genetikai adatot szolgáltatnak az erdők ökológiai tanulmányozásában, így az akác esetében is. *Yuan et al.* (2012) fenotípusos kezeléssel kombinált SSR és SRAP (Sequence Related Amplified Polymorphism) marker rendszerek alkalmazásával vizsgálta a mutáns fehér akác populációban a különböző, megváltozott morfológiai paramétereket. Az SSR és SRAP analízis magasabb genetikai diverzitást mutatott ki a mutáns növényekben.

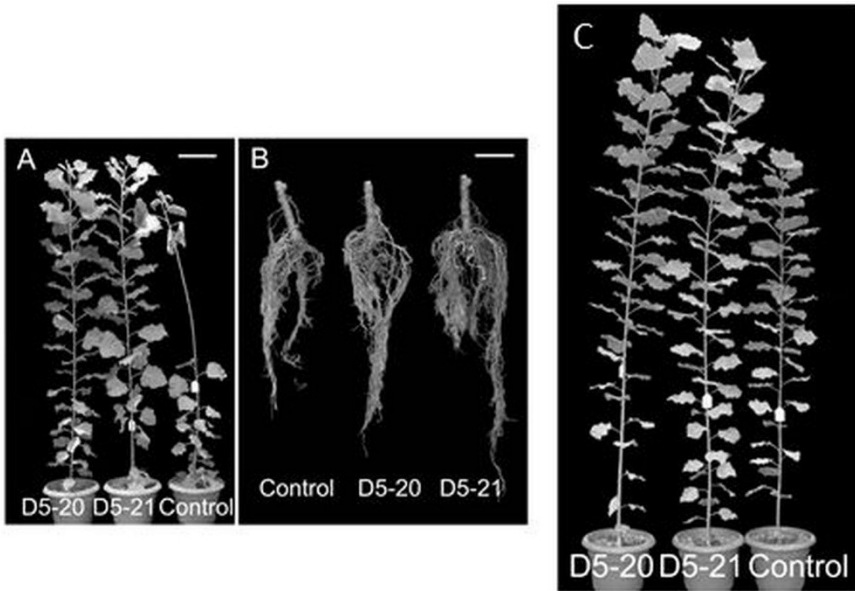
### **Transzgenikus stratégiák a fás szárú energianövények nemesítésében**

Míg a hagyományos nemesítés módszerei közvetve, a fenotípus bélyegei alapján optimalizálják egy adott növény génállományát, addig a rekombináns DNS módszerek közvetlenül, kémiai valóságukban alakítják az örökletes tulajdonságokat. Az energetikai célú ültetvényekben használt nyár, fűz vagy akác genotípusok nemesítését is segíthetik azok a molekuláris biológiai felismerések, amelyek feltárják a dendromassa hozamot meghatározó belső fejlődési programot, és az azt irányító géneket. Ezek a gének izolálhatók, funkcionális elemek *in vitro* kémcsőben átalakíthatók, és visszaépíthetők az adott faj genetikai képességeinek jobbítása érdekében, kiemelten a rövid vágásfordulóban történő termesztés technológiai követelményeire tekintettel. Ez a folyamat adja az alapját a géntechnológiával végzett nemesítésnek, az úgynevezett GM fajták előállításának. Ebben az innovatív műveletsorban kulcs szerepe van a genom szekvenálási programoknak, amelyek teljességében vagy részlegesen feltárják egy adott faj DNS-ét alkotó nukleotidok bázisainak sorrendjét. Több mint tíz éve ismert a nyár (*Populus thriocarpa*) DNS szekvenciája, és ma már

lehetőség van a 41 ezer gént magába foglaló funkcionális génhálózat megszerkesztésére, amivel azonosítható akár a 100 legfontosabb farész/xylém fejlődési gén, vagy fontos stressz gének (Liu *et al.* 2016). A nyár DNS szekvenciájának ismerete segít a fűz részleges szekvencia adatainak informatikai feldolgozásában. A *Salix suchowensis* DNS-ének nukleotid sorrendje alapján azonosított 26 ezer fehérjét kódoló gén közül 20 ezer esetében nyár gén homológot találtak (Dai *et al.* 2014). Az akác esetében ez ideig nem ismert teljes genomi DNS-re kiterjedő szekvenálási eredmény, ugyanakkor a cDNS-ek szekvenálását követően sikerült 36 ezer gént azonosítani (Wang *et al.* 2015).

A gazdasági növények genetikai transzformációjához használt módszerekhez (Dudits és Györgyey 2013) képest a fafajok genomjába történő génbeépítés lépéseit tekintve nincs alapvető eltérés. Gyakran szükség van az *in vitro* tenyésztett szövetekből történő növényregenerációra. A fás szárúak biomassa hozamának növelése érdekében végzett génbeépítések a tulajdonságok széles körét érintették, mint azt Dubouzet *et al.* (2013) összefoglalója bemutatja. A technológia lehetőségeinek felmérésére fordított munka nagyságát jól érzékelteti az egyes növényi funkciók megváltoztatására alkalmazott transzgén variációk száma; hajtás és lombkorona felépítése (fatörzs magasság, elágazás, levél méret, xylém képződés): 24 gén; gyökérrendszer, vízhasznosítás, tápanyagfelvétel: 14 gén; fotoszintézis: 13 gén; lignin anyagcsere: 4 gén; reprodukív szervek, virágzás: 7 gén; hideg stressz: 7 gén; szárazság stressz: 7; biotikus stressz: 24 gén. Figyelmet érdemelnek azok a kísérletek, amelyekben egyidejűleg több tulajdonságot érintett a transzgenézis. Ez az összefoglaló 19 közleményt idéz, amelyben zárt rendszerben végzett szabadföldi értékelés is szerepelt. A nyár mint a fás szárúak modellnövénye központi faj a transzformáns változatok előállításában és jellemzésében. Ye és Zhong (2015) összefoglalójában számos kedvező hatású génbeépítést elemez. A rovar kártevőkkel vagy akár a gombabetegséggel szembeni rezisztencia kialakítása különböző génbeépítési stratégiával is sikeres volt. A technológia lehetőségeit jól szemléltetik Su *et al.* (2011) eredményei, amikor többféle rezisztenciát alakítottak ki a következő öt gén (*vgb*: aerob hemoglobin; *SacB*: leván poliszacharid szintáz; *Cry3A B. Bt. thuringiensis* kristály fehérje bogár kártevőkkel szemben; *OCI*: rizs cisztatin; *JERF36*: jazmonát/etilén faktor fehérje) egyidejű beépítésével a hibrid nyárba (*Populus × euramericana* 'Guariento'). Az ilyen GM nyár növények szárazság- és vízborítás-tűrését az 5. ábra mutatja be.

5. ábra. Öt transzgén hordozó hibrid nyár növények (D5-20, D5-21) szárazság (A, B) és elárasztás (C) rezisztenciája

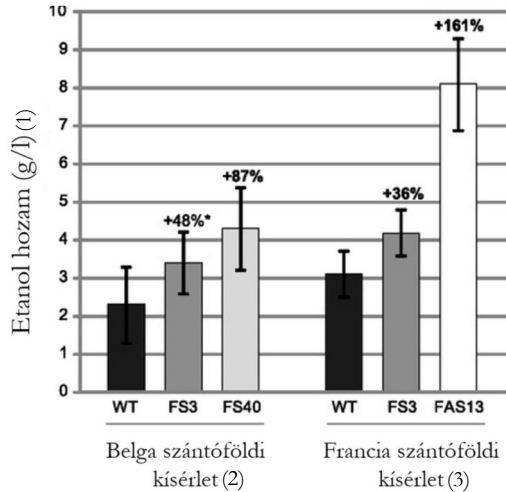


Forrás: *Su et al.* (2011)

*Figure 5.* Hybrid poplar plants (D5-20, D5-21) with five transgenes show drought (A, B) and flood (C) resistance. Source: *Su et al.* (2011)

A megújuló zöld energiaforrások hasznosítása során igen lényeges szempont, hogy bioetanol vagy biogáz termeléshez az élelmiszerként is hasznosítható alapanyagokat ne használjunk, hiszen folyamatos élelmiszerigény növekedéssel kell számolni. Ez a követelmény felértékeli a fa biomassza jelentőségét, mert a cellulózalapú fermentációs technológiák gazdaságos energia előállítását tesznek lehetővé. Ugyanakkor ismert, hogy a fás szövetek lignin tartalma kedvezőtlenül befolyásolja a hozamokat. A géntechnológiai beavatkozások lehetővé teszik kiválasztott gének működésének mérséklését. Ezt a lehetőséget használták ki *Van Acker et al.* (2014), amikor a lignin bioszintézis egyik kulcs enzimét kódoló gént elcsendesítették a nyár (*Populus tremula x Populus alba*) transzformánsokban. Mint az a 6. ábrán látható a szabadföldi kísérletből betakarított GM faminták az egyidejű cukrosítás és élesztő fermentáció során lényegesen több bioetanol előállítását tették lehetővé.

6. ábra. A GM nyár növények (FS3, FS40 és FAS13) alacsony lignin tartalmú fájának fermentációja során több etanol nyerhető mind a belgiumi, mind a francia termőhelyen nevelt fák esetében



Forrás: Van Acker et al. (2014)

Figure 6. Improved bioethanol yield from GM poplar trees (FS3, FS40 és FAS13) grown in Belgian and France with reduced lignin content. (1) Ethanol yield (g l<sup>-1</sup>), (2) Belgian field experiment, (3) French field experiment, Source: Van Acker et al. (2014)

Az akác transzgenikus változatainak előállítása elsősorban az *Agrobacterium* fertőzést követően a szövettenyészetekben történő regenerációval történik. Bár az akác rendelkezik bizonyos mértékű természetes szárazságtűrési képességgel, lehetnek olyan klimatikus viszonyok, amikor hosszabb vízhiány alakul ki. Ez indokolhatja a stressz tolerancia javítását. Ismertes, hogy a stresszválaszokban szerepet játszó gének működését transzkripciós faktorok szabályozzák. Ezek közé tartoznak a DREB fehérjék, amelyeknek egyik változatát *Xiu et al.* (2016) transzgen beépítéssel túltermeltette egy steril akác változatban (*Robinia pseudoacacia* 'Idaho'). A GM növények mélyebbre hatoló gyökérzettel rendelkeztek és jobb volt a vízmegvonás utáni túlélésük. A fűz transzformációs módszerének kidolgozását nehezíti, hogy a tenyésztett szövetekből történő növény regeneráció feltételei nem ismertek. Egyetlen közleményben számoltak be GM fűz növények előállításáról, amikor embrió eredetű kallusz-szöveteket fertőztek meg *Agrobacterium*-mal (*Yang et al.* 2013). A transzgenikus genotípusokból létesített energia faültetvényekkel szemben



indokolt elvárás, hogy a természetes populációk egyedeivel ne kereszteződhesenek a nemesített változatok. A biztonságos termesztés egyik lehetősége, hogy a GM változat steril (Häggman *et al.* 2016). Ezt a megoldást követte Xiu *et al.* (2016) azzal, hogy a steril (*Robinia pseudoacacia* 'Idaho') genotípust használták a transzformációs programjukban. A fás növények sterilitását változó hatékonysággal több génbeépítésével is sikerült indukálni (Häggman *et al.* 2016). A hosszú élettartamú fajok nemesítésének hatékonyságát javíthatja a vegetatív fázis lerövidítése, és korábban virágzó tenyésztési anyagok használata. A *FLOWERING LOCUS T* gén működtetése hőszokk indukáló szabályzó elemmel a nyárfák virágzását indította el (Zhang *et al.* 2010). A GM fás szárú növények erdészeti, beleértve az energetikai célú felhasználását is meg kell előznie a környezeti kockázatelemzéseknek, aminek elengedhetetlen része a zárt rendszerben végzett értékelés, mint azt Häggman *et al.* (2013) hangsúlyozza. Ennek szellemében érthető az ilyen engedélyezett vizsgálatok nagy száma (USA: nyár-212; Kína: nyár-34, akác-25; Kanada: nyár-28; Európai Unió: nyár-30). Üzleti céllal telepített GM nyárfa (*Poplar-12* és *Poplar-741*) ültetvényekről Kínából rendelkezünk információval (Zheng 2010). A FAO adatai szerint a 2002/2003 években engedélyezett telepítés követően 300–500 ha területen 1,4 millió fát neveltek (7. ábra). A rovarrezisztenciát biztosító transzgéneket hordozó klónok 2011. évben 490 hektárt foglaltak el.

### **A genomszerkesztési módszerekkel végzett célzott mutagenézis utat nyit a precíziós nemesítéshez**

Az előzőekben bemutatott eredmények megbízhatóan tanúsítják, hogy a funkcionális gének beépítésével létrehozott GM fás szárú genotípusok mind a fahozam növelése mind a környezet- és klímavédelmi célok érdekében segíthetik a nemesítés sikerességét. Bár a géntechnológia a gének közelségébe hozta a nemesítési műveleteket, a génbeépítés egyes lépései még mindig hordoznak bizonytalanságot. Ezt küszöbölik ki az úgynevezett genomszerkesztési módszerek, amelyekkel egy kiválasztott célgén akár egyetlen építő elemét, nukleotidját is ki lehet cserélni, ami a kódolt fehérje tulajdonságait a kívánt irányba változtatja meg. Mint az a 8. ábrán is látható, a genomszerkesztés kulcs lépése, hogy a megcélzott gént jelentő DNS molekula mindkét szálán törést kell előidézni a kicserélendő nukleotid közelében. Ezt a *Cas9* nukleáz enzim végzi el, miután a vezető RNS molekulák felismerték a cél szekvenciát. A rendelkezésre

álló módszerek megoldották azt a problémát, hogy miként lehet a törést okozó enzimet, az ollót a célszekvenciához irányítani. A feladat súlyát talán érzékelhetjük, ha figyelembe vesszük, hogy például a nyár genomját milliárdnyi nukleotid alkotja, ebben a szénakazalban kell azt az egyet megtalálni, amelyiket ki akarunk cserélni. A sejtek érzékelik, hogy törés érte a DNS-t, ezért aktiválják a hibajavító folyamatokat, segítségükkel megtörténik a kívánt nukleotidcsere, ami a tervezett pontmutációt eredményezi. A genomszerkesztést végző molekulákat a növények esetében tenyésztett sejtekben hozzák működésbe, és a mutációt hordozó sejtekből nevelik fel az új növényvariánsokat.

7. ábra. Peking közelében létesített GM nyár (*Populus nigra*) ültetvény



Forrás: M. Hosny El-Lakany, FAO

Figure 7. GM poplar plants (*Populus nigra*) grown near to Peking in China. Source: M. Hosny El-Lakany, FAO

Tekintettel a genomszerkesztési módszerek adta előnyökre már ismertek az első eredmények az erdészeti fás szárú fajokkal végzett kísérletekből (lásd: összefoglaló Tsai és Xue 2015). A CRISPR-Cas9 módszerrel a nyár 4-coumarate: CoA ligase (*4CL*) génjében létrehozott két alléles mutáció 23%-kal csökkentette a fás szövetek lignin tartalmát (Zhou et al. 2015). Az új nemesítési módszerek egyike a genomszerkesztés, amivel irányítottan egy kiválasztott célgén-



ben lehet mutációkat előidézni. Nagyon lényeges, hogy a rendszer kivitelezhető funkcionális gén beépítése nélkül is.

8. ábra. Génspecifikus mutációk indukálását teszi lehetővé a CRISPR/Cas9 genomszerkesztési rendszer: Cas9-kettősszálú DNS-t hasító nukleáz és a cél szekvenciát felismerő vezető RNS komplexe

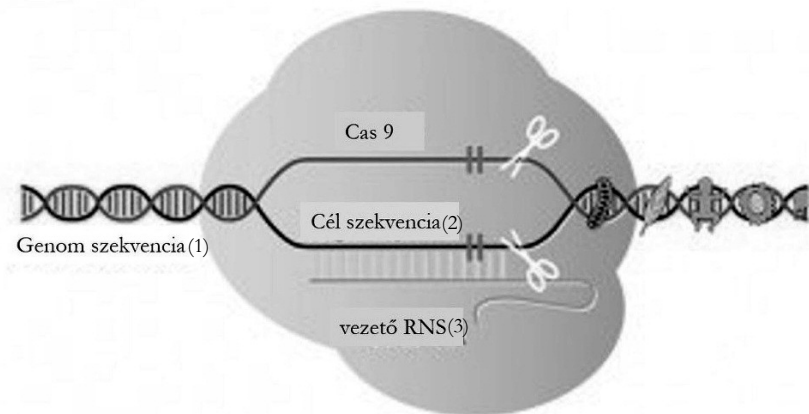


Figure 8. CRISPR/Cas9 genome editing system can be used for induction of gene specific mutation: complex between Cas9 nuclease cutting doubled strand DNA and guide RNA recognising target sequence. (1) Genome sequence, (2) Target sequence, (3) Guide RNA

A statisztikák szerint a világon több mint háromezer olyan növényfajtát termesztnek, amelyek mesterséges mutációból származnak. Jelenleg ezeket a változatokat az uniós definíció nem tekinti GMO-nak, és idehaza is használhatunk mutáns eredetű növényeket (durum búza). Ezért indokolt, hogy a géngenomszerkesztésből származó tenyésztőanyagokat a génbeépítésből származó GM változatoktól elkülönítve kezeljük.

## Irodalom

- Bordács S.: 2002. A DNS-polimorfizmus elemzéséhez alkalmazott módszerek. 53. [In: Mátyás Cs. (szerk.) Erdészeti - természetvédelmi genetika.] Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- Busov, V.-Fladung, M.-Groover, A.-Strauss, S.: 2005. Insertional mutagenesis in *Populus*: relevance and feasibility. *Tree Genetics & Genomes*. 1: 135-142.

- Cai, X.–Kang, X. Y.: 2011. *In vitro* tetraploid induction from leaf explants of *Populus pseudo-simonii* Kitag. Plant Cell Rep. 30: 1771–1778.
- Csipkés M.: 2011. Egyes energia-növények gazdasági elemzése, valamint hatásuk a földhasználatra. Doktori (PhD) értekezés. Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma Gazdálkodástudományi és Vidékfejlesztési Kar. Debrecen.
- Dai, X.–Hu, Q.–Cai, Q.–Feng, K.–Ye, N.–Tuskan, G. A.–Milne, R.–Chen, Y.–Wan, Z.–Wang, Z.–Luo, W.–Wang, K.–Wan, D.–Wang, M.–Wang, J.–Liu, J.–Yin, T.: 2014. The willow genome and divergent evolution from poplar after the common genome duplication. Cell Res. 10: 1274–1277.
- Dubouzet, J. G.–Strabala, T. J.–Wagner, A.: 2013. Potential transgenic routes to increase tree biomass. Plant Sci. 212: 72–101.
- 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. 3: 1504–1523.
- Dudits D.–Györgyei J.: 2013. Zöld GMO-k. Akadémiai Kiadó. Budapest. 145.
- European Environment Agency: 2013. Mix of energy crops, 2006–2008 and EEA scenario for environmentally compatible energy cropping in 2020. <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/mix-of-energy-crops200620132008>.
- Gyuricza Cs.: 2010. Energetikai faültetvény létesítésére alkalmas fajok és fajták (1.), Fás szárú energianövények termesztése (2.). Megújuló energiaforrások. Agrofórum. 64–67.
- Gyuricza Cs.–Hegyí J.–Kohlheb N.: 2011. Rövid vágásfordulójú fűz (*Salix sp.*) energiaültetvény termesztésének tapasztalatai és életciklus-elemzésének eredményei. Növénytermelés. 60. 2: 45–65.
- Gyuricza Cs.–Kovács G. P.–Balla I.–Junek N.: 2012. Fás szárú energianövények termesztése és ökológiai hatásai. Tudomány – Megújuló energiaforrások. Mezőgazdasági Technika. 12: 2–5.
- Häggman, H.–Fladung, M.–Ewald, D.: 2013. Genetically engineered trees for plantation forests: key considerations for environmental risk assessment. Plant Biotechnol J. 11. 7: 785–798.
- Häggman, H.–Sutela, S.–Fladung, M.: 2016. Genetic Engineering Contribution to Forest Tree Breeding Efforts. Biosafety of Forest Transgenic Trees. Forestry Sciences. 82: 11–29.
- Karp, A.–Hanley, S. J.–Trybush, S. O.–Macalpine, W.–Pei, M.–Shield, I.: 2011. Genetic Improvement of Willow for Bioenergy and Biofuels. Journal of Integrative Plant Biology. 53. 2: 151–165.
- Lindgaard, K. N.–Barker, H. A.: 1996. Breeding willows for biomass. Biomass and energy crops. Aspects of Applied Biology. 49: 1–9.

- Liu, Q.–Ding, C.–Chu, Y.–Chen, J.–Zhang, W.–Zhang, B.–Huang, Q.–Su, X.: 2016. *PoplarGene*: poplar gene network and resource for mining functional information for genes from woody plants. *Sci. Rep.* 6. 31356: 1–11.
- Mishima, K.–Hirao, T.–Urano, S.–Watanabe, A.–Takata, K.: 2009. Isolation and characterization of microsatellite markers from *Robinia pseudoacacia* L. *Mol. Ecol. Resour.* 9. 3: 850–852.
- Rédei, K.–Osváth-Bujtás, Z.–Veperdi, I.: 2008. Black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) improvement in Hungary: a Review. *Acta Silvatica and Lignaria Hungarica.* 4: 127–132.
- Riyal, D.: 2011. Development of mutation-based breeding technology in forest tree species. Master of Science in the Department of Biological Sciences Simon Fraser University. Burnaby BC. Canada.
- Serapiglia, M. J.–Gouker, E. F.–Smart, L. B.: 2014. Early selection of novel triploid hybrids of shrub willow with improved biomass yield relative to diploids. *BMC Plant Biology.* 14. 74: 1–12.
- Stanton, B. J.–Neale, D. B.–Li, S.: 2010. *Populus* Breeding: From the Classical to the Genomic Approach. Greenwood resources.
- Su, X.–Chu, Y.–Li, H.–Hou, Y.–Zhang, B.–Huang, B.–Hu, Z.–Huang, R.–Tian, Y.: 2011. Expression of Multiple Resistance Genes Enhances Tolerance to Environmental Stressors in Transgenic Poplar (*Populus × euramericana* 'Guariento'). *PLoS One.* 6. 9: 1–11.
- Szalai D.–Marosvölgyi B.: 2013. A fásszárú energetikai ültetvények természetes karbonkörforgalmát befolyásoló tényezők. *Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka XVIII. EME. Kolozsvár.* 21–22: 371–374.
- Tsai, C. J.–Xue L. J.: 2015. CRISPRing into the woods. *GM Crops Food.* 6. 4: 206–215.
- Vágvölgyi A.: 2013. Fás szárú energetikai ültetvények helyzete Magyarországon napjainkig; üzemeltetésük, hasznosításuk alternatívái. Doktori (PhD) értekezés. Nyugat-Magyarországi Egyetem Kitaibel Pál Környezettudományi Doktori Iskola.
- Van Acker, R.–Leplé, J. C.–Aerts, D.–Storme, V.–Goeminne, G.–Ivens, B.–Légée, F.–Lapierre, C.–Piens, K.–Van Montagu, M. C.–Santoro, N.–Foster, C. E.–Ralph, J.–Soetaert, W.–Pilate, G.–Boerjan, W.: 2014. Improved saccharification and ethanol yield from field-grown transgenic poplar deficient in *cinnamoyl-CoA* reductase. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 14. 11: 845–850.
- Wang, J.–Shi, L.–Song, S.–Tian, J.–Kang, X.: 2013. Tetraploid production through zygotic chromosome doubling in *Populus*. *Silva Fennica.* 47: 932–940.
- Wang, J. X.–Lu, C.–Yuan, C. Q.–Cui, B. B.–Qiu, Q. D.–Sun, P.–Hu, R. Y.–Wu, D. C.–Sun, Y. H.–Li, Y.: 2015. Characterization of *ESTs* from black locust for gene discovery and marker development. *Genet. Mol. Res.* 2015 Oct. 19. 14. 4: 12684–12691.
- Xiu, Y.–Iqbal, A.–Zhu, C.–Wu, G.–Chang, Y.–Li, N.–Cao, Y.–Zhang, W.–Zeng, H.–Chen, S.–Wang, H.: 2016. Improvement and transcriptome analysis of root architecture by overexpression of *Fraxinus pennsylvanica DREB2A* transcription factor in *Robinia pseudoacacia* L. 'Idaho'. *Plant Biotechnol. J.* 14. 6: 1456–1469.

- Yang, J.–Yi, J.–Yang, C.–Li, C.: 2013. Agrobacterium tumefaciens-mediated genetic transformation of *Salix matsudana* Koidz. using mature seed. *Tree Physiol.* 33. 6: 628–639.
- Ye, Z. H.–Zhong, R.: 2015. Molecular control of wood formation in trees. *J. Exp. Bot.* 66: 4119–4131.
- Yordanov, Y.–Regan, S.–Busov, V.: 2010. Members of the LATERAL ORGAN BOUNDARIES DOMAIN Transcription Factor Family Are Involved in the Regulation of Secondary Growth in Populus. *The Plant Cell.* 22: 3662–3677.
- Yuan, C. Q.–Li, Y. F.–Sun, P.–Sun, Y. H.–Zhang, G. J.–Yang, M. S.–Zhang Y. Y.–Li, Y.–Wang, L.: 2012. Assessment of genetic diversity and variation of *Robinia pseudo-acacia* seeds induced by short-term spaceflight based on two molecular marker systems and morphological traits. *Genetics and Molecular Research.* 11. 4: 4268–4277.
- Zhang, H.–Harry, D. E.–Ma, C.–Yuceer, C.–Hsu, C. Y.–Vikram, V.–Shevchenko, O.–Etherington, E.–Strauss, S. H.: 2010. Precocious flowering in trees: the *FLOWERING LOCUS T* gene as a research and breeding tool in Populus. *J. Exp. Bot.* 61. 10: 2549–2560.
- Zheng, Y.: 2010. Research, deployment and safety management of genetically modified poplars in China 135–147. *Tree Transgenesis Recent Developments in: Forests and genetically modified trees food and agriculture organization of the united nations Rome.*
- Zhou, X.–Jacobs, T. B.–Xue, L. J.–Harding, S. A.–Tsai, C. J.: 2015. Exploiting SNPs for biallelic *CRISPR* mutations in the outcrossing woody perennial *Populus* reveals 4-coumarate:CoA ligase specificity and redundancy. *New Phytol.* 208. 2: 298–301.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

\*Dr. Dudits Dénes – Nagy Anna Viktória  
MTA Szegedi Biológiai Kutatóközpont  
Növénybiológiai Intézet  
Szeged  
Temesvári krt. 62.  
H-6726  
\*dudits.denes@brc.mta.hu

## MEGEMLEKEZÉS

### Commemoration

#### Emlékezés – Varga János (1926–1996)

2016. november 10-én a XXXVI. Óvári Tudományos Naphoz kapcsolódva az MTA Talajtani, Vízgazdálkodási és Növénytermesztési Tudományos Bizottság a Plenáris ülésen és a Növénytudományi Szekcióban is előadással, emléktábla koszorúzással adózott Varga János kiemelkedő agrártudósunk emlékének.

A rendhagyó megemlékezés indokai közül az egyik, hogy az Óvári kar, az újjászerveződő Növénytudományi Tanszék éppen úgy sorsfordító időszakot él át napjainkban, mint 1957–1958-ban, amikor Varga János igazgatója lett az 1954-ben újra nyílt Óvári Akadémiának. A másik fontos indok, Varga professzor munkássága. Szellemisége, oktatásról, kutatásról vallott nézetei, vezetői- és szervezési kvalitásai, amelyek kiállták az idő próbáját, ma is példa értékűek. Vezetői tevékenysége révén vált az Óvári Akadémia a határokon túl is elismert egyetemmé. Vezetői képességeit bizonyítja, hogy a Keszthellyel történt egyesítés (1970–1971) után kétszer is rektorrá választották (1979 és 1982). Több oktatás-módszertani kutatás kormányprogramjának volt vezetője (gyakorlati oktatás, szakirányú képzés). A mérnökképzés új útjait keresve indította el Óváron a blokkos- és az integrált oktatást. A képzés színvonalának emelésében, a tanszékek modernizálásában kulcsszerepet vállalt. Ennek eredménye volt, hogy a törzstantárgyakért felelős tanszékek személyi- és tárgyi feltételei jelentősen javultak. Kiemelkedő minőségi változtatásokat hajtott végre a Növénytermesztési Tanszéken, ahol (1962–1985), mint tanszékvezető az oktatást és kutatást szolgáló, európai mércével mérve, jelentős, korszerű hallgatói és kutató laboratóriumokat hozott létre. Az 1950-es évek végétől az alkalmazott agrártudományok új eredményeinek bevezetését az oktatásban folyamatosan

szorgalmazta. Így rövid időn belül beépült a növénytermesztés tananyagába a vegyszeres gyomirtás, a környezetvédelem, az iparszerű módszerek, a biotechnológia és a növénytermesztés nem egy korszerű eleme, elkezdődött az öko-gazdálkodás oktatása.

A kutatás területén úgyszintén lépést tartott a novumokkal, elsősorban a takarmánygazdálkodás, a táj kutatás és a növénynevelés területén ért el munkatársaival figyelemre méltó eredményeket. Ezek nyomán az intézmény külföldi és hazai agrárvállalkozásoktól is (Rohm and Haas, KWS, BASF, Ciba-Geigy, Sarea, OTK, IKR, DUFAR stb.) számos megbízást kapott, így jutott több munkatárs külföldi tanulmányutakhoz; az intézmény forrásokhoz, amelyekből műszereket lehetett vásárolni; ilyen „munkadíjakból” épült fel a „D” és az „E” épületegyüttes is.

Már az oktatás- és a kutatásszervezés terén végzett munkája alapján is, mai fogalmaink szerint Varga János kiváló menedzser volt. Megerősíti ezt a nevéhez fűződő több szabadalom, szakmai publikációinak 150-et meghaladó száma, az intézményfejlesztéshez szükséges fedezetek előteremtése. Nevéhez fűződik a 120 férőhelyes diákszálló, a tornacsarnok, a 22 darab lakás, az étterem létesítése, az „A” és „B” épületek felújítása.

Munkásságának méltatásához tartozik az Óvári Intézmény hírnevét, elismertségét növelő közéleti tevékenysége is. Vezető tisztséget töltött be több tudományos társaságban, szakmai kormánydelegációkat vezetett, alapító tagja volt a Nicolaus Lenau Társaságnak, élő kapcsolatot ápolt német, osztrák, szovjet felsőoktatási és kutató intézetekkel, szerkesztő bizottsági tagja volt számos, magas színvonalú, elismert angol, német szakmai lapnak.

1975–1979 között országgyűlési képviselő is volt.

Varga János különös gonddal ápolta, kutatta a magyar gazdálkodási múltat. Egyszer, társaságban, már nyugdíjba vonulása után (1986) erről így vallott: *„a mai percmberkék azt hiszik, fontosságukat növelik a múlt, az elődök érdemeinek tagadásával, ezért még történelemhamisításra is vetemednek, szóval ez ellen próbálok tenni”*.

Varga János iskolateremtő tevékenységét jelzi, hogy tanszéki munkatársai közül kilenc fő professzori címet érdemelt ki és sokunk számára ő az etalon, amikor az egyetemi oktató képét formáljuk magunkban.

Varga János hivatalos elismerései sorából kiemelkednek a Munkaérdemrend ezüst (1969), arany (1999) fokozatai és az Osztrák Köztársaság Nagy Ezüst Érdemrendje (1980).

Szakmai hitvallásából álljon itt három ma is időszerű gondolat:

- életünk alapját a termőföld és a növények kapcsolódásának minősége képezi,
- az egyetemi oktató önálló kutatómunka nélkül nem képes életszerű előadásokra,
- az egyetemi oktatásban a gyakorlat-vezetés egyenértékű az előadói tevékenységgel.

Varga János alkotói életútját a sors rövidre szabta. Azonban ezen Mosonmagyaróváron maradandót alkotva haladt végig. Túlzás nélkül mondhatjuk, az 1954-ben újra indított Akadémiáért, a Főiskoláért, az egyetemi rangú karéért nála többet senki nem tett.

Késmárki István – Schmidt Rezső







**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

---