

Crop  
Production

 HERMAN OTTÓ INTÉZET  
NONPROFIT KFT.

# NÖVÉNYTERMELÉS

67. kötet | 4. szám | 2018. december

Alapítás éve: 1952

Főszerkesztő: Nagy János



A talaj N-, P- és K-ellátottságának hatása a szója (*Glycine max* L./ Merr.) termésére csernozjom réti talajon – I. Terméshozam

Szennyvízöntözés hatása a csurgalékvíz kémiai összetételére liziméteres energiafűz kísérletben

Előzetes eredmények mikroalga kezelésekre napraforgó növekedésre és termésre gyakorolt hatásáról

[www.agrarlapok.hu](http://www.agrarlapok.hu)

# Növénytermelés

## CROP PRODUCTION

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

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

Megjelenés egy kötet négy füzetben.

A Növénytermelést a SCOPUS és a Google Scholar indexeli.

### **Szerkesztőség:**

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

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

Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft.  
Kiadói 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. Béres András,  
a Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft. ügyvezetője

ISSN 0546-8191  
Növényterm 67 (2018) 4  
Printed in Hungary

# Növénytermelés

CROP PRODUCTION

67. kötet, 4. szám, 2018. december

*Főszerkesztő/Editor-in-Chief:*

JÁNOS NAGY

*Szerkesztőbizottság/Editorial Board:*

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

AGRÁRMINISZTERIUM

A kiadásért felelős a Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft. ügyvezetője

A nyomást és kötést a Komáromi Nyomda és Kiadó Kft. végezte

Felelős szerkesztő: Dr. Nagy János

Fedélterv: Dávid Ildikó

Fotót készítette: Dr. Rátonyi Tamás

ISSN 0546-8191

## TARTALOM

<i>Izsáki Zoltán</i> : A talaj N-, P- és K-ellátottságának hatása a szója ( <i>Glycine max</i> L./ Merr.) termésére csernozjom réti talajon – I. Terméshozam .....	5
<i>Kun Ágnes – Bíróné Oncsik Mária – Bozán Csaba – Barta Károly</i> : Szennyvíz-öntözés hatása a csurgalékvíz kémiai összetételére liziméteres energiafűz kísérletben .....	27
<i>Póthe Péter – Gergely István – Ördög Vince</i> : Előzetes eredmények mikroalga kezelések napraforgó növekedésre és termésre gyakorolt hatásáról .....	43
<i>Sebőkandrás – Czinkota Imre – Nyíri Balázs – Bosnyákovics Gabriella – Gulyás Miklós – Dálnoki Anna Boglárka</i> : A talaj szervesanyag minőségének vizsgálata UV-VIS spektrumban – az Exponenciális Illesztés Módszere (EFA) .....	59

## MEGEMLÉKEZÉS

<i>Matuz János – Herczeg György</i> : In memoriam – Harmati István (1929–2018) ....	73
---	----

## CONTENTS

<i>Z. Izsáki</i> : The effect of the N, P and K supply of the soil on the yield of soybean ( <i>Glycine max</i> L./ Merr.) on chernozem meadow soil – I. Yield .....	5
<i>Á. Kun – M. B. Oncsik – Cs. Bozán – K. Barta</i> : Wastewater irrigation impact on the chemical composition of the leachate in lysimeter-grown energy willow experiment .....	27
<i>P. Póthe – I. Gergely – V. Ördög</i> : Preliminary results of microalgae treatments on sunflower growth and production .....	43
<i>A. Sebők – I. Czinkota – B. Nyíri – G. Bosnyákovics – M. Gulyás – A. B. Dálnoki</i> : Examining the organic matter quality of the soil in the UV-VIS spectrum – the Exponential Fitting Approach (EFA) .....	59

## COMMEMORATION

<i>J. Matuz – Gy. Herczeg</i> : In memoriam – István Harmati (1929–2018) .....	73
--	----

## СОДЕРЖАНИЕ

З. Ижаки: Влияние обеспеченности почвы N-ом, P-ом и K-ем на урожай сои ( <i>Glycine max L./ Merr.</i> ) на чернозёмной луговой почве – I. Выход продукции(урожай) .....	5
А. Кун – М. Б. Ончик – Сч. Бозан – К. Барта: Влияние орошения сточной водой на химический состав просачивающейся воды в лизиметерном опыте с энергетической ивой .....	27
П. Пётте – И. Гергей – В. Ёрдёг: Предварительные результаты об оказанном влиянии обработок микроводорослями на рост и урожай подсолнечника .....	43
А. Шебёк – И. Цинкота – Б. Ньери – Г. Бошнякович – М. Гуйяш – А. Б. Далноки: Исследование качества органического вещества почвы в спектре UV-VIS – Метод Экспоненциального Сглаживания (EFA) .....	59
ВОСПОМИНАНИЯ	
Я. Матуз – Д. Херцег: Посвящается памяти Хармати Иштвана (1929–2018) ...	73

**A talaj N-, P- és K-ellátottságának hatása a szója  
(*Glycine max* L./ Merr.) termésére csernozjom réti talajon –  
I. Terméshozam**

IZSÁKI ZOLTÁN

Szent István Egyetem Agrár- és Gazdaságtudományi Kar,  
Agrártudományi és Vidékfejlesztési Intézet, Szarvas

**Összefoglalás**

A szója trágyázási szaktanácsadásának fejlesztéséhez kísérleti munkánk célja az volt, hogy jól elkülönülő talaj tápelem-ellátottsági szinteken műtrágyázási tartamkísérletben vizsgáljuk a N-, P- és K-ellátottság hatását a szója terméshozamára, és határozzunk meg N-, P- és K-ellátottsági határértékeket csernozjom réti talajra. A műtrágyázási tartamkísérletet 1989-ben állítottuk be mélyben karbonátos csernozjom réti talajon, 4-4 N-, P- és K-ellátottsági szinten, teljes kezeléskombinációban, 64 kezeléssel. Jelen dolgozatban a tartamkísérlet 4. és 20. éve között végzett 11 év kísérleti eredményei szerepelnek, melyek alapján az alábbi főbb megállapítások tehetők:

1. A 2,8–3,2 % humusztartalmú, jó N-szolgáltató képességű csernozjom réti talajon a szója terméshozama N-trágyázás nélkül a tenyészdő vízellátottságától függően 0,69–3,08 t/ha közé esett, átlagértéke 1,78 t/ha volt. N-trágyázás nélkül a termésmaximum 87%-át lehetett elérni a kísérleti évek átlagában. A 80 kg/ha N-adag a magtermést minden évben szignifikánsan növelte, és 11 év átlagában a termésnövekedést 0,27 t/ha volt. A N-túltáplálás az évek többségében termésnövekedést váltott ki.
2. A szója P-reakciója gyenge, a talaj 118–150 mg/kg AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ellátottsági szintjéhez képest a jobb P-ellátottság csak ritkán eredményez csekély, nem gazdaságos mértékű terméshozam gyarapodást. A talaj magas P-ellátottsága egyes években termésdepressziót vált ki. A szója P-trágyázásának elsősorban a gyenge, igen gyenge P-ellátottságú talajokon van létjogosultsága.

3. A talaj 200–560 mg/kg AL-K<sub>2</sub>O ellátottsági tartományában a szója magtermése érdeemben nem változott, esetenként a túlzott K-ellátáshoz termésnövekedés társulhat. Csernozjom réti talajon 200–250 mg/kg AL-K<sub>2</sub>O ellátottsági szinten, illetve felette a szója K-trágyázása már nem javasolható.
4. A kölcsönhatás vizsgálatok szerint jó P-ellátottsági szinten a N-trágyázás termésnövelő hatása kifejezettebb. N-trágyázás mellett a talaj 320 mg/kg AL-K<sub>2</sub>O ellátottságtól a jobb K-ellátottság esetenként termésnövekedést okozhat.

**Kulcsszavak:** N-, P- és K-ellátottság, kölcsönhatás, szója, magtermés, tartamkísérlet

## **The effect of the N, P and K supply of the soil on the yield of soybean (*Glycine max* L./ Merr.) on chernozem meadow soil – I. Yield**

Z. IZSÁKI

Szent István University, Faculty of Agricultural and Economic Sciences,  
Institute of Agricultural Sciences and Rural Development, Szarvas

### **Summary**

The aim of our experimental work supporting the development of the fertilisation consultancy service of soybean was to examine the effect of the N, P and K supply on the yield of soybean at well distinguished soil nutrient supply levels, as well as to determine the N, P and K supply limit values for chernozem meadow soil. The long-term fertilisation experiment was established in 1989 on chernozem soil with deep calcareous layer at 4 supply levels of N, P and K, respectively. The experiment had a comprehensive treatment combination with 64 treatments. This study focuses on the experimental findings of 11 years between year 4 and 20. The following main conclusions can be made:

1. The yield of soybean without N fertilisation was between 0.69–3.08 t ha<sup>-1</sup> (average yield: 1.78 t ha<sup>-1</sup>) depending on the water supply of the growing season on the high N supply chernozem meadow soil with a humus content between 2.8–3.2%. Averaged over the experiment years, 87% of the yield could be achieved without N fertilisation. The 80 kg ha<sup>-1</sup> N dose significantly increased seed yield in each year. Averaged



over the 11 examined years, the yield surplus was 0.27 t ha<sup>-1</sup>. In the majority of years, N overfertilisation resulted in yield decrease.

2. The P reaction of soybean is weak. Compared to the 118–150 mg kg<sup>-1</sup> AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> supply level of the soil, better P supply rarely results in a slight and non-economical yield increase. The high P supply of the soil results in yield depression in certain years. The P fertilisation of soybean is justified primarily on soil with weak P supply levels.
3. The seed yield of soybean did not notably change in the 200–560 mg kg<sup>-1</sup> AL-K<sub>2</sub>O supply range of the soil. In some cases, excessive K supply may be coincided with yield decrease. The K fertilisation of soybean is not recommended on chernozem meadow soil with a 200–250 mg kg<sup>-1</sup> AL-K<sub>2</sub>O supply level and above.
4. According to the performed examinations of interactions, the yield increasing effect of N fertilisation is more pronounced at proper P supply levels. Under N fertilisation, better K supply than the 320 mg kg<sup>-1</sup> AL-K<sub>2</sub>O supply of the soil may result in yield decrease.

**Key words:** N, P and K supply, interaction, soybean, seed yield, long-term experiment

## **Влияние обеспеченности почвы N-ом, P-ом и K-ем на урожай сои (*Glycine max* L./ Merr.) на чернозёмной луговой почве – I. Выход продукции(урожай)**

З. ИЖАКИ

Университет им.Св.Иштвана, Факультет Сельского Хозяйства и Экономических Наук, Институт Аграрных Наук и Развития Провинции, Сарваш

### **Резюме**

Для дальнейшего развития профессионального консультирования внесения удобрения под сою целью нашей опытной работы было исследовать на хорошо различимых уровнях обеспеченности почвы питательными элементами в продолжительном опыте искусственных удобрений влияние обеспеченности N, P и K на урожайность сои, и определить предельные показатели обеспеченности N, P и K на чернозёмную луговую почву. Продолжительный опыт искусственного удобрения установили в 1989-ом году на карбонатной, в глубине чернозёмной луговой почве, на 4–х

уровнях обеспеченности N-ом, P-ом и K-ем, в полной комбинации обработок, с 64 дозами. В данной работе участвуют результаты 11 лет опытов, проведённых в 4–20 годы продолжительного опыта, на основании которых можно сделать следующие главные выводы:

1. На чернозёмной луговой почве с содержанием гумуса 2,8–3,2 % и хорошей способностью обслуживания N, урожаи сои без удобрения N в зависимости от водообеспеченности вегетационного периода были 0,69–3,08 t/ha, средний урожай был 1,78 t/ha. Без удобрения N можно было достигнуть 87% максимального урожая в среднем в годы опыта. Доза 80 kg/ha N в каждом году значительно увеличила урожай бобов, и в среднем за 11 лет прибавка урожая была 0,27 t/ha. Передозировка N-ом в большинстве лет вызвала уменьшение урожая.
2. Реакция сои на P слабая, по сравнению с уровнем обеспеченности почвы 118–150 mg/kg AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> большая обеспеченность P-ом только редко давала небольшую, экономически незначительную, прибавку урожая. Высокая обеспеченность почвы P-ом в отдельные годы вызвала депрессию урожая. Удобрение сои P-ом в первую очередь на слабой, очень слабо обеспеченной P-ом почве имеет право на существование.
3. На почве с обеспеченностью AL-K<sub>2</sub>O в пределах 200–560 mg/kg урожай соевых бобов значительно не изменился, в отдельных случаях к слишком большой обеспеченности K-ем присоединялось уменьшение урожая. На чернозёмной луговой почве на уровне 200–250 mg/kg обеспеченностью AL-K<sub>2</sub>O, а также выше этого уже не советуем вносить под сою удобрение K.
4. Согласно исследований взаимного влияния на уровне хорошей обеспеченности P-ом внесение удобрения N имело более выраженное увеличивающее урожай влияние. При удобрении N-ом, большая обеспеченность K-ем выше уровня обеспеченности почвы 320 mg/kg AL-K<sub>2</sub>O в отдельных случаях может причинить уменьшение урожая.

**Ключевые слова:** обеспеченность N, P и K, взаимовлияние, соя, урожай бобов, продолжительный опыт

## Bevezetés

A szója magas fehérjetartalmának (35–50%) és folyamatosan növekvő vetésterületének köszönhetően a világ legjelentősebb fehérjenövénye. Kedvező olaj-

tartalma (15–22%) eredményeként az olajnövények rangsorában a második helyet foglalja el az olajpálma mögött, mivel a világ növényi eredetű olajtermelésének 26–27%-át adta az utóbbi években. A szója világméretű sikerét tükrözi, hogy vetésterülete a világon 1981 és 2011 között megduplázódott és 2016-ban már elérte a 122 millió hektárt és ezzel a hüvelyes növények vetésterületének mintegy 54%-át foglalta el (*1. táblázat*). A szója iránti növekvő igényt magyarázza a szójamag magas takarmányozás- és táplálkozás-biológiai értéke, sokoldalú felhasználhatósága, Földünk népességének gyarapodása és növekvő húsfogyasztása (*Kurnik 1970, Weiss 1983, Horn 2008*). A világ legjelentősebb szójatermelői az USA (33,5 millió ha), Brazília (33,2 millió ha) és Argentína (19,5 millió ha), mely államok 2016-ban a világ szója vetésterületének kerekén 70%-át adták. Termésátlagban 2011–2015. évek átlagában élenjáró az USA (3,0 t/ha) volt, ezt követte Brazília (2,9 t/ha) és Argentína (2,7 t/ha), míg a világátlag 2,5 t/ha-t (*FAOSTAT*) ért el.

Míg az elmúlt három évtizedben a szántóföldi hüvelyes növények vetésterülete jelentősen növekedett a világban, addig Magyarországon ellentétes tendenciát tapasztalhatunk. Az utóbbi négy évtizedből 1981–1990 között volt a legnagyobb a száraz hüvelyesek (szójával együtt) vetésterülete, mintegy 146 ezer hektár, ami a szántóterület 3,1%-át tette ki. Ezt követően a hüvelyesek vetésterülete csökkent és az elmúlt években a szántóterület 1,6–1,9%-át fedték le, a maguk 70–80 ezer hektáros területével. Hazánkban a hüvelyes növények sorában a szója az uralkodó, melynek vetésterülete 2015–2017. évek átlagában elérte a 70 ezer hektárt (*1. táblázat, KSH*). Termésátlaga az elmúlt négy évtizedben csak csekély mértékben növekedett, ami az egyes idő intervallumokban a következő volt: 1981–1990 1,81 t/ha; 1991–2000 1,94 t/ha; 2001–2010 2,17 t/ha és 2011–2015 2,11 t/ha. A szója termésingadozása igen nagy, 1990 és 2017 között a terméshozam 1,39 és 3,03 t/ha közé esett (*KSH*). *Weiss (1983)* megállapítása, miszerint a környezeti és termesztési faktorok termésbefolyásoló hatása lényegesen jelentősebb, mint a genetikai alapoké, ez hazai viszonyaink között különösen megmutatkozik a terméshozamok alakulásában. Hazai klímánkon a vízellátottság okozza a legnagyobb mértékű termésingadozást.

A szója tenyészideje hazánkban a fajtától függően 100–140 nap, mely időszak alatt vízfogyasztása eléri a 450–500 mm-t. Termesztése ott biztonságos, ahol a vegetációs periódusban legalább 300–350 mm csapadék hull. A szója vízellátottság szempontjából kritikus fejlődési fázisai a virágzás, hüvelyesedés és magképződés, mely időszak június közepétől augusztus közepéig, hosszabb

tenyészidejű fajtáknál augusztus végéig tart. Megfelelő terméshozamra akkor számíthatunk, ha e 60–70 nap alatt a csapadék mennyisége a 160–180 mm-t eléri (Kurnik 1970, Bódis 1983, Balikó 2015).

1. táblázat. A világ és Magyarország jelentősebb hüvelyes növényeinek vetésterülete (1981–2016)

Hüvelyes növények (1)	1981- 1990	1991- 2000	2001- 2010	2011- 2015	2016
Világ (millió ha) (2)					
Bab ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) (3)	26,22	25,23	27,38	29,98	29,39
Borsó ( <i>Pisum sativum</i> L.) (4)	8,84	6,86	6,31	6,49	7,63
Lóbab ( <i>Vicia faba</i> L.) (5)	3,20	2,31	2,57	2,33	2,40
Lencse ( <i>Lens culinaris</i> Medic.) (6)	2,88	3,46	3,79	4,24	5,48
Csicseri borsó ( <i>Cicer arietinum</i> L.) (7)	9,86	10,82	10,66	12,77	12,65
Homoki bab ( <i>Vigna sinensis</i> L.) ( <i>Vigna anguiculata</i> L.) (8)	4,32	8,33	10,58	11,73	12,32
Kajánbab, galambborsó ( <i>Cajanus cajan</i> (L.) Millsp.) (9)	3,61	4,22	4,72	5,53	5,41
Száraz hüvelyesek összesen (10)	58,93	61,23	66,01	73,07	75,28
Szója ( <i>Glycine max</i> (L.) Merrill.) (11)	53,30	64,10	90,26	111,71	121,53
Földi mogyoró ( <i>Arachis hypogaea</i> L.) (12)	19,14	22,03	23,47	26,34	27,66
Hüvelyesek összesen (13)	130,37	147,36	179,74	211,12	224,47
Magyarország (ezer ha) (14)					
Bab ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) (3)	10,27	4,62	1,35	0,64	0,87
Borsó ( <i>Pisum sativum</i> L.) (4)	85,17	65,88	19,32	20,08	18,98
Lóbab ( <i>Vicia faba</i> L.) (5)	12,70	+	+	0,18	0,12
Lencse ( <i>Lens culinaris</i> Medic.) (6)	2,95	1,31	0,38	0,01	0,03
Száraz hüvelyesek összesen (10)	111,09	71,81	21,05	20,91	20,00
Szója ( <i>Glycine max</i> (L.) Merrill.) (11)	35,40	19,26	17,99	47,85	61,03
Hüvelyesek összesen (13)	146,49	91,07	39,04	68,76	81,03

Megjegyzés: +néhány száz hektárra becsült. Forrás: FAOSTAT és KSH (STADAT)

Table 1. Sowing area of the main leguminous crops in the World and Hungary (1981–2013). (1) Leguminous crops, (2) World (million ha), (3) Bean, (4) Pea, (5) Broad bean, (6) Lentil, (7) Chickpea, (8) Cowpea, (9) Pigeon pea, (10) Total dry legumes, (11) Soybean, (12) Groundnut, (13) Total legumes, (14) Hungary (thousand ha), Note: estimated for a few hundred hectares. Sources: FAOSTAT and HCSO (STADAT)

Az agrotechnikai tényezők közül a terméshozamot és minőséget legjelentősebben a tápanyag-ellátottság befolyásolja. A szója nagy N-igényű növény, fajlagos N-tartalma egy tonna magtermésnek a hozzátartozó mellékterméssel együtt 60–110 kg között változik a különböző forrásmunkák szerint (*Kurnik* 1970, *Bocz* 1976, *Izsáki* 1997, *Whirtney* 1997, *Kádár* és *Márton* 1999, *Balikó et al.* 2005, *Salvagiotti et al.* 2008, 2009). Így 3–4 t/ha-os magtermés teljes földfeletti biomasza tömegébe beépült N mennyisége 250–400 kg/ha közötti lehet. A szója N-igényének jelentős hányada a szimbiotikus légköri N-megkötésből származik. Ennek mértéke 25–85% a földfeletti hajtásba épült összes N-nek (*Deibert et al.* 1979, *Jefing et al.* 1992, *Vasiles et al.* 1995). *Salvagiotti et al.* (2008) vizsgálatai szerint a légköri N-megkötés átlagosan 50–60%-a a szója által felvett összes N-nek. Kísérleteikben negatív exponenciális összefüggést mutattak ki a N-műtrágya adagja és a biológiai N-fixáció között. *Goss et al.* (2002) N-trágyázás nélkül és 20 kg/ha N-adagnál 60%-os N-megkötést mutattak ki, ami 60–120–180 kg/ha N-trágyázási szinten 41–38–13%-ra csökkent le. A hazai forrásmunkák (*Antal* 2000, *Kajdi* 2005, *Balikó* 2015) a szója mérsékelt adagú N-trágyázását javasolják, a talaj N-ellátottságától, humusztartalmától függően 30–70 kg N/ha dózissal. Nagy, 3–4 t/ha-t meghaladó terméskilátás esetén azonban célszerű a hüvelykötődés fázisában (R3) további 20–50 kg/ha N kijuttatása (*Balikó* 2015, *Diaz* 2016). A szimbiotikus N-megkötés változik a szója fejlődési fázisaiban és legnagyobb mértékű az R2–4 generatív fázisban (*Keyser* és *Li* 1992, *Hamawaki* és *Kantartzi* 2018). Ennek ellenére nagy termés esetén a magképződés N-igényét a légköri N-megkötés nem elégíti ki (*Zapata et al.* 1987), ami a késői N-trágyázást indokolja. Egzakt szántóföldi és liziméteres kísérletekben *Márton et al.* (1990), *Kádár* és *Márton* (1999), valamint *Kádár* (2013) a szója termésmaximumát 120–150 kg/ha-os N-adag alkalmazása mellett érték el. A N-túltáplálás különösen magas P-ellátottsági szinten csökkentette a növényenkénti N-gyűjtő gumók számát, gátolta a szója fejlődését, kitolta az érésidőt és jelentős termésnövekedést váltott ki.

A szója P-reakciója viszonylag gyenge, a P-trágyázás jelentősebb termésváltoztató hatása csak a talaj gyenge, igen gyenge P-ellátottsági szintjén érvényesül (*Borges* és *Mallarino* 2000, *Yin et al.* 2016). Iowa-ban *Sawyer* és *Mallarino* (2008) vizsgálatai szerint a P-trágyázás hatásának valószínűsége a magtermésre a talaj P-ellátottságától függően a következő: igen gyenge 80%, gyenge 65%, optimum 25%, magas 5%, míg nagyon magas ellátottsági szinten 1% alatti. Kansas államban, a „kukorica övezetben” a szója P-trágyázását közepesnél jobb P-ellá-

tottságú talajokon a trágyázási szaktanácsadás nem is javasolja (Whirtney 1997). A P-túltrágyázás Yin *et al.* (2016) szerint csökkenti a magtermést és kedvezőtlenül befolyásolhatja a minőségi tulajdonságokat. Hazai körülmények között, karbonátos csernozjom talajon Kádár *et al.* (2003) 246 mg/kg AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ellátottságnál már a magtermés jelentős csökkenését mutatták ki. A szója viszonylag gyenge P-reakciójától függetlenül a hazai forrásmunkák (Antal 2000, Kajdi 2005, Balikó 2015) a szója P-trágyázását javasolják a talaj jó és igen jó P-ellátottsági szintjén is.

Sawyer és Mallarino (2008) a K-trágyázás terméshozamra gyakorolt hatásának valószínűségét hasonlóan ítélik meg, mint a fentiekben ismertetett P-hatását. Slaton *et al.* (2006) Arkansas szójatermő talajain a K-trágyázás termésnövelő hatását a talaj közepes K-ellátottságáig tudták kimutatni. Hasonló eredményekről számolt be Whirtney (1997). Hazánkban Kádár *et al.* (2003) érdemi K-hatást nem tudtak kimutatni a szója terméshozamában a talaj 136–606 mg/kg AL-K<sub>2</sub>O ellátottsági tartományában. A szója trágyázásával foglalkozó hazai közlemények többsége (Antal 2000, Kajdi 2005, Balikó *et al.* 2005, Balikó 2015) a szója K-trágyázását javasolják a talaj jó és igen jó K-ellátottsági szintjén is.

A szója trágyázásával foglalkozó magyarországi kísérleti eredmények viszonylag korlátozott merítési bázist nyújtanak a szója trágyázási szaktanácsadásának fejlesztéséhez. Jelen publikáció 11 év kísérleti eredményeinek közlésével szándékozik további ismereteket nyújtani a szója trágyázásához. A szója trágyázási kísérletek eredményei közül a következőkben tervezzük a tápanyag-ellátottság tápelemfelvétel, tápláltsági állapot és termésmínőség összefüggéseiről számot adni.

### Anyag és módszer

A műtrágyázási tartamkísérletet a Kar Növénytermesztéstan Tanszéke Kísérleti Telepén, Szarvason állítottuk be 1989-ben. A kísérleti terület talaja mélyben karbonátos csernozjom réti talaj, a humuszos réteg vastagsága 85–100 cm, a művelt réteg pH<sub>KCl</sub>-ja 5,0–5,2, humusztartalma 2,8–3,2%, CaCO<sub>3</sub>-ot nem tartalmaz, kötöttsége (K<sub>A</sub>) 50, agyagtartalma 32%.

A kísérlet beállítása előtt 1989 őszén az AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 156 mg/kg, az AL-K<sub>2</sub>O 322 mg/kg, AL-Na 212 mg/kg, a KCl-Mg 765 mg/kg, az EDTA-Mn 386 mg/kg, az EDTA-Cu 5,4 mg/kg és az EDTA-Zn 3,0 mg/kg volt a kísérleti terület átlagában. A MÉM NAK által elfogadott módszerek és határértékek (Buzás *et al.* 1979) alap-

ján a talaj ellátottsága N-ből közepes-jó, P-ből, K-ből, Cu-ből és Zn-ből jó, Mg-ből és Mn-ből igen jó ellátottságot mutatott. A talajvíz átlagos mélysége 300–350 cm.

A műtrágyázási tartamkísérletet három tényezővel (N-, P- és K-trágyázás), tényezőnként 4–4 N-, P- és K-szinten alakítottuk ki, teljes kombinációban ( $4^3$ ), azaz 64 kezeléssel, kétszeresen osztott parcellás elrendezésben, három ismétlésben. A három valódi ismétlésen belül a N-trágyázási kezelések 48, a P-trágyázási kezelések 16 belső ismétléssel szerepeltek. A kísérlet tényezői és kezelései: „A” tényezőként a K-trágyázás szerepelt az alábbi kezelésekkel:

$K_0$  = K-trágyázás nélkül;

$K_1$  = 300 kg/ha/év  $K_2O$  1989–1992 között, 100 kg/ha/év 1993-tól;

$K_2$  = 600 kg/ha  $K_2O$  1989-ben, 1000 kg/ha 1993-ban és 600 kg/ha 2001-ben;

$K_3$  = 1200 kg/ha  $K_2O$  1989-ben, 1500 kg/ha 1993-ban és 1200 kg/ha 2001-ben.

„B” tényezőként a P-trágyázás szerepelt az alábbi kezelésekkel:

$P_0$  = P-trágyázás nélkül;

$P_1$  = 100 kg/ha/év  $P_2O_5$ ;

$P_2$  = 500 kg/ha  $P_2O_5$  1989-ben, 1993-ban és 2001-ben;

$P_3$  = 1000 kg/ha  $P_2O_5$  1989-ben, 1993-ban és 2001-ben.

„C” tényezőként a N-trágyázás szerepelt az alábbi kezelésekkel:

$N_0$  = N-trágyázás nélkül,

$N_1$  = 80 kg N/ha/év,

$N_2$  = 160 kg N/ha/év,

$N_3$  = 240 kg N/ha/év.

Az időszakosan végzett nagyadagú P és K feltöltő trágyázás célja az volt, hogy jól elkülönülő ellátottsági szinteket alakítsunk ki a talajban a tápláltsági szituációk tanulmányozására és a talaj tápelem-ellátottsági határértékek megállapítására. A nitrogént ammóniumnitrát (34%), míg a foszfort szuperfoszfát (18%) és a káliumot kálisó (40 vagy 60%) formájában alaptrágyaként juttattuk ki. A gyakorlattól eltérő, túlzott adagú N-trágyázást növényélettani összefüggések vizsgálata céljából alkalmaztunk. A kísérletben évente négy növény szerepelt kiterített vetésforgóban,  $4 \times 192$  db parcellán, ahol a főparcellák területe  $320 \text{ m}^2$ , az elsőrendű alparcellák területe  $80 \text{ m}^2$  és a másodrendű alparcellák mérete  $4 \times 5 = 20 \text{ m}^2$  volt.

A szója előveteménye 1993 és 1995 között cukorrépa (*Beta vulgaris* L. var. altissima Doell.), míg 2003 és 2010 között kukorica (*Zea mays* L.) volt. A kísérlet minden évben szántásos alpművelésben részesült. A vetést április 3. dekádjában végeztük 50 cm-es sortávolságra, 500 ezer csíra/ha vetőmagnormával,

Borostyán korai érésű szója fajtával. A betakarítást parcella kombájnnal végeztük, évjáratától függően augusztus 3. vagy szeptember 1. dekádjában.

A kísérleti évek tenyészidőszakának időjárása a kísérlet helyén mért adatok alapján a következőkkel jellemezhetők (2. táblázat).

2. táblázat. A kísérleti hely időjárási adatai a vizsgálati időszak alatt  
(Szarvas, 1901–1975, 1993–2010)

Év (1)	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IV–VIII.
	Havi és tenyészidő (IV–VIII.) alatti csapadékösszeg (mm) (2)					
1901–1975	44	59	68	51	52	274
1993	43	7	20	23	31	124
1994	68	35	20	17	48	188
1995	43	80	80	10	28	241
2003	7	20	2	35	13	90
2004	57	39	69	120	72	357
2005	109	34	63	80	174	460
2006	26	67	134	29	88	344
2007	3	89	68	43	31	265
2008	48	37	155	42	56	338
2009	1	16	75	43	38	173
2010	64	142	39	60	54	359
	Havi és tenyészidő (IV–VIII.) alatti középhőmérséklet (°C) (3)					
1901–1975	11,0	16,5	19,8	21,9	21,1	18,1
1993	10,6	19,1	20,7	20,9	21,5	18,6
1994	11,3	16,3	20,0	23,8	22,0	18,7
1995	10,5	19,3	19,3	24,3	20,8	18,8
2003	10,5	20,6	23,7	22,8	24,4	20,4
2004	12,1	15,2	19,8	22,0	21,2	18,1
2005	11,6	17,2	19,4	21,7	20,0	18,0
2006	13,1	16,2	19,7	24,1	19,5	18,5
2007	12,8	18,2	22,3	23,6	23,1	20,0
2008	11,8	17,3	21,2	21,6	22,2	18,8
2009	14,9	17,6	19,8	23,1	23,1	19,7
2010	11,9	16,5	20,2	23,4	21,7	18,7

Table 2. Weather data of the experiment site during the period of examination (Szarvas, 1901–1975, 1993–2010). (1) Year. (2) Monthly and growing season (IV–VIII.) precipitation sum (mm), (3) Monthly and growing season (IV–VIII.) mean temperature (°C)



A kísérlet helyszíne az ország legszárazabb térségébe esik, ahol a sokévi (1971–1975) csapadék átlaga 538 mm. A tartamkísérlet két évtizedes ciklusa (1989–2010) alatt az évi csapadék átlag ugyancsak 538 mm-t ért el. A 11 kísérleti évből 5 évben (1993, 1994, 1995, 2003, 2009) a tenyészidő a sokévi átlagnál szárazabb volt, különösen a virágzás, hüvelykötődés és magképződés időszakában, amikor e két hónap csapadék összege 30–60 mm közé esett. Átlagosnál kedvezőbb vízellátottságú és csapadék eloszlású években (2004, 2005, 2006, 2010) a tenyészidő alatti csapadék mennyisége 350 mm körüli vagy azt meghaladó volt. A 2007-es tenyészidőszak csapadék ellátottsága a sokévi átlag szintjén alakult, míg a 2008-as tenyészidőszakban átlag feletti csapadék hullott, de eloszlása egyenetlen volt. Két év (2004, 2005) kivételével a tenyészidő alatti középhőmérséklet meghaladta a sokévi átlagot.

A talaj N-ellátottságának jellemzésére vizsgáltuk az elővetemény betakarítása után ősszel a 0–60 cm-es talajréteg ásványi nitrogén-tartalmát. Az ásványi nitrogént ( $\text{NO}_3 - \text{NO}_2 - \text{NH}_4 - \text{N}$ ) 1 mol/dm<sup>3</sup> KCl-os kivonatból fotometriás módszerrel (MSZ 20135:1999) határoztuk meg, melynek értékeit a 3. táblázat tartalmazza.

A talaj tápelem-vizsgálatokat évente, ősszel az elővetemény betakarítása után a 0–60 cm-es talajrétegből vett mintákból végeztük el. A talaj P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>- és K<sub>2</sub>O-tartalmát AL-módszerrel (MSZ 20135:1999) határoztuk meg, és az eredmények értékelésekor a talaj P- és K-ellátottságának megítélésére a szántott (30 cm-es) réteg értékeit használjuk. Az egyes kísérleti évek P- és K-ellátottságát az előző év őszenek vizsgálati eredményével jellemezzük (4. táblázat).

A kísérleti adatok matematika-statisztikai értékelését háromtényezős variancia-analízissel végeztük (Sváb 1981). Amennyiben a vizsgált tényezők között kölcsönhatás nem volt, akkor csak a főhatások kerülnek ismertetésre.

## Eredmények és következtetések

### *N-ellátottság főhatás*

A N-ellátottság hatása a szója magtermésére a P- és K-kezelések átlagában az 5. táblázat adatai alapján értékelhető.

N-trágyázás nélkül a talaj 0–60 cm-es rétegének NO<sub>3</sub>-N-tartalma a kísérleti évek alatt a szója vetését megelőző év őszen 8–76 kg/ha között változott, melyet jelentősen befolyásolt az elővetemény terméshozama, az abban foglalt N-mennyisége.

3. táblázat. A talaj 0–60 cm-es rétegének  $\text{NO}_3\text{-N}$ -tartalma a vetést megelőző év őszén  
(Szarvas, 1992–1994, 2002–2009)

Év (1)	N-adag (kg/ha) (2)			
	0	80	160	240
$\text{NO}_3\text{-N}$ (kg/ha)				
1992	70	102	119	126
1993	38	57	81	96
1994	76	73	112	121
2002	19	37	75	160
2003	36	51	80	86
2004	35	40	39	49
2005	8	8	9	12
2006	15	17	20	24
2007	56	65	88	94
2008	69	63	93	141
2009	24	98	103	150
Átlag (3)	41	56	74	96

Table 3. The  $\text{NO}_3\text{-N}$  content of the soil in the 0–60 cm soil layer before sowing in autumn (Szarvas, 1992–1994, 2002–2009). (1) Year, (2) N dose  $\text{kg ha}^{-1}$ , (3) Average

A tartamkísérlet 18 éve alatt végzett N-forgalmi vizsgálataink szerint N-trágyázás nélkül a talaj N-szolgáltatása éves átlagban 126  $\text{kg/ha/év}$  volt (Izsáki 2010, 2015), ami alapján a 2,8–3,2% humusztartalmú talaj jó N-szolgáltatásúnak tekinthető. A szója terméshozama N-trágyázás nélkül ( $\text{N}_0$ ) a tenyészidő vízellátottságától függően 0,69–3,08 t/ha közé esett, átlagértéke 1,78 t/ha volt. Külön említést érdemel a 2010-es tenyészidőszak, amikor a 20 éve N-trágyázásban nem részesült parcellákon, a kedvező vízellátottság 3,08 t/ha-os terméshozammal párosult. A 80  $\text{kg/ha}$  N-adag ( $\text{N}_1$ ) a magtermést minden évben szignifikánsan növelte, és 11 év átlagában a terméstöbblet 0,27 t/ha volt. A relatív termés a kísérleti évek átlagában 87%, amely azt mutatja meg, hogy N-trágyázás nélkül a termésmaximum hány százalékát lehetett elérni. A jó N-szolgáltató képességű talajon a 80  $\text{kg/ha}$ -os N-trágyázás termésnövelő hatása mérsékelt, az évek többségében 10–15%, és a 11 kísérleti évből csak kettőben érte el a 35%-ot.

4. táblázat. A talaj művelt rétegének P- és K- ellátottsága trágyázási kezelésként  
(Szarvas, 1992–1994, 2002–2009)

Év (1)	AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)			
	P <sub>0</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>
1992	134	148	194	252
1993	122	154	184	230
1994	134	175	247	359
2002	128	183	195	339
2003	139	198	222	362
2004	143	220	213	297
2005	150	217	186	282
2006	141	222	193	273
2007	118	181	158	269
2008	143	253	193	317
2009	147	252	180	272
Intervallum (2)	118–150	148–253	180–247	230–362
	AL-K <sub>2</sub> O (mg/kg)			
	K <sub>0</sub>	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>
1992	237	342	317	378
1993	250	393	299	387
1994	251	393	452	562
2002	215	347	394	465
2003	206	321	367	453
2004	211	323	330	395
2005	199	320	324	377
2006	211	322	301	340
2007	235	345	322	375
2008	210	310	286	357
2009	213	334	315	344
Intervallum (2)	199–251	310–393	299–452	340–562

Table 4. P and K supply in cultivated soil layer in each fertilisation treatment (Szarvas, 1992–1994, 2002–2009). (1) Year, (2) Interval

5. táblázat. A N-ellátottság hatása a szója magtermésére (szárazanyag, t/ha)  
(Szarvas, 1993–1995, 2003–2010)

Év (1)	Magtermés (t/ha) (2)				SzD <sub>5%</sub> (3)	Átlag (4)	Relatív termés (%) (5)
	N <sub>0</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>			
1993	1,23	1,45	1,30	1,22	0,03	1,30	85
1994	0,75	0,85	0,84	0,77	0,02	0,80	88
1995	0,69	0,76	0,74	0,69	0,02	0,72	91
2003	0,98	1,33	1,47	1,50	0,05	1,32	65
2004	1,74	2,35	2,73	2,90	0,08	2,43	60
2005	2,53	2,79	2,76	2,58	0,10	2,66	91
2006	2,72	2,98	2,93	2,85	0,10	2,87	91
2007	2,25	2,57	2,60	2,32	0,14	2,43	87
2008	2,17	2,42	2,22	1,90	0,10	2,17	90
2009	1,45	1,71	1,58	1,43	0,11	1,54	85
2010	3,08	3,31	3,26	2,99	0,12	3,16	93
Átlag	1,78	2,05	2,04	1,92	-	1,94	87
Intervallum (6)	0,69– 3,08	0,76– 3,31	0,74– 3,26	0,69– 2,99	-	0,72– 3,16	60–93

Table 5. The effect of N supply level on the seed yield of soybean (dry matter t ha<sup>-1</sup>) (Szarvas, 1993–1995, 2003–2010). (1) Year, (2) Seed yield (t ha<sup>-1</sup>), (3) LSD<sub>5%</sub>, (4) Average, (5) Relative yield (%), (6) Interval

A 160, 240 kg/ha N-adagot kapott kezelésekben az elővetemény után ősszel visszamaradt NO<sub>3</sub>-N mennyisége igen jelentős, átlagban 74, 96 kg/ha a 0–60 cm-es talajrétegben (3. táblázat). Így a 160 kg N/ha (N<sub>2</sub>) kezelés csak két évben eredményezett termésnövekedést, míg az évek többségében kismértékű terméshozam csökkenést váltott ki. A túlzott, 240 kg/ha N-ellátottság (N<sub>3</sub>) 11 évből 10 évben szignifikáns termésdepressziót indukált a 80 kg/ha-os N-kezeléshez képest. Az évjáratonkénti terméssingadozások igen nagyok, mintegy reprezentálva, hogy a szója terméshozamát a tenyészdő vízellátottsága sokkal jelentősebben befolyásolja, mint a N-ellátottság. A N-trágyázás és a vízellátottság között kölcsönhatás nem volt, így nem tudtunk kimutatni érdemi relatív termés-többlet gyarapodást a száraz és jobb csapadék ellátottságú évek vonatkozásában a N-trágyázás hatására. A kísérleti adatok szerint a 2,8–3,2% humusztartal-

mú, jó N-szolgáltatású talajon a szója kielégítő vízellátottsága mellett N-trágyázás nélkül is elérhető legalább 3 t/ha magtermés, amit a 80 kg/ha adagú N-trágyázás legalább még 10%-kal növelhet. Kísérleti eredményeink jó egyezőséget mutatnak *Balikó* (2015) szója N-trágyázási gyakorlati tapasztalatával, eredményével, miszerint a 3–4 t/ha magtermés eléréséhez maximum 80–90 kg/ha N-hatóanyag osztott kijuttatása javasolható a termőhelyi feltételektől függően.

#### *P-ellátottság főhatás*

A tartamkísérlet beállításakor (1989) a talaj művelt rétegének AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-tartalma 156 mg/kg volt, ami P-trágyázás nélkül (P<sub>0</sub>) a szója kísérletek alatt 118–150 mg/kg intervallumban változott (*4. táblázat*). A tartamkísérlet 20 éves periódusa alatt az AL-oldható P-tartalomban egyértelmű változás nem következett be, a terméssel kivont P-mennyisége nem okozott csökkenést a talaj AL-oldható P-tartalmában. A talaj P-tartalmának változása inkább szezondinamikai hatásnak tulajdonítható (*Cserni* 1983, *Izsáki* 2015).

A P-ellátottság hatásának eredményeit a szója magtermésére a N- és K-kezelések átlagában a *6. táblázat* tartalmazza.

P-trágyázás nélkül (P<sub>0</sub>) a 11 éves kísérleti ciklus alatt – jelentős vízellátottsági különbségek miatt – a szója magtermése 0,73 és 3,05 t/ha között változott. Az évenkénti 100 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha adagú P-trágyázás (P<sub>1</sub>), ahol a talaj művelt rétegének az AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-tartalma 148–253 mg/kg közé esett, a 11 évből csak négy évben eredményezett kisebb (0,14 t/ha), de szignifikáns magtermés növekedést. A relatív termés is azt mutatja, hogy P-trágyázás nélkül a termésmaximum 92–96%-át el lehetett érni még szignifikáns P-hatású években is. Négy évben az igen jó P-ellátottság (AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 230–362 mg/kg, P<sub>3</sub>) megbízhatóan csökkentette a magtermést a P<sub>1</sub>-kezeléshez viszonyítva. A kontrollhoz képest jobb P-ellátottság terméshozamot befolyásoló hatását négy évben nem tudtuk kimutatni. Ilyenkor a relatív termés elérte a termésmaximum 96–99%-át. Az eredmények szerint a szója P-reakciója gyenge, a 118–150 mg/kg AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ellátottsági szintű csernozjom réti talajon a P-trágyázás csak ritkán eredményez csekély, nem gazdaságos mértékű terméshozam gyarapodást. A hazai P-trágyázási javaslatokkal (*Buzás* 1983, *Antal* 2000, *Balikó* 2015) szemben, melyek minden P-ellátottsági szinten P-trágyázást ajánlanak, a szója P-trágyázásának elsősorban a gyenge, igen gyenge P-ellátottságú talajokon van létjogosultsága.

6. táblázat. A P-ellátottság hatása a szója magtermésére (szárazanyag, t/ha)  
(Szarvas, 1993–1995, 2003–2010)

Év (1)	Magtermés (t/ha) (2)				SzD <sub>5%</sub> (3)	Átlag (4)	Relatív termés (%) (5)
	P <sub>0</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>			
Szignifikáns évek (6)							
1993	1,31	1,32	1,34	1,22	0,04	1,30	98
1994	0,83	0,82	0,78	0,78	0,03	0,80	100
1995	0,73	0,74	0,72	0,70	0,03	0,72	99
2003	1,26	1,37	1,36	1,30	0,07	1,32	92
2004	2,37	2,55	2,44	2,40	0,12	2,44	93
2008	2,11	2,23	2,26	2,11	0,11	2,17	93
2010	3,05	3,20	3,24	3,14	0,12	3,16	96
Átlag (4)	1,67	1,75	1,73	1,66	-	1,70	95
Nem szignifikáns évek (7)							
2005	2,68	2,65	2,72	2,61	NS	2,66	99
2006	2,86	2,87	2,88	2,88	NS	2,87	99
2007	2,39	2,47	2,49	2,40	NS	2,44	96
2009	1,55	1,56	1,55	1,61	NS	1,57	96
Átlag (4)	2,37	2,39	2,41	2,38	-	2,39	98

Table 6. The effect of P supply level on the seed yield of soybean (dry matter t ha<sup>-1</sup>) (Szarvas, 1993–1995, 2003–2010). (1) Year, (2) Seed yield (t ha<sup>-1</sup>), (3) LSD<sub>5%</sub>, (4) Average, (5) Relative yield (%), (6) Significant year, (7) Non significant year

### K-ellátottság főhatás

A szója kísérletek 11 éve alatt, a tartamkísérlet 4. és 20. évei között, a talaj művelt rétegének AL-K<sub>2</sub>O-tartalma K-trágyázás nélkül (K<sub>0</sub>) 199–251 mg/kg volt (4. táblázat). A K-ellátottság szója terméshozamára gyakorolt hatását vizsgálva a N- és P-kezelések átlagában (7. táblázat) megállapítható, hogy 11 év átlagában K-trágyázás nélkül a szója magtermése 1,94 t/ha-t ért el. A K-trágyázásban részesült kezelésekben (K<sub>1</sub>, K<sub>2</sub>, K<sub>3</sub>), ahol az AL-K<sub>2</sub>O-tartalma a talajnak 300–560 mg/kg szinten alakult, a szója termése a kísérleti évek átlagában gyakorlatilag nem változott. A 11 évből 3 évben lehetett kimutatni, hogy a 450 mg/kg AL-K<sub>2</sub>O ellátottság felett a magtermés szignifikánsan csökkent. Egy évben, a tartamkísérlet 20. évében tapasztaltunk csak K-trágyázás hatására megbízható

terméstöbbletet a 20 éve K-trágyázásban nem részesült kezeléshez ( $K_0$ ) képest. A relatív termés, mely azt mutatja, hogy K-trágyázás nélkül a termésmaximum hány százalékát lehet elérni, 96% volt a kísérleti évek átlagában. Eredményeink szerint csernozjom réti talajon 200–250 mg/kg AL- $K_2O$  ellátottsági szinten, illetve felette a szója K-trágyázása már nem javasolható, szemben korábbi forrasmunkák (*Buzás* 1983, *Antal* 2000, *Balikó* 2015) ajánlásával.

7. táblázat. A K-ellátottság hatása a szója magtermésére (szárazanyag, t/ha) (Szarvas, 1993–1995, 2003–2010)

Év (1)	Magtermés (t/ha) (2)				SzD <sub>5%</sub> (3)	Átlag (4)	Relatív termés (%) (5)
	K <sub>0</sub>	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>			
Szignifikáns K-hatású évek (6)							
1995	0,76	0,76	0,70	0,66	0,04	0,72	100
2003	1,33	1,42	1,31	1,22	0,11	1,32	94
2004	2,56	2,26	2,54	2,39	0,24	2,43	100
2010	2,95	3,16	3,08	3,44	0,13	3,16	86
Átlag (4)	1,90	1,90	1,90	1,92	-	1,90	95
Nem szignifikáns K-hatású évek (7)							
1993	1,28	1,30	1,30	1,31	NS	1,30	98
1994	0,80	0,83	0,81	0,78	NS	0,80	96
2005	2,59	2,64	2,79	2,65	NS	2,66	93
2006	2,92	2,88	2,71	2,99	NS	2,87	98
2007	2,44	2,52	2,43	2,36	NS	2,43	96
2008	2,15	2,05	2,24	2,27	NS	2,17	95
2009	1,60	1,50	1,54	1,53	NS	1,54	100
Átlag (4)	1,96	1,96	1,97	1,98	-	1,96	97

Table 7. The effect of K supply level on the seed yield of soybean (dry matter t ha<sup>-1</sup>) (Szarvas, 1993–1995, 2003–2010). (1) Year, (2) Seed yield (t ha<sup>-1</sup>), (3) LSD<sub>5%</sub>, (4) Average, (5) Relative yield (%), (6) Significant year, (7) Non significant year

### Kölcsönhatások

A N- és P-ellátottság között kölcsönhatást két kísérleti évben tudtunk kimutatni, melynek eredményeit a 8. táblázat tartalmazza.

8. táblázat.  $N \times P$  kölcsönhatások a szója magtermésében (szárazanyag, t/ha)  
(Szarvas, 2004, 2008)

P-ellátottság (1)	N-ellátottság (2)				SzD <sub>5%</sub> (3)	Átlag (4)
	N <sub>0</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>		
2004						
P <sub>0</sub>	1,79	2,29	2,74	2,66	0,18	2,37
P <sub>1</sub>	1,89	2,44	2,79	3,03		2,53
P <sub>2</sub>	1,71	2,24	2,77	3,00		2,43
P <sub>3</sub>	1,59	2,43	2,64	2,92		2,39
SzD <sub>5%</sub> (3)	0,15					0,12
Átlag (4)	1,74	2,35	2,73	2,90	0,08	-
2008						
P <sub>0</sub>	2,26	2,16	2,19	1,84	0,20	2,11
P <sub>1</sub>	2,27	2,50	2,19	1,92		2,23
P <sub>2</sub>	2,16	2,57	2,33	1,97		2,26
P <sub>3</sub>	1,97	2,46	2,15	1,87		2,11
SzD <sub>5%</sub> (3)	0,21					0,11
Átlag (4)	2,17	2,42	2,22	1,90	0,10	-

Table 8.  $N \times P$  interactions in the seed yield of soybean (dry matter t ha<sup>-1</sup>) (Szarvas, 2004). (1) P supply, (2) N supply, (3) LSD<sub>5%</sub>, (4) Average

Az igen jó P-ellátottság (P<sub>3</sub>) 2004-ben és 2008-ban N-trágyázás nélkül (N<sub>0</sub>) szignifikánsan csökkentette a magtermést. A N-trágyázott kezelésekben a P-túltáplálás negatív hatása már nem jelentkezett, vagyis a jobb N-ellátás képes kompenzálni egyes években a túlzott P-ellátottság termés-csökkentő hatását. Mindkét évben érvényesült, hogy jó P-ellátottsági szinten a N-trágyázás termésmenvelő hatása kifejezettebb.

A N- és K-ellátottság között kölcsönhatást csak a 2004. évi kísérletben tapasztaltunk, amikor kimutatható volt, hogy N-trágyázás nélkül (N<sub>0</sub>) a K-ellátottság különböző szintjei (K<sub>0</sub>-K<sub>3</sub>) a magtermést szignifikánsan nem befolyásolták, ugyanakkor N-trágyázás mellett a 320 mg/kg AL-K<sub>2</sub>O ellátottságtól a jobb K-ellátottság már statisztikailag igazolható termés-csökkenést váltott ki (9. táblázat).



9. táblázat.  $N \times K$  kölcsönhatás a szója magtermésében (szárazanyag, t/ha)  
(Szarvas, 2004)

K-ellátottság (1)	N-ellátottság (2)				SzD <sub>5%</sub> (3)	Átlag (4)
	N <sub>0</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>		
2004						
K <sub>0</sub>	1,76	2,44	2,99	3,06	0,15	2,56
K <sub>1</sub>	1,70	2,18	2,52	2,63		2,26
K <sub>2</sub>	1,86	2,54	2,66	3,08		2,54
K <sub>3</sub>	1,67	2,25	2,78	2,85		2,39
SzD <sub>5%</sub> (3)	0,20					0,24
Átlag (4)	1,74	2,35	2,73	2,90	0,08	-

Table 9.  $N \times K$  interaction in the seed yield of soybean (dry matter t ha<sup>-1</sup>) (Szarvas, 2004). (1) K supply, (2) N supply, (3) LSD<sub>5%</sub>, (4) Average

### Köszönetnyilvánítás

A kísérleti eredmények részben az OTKA (T-034436, T-048816) támogatásával megvalósult kutatási programok keretében születtek.

### Irodalom

- Antal J.*: 2000. Növénytermesztők zsebkönyve. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- Balikó S.*: 2015. Szójatermesztés korszerűen. S-Press 5 Kft. Szeged.
- Balikó S.–Bódis L.–Kralovánszky U. P.*: 2005. A szója termesztése. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- Bocz E.*: 1976. Trágyázási útmutató. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Bódis L.*: 1983. Az abrakhüvelyesek termesztése. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Borges, R.–Mallarino, A. P.*: 2000. Grain yield and early growth, and nutrient uptake of no-till soybean as affected by the phosphorus and potassium placement. *Agronomy Journal*. 92: 380–388.
- Buzás I.–Fekete A. (szerk.)*: 1979. Műtrágyázási irányelvek és üzemi számítási módszer. I–II. rész. MÉM Növényvédelmi és Agrokémiiai Központ. Budapest.
- Buzás I.*: 1983. A növénytáplálás zsebkönyve. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Cserni I.*: 1983. A talaj AL-oldható foszfortartalmának alakulása évenkénti és feltöltő műtrágyázás esetén lepelhomoktalajon. *Agrokémia és Talajtan*. 32. 1–2: 97–119.

- Deibert, E. J.–Biejirego, M.–Olson, R. A.*: 1979. Utilization of 15N fertilizer by nodulating and non-nodulating soybean isolines. *Agronomy Journal*. 71: 717–723.
- Diaz, D. R.*: 2016. Fertilization. [In: Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperativa Extension Service: Soybean Production Handbook.] 14–15.
- FAOSTAT*: <http://faostat3.fao.org>
- Goss, M. J.–Vareennes, A.–Smith, P. S.–Ferguson, J. A.*: 2002. N<sub>2</sub> fixation by soybean grown with different levels of mineral nitrogen, and the fertilizer replacement value for a following crop. *Can. J. Soil Science*. 82: 139–145.
- Hamawaki, R. L.–Kantartzí, S. K.*: 2018. Di-nitrogen fixation at the early and late growth stages of soybean. *Acta Scientiarum. Crop production*. 40: 1–10.
- Horn P.*: 2008. Új helyzetben a világ élelmiszerellátása. *Magyar Tudomány*. 169. 9: 1108–1124.
- Izsáki, Z.*: 1997. Connection between the nutrient supply of the soil as well as the macro and micro element turnover of soybean (*Glycine max* L., Merr.). [In: Van Cleemput et al. (eds.) 11<sup>th</sup> World Fert. Cong. Proc. CIEC] Univ. Gent Belgium. 244–249.
- Izsáki Z.*: 2010. A N-műtrágyázás hatása a csernozjom réti talaj nitrogénmérlegére a NO<sub>3</sub>-N mélységi eloszlására 1990–2007 között. *Agrokémia és Talajtan*. 59. 2: 233–248.
- Izsáki Z.*: 2015. A szarvasi műtrágyázási tartamkísérletek eredményei I. 1990–2010. Kukorica, cukorrépa, zab, olajlen és silócirok tápanyagellátása. Agroiinform Kiadó és Nyomda Kft. Budapest.
- Jefing, Y.–Herridge, D. F.–Peoples, M. B.–Rerkasem, B.*: 1992. Effect of N fertilization on N<sub>2</sub> fixation and N balances of soybean grown after lowland rice. *Plant Soil*. 147: 235–242.
- Kajdi F.*: 2005. Szója. [In: Antal J. (szerk.) Növénytermesztés tan 2. Gyökér- és gumós növények, hüvelyesek, olaj- és ipari növények, takarmánynövények.] Mezőgazda Kiadó. Budapest. 135–150.
- Kádár I.*: 2013. A mezőföldi műtrágyázási tartamkísérlet tanulságai 1984–2000. MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet. Budapest.
- Kádár I.–Márton L.*: 1999. A szója ásványi tápelemforgalma. *Agrokémia és Talajtan*. 48: 67–82.
- Kádár I.–Keck J.–Harrach T.–Radics L.–Péchy K.*: 2003. A szója (*Glycine max* L. Merr.) műtrágyázása karbonátos csernozjom talajon. *Növénytermelés*. 52. 3: 61–74.
- Keyser, H. H.–Li, F.*: 1992. Potential for increasing biological fixation in soybean. *Plant and Soil*. 141: 119–135.
- KSH*: <https://www.ksh.hu> (STADAT)
- Kurnik E.*: 1970. Étkezési és abraktakarmány hüvelyesek termesztése. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- Márton L.–Kismányoky T.–Kádár I.*: 1990. A szója N-ellátottságának és N-forgalmának vizsgálata liziméterekben. *Növénytermelés*. 39. 1: 55–64.

- MSZ 20135:1999*: 1999. A talaj oldható tápelemtartalmának meghatározása.
- Salvagiotti, F.-Cassman, K. G.-Specht, J. E.-Walters, D. T.-Weiss, A.-Doberman, A.*: 2008. Nitrogen uptake, fixation, and response to fertilizer N in soybeans: A review. *Field Crops Res.* 108. 1: 13.
- Salvagiotti, F.-Specht, J. E.-Cassman, K. G.-Specht, J. E.-Walters, D. T.-Weiss, A.-Doberman, A.*: 2009. Growth and nitrogen fixation in high-yielding soybean: Impact of nitrogen fertilization. *Agronomy Journal.* 101: 958-970.
- Sawyer, J.-Mallarino, A.*: 2008. Making fertilization decisions as fertilizer prices escalate and production costs are high - Part 1. Iowa State University Extension and Outreach. *Integrated Crop Management.* 1-5.
- Slaton, N. A.-DeLong, R. E.-Mozaffari, M.-Golden, B. R.-Sfafer, J.-Brabsob, J.*: 2006. Soybean response to phosphorus and potassium fertilization rate on silt loam soils. *Arkansas Agricultural Experiment Station Research Series.* 548: 63-67.
- Sváb J.*: 1981. Biometriai módszerek a kutatásban. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Vasiles, B. L.-Nelson, R. L.-Fuhrmann, J. J.-Evans, T. A.*: 1995. Relationship of nitrogen utilization patterns with soybean yield and seed-fill period. *Crop Science.* 35: 809-813.
- Weiss, E. A.*: 1983. Soybean. [In: Weiss, E. A. (ed.) *Oilseed Crops.*] Longman. London. UK. 341-401.
- Whirtney, D. A.*: 1997. Fertilization. [In: Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperativa Extension Service: *Soybean Production Handbook.*] 11-13.
- Yin, X.-Bellaloui, N.-McCluri, A. M.-Tyler, D. D.-Mengistu, A.*: 2016. Phosphorus fertilization differentially influences fatty acids, protein, and oil in soybean. *American Journal of Plant Sciences.* 7: 1975-1992.
- Zapata, F.-Danso, S. K.-Hardarson, G.-Fried, M.*: 1987. Time course of nitrogen fixation in field-grown soybean using nitrogen-15 methodology. *Agronomy Journal.* 79: 172-176.

A szerző levelezési címe – Address of the author:

Dr. Izsáki Zoltán  
Szent István Egyetem Agrár- és Gazdaságtudományi Kar  
Agrártudományi és Vidékfejlesztési Intézet  
Szarvas  
Szabadság út 1-3.  
H-5540  
izsaki.zoltan@gk.szie.hu



## **Szennyvízöntözés hatása a csurgalékvíz kémiai összetételére liziméteres energiafűz kísérletben**

<sup>1</sup>KUN ÁGNES - <sup>1</sup>BÍRÓNÉ ONCSIK MÁRIA - <sup>1</sup>BOZÁN CSABA - <sup>2</sup>BARTA KÁROLY

<sup>1</sup>Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ Öntözési és Vízgazdálkodási  
Kutatóintézet, Szarvas

<sup>2</sup>Szegedi Tudományegyetem Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék,  
Szeged

### **Összefoglalás**

A jelenlegi, hazai mezőgazdasági gyakorlat számára elkerülhetetlen lesz a változó környezeti feltételekhez való alkalmazkodás. A szélsőséges időjárási helyzetek, a regionálisan előforduló vízhiányos időszakok gyakoriságának növekedésével az öntözéses gazdálkodás fejlesztése szükségszerűvé válik, az adaptáció fejlesztendő elemei közé tartozik: az öntözéses gazdálkodási formák kiszélesítése, a víz- és energiatakarékos öntözési módok és módszerek előtérbe helyezése és nem utolsósorban a használt vizek (szennyvizek, hulladékvizek, elfolyóvizek stb.) öntözéses hasznosítása.

Kutatásunk célja volt meghatározni egy intenzív halnevelő telepről származó szennyvíz öntözéses hasznosításának környezeti kockázatát a talajvíz kémiai összetételére gyakorolt hatásán keresztül, különös tekintettel a nitrát szennyezésre. A liziméteres kísérletben a szennyvíz mellett kontrollként kiváló minőségű felszíni vizet (Körös Bikazugi-holtág) használtunk fel az energiafűz öntözésére 2015 és 2017 között, majd a tél végén a liziméter edény talajszlopán átszivárgó vízminták (csurgalékvíz) vizsgálati eredményeit az öntözetlen kezelésben mért értékekkel is összehasonlítottuk. Következtetésünk szerint, az öntözővíz minősége és mennyisége befolyásolta a liziméteres kísérletben keletkezett csurgalékvíz kémiai összetételét; elsősorban az összes oldott só-tartalmát és a nitrát-N koncentrációját. A szennyvíz igazolhatóan növelte a csurgalékvíz nátrium- és nitrát-N koncentráció értékét a felszíni vízzel öntözött kezelésekből megjelent csurgalékvíz értékekhez képest, ugyanakkor nem haladta meg az öntözetlen

kezelésben mért nitrát-N koncentrációt, amely mindkét kísérleti évben a legnagyobb volt (2016: 75,8 mg/l; 2017: 49,7 mg/l). A szennyvízzel öntözött kezelések csurgalék-vizére nagy nátrium koncentráció (47–133 mg/l) jellemző, szemben a felszíni vízzel öntözött és az öntözetlen kontroll kezelés értékeivel (31–58 mg/l). A szennyvíz – réteg-víz eredete miatt – jelentős Na-tartalommal rendelkezik, amely az öntözés során növelte a talajban található nátriumsók mennyiségét.

**Kulcsszavak:** öntözővíz minőség, nitrát kilúgozódás, szikesedés

## **Wastewater irrigation impact on the chemical composition of the leachate in lysimeter-grown energy willow experiment**

<sup>1</sup>Á. KUN – <sup>1</sup>M. B. ONCSIK – <sup>1</sup>CS. BOZÁN – <sup>2</sup>K. BARTA

<sup>1</sup>National Agricultural Research and Innovation Centre Research Department of Irrigation and Water Management, Szarvas

<sup>2</sup>University of Szeged Physical Geography and Geoinformatics, Szeged

### **Summary**

Conventional agricultural practices need to be modified in order to adapt to changing environmental factors because of the increasing frequency of extreme hydrological events. The development of new irrigation management practices, the use of water- and energy-saving methods and the reutilization of wastewater (agricultural effluents, treated wastewater etc.) could be important elements in this adaptation.

The aim of our research was to determine the environmental risk of irrigation of an effluent from an intensive fish farm due to its impact on the chemical composition of groundwater, in particular nitrate pollution. In the lysimeter experiment, high-quality surface water (Körös Bikazugi's oxbow lake) as control irrigation water was used for the irrigation of energy willow between 2015 and 2017. At the end of the experiment, values of the leachate parameters were compared with the values measured in the non-irrigated treatment also. We concluded that the quality and quantity of irrigation waters influenced the chemical composition of the leachate generated in the lysimeter experiment: mainly the total dissolved salt content (TDS) and the nitrate-N concentration. Wastewater proved to increase sodium and nitrate concentrations in the leachate

compared to the values in surface water treatments however did not exceed the nitrate-N concentration measured in the non-irrigated treatment which were the highest in both experimental years (2016: 75.8 mg l<sup>-1</sup>, 2017: 49.7 mg l<sup>-1</sup>). The high sodium concentrations (47–133 mg l<sup>-1</sup>) of leachate in wastewater treatments (compared with the surface water irrigated and non-irrigated (31–58 mg l<sup>-1</sup>) treatments) were occurred due to the origin of wastewater.

**Key words:** irrigation water quality, nitrate leaching, salinity

## **Влияние орошения сточной водой на химический состав просачивающейся воды в лизиметрном опыте с энергетической ивой**

<sup>1</sup>А. КУН – <sup>1</sup>М. Б. ОНЧИК – <sup>1</sup>СЧ. БОЗАН – <sup>2</sup>К. БАРТА

<sup>1</sup>Национальный Центр Аграрных Исследований и Инноваций, Самостоятельный Отдел Орошения и Водохозяйства, г.Сарваш

<sup>2</sup>Сегедский Университет, Кафедра Физической Географии и Геоинформатики, г.Сегед

### **Резюме**

Для современной, венгерской сельскохозяйственной практики неизбежно будет приспособление к изменяющимся условиям окружающей среды. В крайних погодных условиях, с ростом частоты регионально встречающихся периодов времени с недостатком воды, развитие оросительного хозяйства становится необходимым, к нужным для развития элементам адаптации относятся: расширение форм оросительных хозяйств, использование в первую очередь экономящих воду и энергию методов и приёмов орошения, и не в последнюю очередь применение использованных вод (сточные воды, водные отходы, стекающие воды и т.д.) в орошении.

Целью нашего исследования было определить экологические риски использования в орошении грязной сточной воды, происходящей с площадки интенсивного выращивания рыбы, через оказанное влияние на химический состав почвенных вод, обращая особое внимание на загрязнение нитратом. В опыте с лизиметром со сточной водой в качестве контроля использовали находящиеся рядом отличного каче-

ства поверхностные воды (Körös Bikazugi-рукав реки) для орошения энергетической ивы в 2015–2017 годы, затем в конце зимы сравнили результаты исследования образцов воды, просочившейся через почвенный слой лизиметра, с неполиваемыми результатами. Согласно нашим выводам, качество и количество воды орошения повлияло на химический состав образовавшейся в лизиметрическом опыте просочившейся воды; в первую очередь на содержание всех растворимых солей и на концентрацию нитрата-N. Грязная вода доказуемо увеличила концентрацию величин натрия и нитрата-N просочившейся воды по сравнению с показателями просочившейся воды при поливе с поверхностной водой, в тоже время не превысило измеренный показатель концентрации нитрата-N в обработках без орошения, которая в оба года опытов была самой большой (2016: 75,8 mg/l; 2017: 49,7 mg/l). Для просочившейся воды обработок с орошением сточной водой характерна большая концентрация натрия (47–133 mg/l), по сравнению с такими показателями от орошаемых поверхностной водой и от неорошаемого контроля (31–58 mg/l). Сточная вода – из-за происхождения из пластовых вод – обладает значительным содержанием Na, которое в ходе орошения увеличило найденное в почве количество солей натрия.

**Ключевые слова:** качество воды орошения, выщелачивание нитрата, засоление

## Bevezetés

A víz újrahasznosításának és javításának végrehajtása kulcsfontosságú tényezők a fenntartható vízgazdálkodás folytatásában, ezért a szennyvíz olyan erőforrásnak tekinthető, amely csökkentheti a víz elérhetőségének és szennyezettiségének problémáját (*Roccaro és Verlicchi* 2018). A szennyvizek új, alternatív vízforrásként meghatározó szerepet játszanak a globális vízhiány leküzdésében (*Francés et al.* 2017). *Voulvoulis* (2018) szerint a körforgásos gazdaság központi elemei, az újrafeldolgozás és újrahasznosítás a szennyvízzel való jobb gazdálkodást segítik elő, a vízellátás fejlesztéséhez alternatív stratégiát nyújtanak. *Sgroi et al.* (2018) szerint a körforgásos gazdaság új irányelvei és a vízgazdálkodásban bekövetkezett paradigmaváltás összeilleszkedik, aminek következtében a szennyvizet egyre inkább olyan vízforrásnak tekintik, amely kiegészíti (elsősorban az arid és szemi-arid területeken) a közösségek vízigényét és a rendelkezésre álló vízkínálatot.



Az arid régiókra jellemző időszakos és/vagy regionális vízhiány, az éghajlat-változás következményeiként hazánkban is megjelenik. Az új vízgazdálkodási problémákat a kisvízi időszakokban jelentkező csökkent vízhozam, a kedvezőtlen eloszlású csapadékmennyiség indukálhatja. A természetes változások és a társadalmi vízigény és vízfelhasználás növekedésének találkozása esetén a felszíni vízkivétel kritikussá válhat, amely korlátozhatja az öntözésre elérhető víz mennyiségét (VGYT 2015).

A hazai vízgazdálkodási és öntözési gazdálkodási fejlesztéseknek egyaránt szembe kell néznie a változásokkal, nem tekinthetők csupán globális problémáknak. *Ligetvári* (2017) megfogalmazza, hogy a települési szennyvíz alternatív vízforrásként való számbavétele, pl. energiaültetvényben történő öntözési hasznosítása, nemcsak biológiai víztisztítási mód, hanem a víz helyben tartásával egyidejűleg a felszín alatti vízkészletek növelését is lehetővé teszi. A csapadékvíz-gazdálkodás és a szennyvíz öntözési hasznosítása egyaránt erősítik az integrált vízgazdálkodást és a körforgásos gazdaságot (*Dulovicsné* 2004, *Ligetvári* 2017).

Az idei évben megjelent, az Európai Parlament és Tanács rendeletére (a víz újrafelhasználására vonatkozó minimum követelményekről) tett javaslat (COM/2018/337) megfogalmazza, hogy a települési tisztított szennyvíz alternatív vízforrás, „visszanyert víz”, amely a legnagyobb lehetőség az öntözésben, meghosszabbítja a víz életciklusát, ezzel a körforgásos gazdaságot erősítve. *Maimon* és *Gross* (2018) szerint a szürkevíz (a legkevésbé szennyezett kommunális szennyvíz) felhasználási módját a helyi lehetőségekhez és igényekhez kell adaptálni. Az újrafelhasználás legnagyobb kihívásai közt az egészségügyi és környezeti kockázatok elkerülését jelöli meg. *Salgot* és *Folch* (2018) szerint a szerves mikroszennyezők, nanoanyagok, testápoló szerek maradványai és a gyógyszerszármazékok (hormonok, antibiotikumok) azok az anyagok, amelyek hatása jelenleg alig kutatott, így a jövőben a szennyvizek újrahasonosítása során nagy figyelmet igényelnek.

A fent megfogalmazott kihívásokkal összhangban, kutatásunk célja volt meghatározni egy intenzív halnevelő telepről származó szennyvíz öntözési hasznosításának környezeti kockázatát a talajvíz kémiai összetételére gyakorolt hatásán keresztül, különös tekintettel a nitrát szennyezésre.

### Anyag és módszer

A szennyvízöntözéses kísérlet a Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ (NAIK) Öntözési és Vízgazdálkodási Önálló Kutatási Osztályának (ÖVKI) szarvasi Liziméter Telepén 2014-ben kezdődött a fűz dugványok (két fajtajelölt fűz klón 77, 82) telepítésével. A liziméter edények egységesen réti talaj (bolygatott) feltalajával lettek feltöltve teljes mélységben (1 m), rétegzettség nélkül. A talaj magas agyagtartalommal ( $K_A \sim 60$ ), alacsony humusztartalommal (1,58–2,24%) rendelkezik, összes karbonát-tartalma kisebb, mint 0,5%, átlagos összes oldott sótartalma kisebb, mint 0,08%, és a talajt jellemző  $pH_{KCl}$  értékek 5,88–6,97 között változtak a kísérlet megkezdése előtt (Kun et al. 2017).

Az öntözéses kezelések során kétféle eredetű öntözővíz használtunk, három öntözővíz normával, amelyek mellett öntözetlen kontroll kezelést is alkalmaztunk. A kiváló minőségű öntözővíz a Hármas-Körös Bikazugi-holtágából származik, a három öntözővíz norma heti 15 mm (K15), 30 mm (K30) és 60 mm (K60) fordulóban került kijuttatásra. A szennyvíz egy intenzív afrikai harcsanevelő telepről származik, ahol rétegvíz használnak fel a medencék vízellátásra. A rétegvíz nagy nátrium-, hidrogén-karbonát és sókoncentrációján kívül a medencékből kikerülő vizek magas tápanyag-tartalommal (elsősorban nitrogén) is rendelkeznek (1. táblázat).

1. táblázat. A kísérletben alkalmazott öntözővizek kémiai jellemzői

	Körös (K) (1)	Szennyvíz (Sz) (2)	Kezelt szennyvíz (HG) (3)
EC ( $\mu S/cm$ ) (4)	404	1309	1034
Összes oldott sótartalom (ppm) (5)	259	838	662
Hidrogén-karbonát (mg/l) (6)	181	934	502
Nátrium (mg/l) (7)	35	276	131
Ammónium-N (mg/l) (8)	0,36	23	10

Table 1. Chemical parameters of the irrigation waters. (1) Körös River Water, (2) Wastewater, (3) Treated wastewater: diluted wastewater with Körös water and added gypsum, (4) Specific electrical conductivity ( $\mu S cm^{-1}$ ), (5) Calculated value of total dissolved salt content (TDS) (ppm)= EC ( $dS m^{-1}$ )\*640 (Filep 1999), (6) Bicarbonate ( $mg l^{-1}$ ), (7) Sodium ( $mg l^{-1}$ ), (8) Ammonium-nitrogen ( $mg l^{-1}$ )

A szennyvíz uralkodó szervesetlen nitrogénformája az ammóniumion, a nitrát ( $0,009 \text{ NO}_3^- \text{-N mg/l}$ ) és nitrit ( $0,041 \text{ NO}_2^- \text{-N mg/l}$ ) ionok elhanyagolható mennyiségben fordulnak elő (*1. táblázat*). A Körös nitrátmennyisége meghaladja a szennyvízben mért értékeket ( $0,33 \text{ NO}_3^- \text{-N mg/l}$ ). A kezelések ugyanazokkal az öntözővíz normákkal történtek, mint a Körös víz esetében (Sz15, Sz30, Sz60), ugyanabban a fordulóban. Az öntözetlen kontrollon (C) kívül nyolcadik kezelésként a szennyvíz és Körös-víz 1:3 arányú keverékét alkalmaztuk 60 mm-es normával, kalcium-szulfát hozzáadásával (HG), a kezeletlen szennyvíz kedvezőtlen öntözővíz minőség paramétereinek miatt (*Kun 2018*).

A kísérleti évek időjárása jelentősen különbözött egymástól mind a vegetációs időszak, mind az éves csapadékmennyiséget tekintve. Szarvas időjárása 2015-ben rendkívül száraz volt, összesen 400,6 mm csapadék hullott, ami több mint 100 mm-rel kevesebb a Szarvasra jellemző sokévi átlagos csapadékmennyiségnél (515,3 mm). Az éves átlaghőmérséklet  $12,2 \text{ }^\circ\text{C}$  volt. A nagy nyári hőmérséklethez kis csapadékmennyiség társult, június, július és augusztus hónapokban összesen 105,2 mm eső esett. 2016 nyári hónapjaiban ezzel szemben 298,5 mm csapadékmennyiség volt mérhető. Az első öntözési időnyt követően november, december és január hónapokban 110,2 mm, míg 2016 téli hónapjaiban 78,9 mm csapadékmennyiség hullott. Az eltérő csapadékmennyiségek miatt 2015-ben 13, 2016-ban hat alkalommal történt öntözés a kezeléseknél leírt öntözővíz normákhoz tartozó vízmennyiségekkel.

A téli időszakokat követően, a kísérlet első és második öntözési időnye után került sor a csurgalékvíz mintázásra (2016 és 2017 január-februárjában, kezelésként négy alkalommal). A liziméter edények alkalmasak a bennük található talajoszlopon átszivárgó víz (csurgalékvíz) elvezetésére, amelyek egy pincében kerülnek összegyűjtésre és edényenként külön-külön is mérhetőek és mintázhatóak. (Jelen tanulmányhoz minden alkalommal átlagvízmintát gyűjtöttünk, amely négy azonos kezelésből származó csurgalékvíz egyenlő arányú keverékét jelenti.) Összesen 32 vízminta 11 kémiai paraméterét vizsgáltuk meg, valamennyi csurgalékvíz (és öntözővíz) vizsgálat a vonatkozó magyar szabványok szerint történt (*2. táblázat*).

Az adatok elemzését IBM SPSS 22.0 szoftverével végeztük. A főkomponensanalízis során az eredetileg megfigyelt változók korrelációjuk alapján kevesebb számú főkomponens-változóvá vonhatók össze. Az eljárás célja a rendelkezésre álló változók hasonló tulajdonságokkal rendelkező csoportjainak (háttérváltozók, okváltozók) felismerése. A főkomponens-súlyok azt fejezik ki, hogy mi-

lyen jelentősége és súlya van valamely főkomponensnek (háttérváltozónak) a megfigyelt változók varianciájában (Huzsvai és Vincze 2012).

2. táblázat. A tél végi csurgalékvizek paramétereinek főkomponens mátrixa

	Főkomponensek				
	(1)				
	FK1	FK2	FK3	FK4	FK5
pH (MSZ EN ISO 10523:2012)	-0,010	0,950	0,171	-0,009	0,223
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l) (MSZ ISO 9963-1:1998)	0,512	0,670	-0,490	0,039	-0,051
Cl <sup>-</sup> (mg/l) (MSZ 1484-15:2009)	0,787	0,070	-0,539	-0,110	0,136
K <sup>+</sup> (mg/l) (MSZ 1484-3:2006)	0,239	0,142	0,853	0,308	0,295
EC (μS/cm) (2) (MSZ EN 27888:1998)	0,948	0,141	-0,002	0,278	0,027
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l) (MSZ EN ISO 13395:1999)	-0,027	-0,020	0,230	0,947	0,210
Ca <sup>2+</sup> (mg/l) (MSZ 1484-3:2006)	0,984	0,055	0,146	-0,013	0,029
Mg <sup>2+</sup> (mg/l) (MSZ 1484-3:2006)	0,988	0,132	0,033	-0,032	0,023
Na <sup>+</sup> (mg/l) (MSZ 1484-3:2006)	0,800	0,268	-0,320	0,406	0,048
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l) (MSZ EN ISO 15681-1:2005)	0,109	0,191	0,161	0,211	0,937
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l) (MSZ 12750-16:1988)	0,936	-0,100	0,144	-0,208	0,151

Megjegyzés: Főkomponens analízis módszer, Varimax rotáció Kaiser normalizációval, rotáció 7 ismétlés. A nem normál eloszlású változók esetében (EC, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Ca<sub>2</sub><sup>+</sup>, Mg<sub>2</sub><sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, K<sup>+</sup>) az analízis előtt logaritmikus transzformációt alkalmaztunk.

Table 2. Five principal components of the leachate parameters in the ends of winter. (1) Principal components (FK1-FK5), (2) Specific electrical conductivity (μS cm<sup>-1</sup>), Note: Principal Component Analyses, Varimax rotation with Kaiser normalisation, 7 iteration (n=32). In case of parameters with non-normal distribution (EC, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Ca<sub>2</sub><sup>+</sup>, Mg<sub>2</sub><sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, K<sup>+</sup>) logarithmic transformation was applied before the analyses.

A kéttényezős ANOVA során az öntözővíz minőség, öntözővíz mennyiség és ezek kölcsönhatását vizsgáltuk az egyes főkomponensek esetében, majd azon változók csoportján, ahol az öntözés igazolhatóan befolyásolta az értékeket, egytényezős ANOVA segítségével vizsgáltuk az adott paraméternek a különböző kezelésekben jellemző értékei közti különbségeket.

### Eredmények

A tél végi csurgalékvizek kémia jellemzőinek elemzése során öt főkomponens volt elkülöníthető, amely a teljes variancia 98,17%-át képviselte. Az FK1 tartalmazza a fajlagos elektromos vezetőképességet, a kationok közül a  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  és  $\text{Na}^+$  ionokat és a  $\text{Cl}^-$  és  $\text{SO}_4^{2-}$  anionokat. A FK2 tartalmazza a pH értéket és a  $\text{HCO}_3^-$  ionot, míg a 3., 4. és 5. főkomponens a  $\text{K}^+$  kationt,  $\text{NO}_3^-$  és  $\text{PO}_4^{3-}$  ionokat (2. táblázat).

Az FK1-ben a kationok kloriddal és szulfáttal alkotott sói meghatározzák a fajlagos elektromos vezetőképesség értéket, amely arányos a vizek összes oldott sótartalmával. Az első főkomponensbe tartozó paraméterek összetartozása a sók oldhatóságával magyarázható: (1) kilúgozáskor először az alkáliák sói mozdulnak el, elsősorban a kloridok és nitrátok (Arany 1956), (2) a Na-, és K-sók, a Ca-, és Mg-kloridok vízben igen jól oldódnak (Stefanovits 2010), (3) a nátrium és a kalcium szulfáttal alkotott sói jobban oldódnak, mint a karbonáttal alkotott sói (Darab 1958). Az oldatok pH változás mértéke főként a hidrogén-karbonát-, illetve karbonáttartalom függvénye, amit pufferkapacitásnak is neveznek (Ruttkay 2016). A csurgalékvizekre jellemző kémhatás tartományában (7,21–8,34) a  $\text{HCO}_3^-$  ionok jelenléte a meghatározó (Ruttkay 2016), ez magyarázza a két paraméter azonos, önálló főkomponensben (FK2) való megjelenését. Az analízis eredménye szerint a nitrát, kálium és ortofoszfát is önálló főkomponensbe került, tehát mennyiségük a csurgalékvízben független a többi vizsgált paramétertől (FK3–5).

Az öntözésnek a csurgalékvízre gyakorolt hatásának értékeléséhez kéttényezős varianciaanalízist alkalmaztunk. Az eljárás során a vízminőség és az öntözővíz norma hatásait külön tényezőként vettük figyelembe. Az értékelést már nem 12 paraméterre külön-külön végeztük el, hanem a főkomponensek szerint. Ugyanis a többváltozós eljárás másik célja (a háttérváltozók feltárása mellett), az adatredukció, a változók számának csökkentése, a jelentéktelen változók kiszűrése. Eredményeinkből a vízminőség ( $p < 0,001$ ) és az öntözővíz

norma ( $p=0,035$ ) szignifikáns hatását állapítottuk meg az első főkomponensre, ami a csurgalékvíz fajlagos elektromos vezetőképességének értékeléséből adódott. A csurgalékvíz nitrát koncentrációját (FK4) a vízminőség ( $p<0,001$ ), öntözővíz norma ( $p=0,046$ ) és a kölcsönhatásuk ( $p=0,001$ ) is igazoltan befolyásolta. A statisztikai elemzés alapján az FK2 (kémhatás alapján), FK3 (kálium koncentráció) és FK5 (ortofoszfát-P koncentráció) főkomponenseket a vízminőség, öntözővíz norma és a kölcsönhatásuk igazolhatóan nem befolyásolták ( $p>0,05$ ).

Az FK1 és FK4 csoportokon belüli különbségek megállapítása egytényezős varianciaanalízis alkalmazásával történt, amellyel az öntözési norma és öntözővíz minőség csurgalékvíz összetételre gyakorolt hatása volt feltárható (3. táblázat).

Az öntözővíz minőség hatásának vizsgálati eredménye szerint, a hígított és gipsszel kezelt szennyvíz (HG, kezelt szennyvíz) öntözését követően a tél végén megjelenő, talajon átszivárgó csurgalékvíz fajlagos elektromos vezetőképessége szignifikánsan különbözik az összes vizsgált kezelésben mérttől, ugyanakkor a többi kezelés közt nincs igazolt különbség (3. táblázat). A HG kezelésből származó csurgalékvíz mindkét vizsgált évben a legnagyobb átlagos EC értékkel rendelkezik (4. táblázat). A nagy összes oldott sókoncentráció oka, hogy az öntözővízhez adott kalcium-szulfát javítóanyag növelte a talaj könnyen oldható sókészletét (kalcium-klorid és nátrium-szulfát), amelyek a téli időszakot követően kilúgozódtak a talajból. Az öntözővíz mennyiségének hatását vizsgálva megállapítható, hogy az öntözési idényben alkalmazott legnagyobb öntözővíz norma (60 mm) kijuttatását követően a csurgalékvizeket nagyobb összes oldott sókoncentráció jellemzi, mint 15 vagy 30 mm-es öntözővíz norma esetén (3–4. táblázat). A kontroll (öntözetlen) kezelésben mért fajlagos elektromos vezetőképesség érték egyik kezeléstől sem különbözik szignifikánsan.

A tél végi csurgalékvízben megjelenő nitrát koncentrációra igazolt hatása van a nyári öntözővíz minőségnek. A nyers szennyvízzel öntözött kezeléseken keletkezett csurgalékvíz szignifikánsan nagyobb nitrát koncentrációval rendelkezik, mint a többi öntözővíz minőséggel jellemezhető kezelés (3–4. táblázat), ami az öntözési idényben kijuttatott nagyobb input nitrogén mennyiségnek köszönhető. Az öntözetlen kontroll kezelés esetében a koncentráció szignifikánsan nagyobb, mint a többi kezelés esetében. Szalókiné és Szalóki (2003) szerint az öntözött talajokon a növények nitrogén felvétele jelentősebb, mint az öntözetlen talajok esetén, ezért a nitrát kimosódás nagyobb mértékű az öntözetlen talajokon. Az öntözővíz mennyiség szerint a kontrollban

szintén szignifikánsan nagyobb a nitrát-N koncentráció, mint 15, 30 és 60 mm-es kezelések esetén (3. táblázat).

3. táblázat. A csurgalékvizek főkomponenseinek egytényezős varianciaanalízis eredménye

Vízminőség				
(1)				
FK1 (EC) (7)	C (2)	K (3)	HG (4)	Sz (5)
C	-	n.s	**	n.s
K		-	***	n.s
HG			-	***
Sz				-
FK4 (nitrát-N) (8)	C (2)	K (3)	HG (4)	Sz (5)
C	-	***	***	*
K		-	n.s	***
HG			-	***
Sz				-
Öntözővíz norma				
(6)				
FK1 (EC) (7)	C (2)	15 mm	30 mm	60 mm
C	-	n.s	n.s	n.s
15 mm		-	n.s	***
30 mm			-	*
60 mm				-
FK4 (nitrát-N) (8)	C (2)	15 mm	30 mm	60 mm
C	-	***	***	***
15 mm		-	n.s	*
30 mm			-	n.s
60 mm				-

Megjegyzés: \* $p < 0,05$ ; \*\* $p < 0,01$ ; \*\*\* $p < 0,001$ .

Table 3. Results of ANOVA on principal components. (1) Irrigation water quality, (2) Control: non-irrigated treatment, (3) Körös River water, (4) Treated wastewater: diluted wastewater with Körös and added gypsum, (5) Wastewater, (6) Irrigation water amount per two weeks, (7) Principal component 1: specific electrical conductivity ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ), (8) Principal component 4: nitrate concentration ( $\text{mg l}^{-1}$ ),  $n=32$ , Note: \* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ , \*\*\* $p < 0.001$ , significance levels.

4. táblázat. A különböző kezelésekben a tél végén megjelent csurgalékvizek átlagos kémiai jellemzői

				FK1 (6)				FK4 (7)	
	Év (1)	EC ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	TDS (ppm) (8)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	Cl (mg/l)	Ca <sup>2+</sup> (mg/l)	Mg <sup>2+</sup> (mg/l)	Na <sup>+</sup> (mg/l)	NO <sub>3</sub> -N (mg/l)
Sz15	2016	1049	671	-	-	127	42,2	51,9	11,5
(2)	2017	844	540	101	74	96	28,8	47,3	10,4
Sz30	2016	982	628	-	-	114	35,6	58,0	11,5
(2)	2017	1080	691	101	67	99	31,0	83,7	48,8
Sz60	2016	1365	874	-	-	158	52,0	84,7	22,1
(2)	2017	1125	720	100	84	105	34,5	102,5	19,5
HG60	2016	2065	1322	-	-	267	81,8	133,5	0,9
(3)	2017	1745	1117	388	120	211	65,0	120,5	2,2
K15	2016	833	533	-	-	100	34,9	39,6	2,5
(4)	2017	611	391	82	38	71	21,9	31,3	5,0
K30	2016	1103	706	-	-	138	46,2	42,2	0,8
(4)	2017	773	495	99	72	97	29,8	36,5	1,1
K60	2016	1385	886	-	-	173	59,8	57,8	0,4
(4)	2017	685	438	84	44	82	26,1	35,4	0,4
Kontroll	2016	1170	749	-	-	144	43,6	50,3	75,8
(5)	2017	887	568	122	10	104	29,1	36,8	49,7

Table 4. Chemical composition of the leachates in the different treatments after winter time, n=4 in each treatment. (1) Year, (2) Wastewater 15 mm, 30 mm, 60 mm per two weeks, (3) Treated wastewater: diluted wastewater with Körös and added gypsum, (4) Körös River Water 15 mm, 30 mm, 60 mm per two weeks, (5) Control: non irrigated treatment, (6) Principal component 1, (7) Principal component 4, (8) Calculated value of total dissolved salt content (TDS) (ppm)=EC ( $\text{dS m}^{-1}$ )\*640 (Filep 1999).

### Következtetések

A szennyvíz alternatív vízforrásnak tekinthető, amelynek öntözéses (újra)hasznosítása a jövőben szükségszerűvé válhat a hazánkban is valószínűsíthető időszakos és regionális vízhiány megjelenése miatt. Kísérletünkben egy intenzív üzemű halnevelő-telepről származó szennyvíz öntözéses hasznosíthatósá-



gát vizsgáltuk. Eredményeink szerint a szennyvíz több mint 60-szor nagyobb szervesen nitrogéntartalommal (23 mg/l) rendelkezik, mint a Körös holtágának vize (0,36 mg/l), amely indokoltá teszi mezőgazdasági felhasználását; így hozzájárul a növények tápanyagellátáshoz és mérsékli a felszíni befogadó elalagódását. A szennyvíz rétegvíz eredete miatt kedvezőtlen öntözővíz minőséggel rendelkezik, amely megköveteli az öntözéses hasznosítás előtti vízkezelést, az így létrehozott víz kedvezőbb kémiai paraméterei a fenntartható talajgazdálkodás feltételeit kielégítik (Kun 2018). [A szennyvíznél 21%-kal kisebb sótartalommal, 52% és 46%-kal kisebb nátrium- és hidrogén-karbonát koncentrációval rendelkezik, ugyanakkor a nitrogéntartalma még a hígítás ellenére is több mint kétszerese (10 mg/l) a szennyvízének.]

Az öntözéses hasznosítás során a szennyvízben található oldott ásványi anyag és tápanyag-tartalom egy része a talajba jut, amely a (téli) többlet, kilúgozó csapadék hatására a talajban vertikálisan elmozdulhat, ezzel előidézve a szikesedés és talajvíz nitrát szennyezésének kockázatát. (A kísérleti években az öntözési idényekben és az őszi időszakban nem jelent meg csurgalékvíz, így a téli időszakban bekövetkezett változásokra vonatkoznak az eredményeink.) Következtetésünk szerint a szennyvíz és a kezelt szennyvíz vegetációs időszakban történő öntözése hatással van a téli időszakban megjelenő csurgalékvíz sómennyiségére és sóösszetételére, valamint a nitrát koncentrációjára. A szennyvízhez adott kalcium-szulfát a csurgalékvíz kalcium-klorid és nátrium-szulfát tartalmát növelte meg, ezáltal a vizsgált nyolc kezelés közül a legnagyobb fajlagos elektromos vezetőképességet (EC) előidézve a csurgalékvízben (2015: 2065  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; 2016: 1745  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Az öntözési normák közül a 60 mm-es öntözővíz mennyiség mellett mindkét vízminőség esetén nagyobb volt a csurgalékvíz EC értéke, mint a kisebb normák esetén, ezért a vízminőség mellett az abszolút értékben kijuttatott oldott ásványi anyagok mennyiségét is figyelembe kell venni az öntözés- és szennyvízhasznosítás tervezésénél. Vermes (1977) korábban megállapította, hogy az éves vízadagot úgy kell megválasztani, hogy az azzal egységnyi területre kivitt összes káros só mennyisége évente ne haladja meg a 3000 (jó vízáteresztő képességű talajon), 2000 (közepes vízáteresztő képességű talajon) és 1500 kg/ha (rossz vízáteresztő képességű talajon) értéket, amellyel a szikesedés mérséklését célozta elősegíteni.

A kísérletben vizsgált csurgalékvíz nátrium tartalma tükrözi az öntözővíz minőséget; a szennyvízzel öntözött kezeléseknél mintegy 40%-kal volt nagyobb a nátrium koncentráció (71 mg/l), mint a Körös vízzel öntözöttben

(41 mg/l), amiből következtetni lehet a káros nátriumsók talajban való felhalmozódására.

A szennyvízben előforduló domináns nitrogénforma az ammónium volt, míg a csurgalékvízben a nitrát volt a legnagyobb koncentrációban mérhető, ami a talajban a leggyorsabban mozgó nitrogénforma. Eredményeink alapján a tél végi csurgalékvíz nitrát koncentrációját igazolhatóan befolyásolta a vegetációs időszakban alkalmazott öntözővíz nitrogén mennyisége (3. táblázat), azonban a szennyvízzel öntözött kezelésekben mért legmagasabb átlagos nitrát-N koncentráció 49 mg/l volt, szemben a kontrollban mért értékekkel (76 mg/l). *Dimitriou és Aronsson* (2004) szerint a nitrát kimosódás mértéke nem függött a tápanyag kijuttatás formájától, agyagtalajon közel azonos mértékű (~ 80 mg/l) nitrát koncentráció volt mérhető, szennyvízöntözés és folyékony nitrogén műtrágya alkalmazása mellett, liziméteres kísérletben. Vizsgálataink szerint az öntözetlen kezelésben mért relatív nagy nitrát koncentráció nagyobb kockázatot jelent a talajvíz szennyezése szempontjából, mint a szennyvízöntözés, ami az öntözetlen energiafűz kisebb nitrogén elemfelvételével magyarázható.

Összességében megállapítható, hogy a halnevelő-telepről származó szennyvíz öntözéses hasznosítása nem idézi elő a talajvíz káros mértékű nitrát szennyezését, ugyanakkor növelheti annak oldott ásványi anyag tartalmát a kontroll kezelésekhez és az öntözetlen kezeléshez képest, amely a szikesedési folyamatok megelőzésére hívja fel a figyelmet.

## Irodalom

- Arany S.*: 1956. A szikes talaj és javítása. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Darab K.*: 1958. A tiszántúli öntözött réti talajok másodlagos szikesedése. *Agrokémia és Talajtan*. 7. 1: 53–64.
- Dimitriou, I.–Aronsson, P.*: 2004. Nitrogen leaching from short-rotation willow coppice after intensive irrigation with wastewater. *Biomass and Bioenergy*. 26. 5: 433–441.
- Dulovics D.-né.*: 2004. Sürgető szükségesség-e a csapadékvíz-gazdálkodás? *Vízmű Panoráma*. 4: 26–33.
- Filep Gy.*: 1999. Az öntözővizek minősége és minősítése. *Agrokémia és Talajtan*. 48. 1–2: 49–65.
- Francés, G. E.–Quevauviller, P.–González, E. S. M.–Amelín, E. V.*: 2017. Climate change policy and water resources in the EU and Spain. A closer look into the Water Framework Directive. *Environmental Science and Policy*. 69: 1–12.

- Huzsvai L.–Vincze Sz.:* 2012. SPSS-könyv. Seneca Books. Budapest.
- Kun Á.–Bozán Cs.–Oncsik B. Mária–Barta K.:* 2017. Használt termálvíz mezőgazdasági elhelyezésének (öntözés) hatása a talaj kicserélhető nátrium tartalmára és az összes oldott sótartalmára. *Agrokémia és Talajtan*. 66. 1: 95–110.
- Kun Á.:* 2018. Intenzív halnevelő telepről származó elfolyóvíz öntözésre való alkalmasságának vizsgálata. *Hidrológiai Közöny*. 98. 1: 60–70.
- Ligetvári F.:* 2017. Környezetgazdagító rezsicsökkentés. *Agrofórum*. 28. 5: 16–18.
- Maimon, A.–Gross, A.:* 2018. Greywater: Limitations and perspective. *Current Opinion in Environmental Science & Health*. 2: 1–6.
- Roccaro, P.–Verlicchi, P.:* 2018. Wastewater and reuse. *Current Opinion in Environmental Science & Health*. 2: 61–63.
- Ruttkay A.:* 2016. Az édesvízi akvakultúra alapjai és a magyar haltenyésztés sajátosságai. NAIK Halászati Kutató Intézet. Szarvas.
- Salgot, M.–Folch, M.:* 2018. Wastewater treatment and reuse. *Current Opinion in Environmental Science & Health*. 2: 64–74.
- Sgroi, M.–Vagliasindi, F.–Roccaro, P.:* 2018. Feasibility, sustainability and circular economy concepts in water reuse. *Current Opinion in Environmental Science & Health*. 2: 20–25.
- Stefanovits P.–Filep Gy.–Füleky Gy.:* 2010. Talajtan. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- Szalókiné Z. I.–Szalóki S.:* 2003. Nitrátlemosódás vizsgálata liziméteres és szabadföldi tartamkísérletben. *Agrokémia és Talajtan*. 52. 1–2: 35–52.
- Vermes L.:* 1977. Víztisztítási jellemzők és határértékek. [In: Gál et al. Faültetvények szerepe a szennyvizek elhelyezésében és hasznosításában.] *Vízügyi Gazdasági Tájékoztató* 87. Budapest.
- VGYT:* 2015. Vízyűjtő-gazdálkodási Terv. 2015. Letöltve: 2018. 07. 10. <https://www.vizugy.hu/index.php?module=vizstrat&programelemid=149>
- Voulvoulis, N.:* 2018. Water reuse from a circular economy perspective and potential risks from an unregulated approach. *Current Opinion in Environmental Science & Health*. 2: 32–45.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

Kun Ágnes – Bíróné Oncsik Mária – Bozán Csaba  
Nemzeti Agrárkutató és Innovációs Központ  
Öntözési és Vízgazdálkodási Kutatóintézet  
Szarvas  
Anna-liget u. 35.  
H-5540

---

Dr. Barta Károly  
Szegedi Tudományegyetem  
Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék  
Szeged  
Egyetem u. 2-6.  
H-6722

## Előzetes eredmények mikroalga kezelések napraforgó növekedésre és termésre gyakorolt hatásáról

<sup>1</sup>PÓTHE PÉTER - <sup>1</sup>GERGELY ISTVÁN - <sup>1,2</sup>ÖRDÖG VINCE

<sup>1</sup>Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar,  
Növénytudományi Tanszék, Mosonmagyaróvár

<sup>2</sup>Research Centre for Plant Growth and Development, University of KwaZulu-Natal  
Pietermaritzburg, P/Bag X01, Scottsville 3209, Dél-Afrika

### Összefoglalás

Napraforgó környezeti stressz hatásokkal szembeni toleranciájának és termésbiztonságának a növelésére két hormontermelő mikroalga törzs 0,1%-os szuszpenziójával kezeltük a kísérleti növényeket. Arra kerestünk választ, hogy a növény milyen fenológiai fázisában kijuttatva érjük el a legnagyobb terméseredményt. A napraforgó kísérleteket 2012-ben Mosonmagyaróváron a Kar Tangazdaságában állítottuk be. A *Helianthus annuus* L. cv. "Nk Neoma" fajtát a mosonmagyaróvári algagyűjtemény (MACC) két törzsével, a MACC-612 *Nostoc entophytum* cianobaktériummal és a MACC-430 *Tetracystis sp.* zöldalgával kezeltük. A növényeket 4-6 leveles vagy csillagbimbós állapotban 400 vagy 700 g/ha mikroalgával egyszer vagy mindkét fenológiai fázisban kezeltük. Mértük a növények magasságát, a tányérátmérőt, a bruttó tányértömeget, a tányéronkénti kaszattömeget, az olajtartalmat, a hektáronkénti terméshozamot és az olajhozamot. A MACC-612 *Nostoc entophytum* cianobaktérium és az MACC-430 *Tetracystis sp.* zöldalga szuszpenzióval mindkét fenológiai fázisban kezelt parcellákon szignifikánsan, 15%-kal és 13%-kal növekedett a termés a kontrollhoz (3211 kg/ha) viszonyítva. A terméstöbblet a kontrolltól szignifikánsan nagyobb tányérátmérővel, bruttó tányértömegeg és kaszattömegeg volt magyarázható. A nagyobb tányérátmérőhöz, nagyobb kaszattömeg tartozott, ami a két tulajdonság pozitív korrelációját mutatta ( $R^2=0,8731$ ). Ugyanezeknél a kezeléseknél 16%-kal és 18%-kal növekedett az olajhozam a kontrollhoz viszonyítva (1483 kg/ha). Mind a cianobaktériummal (3692 kg/ha) mind pedig a mikroalgával

(3628 kg/ha) a napraforgó kétszeri kezelésére volt szükség a legnagyobb terméseredmény eléréséhez.

**Kulcsszavak:** biogazdálkodás, napraforgó, mikroalga, cianobaktérium

## Preliminary results of microalgae treatments on sunflower growth and production

<sup>1</sup>P. PÓTHE – <sup>1</sup>I. GERGELY – <sup>1,2</sup>V. ÖRDÖG

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

<sup>2</sup>Research Centre for Plant Growth and Development, University of KwaZulu-Natal,  
Pietermaritzburg, P/Bag X01, Scottsville 3209, South Africa

### Summary

In order to increase the tolerance and yield safety of sunflower against environmental stresses, the experimental plants were treated with 0.1% suspension of two hormone producing microalgae strains. The aim of the present research was to determine the optimum spraying time of sunflowers with microalgae suspensions. Trials were set up in the Faculty Farm in 2012 in Mosonmagyaróvár. Sunflower (*Helianthus annuus* L.) cv. "Nk Neoma" was treated with MACC-612 *Nostoc entophyllum* and MACC-430 *Tetracystis* sp., which originated from the Mosonmagyaróvár Algal Culture Collection (MACC). The first treatment was applied at the 4–6 leaf stage and the second treatment at the rosette growth stage of sunflower growth. Plots were treated with biomass of the MACC-612 and MACC-430 in a dosage of 400 and 700 g ha<sup>-1</sup> (in a concentration of 0.1%). The following parameters were recorded: plant height, diameter of head, plate weight, yield (kg ha<sup>-1</sup>), oil content, and oil yield (kg ha<sup>-1</sup>). Plants treated with 0.1% microalgal biomass of the strains MACC-612 *Nostoc entophyllum* and MACC-430 *Tetracystis* sp. had 15% and 13% yield increase compared with the control (3211 kg ha<sup>-1</sup>), respectively. The yield surplus originated from the significantly larger diameter of head and plate weight. Larger plate diameters resulted in bigger achene weight, which indicated a positive correlation between the two parameters ( $R^2=0.8731$ ). The two microalgae strains significantly increased (16–18%) the oil yield compared to the

control plots. The results proved that plant treatment with suspensions of cyanobacteria (3692 kg ha<sup>-1</sup>) and microalgae (3628 kg ha<sup>-1</sup>) positively affected the yield of sunflower.

**Key words:** organic farming, sunflower, microalgae, cyanobacteria

## Предварительные результаты об оказанном влиянии обработок микроводорослями на рост и урожай подсолнечника

<sup>1</sup>П. ПЁТЕ – <sup>1</sup>И. ГЕРГЕЙ – <sup>1,2</sup>В. ЁРДЁГ

<sup>1</sup>Университет им.Сечени Иштвана, Факультет Сельского Хозяйства и Науки о Пище, Кафедра Ботаники, Мошонмадьяровар

<sup>2</sup>Research Centre for Plant Growth and Development, University of KwaZulu-Natal Pietermaritzburg, P/Bag X01, Scottsville 3209, South Africa

### Резюме

Для увеличения безопасности урожая и толеранции подсолнечника к действию стрессовых влияний окружающей среды обрабатывали опытные растения 0,1%-ой суспензией двух племен микроводорослей, производящих гормоны. Мы искали ответ на вопрос, что внесением в какой фенологической фазе растения достигаем самого большого результата урожая. Опыты с подсолнечником установили в 2012 году в городе Мошонмадьяроваре (Mosonmagyaróvár) в Учебном хозяйстве факультета. Сорт *Helianthus annuus* L. cv. "Nk Neoma" обрабатывали двумя племенами водорослей из здешней (мошонмадьяроварской) коллекции водорослей (МАСС), цианобактериями МАСС-612 *Nostoc entophytum* и зелёными водорослями МАСС-430 *Tetracystis* sp. Растения в состоянии 4–6 листьев или в состоянии бутона цветка обрабатывали 400 или 700 g/ha микроводорослями один раз или в этих двух фенологических фазах. Измеряли высоту растений, диаметр тарелки, брутто массу тарелки, массу семянки по тарелкам, содержание масла, по-гектарно выход урожая и выход масла. На парцеллах, обработанных суспензией из МАСС-612 *Nostoc entophytum* цианобактерий и МАСС-430 *Tetracystis* sp. зелёных водорослей в обоих фенологических фазах, значительно, на 15%-ов и на 13%-ов увеличился урожай по сравнению с контролем (3211 kg/ha). Прибавка урожая объясняется более значительным

по сравнению с контролем диаметром тарелки, брутто массой тарелки и массой семянки. К большему диаметру тарелки относилась большая масса семянки, что показало позитивную корреляцию этих двух свойств ( $R^2=0,8731$ ). В тех же самых обработках увеличился и выход масла на 16%-ов и на 18%-ов по сравнению с контролем (1483 kg/ha). Как и двухразовая обработка цианобактериями (3692 kg/ha), так и двухразовая обработка микроводорослями (3628 kg/ha) подсолнечника была необходима для получения самого большого урожая полсолнечника.

**Ключевые слова:** биохозяйство, подсолнечник, микроводоросли, цианобактерии

## Bevezetés

Az aszály hazánk éghajlati jellemzője (Bussay et al. 1999). Magyarország és a világ számos területének klimatikus viszonyai bizonyítottan változnak. Az eddig bevált és jól működő termesztés technológiai irányelveket fokozatosan felváltják a modern, környezetkímélő gazdálkodást szorgalmazó törekvések. Különböző növénykondicionáló és mikrobiológiai készítmények alkalmazásával fokozható talajaink termékenysége, a kultúrnövények ellenálló képessége, valamint csökkenthető a kemikáliák felhasználása. Tengeri algakivonatokkal és mikroalga készítményekkel kedvezően befolyásolhatók a növények életfolyamatai és ezzel a termés mennyisége és minősége (Khan et al. 2009). Az algatermékekkel kijuttatott csekély mennyiségű tápelemek egyedüli hatásával azonban nem magyarázható a terméshozadék, más vegyületek hatásával is számolni kell (Rodgers et al. 1979).

Az algasejtek életciklusuk folyamán intra- és extracelluláris vegyületeket termelnek. Az elsődleges anyagcseretermékek az algák növekedéséhez és szaporodásához nélkülözhetetlenek. A mikroalgákban és cianobaktériumokban kimutatható elsődleges anyagcsere termékek, pl. fehérjék, zsírsavak, vitaminok vagy színanyagok számos gazdasági jelentőségű közismert algatermék alkotóelemei (Borowitzka 1988). Az algák általában a szaporodás stationer szakaszában bioaktív, úgynevezett másodlagos anyagcsere termékeket termelnek. Közéjük tartoznak egyebek között szerves savak, szénhidrátok, aminosavak és peptidek, növekedést szabályozó anyagok, antibiotikumok, enzimek és toxikus vegyületek. Az algák bioaktív anyagai elsősorban a sejtekben halmozódnak fel, de a tápközegbe, vagy a környezetbe is kikerülhetnek. A másod-



lagos anyagcseretermékek a környezettel való kapcsolattartást szolgálják és allelopatikus hatásuk is lehet (Boussiba 1988). Az algákban is előforduló növényi hormonok, szélesebb értelemben véve növekedésszabályozó anyagok, szintén specifikus anyagcsere termékek (Erdei 2008). Az algakivonatok kedvező hatása a termesztett növényekre ezekre a növényi hormonokra vezethető vissza leginkább.

Elsőként Jacobs *et al.* (1985) mutattak ki zöldalgából IAA-t (indol-3-ecetsav) analitikai módszerekkel. Szabadon élő és szimbióta cianobaktériumok esetében pedig először Sergeeva *et al.* (2002) igazolták analitikai módszerrel az IAA termelését és kibocsátását a környezetbe. Az IAA élettanilag aktív auxin, amely elsősorban a megnyúlásos növekedésre és a sejtosztódásra hat (Cleland 1987), de fontos szerepe van a járulékos és oldal gyökerek képződésében is (Thimann 1936). Talajból izolált cianobaktériumok és mikroalgák citokinin- és auxin-szerű hatását Stirk *et al.* (2002) biotesztekkel mutatták ki. Biotesztekre alapozott szelekciót követően Ördög *et al.* (2004) analitikai módszerek segítségével azonosítottak izoprenoid és gyűrűs citokinineket zöldalgákból. A citokininek szabályozzák a növényi sejtosztódást és az ontogenezis szinte valamennyi fázisát. Legjelentősebb szerepük a sejtciklus és sejtosztódás szabályozásában (den Boer és Murray 2000), valamint az auxinnal kölcsönhatásban a sejtmeinyulás serkentésében van. Ma már tudjuk, hogy az algák életfolyamatait a magasabbrendű növényekhez hasonlóan egyéb hormonok mellett auxinok és citokininek szabályozzák (Stirk *et al.* 2013).

A talajokban is általánosan előforduló cianobaktériumok és eukarióta mikroalgák növényi növekedést szabályozó hatásuk mellett növényvédő anyagaik miatt értékesek a mezőgazdaság számára. Elsődleges termelőként számos további hasznos tulajdonságuk van, amivel befolyásolják a talaj- és növényrendszereket: megkötik a légköri nitrogént (Kneip *et al.* 2007), mobilizálják a talajban lévő oldhatatlan foszfort és serkentik felvételét (Kumar *et al.* 2001), növényi növekedést szabályozó anyagokat, antibiotikumokat, biocideket, biosztatikus vegyületeket (Vogel *et al.* 1978) és szideroforokat bocsátanak ki környezetükbe (Shah *et al.* 1992).

Az utóbbi években az olajnövények termelése évente 6-8%-kal nőtt a világon. Ezen belül jelentősen nőtt a napraforgó vetésterülete, ami napjainkra világviszonylatban meghaladta a 24 millió hektárt (FAOSTAT 2017). Magyarországon a 2012-es év a napraforgó termesztés szempontjából rekordnak számított, az elvetett terület mintegy 621 000 hektárt tett ki. A napraforgó ter-

mesztésében egyre több ismeret áll rendelkezésre a növényi hormonok hatásáról és használatáról: pl. abszcizinsav a szárazságstressz tűrőképesség növelésére (Hussain et al. 2012); metiljazmonátok a növényi kártevők ellen (Heather et al. 2012); szalicilsav a magas sótartalom okozta stresszhatás csökkentésére (Noreen et al. 2010). Kísérleteinkben összetett növényi hormonegyüttest tartalmazó mikroalgák hatását vizsgáltuk a napraforgóra. Arra a kérdésre kerestünk választ, hogy a növény milyen fenológiai szakaszában a legcélszerűbb a napraforgó kezelése a termés növelésére.

### Anyag és módszer

A napraforgó lombkezelési kísérleteket Mosonmagyaróváron 2012-ben négyismétléses véletlen blokk elrendezésben állítottuk be. A 28, egyenként 27 m<sup>2</sup>-es (450×600 cm) parcellába hat sort vetettünk. A sortávolság 75 cm, a tőtávolság 24 cm, a tőszám 55 000 kaszat/ha volt. A mintasorokat minden esetben a középső két sor növénygyedei alkották. A kísérleti terület talaja többretegű humuszos dunai öntéstalaj volt, aminek a művelt legfelső 30 cm-es rétegére jellemző főbb agrokémiai tulajdonságokat az 1. táblázatban foglaltuk össze.

1. táblázat. A kísérleti terület talajvizsgálatai eredményei (Mosonmagyaróvár)

Talajparaméterek (1)	Átlagértékek (2)
K <sub>A</sub> (3)	45
pH <sub>H<sub>2</sub>O</sub>	8,09
pH <sub>KCl</sub>	7,40
CaCO <sub>3</sub> (m/m%)	7,1
Humusz (m/m%) (4)	3,09
Al-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	204
Al-K <sub>2</sub> O (mg/kg)	289
NO <sub>2</sub> -NO <sub>3</sub> -N (mg/kg)	20,1

Table 1. Mean values of the soil analysis results of the experimental area (Mosonmagyaróvár). (1) Soil parameters, (2) Average values, (3) Plasticity index (Arany number) (4) Humus content (m/m%)

A talajvizsgálatai eredményeket és az elővetemény utóhatását figyelembe véve a terület tápanyag utánpótlására 50 kg/ha nitrogén, 60 kg/ha foszfor és 60 kg/ha

kálium hatóanyag került kijuttatásra. A foszfor, és a kálium 100%-át komplex műtrágya formájában ősszel, a nitrogén 40%-át ősszel, 60 %-át pedig tavasszal, közvetlenül a magágy készítés előtt juttattuk ki. A műtrágyaszórást a parcellák tervezett irányára merőlegesen végeztük. A kísérlet előveteménye őszi árpa volt, mely nem hagyott nagy mennyiségű tarló és gyökérmaradványt a területen.

A kísérleti napraforgó hibrid a *Helianthus annuus* L. cv. "Nk Neoma" volt. A fajta korai érésű, középmagas, nagy levélfelületű, nagy asszimilációra képes vegetatív jellegű hibrid. A növény a nagy olajtartalmú ún. IMI (imidazolinon toleráns) hibridek csoportjába tartozik. A növénykezelésekhez a Mosonmagyaróvári Algagyűjteményből (Mosonmagyaróvár Algal Culture Collection - MACC) auxin- és citokininszerű hatásuk alapján két algatörzset választottunk ki, az MACC-612 *Nostoc entophyllum* cianobaktériumot és az MACC-430 *Tetracystis* sp. zöldalgát. A két törzs hormonhatását *Zhao et al.* (1992) uborka szikleveél gyökeresedési és növekedési biotesztjével vizsgáltuk a Növénybiológiai Tan-szék laboratóriumában.

A négy ismétlésben végzett hét kísérleti kezelést a 2. táblázatban mutatjuk be. A parcellák növényállományait a napraforgó 4–6 leveles vagy csillagbimbós állapotában, valamint mindkét fenofázisában kezeltük. A fenofázisokat a BBCH-skála alapján határoztuk meg. A kezelésekhez háti permetezőgépet használtunk. A gyomirtás az egész tenyészidőszakban kézzel történt, kémiai gyomirtásra nem került sor az esetleges peszticid hatás kivédésére. A kísérlet eredményeit befolyásoló kórtani probléma a vegetációs időszakban nem lépett fel. A citromérés után, még az érés előtt, védőhálóval borítottuk a növényeket a madárkárok megelőzésére. A védőhálót csupán a kísérleti növények betakarítása előtt távolítottuk el.

A kísérleti parcellákon átlagosan 144–148 kísérleti növény volt a kísérlet kezdetén és végén egyaránt. A növény magasságot – a talajtól a szár nyaki hajlatáig – a napraforgó 4–6 leveles fejlettségi állapotától tíznaponta mértük a citromérésig, parcellánként 10 növényen. Az adatokból csupán a legnagyobb növénymagasságot mutatjuk be. A parcellák két középső mintasorából (24–25 növény/sor) kézzel végeztük a növények betakarítását. A mintasorokból származó napraforgótányérok szárítása külön szárítóknál történt, amit tányéronkénti morzsolás, tisztítás követett. A parcellánkénti mintasorokról származó összes növényegyednél laboratóriumban mértük a tányératmértőt, a bruttó tányértömeget, és a tányéronkénti kaszattömeget. A kísérlet teljes betakarítását Sampo 2010 jelű parcellakombájnnal végeztük.

2. táblázat. A napraforgó kísérlet mikroalga kezelései

Kezelések (1)	Dózis (g/ha) (2)	Permetlé mennyiség (l/ha) (3)	Fenofázis (4)	BBCH-skála (5)	Kezelés időpontja (6)
I. Kontroll	-	-	-	-	-
II. MACC-612	400	400	4-6 leveles	BBCH-12	2012. 05. 19.
III. MACC-430	400	400	4-6 leveles	BBCH-12	2012. 05. 19.
IV. MACC-612	700	700	csillagbimbó	BBCH-61	2012. 06. 23.
V. MACC-430	700	700	csillagbimbó	BBCH-61	2012. 06. 23.
VI. MACC-612	400	400	4-6 leveles+	BBCH-12	2012. 05. 19.
	700	700	csillagbimbó	BBCH-61	2012. 06. 23.
VII. MACC-430	400	400	4-6 leveles+	BBCH-12	2012. 05. 19.
	700	700	csillagbimbó	BBCH-61	2012. 06. 23.

Table 2. Experimental design for treating sunflowers with microalgae biomass. (1) Treatments, (2) Dose (g ha<sup>-1</sup>), (3) Volume of the spray (l ha<sup>-1</sup>), (4) Phenophase, (5) BBCH-scale, (6) Date of treatment

A betakarítást követően parcellánként mértük a hozamot, majd meghatároztuk a kaszatok nedvességtartalmát. A parcellánkénti kaszathozam és a betakarításkori nedvességtartalom alapján kiszámítottuk a 8%-os nedvességtartalomra korrigált és hektárra vetített hozamokat.

Az adatok feldolgozásához Microsoft ExcelR 2016 táblázatkezelő programot, a matematikai-statisztikai elemzéshez IBM SPSSR Statistics 22.0 for Windows szoftvert használtunk. A kezeléshatások kimutatását varianciaanalízissel, a változók közötti összefüggések vizsgálatát Pearson-féle korrelációanalízissel és lineáris regresszió analízissel végeztük. A kezeléshatások összehasonlítására és kimutatására a különböző Post Hoc analízisek közül a Fisher's (LSD: Least Significant Difference) módszert alkalmaztuk.

## Eredmények

A 2012. évi vizsgálatok eredményeinek az értékelésekor figyelembe kell venni a szélsőséges időjárási viszonyokat. A 3. táblázatban bemutatott meteorológiai adatok szerint a 2012-es év száraz, a vegetációs időszak alatti csapadékeloszlást tekintve pedig egyenetlen volt, ami jelentős veszélyt jelentett a termésbiztonságra.

3. táblázat. A meteorológiai adatok alakulása 2012-ben, kiemelve a tenyészidőszakot (Mosonmagyaróvár, 2012)

Hónapok (1)	Csapadék (mm) (2)	Havi átlag- átlaghőmérséklet (°C) (3)	Napfényes órák száma (h) (4)
Január	55	2,0	94
Február	21	-2,5	104
Március	6	8,3	208
<i>Április</i>	<i>25</i>	<i>11,6</i>	<i>221</i>
<i>Május</i>	<i>37</i>	<i>17,1</i>	<i>247</i>
<i>Június</i>	<i>55</i>	<i>20,8</i>	<i>248</i>
<i>Július</i>	<i>19</i>	<i>22,2</i>	<i>255</i>
<i>Augusztus</i>	<i>14</i>	<i>21,8</i>	<i>295</i>
<i>Szeptember</i>	<i>35</i>	<i>17,5</i>	<i>181</i>
<i>Október</i>	<i>65</i>	<i>10,5</i>	<i>123</i>
November	35	7,3	62
December	39	-0,2	53
Összesen (5)	406	-	2090
<i>IV-X. hó (6)</i>	<i>250</i>	<i>-</i>	<i>1570</i>
Átlag (7)	33,83	11,4	174,2

Table 3. Meteorological data in 2012, the vegetation period is in bold (Mosonmagyaróvár, 2012). (1) Months, (2) Precipitation (mm), (3) Monthly average temperature (°C), (4) Sunshine hours (h), (5) Total, (6) Meteorological data over the growing season, (7) Average

A keléstől az érés kezdetéig folyamatosan végeztük az állomány felvételezését. A kelés ideje azonos volt a különböző parcellákon, keléshiányt nem tapasztaltunk. Az áprilisban lehullott csapadék kedvező hatással volt a kezdeti fejlődésre. Az első fenológiai fázisban az egyes parcellák növényei között szemmel látható eltérést még nem lehetett megfigyelni. A csillagbimbók megjelenése előtt a kontroll és a kezelt növények között már tapasztaltunk különbségeket. A növényállományok teljesítőképességére a vegetatív paraméterekből lehet következtetni. A kezelt parcellák növényei magasabbak lettek, lombozatuk erőteljesebben fejlődött és a megemelkedett klorofiltartalom miatt sötétzöldek voltak (Minolta SPAD-502 PLUS mérőkészülékkel mért, nem közölt adatok). *Bhuvaneshwari et al.* (2010) vizsgálataikban különböző koncentrációjú (0,1–0,3%) cianobaktérium kivonatokkal kezelt napraforgó növények le-

veleiben a klorofilltartalom megnőtt a kontroll növényekéhez képest, ami nagyobb fotoszintetikus hatékonysághoz és növényi növekedéshez vezetett. Kísérleteinkben a kezelt növények nagyobb növekedését a mikroalgák auxin- és citokininszerű hatásával magyaráztuk, ami a sejtsztódás, sejtmeignyulás, gyökérfejlődés és egyéb specifikus hatások révén jutott kifejezésre (Davies 1987).

A kezelt növények magasabbak voltak ugyan, de statisztikailag nem tértek el a kontrolltól (4. táblázat). A bruttó tányértömeg és a tányéronkénti kaszattömeg igazolhatóan növekedett a cianobaktériummal (700 g/ha) a csillagbimbós állapotban és mindkét mikroalgával kétszer kezelt növényeknél a kontrollhoz képest (4. táblázat). A kétszeri kezelés mindkét mikroalgánál szignifikánsan növelte a bruttó tányértömeget is. Varalakshmi és Malliga (2012) a napraforgó különböző morfológiai paramétereinek hasonló növekedéséről számoltak be auxin tartalmú édesvízi cianobaktérium kivonatokkal kezelt növényeknél. Kutatásaikban a legnagyobb, szignifikáns növekedést szintén a 0,1% koncentrációjú kezelések adták.

4. táblázat. A kezelések hatása a növénymagasságra, a tányérátmérőre, a tányértömegre és a tányéronkénti kaszattömegre

Kezelések (1)	Növénymagasság (cm) (2)	Tányérátmérő (cm) (3)	Bruttó tányértömeg (g) (4)	Tányéronkénti kaszattömeg (g) (5)
I. Kontroll (6)	148,4±1,1	12,2±1,9	84,47±13,25	65,27±12,21
II.	151,2±0,8	14,5±2,1	92,24±12,71	69,83±8,74
III.	152,9±0,4	14,8±1,6	95,47±13,87	74,24±11,23
IV.	154,0±0,7	*15,5±1,8	108,24±15,14	*86,57±13,47
V.	154,4±1,3	14,9±1,2	103,41±14,17	81,03±9,35
VI.	156,7±1,5	*16,2±1,6	*129,42±16,36	*92,97±10,21
VII.	156,1±0,9	*15,9±1,4	*113,95±15,22	*91,91±12,91
Átlag (7)	153,4	14,84	103,88	80,26
SzD <sub>5%</sub> (8)	9,1	3,2	25,32	19,47

Megjegyzés: a különböző kezelések adatait a 2. táblázatban tüntettük fel.

Table 4. The plant height, the plate diameter and weight of heads depending on plant treatments. (1) Treatments, (2) Plant height (3) Diameter of head, (4) Gross plate weight, (5) Weight of seeds per head, (6) Control, (7) Average, (8) LSD<sub>5%</sub>, Note: Table 2 shows the data of various treatments.

A napraforgótányérok vizsgálatából megállapítottuk, hogy nagyobb tányér-  
átmérőhöz, nagyobb tányéronkénti kaszattömeg tartozott. Az összefüggés-  
vizsgálatokhoz Pearson-féle korreláció analízist és lineáris regresszió-analízist  
végeztünk. Az 1. ábra jól szemlélteti, hogy a két tulajdonság között szoros pozí-  
tív korreláció van (0,8731\*\*). Ehhez hasonlóan *Beltrano et al.* (1994) valamint  
*Szirtes és Lukács* (1980) napraforgóban végzett hormonkezelés hatására ugyan-  
csak szoros összefüggéseket mutattak ki a terméslemek között.

1. ábra. Kapcsolat a hatásos kezelések átlagos tányéronkénti kaszattömege és  
a tányérátmérője között (IV., VI., VII. kezelések)

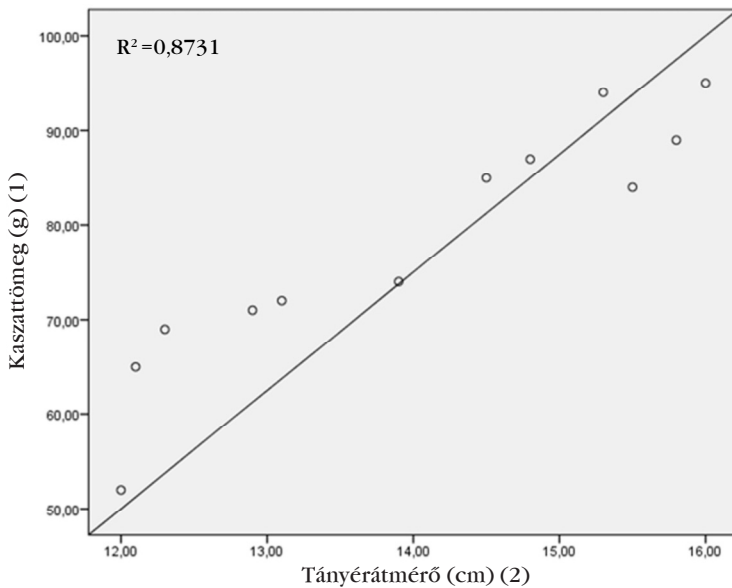
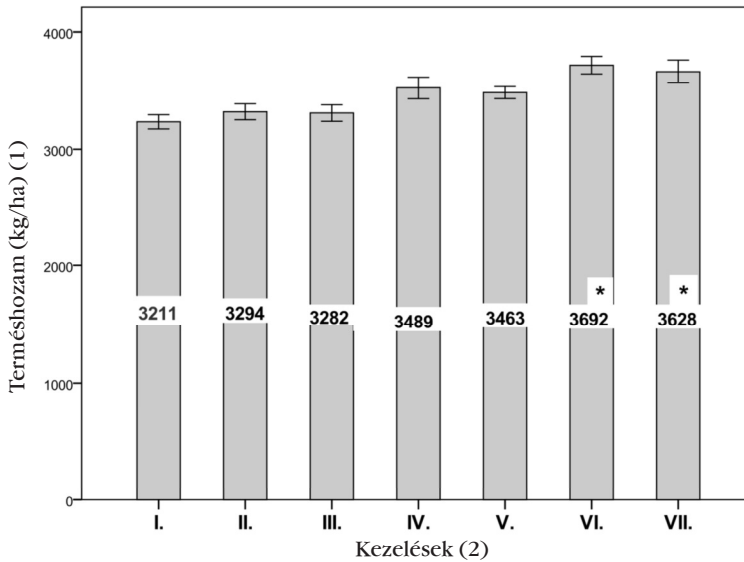


Figure 1. Correlation between the weight of seeds per head and diameter of head in the IV., VI., and VII. treatments. (1) Diameter of head, (2) Weight of seeds per head

A mikroalgákkal végzett kezelések pozitívan hatottak a termésképző ele-  
mekre, ezért a kontrollhoz képest nőttek a termés hozamok is. A kontroll és a  
kezelt parcellák termésadatainak normalitását Kolmogorov-Smirnov teszttel  
ellenőriztük. A vizsgált adatok normál eloszlást mutattak, ezért független két-  
mintás t-próbát alkalmaztunk az átlagok közötti eltérés szignifikáns különbö-  
zőségének a megállapítására. A termés hozamoknál a t-próba  $p < 0,05$  szinten  
szignifikáns különbségeket igazolt a kontroll és a mikroalgákkal kétszer kezelt

parcellák növény állományai között (2. ábra). A kísérleti év rendkívül száraz időjárásának a kedvezőtlen hatását csökkentették az algakezelések.

2. ábra. Napraforgó terméshozamok alakulása a különböző kezelések hatására (kg/ha)



Megjegyzés: Az I-VII. kezelések adatait a 2. táblázatban tüntettük fel. \*Szignifikáns differencia a kontroll csoporthoz képest ( $P < 0,05$ ),  $SzD_{5\%} = 379$ .

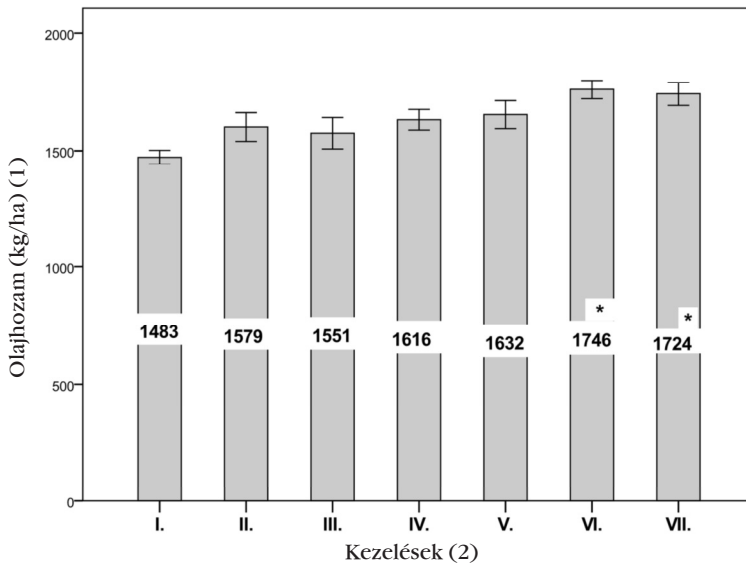
Figure 2. Yield increase of sunflower depending on plant treatments (kg ha<sup>-1</sup>). (1) Yield (kg ha<sup>-1</sup>), (2) Treatments, Note: Table 2 shows the data of various treatments. \*Significant difference from the control group ( $P < 0.05$ ),  $LSD_{5\%} = 379$ .

A termés és az olajtartalom szorzatából számítottuk a hektáronkénti olajhozamot, ami a napraforgó termesztés eredményességének legfőbb mutatója. Az olajhozamot 8%-os szárazanyag-tartalmú termésre számítottuk. A kezeléskénti olajhozamot a 3. ábra szemlélteti. Az olajtartalom a vizsgált évben 49-52% között változott, a kezelések olajtartalma nem tért el szignifikánsan a kontrolltól. Az olajhozam a két fenológiai fázisban végzett algakezelés hatására a VI. és VII. kezelésnél szignifikánsan, 16 és 18%-kal növekedett. A megnövekedett olajhozam a nagyobb tányérátmérővel és kaszattömeggel, összefoglalva a nagyobb termés eredménnyel magyarázható. Sheheta et al. (2003) különböző biostimulátorokkal kezelt napraforgó növényeknél szintén nagyobb tányér-



átmérőt, tányértömeget és olajtartalmat mérték. Bár a napraforgó hibrid genetikai potenciálja és olajtartalma kódolt, számos módosító tényező összehangolása biztosabbá teheti a hibridben rejlő lehetőségek maximális kihasználását (Zsombik *et al.* 2006).

3. ábra. Napraforgó olajhozamok alakulása a különböző kezelések hatására (kg/ha)



Megjegyzés: Az I–VII. kezelések adatait a 2. táblázatban tüntettük fel. \*Szigifikáns differencia a kontroll csoporthoz képest ( $P < 0,05$ ),  $SzD_{5\%} = 191$ .

Figure 3. Oil yield increase of sunflower depending on plant treatments ( $\text{kg ha}^{-1}$ ). (1) Oil yield ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), (2) Treatments, Note: Table 2 shows the data of various treatments. \*Significant difference from the control group ( $P < 0.05$ ),  $LSD_{5\%} = 191$ .

Kísérleteink fő célja az volt, hogy a hibridben rejlő minőségi és mennyiségi paramétereket algakezelések segítségével, kritikus időjárási körülmények között is maximálisan ki tudjuk használni. Az eredmények alapján feltételezzük, hogy a kijuttatott algák stimulálták a tápanyag felvételt, a tápanyagok felhasználásának hatékonyságát, növelték az abiotikus és biotikus stressz elleni toleranciát. A kezelések a 2012-re jellemző szárazság és hőség okozta stresszhelyzeteken sikeresen átsegítették a növényeket. Az összetett növényi hormonegyüttest tartalmazó 0,1%-os koncentrációjú, kétszeri mikroalga kezelés ked-

vező hatással volt a napraforgó növekedésére, fejlődésére, termésmennyiségére és olajhozamára.

### Irodalom

- Beltrano, J.–Caldiz, D. O.–Barreyro, R.–Vallduvi, S. G.–Bezus, R.*: 1994. Effects of foliar applied gibberellic acid and benzyladenine upon yield components in sunflower (*Helianthus annuus* L.) Plant Growth Regulation. 15: 101–106.
- Bhuwaneshwari, B.–Subramaniyan, V.–Malliga, P.*: 2011. Comparative studies of Cyanopith and Cyanospray Biofertilizers with chemical fertilizers on Sunflower (*Helianthus annuus* L.). International Journal of Environmental Sciences. 1. 7: 1515–1525.
- Borowitzka, A. M.–Borowitzka, J. L.*: 1988. Micro-algal biotechnology. Cambridge University Press. Cambridge. 288–304.
- Boussiba, S.*: 1988. Anabaena azollae as a nitrogen biofertilizer. [In: Stadler et al. Algal Biotechnolog.] Elsevier Applied Sciences. England.
- Bussay A.–Szinell Cs.–Szentimrey T.*: 1999. Az aszály magyarországi előfordulásának vizsgálata és mérhetősége. Éghajlati és Agrometeorológiai tanulmányok 7. OMSZ. Budapest.
- Cleland, R. E.*: 1987. Auxin and cell elongation. [In: Davies, P. J. (ed.) Plant Hormones and Their Role in Plant Growth and Development.] Martinus Nijhoff Publishers. Boston. 132–148.
- Davies, P. J.*: 1987. The plant hormones: their nature, occurrence, and functions. [In: Davies, P. J. (ed.) Plant Hormones and Their Role in Plant Growth and Development.] Martinus Nijhoff Publishers. Dordrecht. 1–11.
- Den Boer, B. G. W.–Murray, J. A. H.*: 2000. Triggering the cell cycle in plants. Trends Cell Biol. 10: 245–250.
- Erdei L.*: 2008. A növekedés és fejlődés intercelluláris szabályozása. Növényi hormonok. [In: Erdei L. (szerk.) Növényélettan, Növekedés- és fejlődésélettan.] JatePress. Szeged. 100–104.
- Heather, C. R.–Ro, D. K.–Rieseberg, L. H.*: 2012. Response of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Leaf Surface Defenses to Exogenous Methyl Jasmonate. Plos One Journal. 7: 5.
- Hussain, S.–Ali, A.–Ibrahim, M.–Saleem, M. vF.–Bukhsh, H. A.*: 2012. Exogenous application of abscisic acid for drought tolerance in sunflower (*Helianthus annuus* L.): A Review. The Journal of Animal and Plant Sciences. 22. 3: 806–826.
- Jacobs, W. P.–Falkenstein, K.–Hamilton, R. H.*: 1985. Nature and amount of auxin in algae: IAA from extracts of *Caulerpa paspaloides* (Siphonales). Plant Physiol. 78. 4: 844–848.

- Khan, W.–Rayirath, U. P.–Subramanian, S.–Jithesh, M. N.–Rayorath, P.–Hodges, D. M.–Critchley, A. T.–Craigie, J. S.–Norrie, J.–Prithiviraj, B.: 2009. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. *Journal of Plant Growth Regulation*. 28: 386–399.
- Kneip, C.–Lockhart, P.–Voß, C.–Maier, U. G.: 2007. Nitrogen fixation in eukaryotes – New models for symbiosis. *BMC Evolutionary Biology*. 7: 55.
- Kumar, V.–Behl, R. K.–Narula, N.: 2001. Establishment of phosphate-solubilizing strains of *Azotobacter chroococcum* in the rhizosphere and their effect on wheat cultivars under green house conditions. *Microbiological Research*. 156. 1: 87–93.
- Noreen, S.–Ashraf, M.: 2010. Modulation of salt (NaCl)-induced effects on oil composition and fatty acid profile of sunflower (*Helianthus annuus* L.) by exogenous application of salicylic acid. *Journal of The Science of Food and Agriculture*. 90. 15: 2608–2616.
- Ördög, V.–Stirk, W. A.–van Staden, J.–Novák, O.–Strnad, M.: 2004. Endogenous cytokinin in three genera of microalgae from the Chlorophyta. *Journal of Phycology*. 40. 1: 88–95.
- Rodgers, G. A.–Bergman, B.–Henriksson, E.–Urdis, M.: 1979. Utilization of blue-green algae as biofertilizers. *Plant and Soil*. 52. 1: 99–107.
- Sergeeva, E.–Liatner, A.–Bergman, B.: 2002. Evidence for production of the phytohormone indole-3-acetic acid by cyanobacteria. *Planta*. 215. 2: 229–238.
- Shah, S.–Karkhanis, V.–Desai, A.: 1992. Isolation and characterisation of siderophore, with antimicrobial activity, from *Azospirillum lipoferum*. *Current Microbiology*. 25. 6: 347–351.
- Shehata, M. M.–El-Khawas, S. A.: 2003. Effect of two biofertilizers on growth parameters, yield characters, nitrogenous components, nucleic acids content, minerals, oil content, protein profiles and dna banding pattern of Sunflower (*Helianthus annuus* L. cv. Vedock). *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 6. 14: 1257–1268.
- Stirk, W. A.–Ördög, V.–Novák, O.–Rolčík, J.–Strnad, M.–Bálint, P.–van Staden, J.: 2013. Auxin and cytokinin relationships in 24 microalgal strains. *Journal of Phycology*. 49. 3: 459–467.
- Stirk, W. A.–Ördög, V.–van Staden, J.–Jäger, K.: 2002. Cytokinin- and auxin-like activity in Cyanophyta and microalgae. *Journal of Applied Phycology*. 14. 3: 215–221.
- Szirtes V.–Lukács D.: 1980. Levéltrágyázás és hormonkezelés hatása a napraforgó kasszat- és olajtermésére. *Növénytermelés*. 29: 535–544.
- Thimann, K. V.: 1936. Auxins and the growth of roots. *Am. J. Bot.* 23: 561–569.
- Zhao, Z. R.–Wu, Z. L.–Huang, G. Q.–Li, G. R.: 1992. An improved disk bioassay for determining activities of plant growth regulators. *Journal of Plant Growth Regulation*. 11. 4: 209–213.
- Zsombik L.: 2006. A napraforgó hibridspecifikus vetésidejének komplex vizsgálata a Hajdúsági Lőszháton. Doktori PhD disszertáció. Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum. Debrecen.

- Varalakshmi, P.-Malliga, P.*: 2012. Evidence for production of Indole-3-acetic acid from a fresh water cyanobacteria (*Oscillatoria annae*) on the growth of *Helianthus annuus*. International Journal of Scientific and Research Publications. 2: 3.
- Vogel, S. L.-Frisch, H. L.-Gotham, I. J.*: 1978. Qualitative assay of dissolved amino acids and sugars excreted by *Chlamydomonas reinhardtii* (Chlorophyceae) and *Euglena gracilis* (Euglenophyceae). Journal of Phycology 14. 4: 403–406.

A szerzők levelezési címe - Address of the authors:

\*Póthe Péter - Dr. Gergely István - Dr. Ördög Vince  
Széchenyi István Egyetem MÉK  
Növénytudományi Tanszék  
Mosonmagyaróvár  
Vár 2.  
H-9200  
\*pothe.peter@sze.hu

## A talaj szervesanyag minőségének vizsgálata UV-VIS spektrumban – az Exponenciális Illesztés Módszere (EFA)

<sup>1</sup>SEBŐKANDRÁS – <sup>1</sup>CZINKOTA IMRE – <sup>2</sup>NYIRI BALÁZS –

<sup>1</sup>BOSNYÁKOVICS GABRIELLA – <sup>1</sup>GULYÁS MIKLÓS – <sup>1</sup>DÁLNOKI ANNA BOGLÁRKA

<sup>1</sup>Szent István Egyetem, Gödöllő

<sup>2</sup>Department of Radiology, University of Ottawa, Ottawa, Canada

### Összefoglalás

Az éghajlatváltozás problémákat okoz a globális rendszerekben, így a talajokra is igen nagy hatást gyakorol. A talajban található szerves anyagok mérése (különösen a minőségük, mint a fulvosav – FA és huminsav – HA frakciók jelenléte, aránya) folyamatos feladat, melynek módszere az elmúlt században folyamatosan fejlődött. Néhány ilyen módszer az  $E_{4/6}$  [465/665 nm] arány vagy az  $E_{2/3}$  [250/365 nm] módszer. A talajkivonatok UV-VIS spektrumai (200–900 nm) exponenciális függvényvel írhatók le, melyekből a kiválasztott pontokon mért adatokból származtatott arány szolgáltatja az információt a FA és HA anyagok eloszlásáról. Vizsgálataink során arra törekedtünk, hogy az exponenciális függvényt használva nyerjünk információkat, melyek nem csak a FA/HA arányról, hanem a vizsgált talajminták szervesanyag-méretmegoszlásáról is adatot szolgáltat. Ez a megközelítés (Exponential Fitting Approach – EFA) ígéretes a szervesanyag-eloszlás a könnyű és olcsó vizsgálatára (valamint minden olyan minta elemzésére, amelyben a folyadékfázis tartalmaz szerves anyagot, vagy képes a szerves anyag kioldására). A széleskörű vizsgálat érdekében a következő talajtípusokat választottuk: homoktalaj, csernozjom, szolonyec és enyhén savanyú barna erdőtalaj. A talaj extrém szervesanyag-eloszlásának szimulációja érdekében Na-humát standardot használtunk fel. A talajkivonatot módosított Stevenson módszer alapján (0,5 M NaOH and 0,1 M  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ ) készítettük. Minden talajmintához (5,0 g) 20 ml extrahálószeret adtunk, míg a Na-humát standard esetében 20 ml extraháló folyadékot adtunk 0,125 g Na-humáthoz. Négy óra rázatás után centrifugáltuk, szűrtük, és 40 szeresre hígítottuk a méréshez. Az

eredmények alapján kijelenthető: kedvező környezet esetén az  $E_{4/6}$  módszer közel 10%-os hibájúak az ismétlések, míg az EFA módszer kevesebb, mint 3% bizonytalansággal dolgozik a vizsgált talajok esetén.

Ha kedvezőtlen (extrém) körülményeket vizsgálunk, az eredeti  $E_{4/6}$  akár 30%-os hibával terhelt is lehet. Az EFA még ilyen esetben is 12%-on belül maradt. Érdeemes megjegyezni, hogy az EFA eredményei mindig az eredeti  $E_{4/6}$  értékei alatt maradtak (72–83%-a annak), de követi az eredeti értékeket, valamint az érték arányos, de kisebb hibával terhelt.

**Kulcsszavak:** SOM, Huminsav, Fulvosav, UV-VIS spektrum, EFA

## Examining the organic matter quality of the soil in the UV-VIS spectrum – the Exponential Fitting Approach (EFA)

<sup>1</sup>A. SEBŐK – <sup>1</sup>I. CZINKOTA – <sup>2</sup>B. NYIRI – <sup>1</sup>G. BOSNYÁKOVICS –

<sup>1</sup>M. GULYÁS – <sup>1</sup>A. B. DÁLNOKI

<sup>1</sup>Szent István University, Gödöllő

<sup>2</sup>Department of Radiology, University of Ottawa, Ottawa, Canada

### Summary

Climate change causes problems in global systems, i.e., it has a great impact on soils, too. The measurement of organic matters in the soil (especially their quality, such as the presence and proportions of fulvic acid – FA and humic acid – HA fractions) is a constant task, the method of which was constantly developing in the past century. Some of these methods are the  $E_{4/6}$  [465/665 nm] proportion or the  $E_{2/3}$  [250/365 nm] method. The UV-VIS spectrums of soil extracts (200–900 nm) can be described with an exponential function, from which the proportion derived from the data measured on selected points provides information on the distribution of FA and HA materials. During our examinations, we strived to obtain information using the exponential function. These pieces of information provide data not only about the proportion of FA and HA, but also the distribution of organic matter of the examined soil samples. This approach (Exponential Fitting Approach – EFA) is a promising method for the easy and inexpensive examination of organic matter distribution (and also the analysis

of all samples in which the fluid phase contains organic matter or is able to make organic matter released). In order to perform a wide-ranging analysis, the following soil types were selected: sandy soil, chernozem, solognac and slightly acidic brown forest soil. In order to simulate the extreme organic matter distribution of soil, the Na sumate standard was used. Soil extracts were prepared based on a modified Stevenson method (0,5 M NaOH and 0.1 M Na<sub>4</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub>). 20 ml extracting substance was added to each soil sample (5.0 g), while in the case of the Na humate standard, 20 ml extracting substance was added to 0.125 g Na humate. Following 4 hours of shaking, it was centrifuged, filtered and diluted 40-fold.

Based on the obtained findings, it can be concluded that, in the case of favourable environment, replications in the E<sub>4/6</sub> method show nearly 10% error, while the uncertainty of the EFA method is less than 3% in the case of the examined soils. In the case of examining unfavourable (extreme) circumstances, the original E<sub>4/6</sub> method may even produce 30% error. EFA was within 12% even in such cases. It is worth mentioning that the results of EFA were always below the original E<sub>4/6</sub> (72–83% of E<sub>4/6</sub>), but it followed the original values and remained proportional to the values, but produced lower error.

**Key words:** SOM, Humic acid, Fulvic acid, UV-VIS spectrum, EFA

## Исследование качества органического вещества почвы в спектре UV-VIS – Метод Экспоненциального Сглаживания (EFA)

<sup>1</sup>А. ШЕБЁК – <sup>1</sup>И. ЦИНКОТА – <sup>2</sup>Б. НЬИРИ – <sup>1</sup>Г. БОШНЯКОВИЧ –

<sup>1</sup>М. ГУЙЯШ – <sup>1</sup>А. Б. ДАЛНОКИ

<sup>1</sup>Университет им.Св.Иштвана, Гёдёллё

<sup>2</sup>Department of Radiology, University of Ottawa, Ottawa, Canada

### Резюме

Изменение климата причиняет проблемы в глобальных системах, и так очень сильно оказывает влияние на почвы. Измерение находящихся в почве органических веществ (особенно их качества, наличие, доля фракций фульвокислоты – FA и гумино-

вой кислоты – НА) – постоянная задача, метод которой за последнее столетие постоянно развивался. Несколько таких методов - это пропорция  $E_{4/6}$  [465/665 nm] или метод  $E_{2/3}$  [250/365 nm]. Спектры UV-VIS почвенных экстрактов (200–900 nm) могут быть описаны экспоненциальными функциями, в которых измеренные данные на выбранных точках дают информацию о распределении веществ FA и НА. В ходе наших исследований мы стремились к тому, чтобы используя экспоненциальную функцию, получить информацию, не только о соотношении FA/НА, но и о распределении по размеру органического вещества исследованных образцов почвы. Этот подход (Exponential Fitting Approach – EFA) подходящий для легкого и недорогого исследования распределения органического вещества (а также для анализа такого образца, в котором жидкая фаза содержит органические вещества, или способна растворять органическое вещество). В интересах более широкого исследования выбрали следующие типы почв: песчаная почва, чернозём, солонец и слабокислая бурая лесная почва. В интересах симуляции экстремального распределения органического вещества почвы использовали стандарт Na-гумат. Экстракты почвы готовили на основе модифицированного метода Стевенсона (Stevenson) (0,5 М NaOH и 0,1 М  $Na_4P_2O_7$ ). К каждому образцу почвы добавили (5,0 g) 20 ml средства экстрагирования, а в случае стандартного Na-гумата дали 20 ml жидкости экстрагирования к 0,125 g Na-гумату. После 4-х часов тряски использовали центрифугу, фильтровали, и 40-кратно развели для измерений.

На основании результатов можно сказать: в случае благоприятного окружения метод  $E_{4/6}$  имеет около 10%-ов ошибочные повторения, а метод EFA менее, чем с 3%-ой неопределенностью работает в случае исследованных почв. Если исследовали неблагоприятные (экстремальные) условия, оригинальный  $E_{4/6}$  даже мог иметь 30%-ов ошибок. Метод EFA даже и в таком случае оставался в пределах 12%-ов. Стоит заметить, что результаты EFA всегда оставались ниже показателей оригинального метода  $E_{4/6}$  (72–83% этого), но следует за оригинальными показателями, и показатель пропорционален, но имел меньше ошибок.

**Ключевые слова:** SOM, гуминовая кислота, фульвокислота, спектр UV-VIS, EFA

## Bevezetés

Az erőforrások megőrzése érdekében a nemzetközi közösség évről évre igyekszik egyre több erőfeszítést tenni azok védelmére és fenntartására. Az éghajlatváltozás problémákat okoz a globális rendszerekben, így a talajokra is igen



nagy hatást gyakorol. A talajban jelenlévő szervesanyagok mérése (különösen a minőségük, mint a fulvosav – FA és huminsav – HA frakciók jelenléte, aránya) folyamatos feladat, melynek módszere az elmúlt században folyamatosan fejlődött. Néhány általánosan elfogadott módszer (különösen a kelet-európai régióban) az  $E_{4/6}$  [465/665 nm] vagy az  $E_{2/3}$  [250/365 nm] arány. Mind a két mérési módszer a szervesanyag kivonatok spektrumanalízisén alapul. A kivonatok ultraibolya és látható fény (UV-VIS) spektrumai (200–900 nm) exponenciális görbék, melyekből a kiválasztott pontokon mért adatokból származtatott arány szolgáltat információt a FA és HA anyagok eloszlásáról (Wang és Hsich 2001, Chen *et al.* 2002). Sok szerző említi az aromás molekulák zavaró hatását, melyek módosíthatják az eredményeket és téves információt adnak a molekulák eloszlásáról (Hayase és Tsubota 1985, Yan *et al.* 2012). A hibák kiküszöbölését Yacobi *et al.* (2003) az exponenciális spektrum linearizálásával próbálták megvalósítani, de ez számos nehézségbe ütközött. Emiatt a vizsgálataink során arra törekedtünk, hogy az exponenciális görbét használva nyerjünk információkat, melyek nem csak a FA/HA arányról, hanem a vizsgált minták szervesanyag-méretmegoszlásáról is adatot szolgáltatnak. Ez a közelítés ígéretes megoldást kínál a szervesanyag-eloszlás könnyű és olcsó vizsgálatára (valamint minden olyan minta elemzésére, amelyben a folyadék fázis szervesanyagot tartalmaz, vagy szervesanyagot old ki).

## Anyag és módszer

### *Minták előkészítése*

A széleskörű vizsgálat érdekében a következő talajtípusokat választottuk: homoktalaj (Nyírség), csernozjom (Nagyhörcsök), szolonyec (Karcag) és enyhén savanyú barna erdőtalaj (Vasmegyer). A talaj extrém szervesanyag eloszlásának (Fulvo-huminsavak aránya) szimulációja érdekében Na-humát standardot (Sigma Aldrich, CAS: 68131-04-1) használtunk fel. A talajkivonatokat módosított Stevenson (1982) módszer alapján (0,5 M NaOH and 0,1 M  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ ) készítettük (Baglieri *et al.* 2007). Minden talajmintához (5,0 g) 20 ml extrahálószeret adtunk, míg a Na-humát standard esetében 20 ml extraháló folyadékot adtunk 0,125 g Na-humáthoz (a talaj 2,5% szervesanyag-tartalmának szimulálására 5 g talajban). A tökéletes homogenizálás érdekében a mintákat négy órán keresztül rázattuk. A felüliszó kivonat és a talaj elválasztásához a mintákat centrifugáltuk (10 perc 5000 fordulat/perc) és szűrtük (MN 751 szűrőpapír,

Reanal) (Stevenson 1982). Az elkészített kivonatokat (beleértve a Na-humát oldatot is) desztillált vízzel 40-szeresre hígítottuk. Ezt követően minden minta pH-ját megmértük, megbizonyosodva arról, hogy azok értéke 11 felett van, mert szakirodalmi adatok alapján a mintákban 11-es pH alatt csapadék képződhet. A teljes spektrumanalízist Jenway spektrofotométerrel végeztük 400–900 nm-es tartományban 1 nm-es felbontásban. A mérésből származó adatokra az exponenciális görbéket a Microcal Origin 6.0 (Mircocal Software Inc. 1991–1999) program segítségével illesztettük.

#### $E_{4/6}$ számítás

Az  $E_{4/6}$  értékek meghatározásához két kitüntetett hullámhosszon mért abszorbancia értéket használtunk fel. A 465 nm-en mért értéket elosztottuk a 665 nm-en mért abszorbancia értékkel (Helms et al. 2008). Az eredmény az  $E_{4/6}$  érték.

#### Exponenciális görbe illesztési módszer (EFA)

Az eredeti  $E_{4/6}$  módszer a teljes spektrumból két hullámhosszon méri az abszorbancia értéket (1. ábra).

1. ábra. Az  $E_{4/6}$  a 465 és 665 nm-es hullámhosszak (x tengely) és az ezekhez tartozó abszorbancia értékek (y tengely)

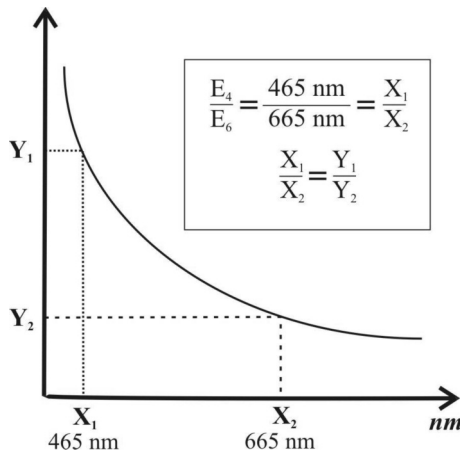


Figure 1.  $E_{4/6}$  - wavelengths 465 and 665 nm (x-axis) and the related absorbance values (y-axis)

Ez alapján kijelenthető, hogy ha  $e$  két hullámhosszon a mérés pontatlan (például műszerbeállításból fakadóan), akkor a mérés eredménye is hibás lesz. További problémák jelentkeznek, ha a hosszabb hullámhosszon (665 nm) mért pont értéke nullához közeli (néhány esetben akár negatív is lehet). Ennek elkerülésére, a pontosabb eredmény érdekében, a teljes spektrum tartományon mért abszorbancia értékekre illesztett exponenciális függvény illesztési paramétereit használjuk, melyekből levezethető az  $E_4/6$  értéke.

A szervesanyag mért abszorbanciája a spektrumon egy exponenciális függvényt követ, melyre felírható a klasszikus elsőrendű exponenciális egyenlet:

$$y = A * e^{-\frac{x}{t}}$$

ahol:  $x$  - a hullámhossz,  $y$  - az abszorbancia értéke az adott hullámhosszon,  $A$  - szorzótényező, mely a hígítás mértékétől függ,  $t$  - illesztési paraméter.

Felhasználva ezt az összefüggést, az *1. ábrán* feltüntetett  $y_1$  és  $y_2$  értékét kifejezhetjük egy-egy adott hullámhosszon esetünkben az  $E_4/6$  kiemelt értékein (*1. ábra*). Az eredmény az alábbi két egyenlet:

$$y_1 = A * e^{-\frac{x_1}{t}} = A * e^{-\frac{465}{t}}$$

$$y_2 = A * e^{-\frac{x_2}{t}} = A * e^{-\frac{665}{t}}$$

Az  $E_4/6$  értéket a két hullámhosszhoz tartozó abszorbancia értékek hányadosaként kapjuk. Ha az illesztett exponenciális egyenletbe behelyettesítjük az előbbi összefüggéseket, a következő összefüggést kapjuk:

$$\frac{E_4}{E_6} = \frac{y_1}{y_2} = \frac{A * e^{-\frac{465}{t}}}{A * e^{-\frac{665}{t}}} = \frac{e^{-\frac{465}{t}}}{e^{-\frac{665}{t}}} = e^{-\left(\frac{-465}{t} - \frac{-665}{t}\right)} = e^{\frac{200}{t}}$$

Ezek alapján kijelenthető, hogy a keresett  $E_4/E_6$  érték, levezethető az exponenciális egyenlet illesztési paraméteréből:

$$\frac{E_4}{E_6} = e^{\frac{200}{t}}$$

Megjegyzendő, hogy nem kizárólag az  $E_{4/6}$ , hanem más (pl.  $E_{2/3}$ ) hullámhossz-párosokra is alkalmazható a bemutatott Exponenciális Illesztés Módszer (Exponential Fitting Approach - EFA).

## Eredmények

A 2. ábrán látható az exponenciális illesztés eredménye, mely az Origin 6.0 program segítségével készült.

2. ábra. A karcagi minták abszorbancia eredményei, az illesztett exponenciális egyenletek, és azok paramétereit

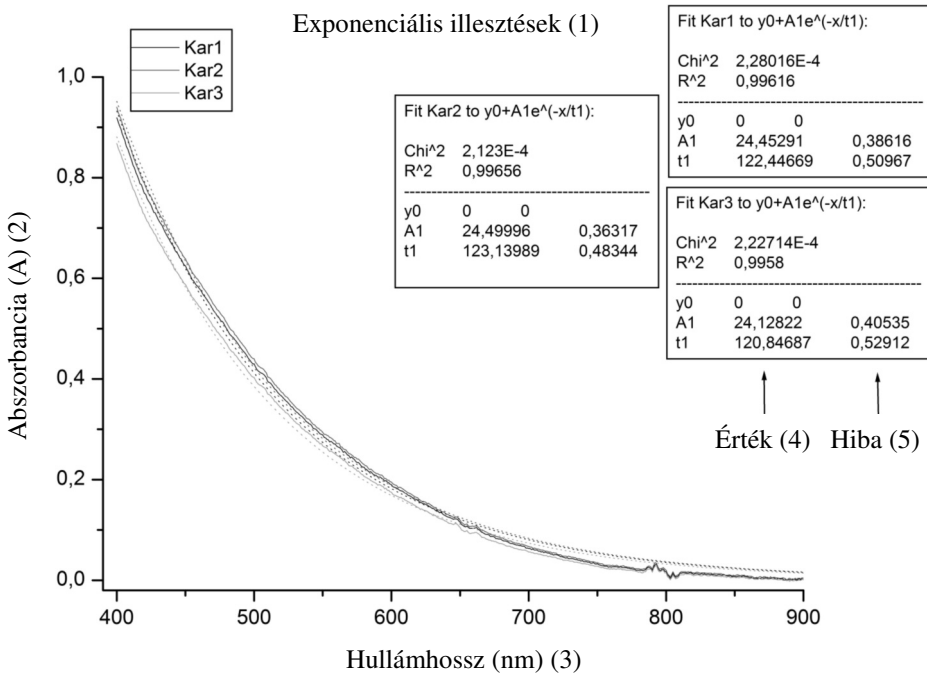


Figure 2. Absorbance results of the Karcag samples, the fitted exponential equations and their parameters. (1) Exponential fittings, (2) Absorbance (A), (3) Wavelength (nm), (4) Value, (5) Error

A kapott paramétereket, illetve a 465 és 665 nm-eken mért abszorbancia értékeket az 1-2. táblázat tartalmazza. A t értékek az illesztési paraméterek, míg az sy értékek ezek hibái. A t értékeit felhasználva kiszámítottuk az  $E_{4/6}$  értékeket (Kal.  $E_{4/6}$ ), valamint az illesztés nélküli hullámhossz adatokból össze-

hasonlításként a hagyományos módon számított (két hullámhossz arányán alapuló)  $E_{4/6}$  értékeket is.

Az 1. táblázat mintái több problémát hordoznak magukban. A nyírségi homokminták esetében a 665 nm-en mért eredmények negatív értéket adtak, mindhárom ismétlésben. Ez a spektrométer beállítása miatt volt, melyet desztillált vízre kalibráltunk (alapvonal) az alkalmazott hígítás miatt. Az oldatokban azonban (kis koncentrációban) NaOH is megtalálható volt, mely a homoktalaj esetében negatív irányba tolta el az abszorbancia értékét (a többi talaj esetében a kioldott anyagok ezt a változást elfedték). A negatív abszorbancia érték negatív eredményt ad az eredeti módszertan szerint, komoly hibát eredményezve. Az EFA módszer azonban még ilyen körülmények közt is hasznos volt és értékelhető eredményt adott. A csernozjom (nagyhőrcsöki talaj) minták egy másik problémát jeleznek. Ez a talaj nagy szervesanyag-tartalmú, mely egyenlőtlenül oszlik el a talajban, így a mintavétellel számottevő hibát okozhatunk. Ezt bizonyítja, hogy mind az eredeti, mind az EFA módszer esetében nagy az ismétlések szórása.

1. táblázat. Exponenciális illesztés paramétereit és az  $E_{4/6}$  eredmények (Nagyhőrcsök – Nagy $x$ , Nyírségi homok – Nyir $x$ )

	t	Sy	465 nm	665 nm	$E_{4/6}$	Kal. $E_{4/6}$
Nagy1	106,7	0,827	0,246	0,022	11,03	6,52
Nagy2	113,5	0,394	0,218	0,012	18,95	5,83
Nagy3	99,7	0,799	0,228	0,017	13,43	7,43
Nagy átlag (1)	106,6	0,673	0,231	0,017	14,47	6,59
Átlag $y_{err}$ (2)	6,870	0,242	0,014	0,005	4,061	0,803
Nyir1	128,9	1,305	0,055	-0,007	-8,29	4,87
Nyir2	142,5	1,346	0,051	-0,008	-6,68	4,07
Nyir3	140,5	1,333	0,052	-0,009	-6,06	4,16
Nyir átlag (3)	137,3	1,328	0,053	-0,008	-7,01	4,37
Átlag $y_{err}$ (2)	7,369	0,021	0,002	0,001	1,151	0,438

Table 1. Parameters of exponential fitting and  $E_{4/6}$  results (Nagyhőrcsök – Nagy $x$ , Nyírség sandy soil – Nyir $x$ ). (1) Average of Nagy, (2) Average  $y_{err}$ , (3) Average of Nyir

A 2. táblázat eredményei az 1. táblázatban bemutatottnál sokkal egységesebb képet mutatnak. Az  $E_{4/6}$  értékek számolhatóak az illesztett exponenciá-

lis függvényből, bár folyamatosan kisebb értéket mutatnak, mint az eredeti  $E_{4/6}$  módszer. Ezen felül az EFA értékei kevésbé érzékenyek a hígításra, vagy a mérési hibára. A minták szórásértékei az EFA esetében jelentősen kisebb, mint a hagyományos méréseken alapulóké. Ezek alapján arra jutottunk, hogy az EFA módszer pontosabb eredményeket ad, mint a hagyományosan mért  $E_{4/6}$ .

2. táblázat. *Exponenciális illesztés paramétereit és az  $E_{4/6}$  eredmények (Na-Humát – Na-Hux, Karcag – Karx, Vasmegeyer – Vasx)*

	t	Sy	465 nm	665 nm	$E_{4/6}$	Kal. $E_{4/6}$
Na-Hu1	111,6	0,433	0,588	0,077	7,63	6,00
Na-Hu2	109,0	0,509	0,603	0,071	8,46	6,26
Na-Hu3	109,6	0,495	0,603	0,073	8,22	6,20
Na-Hu átlag (1)	110,1	0,479	0,598	0,074	8,10	6,15
Átlag $y_{err}$ (2)	1,355	0,040	0,009	0,003	0,427	0,136
Kar1	122,4	0,510	0,560	0,097	5,76	5,12
Kar2	123,1	0,483	0,573	0,100	5,71	5,08
Kar3	120,8	0,530	0,526	0,088	6,00	5,23
Kar átlag (3)	122,1	0,509	0,553	0,095	5,82	5,14
Átlag $y_{err}$ (2)	1,145	0,022	0,024	0,006	0,155	0,078
Vas1	178,0	2,765	2,468	0,567	4,35	3,08
Vas2	184,3	4,218	2,789	0,739	3,78	2,96
Vas3	176,6	2,700	2,443	0,555	4,40	3,10
Vas átlag (4)	179,6	3,228	2,567	0,620	4,18	3,05
Átlag $y_{err}$ (2)	4,105	0,858	0,193	0,103	0,344	0,076

Table 2. Parameters of exponential fitting and  $E_{4/6}$  results (Na-Humate – Na-Hux, Karcag – Karx, Vasmegeyer – Vasx). (1) Average of Na-Hu, (2) Average  $y_{err}$ , (3) Average of Kar, (4) Average of Vas

Ha szélsőséges eseteket vizsgálunk (1. táblázat), az EFA elfogadható szórással (<15%) megbízható eredményeket ad, míg a hagyományos módszer nem mindig vezet eredményre (jó példák erre a nyírségi homoktalaj negatív értékei).

### Következtetések

Az elmúlt évtizedekben a számítástechnika fejlődésével rutinná vált az összetettebb görbék illesztése így a linearizálásra tett törekvések vesztek jelentőségükből, és az illesztési paraméterek felhasználása a szervesanyag-eloszlásra és jellemzésére teret hódít. A hagyományos  $E_{4/6}$  értékek általában jó eredményeket adnak a szervesanyagok minőségi eloszlására. Azonban, ha a teljes hullámhossz spektrumot felhasználjuk, az eredmény pontosabb lesz, hisz abszorbancia értékek százaira történik az illesztés, szemben az eredeti módszer két pont értékével. Az általunk bemutatott EFA módszer így pontosabb információt ad (a t illesztési paraméter felhasználásával) a szervesanyag-eloszlásról, nem csak az adott hullámhosszon, hanem a teljes vizsgált spektrumon. Ez egyben azt jelenti, hogy a mért adatokra illesztés kevésbé érzékeny a zavaró tényezőkre, mint pl. az aromás csoportok jelenlétére. A hígítás szintén jelentős szerepet kap az abszorbancia értékek meghatározása során. A nyírségi homoktalaj esetében túlhígítás történt, mely negatív abszorbancia értéket adott a jelenlévő kivonószert miatt. Az EFA azonban ilyen esetben is használható, ezzel gyorsabbá és egyszerűbbé teszi a talajkivonatok kezelését. Átlagos szervesanyag-tartalmú minták esetén az  $E_{4/6}$  módszer közel 10%-os szórással ismételhető, míg az EFA módszer kevesebb, mint 3% bizonytalansággal dolgozik a vizsgált talajok esetén (2. táblázat). Ha kedvezőtlen (extrém szervesanyag-tartalmú) körülményeket vizsgálunk (1. táblázat), az eredeti  $E_{4/6}$  akár 30%-os szórással terhelt is lehet azonos talajból származó minták esetében. Az EFA még ilyen esetben is 12%-os szóráson belül maradt. Érdeemes megjegyezni, hogy az EFA eredményei mindig az eredeti  $E_{4/6}$  értékei alatt maradtak (72–83%-a annak), de követik az eredeti értékeket. Ez valószínűsíthetően annak köszönhető, hogy a pontok százaiból az exponenciális eloszlás esetében a pontok jelentős hányada a kis értékű tartományba esik, így a paraméterből számolt érték kisebb lesz, mint a hagyományos, két pont hányadosaként felírt érték. Emiatt az  $E_{4/6}$  módszerre épülő besorolást, mely a talaj minőségét határozza meg, érdemes lesz átdolgozni az új értékeknek megfelelően, az EFA módszer alkalmazásakor.

## Köszönetnyilvánítás



A kutatás „Az Emberi Erőforrások Minisztériuma ÚNKP-17-3-I/SZIE-38 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának támogatásával készült.”

## Irodalom

- Baglieri, A.–Ioppolo, A.–Négre, M.–Gennari, M.*: 2007. A method for isolating soil organic matter after the extraction of humic and fulvic acids. *Organic Geochem.* 38. 1: 140–150.
- Chen, J.–Gu, B.–LeBoeuf, E. J.–Pan, H.–Dai, S.*: 2002. Spectroscopic characterization of the structural and functional properties of natural organic matter fractions. *Chemosphere.* 48: 59–68.
- Hayase, K.–Tsubota, H.*: 1985. Sedimentary humic acid and fulvic acid as fluorescent organic materials. *Geochimica et Cosmochimica Acta.* 49: 159–163.
- Helms, J. R.–Stubbins, A.–Ritchie, J. D.–Minor, E. C.–Kieber, D. J.–Mopper, K.*: 2008. Adsorption spectral slopes and slope ratios as indicator of molecular weight, source, and photobleaching of chromophobic dissolved organic matter. *Limnol. Oceanogr.* 53. 3: 955–969.
- Microcal Origin 6.0*: Microcal Software. Inc. 1991–1999.
- Stevenson, F. J.*: 1982. Extraction, fractionation, and general chemical composition of soil organic matter. [In: Stevenson, F. J. (ed.) *Humus Chem. – Genesis, Composition, Reactions.*] John Wiley & Sons. N. Y. 26–54.
- Wang, G. S.–Hsieh, S. T.*: 2001. Monitoring natural organic matter in water with scanning spectrophotometer. *Environment International.* 26: 205–212.
- Yacobi, Y. Z.–Alberts, J. J.–Takács, M.–McElvaine, M.*: 2003. Adsorption spectroscopy of colored dissolved organic carbon in Georgia (USA) rivers: the impact of molecular size distribution. *J. Limnol.* 62. 1: 41–46.
- Yan, M.–Korshin, G.–Wang, D.–Cai, Z.*: 2012. Characterization of dissolved organic matter using HPLC-SEC with a multiple wavelength absorbance detector. *Chemosphere.* 87: 879–885.



---

A szerzők levelezési címe - Address of the authors:

\*Sebők András - Dr. Czinkota Imre - Bosnyákovics Gabriella -  
Dr. Gulyás Miklós - Dálnoki Anna Boglárka  
Szent István Egyetem  
Gödöllő  
Páter Károly u. 1.  
H-2100  
\*andras.sebok85@gmail.com

\*\*Dr. Nyiri Balázs  
University of Ottawa  
Department of Radiology  
Ottawa, Ontario  
501 Smyth Road, Box 232  
Canada  
K1H 8L6  
\*\*bnyiri@toh.on.ca



## MEGEMLÉKEZÉS

### In memoriam

#### Harmati István (1929–2018)



Fájdalmas veszteség érte a hazai agrárkutatást: 2018. augusztus 21-én elhunyt Harmati István, a Gabonakutató kiváló tudományos főmunkatársa, a növénytermesztés egyik szakírója. Temetése 2018. szeptember 14-én volt Szegeden, végakarátának megfelelően szűk családi körben.

Harmati István Békéscsabán született 1919. február 10-én. A békéscsabai Evangélikus Gimnáziumban 1947-ben érettségizett. 1947–1951 években a Szegedi Tudományegyetem hallgatója volt, egy évig vegyész szakon, majd három évig kémia és fizika tanári szakon. Már negyedéves hallgató korában az MTA ösztöndíjasaként alkalmazták a Gabonakutató akkori jogelődjében, a Szegedi Mezőgazdasági Kísérleti Intézetben. A diploma megszerzése után 1951. július 1-én kinevezték segédkutatónak. Ettől kezdve 1991-ig, négy évtizeden át volt

a Gabonakutató igen eredményes, mindenki által tisztelt és becsült kutatója. Kezdetben – 12 évig – Herke Sándornak, a szikes talajok világhírű tudósának volt munkatársa. 1962-től kutatási csoportvezető, majd 1974-től a Gabonakutató Agrotechnikai Osztályának vezetője volt tudományos főmunkatársként, egészen nyugdíjazásáig, 1991-ig.

Kutatói munkássága az ország talán legsajátságosabb ökológiai adottságú, sok-sok kutatási feladatot rejtő tájának, a Duna-Tisza köz mezőgazdaságának fejlesztésére irányult. Különleges sokoldalúságára, kiemelkedő munkabírására és témaszeretetére vall, hogy e táj megoldásra váró problémáinak nagy részét behatóan, szisztematikusan, nagyfokú komplexitásra törekedve kutatta. Munkájában az alap-, az alkalmazott és a fejlesztő kutatások elválaszthatatlanul egybefonódtak.

Kísérletes vizsgálatait a Duna-Tisza közének túlnyomó részét kitevő szikes, réti és homoktalajok megjavítására, termékenységének növelését szolgáló módszerek kidolgozására és legeredményesebb hasznosításának (szántó, rét, legelő) megállapítására irányultak. E gyenge termékenységű talajokon cél volt az eredményes szántóföldi növénytermesztés és gyepgazdálkodás tényezőinek részletes feltárása, a sajátságos ökológiai viszonyokat és a fajok, fajták igényeit alapul vevő speciális technológiák kidolgozása. A vízgazdálkodás (belvízrendezés és öntözés) fejlesztési lehetőségeinek, módjainak feltárása és kimunkálása a talaj termékenységének és a növénytermesztés eredményeinek növelését alapozta meg. Tanulmányozta a belvízrendezés hatását a Duna-völgy és a Homokhátság hidrológiai, talajtani, természetes növénytársulási és növénytermesztési viszonyaira.

### **Főbb kutatási eredményei**

#### *Talajjavítás és talajtermékenység növelése*

Herke Sándor professzorral feltérképezték a Duna-Tisza közti szikes talajokat és vizsgálatokkal megállapították tulajdonságaikat. Szabadföldi tartamkísérletekkel (33 éves) kidolgozták megjavításuk komplex (kémiai, fizikai és biológiai) módszerét, mellyel azok szántóföldi növénytermesztésre alkalmassá tehetők.

Az erősen belvizes viszonyok között kialakult réti talajok termékenysége a térség belvízrendezése után rendszeres és szakszerű talajműveléssel, műtrágyázással (főként foszfor), karógyökérzetű növényeket is tartalmazó vetésszer-

kezettel és esetleges öntözéssel fokozatosan, alapvetően megnövelhető. Az így művelt réti talajokon az elmúlt 50 év alatt a termések megtöbbszörözödtek, melynek legalább 50%-a a talaj javulásából adódik.

### *Szántóföldi agrotechnika és agrokémia*

A sajátos tulajdonságokkal rendelkező Duna-Tisza közti homok és réti talajok különböző típusain és altípusain megállapította a legsikeresebben termesztendő növényfajokat és fajtákat, meghatározta ezek talajigényét, majd kidolgozta ezek faj-, fajta- és talajspecifikus agrotechnikáját (műtrágyázás, talajművelés, növényvédelem, öntözés, növényszám stb.). Ezek alkalmazásával igen jelentősen és biztonságosabban növelhető a termés. Kidolgozta a Homokhátságon hatalmas károkat okozó defláció (homokverés) és aszály csökkentésére alkalmas növényi szerkezeteket és agrotechnikát.

### *Gyepgazdálkodás*

Négy évtizeden át nyomon követte, hogy a belvízrendezések miképpen változtatták meg a természetes gyep növényi összetételét, a talajok sótartalmának csökkenése és a térség szárazabbá válása révén. Gazdaságos módszereket dolgozott ki valamennyi szikes és réti talajú természetes gyep fajösszetételének javítására és termésének növelésére, valamint helyettük nagy termőképességű kultúrgyepet létesítésére. Kimunkálta a defláció bázisterületeit képező futóhomokok megkötésére szolgáló talajvédő gyep telepítésének módszerét is. Több nagyüzemben magas szintű gyepgazdálkodást alakított ki.

### *Vízgazdálkodás*

Kutatási eredményeire alapozva évtizedeken át igen aktívan részt vett a Duna-völgy és a Homokhátság nagyon sajátos, az egész táj mezőgazdaságát döntően befolyásoló vízgazdálkodásának továbbfejlesztésében. A Vízügyi Szervekkel együtt alakították ki a Homokhátság vízrendezésének belvízgazdálkodáson alapuló fejlesztési koncepcióját, mellyel az ültetvények szempontjából oly fontos talajvíz káros mértékű lesüllyedését gátolni, mérsékelni lehet.

Négy évtizeden át folyamatosan vizsgálta a Duna-völgyben végrehajtott lecsapolások és vízrendezések hatását a táj hidrológiai, talajtani, fitocönológiai és növénytermesztési viszonyaira. E vizsgálatokról készített OTKA Zárójelentésben részletesen ismertette a Duna-völgy arculatát fokozatosan, de alapvetően megváltoztató folyamatokat.

Munkássága jelentős részét képezte az öntözések talajtani és növénytermesztési hatásainak tartamkísérletekben történő beható vizsgálata is.

Sokrétű kutatásainak főbb eredményeit 181 dolgozatban, 11 könyvrészletben és 16 tanulmányban tette közzé. Különböző hazai és nemzetközi rendezvényeken, mérnöktovábbképző tanfolyamokon mintegy 800 előadást tartott. A tudományos közélet aktív szereplője volt (MTA Mg-i Vízgazdálkodási, majd Növénytermesztési Szakbizottsága, SZAB, TIT, Szegedért Alapítvány).

Harmati István nyugdíjasként is aktívan tevékenykedett a több évtizedes kutatói pályája során felhalmozott anyag feltárásán, az eredmények szintetizálásán, OTKA, FVM pályázatok megvalósításán. Munkásságát több kitüntetéssel, díjjal ismerték el: Munka Érdemrend bronz fokozat (1967), Kiváló Dolgozó (1979), Baross László emlékérem (1989), Életfa Emlékplakett Ezüst fokozat (2009).

Harmati István kiválóan képzett, rendkívüli innovatív készségű, iskolateremtő, eredményes kutató volt, kiegyensúlyozott családi és magánélet jellemezte őt. Nehéz tőle búcsúznunk, mert sokan szerettük és tiszteltük. Tudjuk, hogy alkotásai – a tudományos és népszerűsítő cikkei – révén a magyar növénytermesztés történetébe örökre beírta nevét. Bár végleg eltávozott közülünk, de emléke, tudományos eredményei itt maradnak köztünk.

Matuz János – Herczeg György



**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

---