



## **Prenos poznatkov na zachovanie multifunkčnosti pôd a pre udržateľnosť agroenvironmentu**

### **A talajok multifunkcionalitásának megőrzéséhez szükséges ismeretek átadása az agrárkörnyezet fenntarthatósága céljából**

**Recenzovaný zborník príspevkov  
Lektorált cikkek kiadványa**

*Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum Lužianky  
Výskuný ústav agroekológie Michalovce*

2021

**Názov: Prenos poznatkov na zachovanie multifunkčnosti pôd a pre udržateľnosť agroenvironmentu**

**Cím: A talajok multifunkcionalitásának megőrzéséhez szükséges ismeretek átadása az agrárkörnyezet fenntarthatósága céljából**

*Zborník zostavili:*

*A kiadvány szerkesztői:*

**Ing. Ladislav Kováč, PhD.**

**Ing. Jana Jakubová**

**Dr. Aranyos Tibor József**

**Dr. Makádi Marianna**

*Recenzenti:*

*Lektorálták:*

**RNDr. Danka Kotorová, PhD.**

**Dr. Aranyos Tibor József**

**Dr. Makádi Marianna**

**Publikácia vydaná ako školiaci materiál v rámci riešenia projektu spolupráce Interreg V-A Slovenská republika – Maďarsko č. FMP-E/1901/4. 1/028, s akronymom „MULTISOIL”.**

**A kiadvány az Interreg V-A Szlovákia - Magyarország Együttműködési program keretében megvalósuló FMP-E/1901/4. 1/028 számú „MULTISOIL” rövidítésű pályázat keretében összeállított oktatási anyag megvalósítása**

© NPPC – Výskumný ústav agroekológie Michalovce, 2021

**ISBN 978-80-973565-2-1**

**EAN 9788097356521**

## Obsah

<b>1. ÚVOD .....</b>	<b>7</b>
<b>2. ZMENY HODNÔT VYBRANÝCH PARAMETROV PÔDY PRI ROZDIELNEJ INTENZITE OBRÁBANIA FLUVIZEME GLEJOVEJ .....</b>	<b>8</b>
CHANGES IN VALUES OF SELECTED SOIL PARAMETERS OF THE GLEYIC FLUVISOLS AT DIFFERENT TILLAGE INTENSITY Božena ŠOLTYSOVÁ, Martin DANILOVIČ	
<b>3. VYUŽITIE PÔDNYCH KONDICIONÉROV V POHÁNKE SIATEJ (<i>FAGOPYRUM ESCULENTUM</i> MOENCH.) NA ŤAŽKÝCH PÔDACH .....</b>	<b>20</b>
USING OF SOIL CONDITIONERS IN BUCKWHEAT ( <i>FAGOPYRUM ESCULENTUM</i> MOENCH.) ON HEAVY SOILS Ladislav KOVÁČ, Jana JAKUBOVÁ, Ján HECL	
<b>4. ÚČINOK PÔDNYCH KONDICIONÉROV NA ZMENY VYBRANÝCH INDIKÁTOROV PÔDY .....</b>	<b>28</b>
SOIL CONDITIONERS IMPACT ON SELECTED SOIL INDICATORS CHANGES Božena ŠOLTYSOVÁ, Martin DANILOVIČ	
<b>5. EFEKTÍVNOSŤ VYUŽITIA PÔDNEHO KONDICIONÉRU PRP SOL PRI PESTOVANÍ LÁSKAVCA (<i>AMARANTHUS SP. L.</i>) .....</b>	<b>39</b>
EFFICIENCY OF USING PRP SOL SOIL CONDITIONER IN CULTIVATION OF AMARANTH ( <i>AMARANTHUS SP. L.</i> ) Jana JAKUBOVÁ, Ladislav KOVÁČ, Pavol BALLA	
<b>6. ÚČINNOSŤ PÔDNYCH KONDICIONÉROV A ICH EKONOMICKÁ EFEKTÍVNOSŤ V PROSE SIATOM (<i>PANICUM MILIACEUM L.</i>).....</b>	<b>49</b>
EFFICIENCY OF SOIL CONDITIONERS AND THEIR ECONOMIC EFFECTIVENESS IN MILLET ( <i>PANICUM MILIACEUM L.</i> ) Ladislav KOVÁČ, Jana JAKUBOVÁ	
<b>7. VPLYV POMOCNÝCH LÁTKOK NA ÚRODU ZRNA KUKURICE SIATEJ (<i>Zea mays L.</i>).....</b>	<b>58</b>
SUPPLEMENTARY SUBSTANCES IMPACT ON MAIZE GRAIN YIELD ( <i>Zea mays L.</i> ) Andrej HNÁT	

<b>8. APLIKÁCIA PÔDNEHO KONDICIONÉRU V ZRNOVOM CIROKU PRI RÔZNYCH AGROTECHNIKACH .....</b>	<b>70</b>
APPLICATION OF SOIL CONDITIONER IN SORGHUM UNDER DIFFERENT AGROTECHNICS Ladislav KOVÁČ, Jana JAKUBOVÁ	
<b>9. VPLYV HNOJENIA <i>ARUNDO DONAX</i> L. NA BILANCIU ŽIVÍN A UHLÍKA .....</b>	<b>78</b>
EFFECT OF <i>ARUNDO DONAX</i> L. FERTILIZATION ON NUTRIENTS AND CARBON BALANCE Martin DANILOVIČ, Božena ŠOLTYSOVÁ, Pavol PORVAZ	
<b>10. UVOĽŇOVANIE OXIDU UHLIČITÉHO Z PÔDY PRI ROZDIELNEJ AGROTECHNIKE .....</b>	<b>88</b>
CARBON DIOXIDE EMISSION FROM SOIL UNDER DIFFERENT AGROTECHNICS Igor DANIELOVIČ, Božena ŠOLTYSOVÁ	
<b>11. ANALÝZA VYBRANÝCH ENVIRONMENTÁLNYCH UKAZOVATEĽOV V SYSTÉME PESTOVANIA ENERGETICKÝCH PLODÍN.....</b>	<b>96</b>
ANALYSIS OF SELECTED ENVIRONMENTAL INDICATORS IN THE SYSTEM OF THE ENERGY CROPS CULTIVATION Božena ŠOLTYSOVÁ, Igor DANIELOVIČ, Martin DANILOVIČ, Ján HECL	
<b>12. KVANTIFIKÁCIA REMEDIAČNÉHO POTENCIÁLU VYBRANÝCH ENERGETICKÝCH PLODÍN .....</b>	<b>108</b>
THE QUANTIFICATION OF REMEDIATION POTENTIAL OF SELECTED ENERGY CROPS Ján HECL	
<b>13. DOPAD NEPRAVIDELNÝCH ZÁPLAV NA OBSAH ŤAŽKÝCH KOVOV V PÔDE .....</b>	<b>116</b>
IRREGULAR FLOODING IMPACT ON THE HEAVY METALS CONTENT IN THE SOIL Božena ŠOLTYSOVÁ, Ján HECL, Martin DANILOVIČ	

## Tartalom

1. **Előszó**..... 128
2. **SZENNYVÍZISZAP KOMPOSZT ALKALMAZÁSA A TALAJERÓZIÓ MÉRSÉKLÉSÉBEN** .....129  
SEWAGE SLUDGE COMPOST APPLICATION AGAINST SOIL EROSION  
ARANYOS Tibor József, TOMÓCSIK Attila, HENZSEL István, MAKÁDI
3. **ÖKOLÓGIAI GAZDÁLKODÁS TALAJVÉDELEMBEN BETÖLTÖTT SZEREPE**.....139  
THE ROLE OF ORGANIC FARMING IN SOIL PROTECTION  
ERDŐS Zsuzsa
4. **TALAJTERMÉKENYSÉG NÖVELÉSÉNEK LEHETŐSÉGE DEGRADÁLÓDÓ TERÜLETEN BAB TERMESZTÉSSEL**.....151  
POSSIBILITY OF INCREASING SOIL FERTILITY BY BEAN GROWING IN A DEGRADABLE AREA  
GYÖRGYI Gyuláné, SIPOS Tamás, TÓTH Gabriella, HENZSEL István
5. **A ROZS SZEREPE A HOMOKTALAJOK DEGRADÁCIÓ ELLENI VÉDELMEBEN** .....159  
RYE PLANT ROLE AGAINST THE DEGRADATION OF SANDY SOIL  
HADHÁZY Ágnes<sup>1</sup>, ARANYOS Tibor József<sup>1</sup>, OROSZ Viktória<sup>1</sup>, GYÖRGYI Gyuláné<sup>1</sup>, TÓTH Gabriella<sup>1</sup>, SIPOS Tamás<sup>1</sup>, Waleed A E ABIDO<sup>2</sup>, HENZSEL István<sup>1</sup>
6. **A HETEROTRÓF BAKTÉRIUMOK TELEPSZÁMÁNAK ALAKULÁSA EGY SZÉLERÓZIÓNAK KITETT TERÜLETEN**.....170  
THE NUMBER OF THE HETEROTROPHIC BACTERIA ON AN EROSION EXPOSED SOIL  
HENZSEL István, HADHÁZY Ágnes, GYÖRGYI Gyuláné, TÓTH Gabriella, SIPOS Tamás, OROSZ Viktória
7. **AZ ÖSSZES SZÉN- ÉS NITROGÉNTARTALOM ALAKULÁSA EGY SZERVES TRÁGYÁS KÍSÉRLETBEN** .....177  
CHANGES IN TOTAL CARBON AND NITROGEN CONTENT OF SOIL IN AN ORGANIC FERTILIZER EXPERIMENT  
HENZSEL István, HADHÁZY Ágnes, GYÖRGYI Gyuláné, TÓTH Gabriella, SIPOS Tamás, DEMETER Ibolya

- 8. A SZERVESENYAG-GAZDÁLKODÁS SZEREPE A TALAJDEGRADÁCIÓ ELLENI VÉDEKEZÉSBEN A WESTSIK-FÉLE VETÉSFORGÓ TARTAMKÍSÉRLET EREDMÉNYEI ALAPJÁN..... 188**  
 THE ROLE OF ORGANIC MATTER MANAGEMENT IN PROTECTION AGAINST SOIL DEGRADATION BASED ON THE RESULTS OF WESTSIK'S CROP ROTATION LONG-TERM EXPERIMENT  
 HENZSEL István, HADHÁZY Ágnes, GYÖRGYI Gyuláné, TÓTH Gabriella, SIPOS Tamás, ARANYOS Tibor József
- 9. A TALAJTÖMÖRÖDÉS ELLENI VÉDEKEZÉS LEHETŐSÉGEI EGY VETÉSFORGÓ KÍSÉRLET EREDMÉNYEI ALAPJÁN..... 200**  
 PROTECTION POSSIBILITIES AGAINST THE SOIL COMPACTION, BASED ON THE RESULTS OF A CROP ROTATION EXPERIMENT  
 HENZSEL István, ERDŐS Zsuzsa, PÁL Vivien, GYÖRGYI Gyuláné, TÓTH Gabriella, SIPOS Tamás, HADHÁZY Ágnes
- 10. A TALAJDEGRADÁCIÓ MIKROBIOLÓGIAI VONATKOZÁSAI..... 211**  
 MICROBIOLOGICAL ASPECTS OF SOIL DEGRADATION  
 MAKÁDI Marianna, ARANYOS Tibor József, HENZSEL István, HADHÁZY Ágnes, DEMETER Ibolya, OROSZ Viktória
- 11. A ZÖLDÍTÉS SZEREPE A TALAJDEGRADÁCIÓ ELLENI VÉDELEMBEN HOMOKTALAJON..... 220**  
 THE ROLE OF GREENING IN PROTECTION AGAINST SOIL DEGRADATION ON SANDY SOIL  
 PÁL Vivien, ERDŐS Zsuzsa, HENZSEL István, ZSOMBIK László
- 12. TALAJTERMÉKENYSÉG – TALAJDEGRADÁCIÓ – FENNTARTHATÓSÁG ..... 231**  
 SOIL FERTILITY– SOIL DEGRADATION – SUSTAINABILITY  
 TÓTH Gabriella, HENZSEL István, GYÖRGYI Gyuláné, SIPOS Tamás
- 13. HOMOKI GAZDÁLKODÁS A TALAJVÉDELEM TÜKRÉBEN ..... 237**  
 CULTIVATION ON SANDY SOILS FOR SOIL PROTECTION  
 ZSOMBIK László, ERDŐS Zsuzsa

## Úvod

Publikácia bola vydaná ako školiaci materiál v rámci riešenia projektu spolupráce Interreg V-A Slovenská republika – Maďarsko č. FMP-E/1901/4.1/028, s akronymom „MULTISOIL”.

Projekt nadväzuje na predchádzajúce projekty realizované v spolupráci oboch výskumných ústavov. K najvýznamnejším riešeným projektom patria:

1. Projekt Cezhraničnej spolupráce Maďarská republika-Slovenská republika 2007-2013 s kódom HUSK 1101/1.2.1/0126 a názvom: Vytvorenie vzdelávacieho a poradenského centra v prihraničných oblastiach. Projekt bol riešený v rokoch 2014-2015. V rámci projektu sa vybuďovalo poradenská a vzdelávacie centrum na slovenskej strane na pracovisku NPPC –VÚA v Milhostove a na maďarskej strane vo Výskumnom ústave Debrecínskej univerzity v Nyiregyháze a nakúpili stroje a prístroje na realizáciu výskumnej činnosti u oboch inštitúcií. Tieto vzdelávacie centrá a nakúpené materiálne technické vybavenie sa využijú pri vzdelávacích podujatiach plánovaných v rámci projektu.

2.V rokoch 2010-2012 sme realizovali projekt Cezhraničnej spolupráce Maďarská republika-Slovenská republika 2007-2013 s kódom HUSK 0901/1.2.1./129 s názvom: Skúška spôsobov obrábania pôdy. V projekte boli riešené možnosti rôzneho využívania a obrábania pôdy v podmienkach ťažkých pôd na slovenskej strane a piesočnatých pôd na maďarskej strane. Na riešenie projektu boli zakúpené prístrojové zariadenia na merania v pokusoch, ktoré sa tiež využijú pri odborných a vzdelávacích aktivitách realizovaných u oboch projektových partnerov.

Cieľom projektu je organizácia programov s dôrazom na zachovanie multifunkčnosti poľnohospodárskej pôdy poskytujúcej nezávadné potraviny na udržanie zdravia ľudí v slovenských a maďarských oblastiach. Programy sú organizované pre dve vekové skupiny a to študentov ako budúcich poľnohospodárov, a pre dospelých aktívne hospodáriacich farmárov. Cieľovou skupinou slovenského vedúceho partnera sú aktívny poľnohospodári hospodáriaci v regióne a cieľovou skupinou maďarského partnera sú študenti zastupujúci potenciálnych poľnohospodárov. Organizáciu transferu poznatkov v oboch cezhraničných regiónoch zabezpečia výskumné ústavy , ktoré už dlhodobo spolupracujú v odborných oblastiach. Programy teoretického a praktického vzdelávania budú zahŕňať cieľové skupiny z oboch regiónov. Prostredníctvom programov sa účastníci zoznámia s najdôležitejšími problémami degradácie pôdy, faktormi, ktoré ich spôsobujú, a možnými riešeniami v danej oblasti. Bezprostredným cieľom projektu je zvýšiť informovanosť účastníkov, zvýšiť povedomie o životnom prostredí, získať poznatky o výhodách a nevýhodách praktických metód aplikovaných na oboch stranách hranice.

# ZMENY HODNÔT VYBRANÝCH PARAMETROV PÔDY PRI ROZDIELNEJ INTENZITE OBRÁBANIA FLUVIZEME GLEJOVEJ

## CHANGES IN VALUES OF SELECTED SOIL PARAMETERS OF THE GLEYIC FLUVISOLS AT DIFFERENT TILLAGE INTENSITY

Božena ŠOLTYSOVÁ, Martin DANILOVIČ

*Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum – Výskumný ústav  
agroekológie Michalovce*

### **Abstrakt**

Vývoj zmien pôdnych vlastností je najlepšie pozorovateľný pri ich hodnotení v dlhšom časovom rade. V rokoch 2009 – 2018 sa v ornici fluvizeme glejovej sledovali zmeny vybraných pôdnych indikátorov pri rozdielnom obrábaní (konvenčná agrotechnika, redukovaná agrotechnika, priama sejba). Plodiny boli pestované v dvoch osevných sledoch na stredne ťažkej a ťažkej pôde. Pôdne vzorky pre stanovenie parametrov pôdy boli odoberané v jesennom období po zbere plodiny z hĺbky 0,0 – 0,3 m. Vývoj vybraných pôdnych parametrov v časovom rade bol posúdený trendovou analýzou. Lineárne trendy zistené v oboch osevných sledoch poukazujú na sekvestráciu uhlíka po konverzii z klasickej agrotechniky na spracovanie pôdy bez orby. Ročný nárast organického uhlíka pri priamej sejbe v 1. slede plodín bol vyšší o 0,15 t.ha<sup>-1</sup> C a v 2. slede o 0,40 t.ha<sup>-1</sup> C v porovnaní s klasickou orbou. Z trendu vývoja celkového dusíka pri diferencovanom obrábaní pôdy bolo zistené ročné zvýšenie celkového dusíka v pôde a mierny pokles hodnôt pôdnej reakcie v 1. osevnom slede. V 2. slede plodín bol udržaný obsah celkového dusíka a hodnoty výmennej pôdnej reakcie.

**Kľúčové slová:** fluvizem glejová, parametre pôdy, obrábanie, trendová analýza, bilancia uhlíka

### **Abstract**

The development of changes in soil properties is best visible using evaluation of long time period. Changes in selected soil indicators were monitored in Gleyic Fluvisols topsoil with different tillage (conventional tillage, reduced tillage, no-tillage) in 2009 – 2018. The crops were grown in two crop sequences on medium heavy and heavy soil. To determine the soil parameters, soil samples were taken from a depth of 0.0 – 0.3 m in the autumn after harvesting. The development of selected soil parameters in the time series was evaluated by



trend analysis. The linear trends found in both crop sequences indicate the carbon sequestration after conversion from classical tillage to no-tillage. The annual increase of organic carbon at the no-tillage in the first crop sequence was higher by  $0.15 \text{ t ha}^{-1} \text{ C}$  and in the second crop sequence by  $0.40 \text{ t ha}^{-1} \text{ C}$  compared to conventional tillage. From the trend analysis of total nitrogen in different soil tillage was found the annual increase of the total nitrogen in the soil and slight decrease of the soil reaction values in the first crop sequence. The total nitrogen contents and the soil reaction values were preserved in the second crop sequence.

**Keywords:** Gleyic Fluvisols, soil parameters, tillage, trend analysis, carbon balance

## ÚVOD

Pôda ako hlavný zdroj záchytu uhlíka zohráva dôležitú úlohu pri znižovaní emisií skleníkových plynov. Poľnohospodárska pôda musí mať skutočne kľúčovú úlohu, pretože od príchodu poľnohospodárstva stratila obrovské množstvo pôdneho organického uhlíka (Sanderman et al., 2017) a využitím vhodných možností jej obhospodarovania má veľký potenciál ukladať ďalší uhlík a zachytávať oxid uhličitý z atmosféry (Smith et al., 2008).

Konverzia neobhospodarovanej pôdy na poľnohospodárske využitie obvykle vedie k poklesu obsahov pôdneho organického uhlíka (Don et al., 2011; Wei et al., 2014). Strata pôdneho organického uhlíka pri využívaní poľnohospodárskej pôdy sa netýka všetkých pôd. Mierne zvýšenie pôdneho organického uhlíka je možné pozorovať pri zlepšení vlastností pôdy (napr. vlhkosť, úrodnosť pôdy, zhutnenie a pod.) s prirodzene nízkou úrodnosťou (Hoyle et al., 2013). Skúsenosti však ukazujú, že kvalitnejšie pôdy rozkladajú organickú hmotu úspornejšie v porovnaní s menej úrodnými pôdami (Bielek, 2008).

Na zvýšenie sekvestrácie uhlíka v poľnohospodárskych pôdach sa odporúčajú postupy hospodárenia, ako napr. premena ornej pôdy na trávnaté porasty, zapracovanie slamy, zníženie intenzity obrábania pôdy, pestovanie medziplodín a pod. (Lugato et al., 2014). Pri nižšej úrovni zásahov do obrábania pôdy, teda pri využití pôdochranných technológií, dochádza k minimálnemu narušeniu povrchovej vrstvy pôdy a k poklesu uvoľňovania uhlíka z pôdy. Najradikálnejšou, ale energeticky najmenej náročnou technológiou je priama sejba do neoranej pôdy. Konverziou z klasickej agrotechniky na bezorbovú sa zásoby uhlíka v pôde zvyšujú (Domínguez et al., 2009; Tian et al., 2016).

Pri obhospodarovaní pôdy je dôležité udržať vyrovnanú bilanciu pôdneho organického uhlíka, teda dosiahnuť, aby straty pôdnej organickej hmoty, ku ktorým dochádza v procesoch rozkladu, mineralizácie a humifikácie

organických látok v pôde, boli plne nahradzované vstupmi organickej hmoty do pôdy (Kubát, 1999). Korene plodín sú hlavnými determinantmi zvyšovania zásob organického uhlíka v pôde. Zvyšovanie vstupov uhlíka do pôdy sa dá dosiahnuť rôznymi možnosťami hospodárenia, teda od výberu jednoročných plodín s objemnou koreňovou sústavou až po implementáciu krycích plodín a viacdruhových systémov pestovania plodín.

Súčasný stav kvality poľnohospodárskej pôdy je výsledkom nielen prirodzeného vývoja, ale hlavne produktom činnosti človeka. V súvislosti s udrжанím kvality pôdy a jej úrodnosti je preto potrebné sledovať celkovú degradáciu pôdy, vrátane acidifikácie pôdy a v prípade poklesu pôdnej reakcie realizovať nápravné opatrenia (Joris et al., 2016).

Posúdiť vplyv realizovaného hospodárenia na pôde na jej vlastnosti umožňujú viacročné časové rady. Časové rady poskytujú objektívnejší pohľad na hodnotenie vývoja určitej vlastnosti pôdy a predstavujú množinu hodnôt hodnoteného parametra, ktorá je usporiadaná v čase (Chajdiak, 2005).

Cieľom práce je poukázať na zmeny vybraných chemických parametrov pôdy pri využití rozdielnej intenzity obrábania ťažkej a stredne ťažkej fluvizeme glejovej v dlhšom časovom období.

## **MATERIAL A METÓDA**

Pri rozdielnej agrotechnike sa v rokoch 2009 – 2018 v ornici a ťažkej a stredne ťažkej fluvizeme glejovej sledovali zmeny vybraných pôdnych parametrov. Poľný pokus bol založený NPPC – Výskumným ústavom agroekológie Michalovce na experimentálnom pracovisku v Milhostove, ktoré sa nachádza v nadmorskej výške 101 m, v klimatickom regióne T3. Hodnotená fluvizem glejová (Kolektív, 2000) na prvom hone je ťažká, ílovito-hlinitá pôda s priemerným obsahom ílovitých častíc (častice < 0,01 mm) 45,3 % a na druhom hone je stredne ťažká pôda s priemerným obsahom ílovitých častíc 38,1 %.

V pokusoch boli sledované tri rozdielne spôsoby obrábania pôdy: KA – konvenčná agrotechnika, RA – redukovaná agrotechnika, PS – priama sejba do neobrábanej pôdy. Pokusy boli založené v trojnásobnom opakovaní v prirodzených podmienkach bez závlahy a boli usporiadané blokovou metódou s náhodným usporiadaním variantov. Veľkosť každého variantu bola 276 m<sup>2</sup> (6 m × 46 m). Sledy plodín v rokoch 2009 – 2018 na obidvoch honoch sú uvedené v Tab. 1. Pestované plodiny na všetkých troch variantoch obrábania boli hnojené NPK hnojivami.

**Tab. 1** Osevné sledy v rokoch 2009 – 2018 na obidvoch honoch

Rok	1. osevný sled (1. hon)	2. osevný sled (2. hon)
2009	sója fazuľová	jačmeň siaty jarný
2010	pšenica letná forma ozimná	sója fazuľová
2011	kukurica siata na zrno	pšenica letná forma ozimná
2012	jačmeň siaty jarný	kukurica siata na zrno
2013	sója fazuľová	jačmeň siaty jarný
2014	pšenica letná forma ozimná	sója fazuľová
2015	kukurica siata na zrno	pšenica letná forma ozimná
2016	jačmeň siaty jarný	kukurica siata na zrno
2017	sója fazuľová	jačmeň siaty jarný
2018	pšenica letná forma ozimná	sója fazuľová

Každoročne po zbere plodín boli odoberané pôdne vzorky z hĺbky 0 – 0,3 m. V pôdnych vzorkách bol stanovený pôdny organický uhlík podľa Ťurina, celkový dusík podľa Kjeldahla a výmenná pôdna reakcia potenciometricky (Hraško et al., 1962; Hrivňáková et al., 2011). Vývoj vybraných parametrov pôdy v časovom rade bol posúdený trendovou analýzou. Použil sa lineárny trend, ktorý bol vyjadrený lineárnou rovnicou  $y = a \cdot x + b$  (Chajdiak, 2005), na základe ktorej sa dá predpokladať trend vývoja sledovaných parametrov pôdy (pôdny organický uhlík, celkový dusík, výmenná pôdna reakcia) v 10-ročnom časovom rade.

Bilancia uhlíka v osevných sledoch bola zhodnotená podľa metodiky Bieleka a Jurčovej (Bielek, Jurčová, 2010) a bola vypočítaná pomocou rovníc:

$$B_C = Q_R - Q_S$$

$$Q_R = u \cdot K_C$$

$$Q_S = C_m \cdot K_m$$

kde:  $B_C$  – bilancia uhlíka ( $C$  v  $t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$ ),  $Q_R$  – zdroje uhlíka – množstvo uhlíka vo zvyškoch danej plodiny ( $C$  v  $t \cdot ha^{-1}$ ),  $u$  – úroda hlavného produktu ( $t \cdot ha^{-1}$ ),  $K_C$  – koeficient množstva uhlíka vo zvyškoch hodnotenej plodiny ( $C$  v  $t$  na 1 tonu úrody),  $Q_S$  – celkové straty uhlíka ( $C$  v  $t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$ ),  $C_m$  – základné straty uhlíka z pôdy v dôsledku mineralizácie v príslušnej kategórii pôd ( $C$  v  $t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$ ),  $K_m$  – koeficient vplyvu plodiny na celkovú výšku strát uhlíka z pôdy v príslušnej skupine plodín.

Pre hodnotenie bilancie uhlíka sa každoročne zisťovali úrody pestovaných plodín.

Vzájomné vzťahy medzi pôdnymi parametrami boli zhodnotené korelačnou analýzou. Časové rady boli zobrazené spojnicovými grafmi.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Posudzované 10-ročné sledy plodín (Tab. 1) sú z 4/5 tvorené plodinami (pšenica, jačmeň, sója) s indiferentným vplyvom na ročné straty uhlíka z pôdy ( $4,27 \text{ t.ha}^{-1} \text{ C}$  pre stredne produkčné fluvizeme glejové) a 1/5 predstavuje kukurica, ktorá je z pohľadu strát uhlíka z pôdy agresívnou plodinou. Ročné straty uhlíka z pôdy pre stredne produkčné fluvizeme glejové sú pri kukurici  $4,70 \text{ t.ha}^{-1}$ . Čím je nižší produkčný potenciál pôd, tým sú vyššie straty uhlíka z pôdy, teda intenzita mineralizácie je v zápornej korelácii s produkčným potenciálom pôd.

Pestované plodiny a ich vedľajšie úrody, vrátane koreňov, sú jediným zdrojom uhlíka. Pri jačmeni i sóji platí, že v daných pôdno-klimatických podmienkach nedokážu vyprodukovať dostatočné množstvo organického materiálu na pokrytie ročných strát uhlíka z pôdy. Analogicky aj pri pšenici je zabezpečenie vyrovnanej bilancie uhlíka skôr ojedinelé, pretože je limitované úrodou zrna  $5,8 \text{ t.ha}^{-1}$ , čo je v daných pôdno-klimatických podmienkach skôr ojedinelé. Kladnú bilanciu uhlíka v existujúcich podmienkach zabezpečuje len kukurica pri úrode  $7,8 \text{ t.ha}^{-1}$ .

V desaťročnom časovom období v obidvoch sledoch plodín sa obsah pôdneho organického uhlíka vyskytoval v rozpätí  $14,32 \pm 0,53 \text{ g.kg}^{-1}$  až  $16,89 \pm 0,59 \text{ g.kg}^{-1}$  (Tab. 2). Po prepočte organického uhlíka na humus bolo zistené, že monitorovaná ťažká fluvizem glejová bola stredne humózna a stredne ťažká fluvizem glejová bola stredne až dobre humózna.

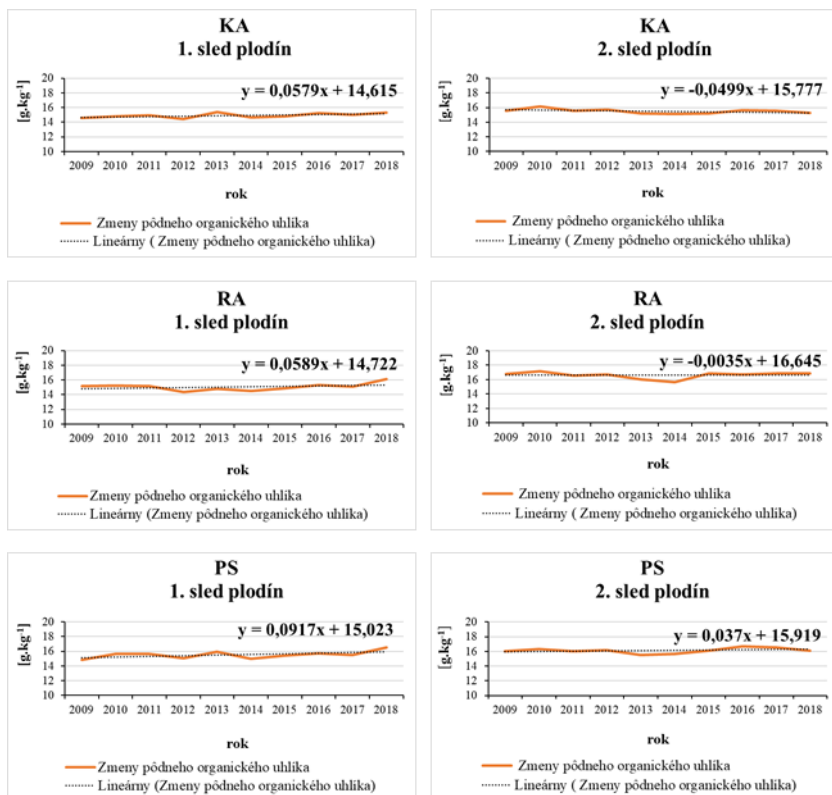
**Tab. 2** Stanovený rozsah obsahov pôdneho organického uhlíka [ $\text{g.kg}^{-1}$ ] v osevných sledoch v rokoch 2009 – 2018 na fluvizemi glejovej

Sled plodín	Hodnota	Obrábanie pôdy		
		KA	RA	PS
1. sled (1. hon)	min.	$14,58 \pm 0,28$	$14,32 \pm 0,53$	$14,82 \pm 0,39$
	max.	$15,31 \pm 0,74$	$16,11 \pm 0,43$	$15,94 \pm 0,79$
2. sled (2. hon)	min.	$15,12 \pm 0,37$	$15,68 \pm 0,18$	$15,64 \pm 0,35$
	max.	$15,67 \pm 1,03$	$16,89 \pm 0,59$	$16,71 \pm 1,02$

kde: KA – konvenčná agrotechnika, RA – redukovaná agrotechnika, PS – priama sejba, min. – minimálna hodnota, max. – maximálna hodnota

Trend vývoja obsahov pôdneho organického uhlíka (Obr. 1) v 1. slede plodín bol pre konvenčnú agrotechniku vyjadrený lineárnou rovnicou  $y = 0,0579x + 14,615$ , pre redukovanú agrotechniku  $y = 0,0589x + 14,722$  a pre priamu sejbu  $y = 0,0917x + 15,023$ . Z desaťročného vývoja obsahov pôdneho organického uhlíka vyplýva trend jeho zvýšenia pri všetkých troch spôsoboch obrábania. Pri konvenčnej agrotechnike s orbou je zjavné ročné zvýšenie pôdneho organického uhlíka o  $0,058 \text{ g.kg}^{-1}$ , čo v prepočte na obsah

organického uhlíka v ornici do 0,3 m predstavuje nárast o  $0,26 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ C}$ . Analogicky pri redukovanej agrotechnike je zjavný ročný nárast pôdneho organického uhlíka o  $0,27 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  a pri priamej sejbe o  $0,41 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ C}$ .



**Obr. 1** Trend vývoja pôdneho organického pri rozdielnom obrábaní pôdy v hodnotených sledoch plodín

Trend vývoja pôdneho organického uhlíka v 2. slede (Obr. 1) je vyjadrený lineárnou rovnicou  $y = -0,0499x + 15,777$  pre konvenčnú agrotechniku,  $y = -0,0035x + 16,645$  pre redukovanú agrotechniku a  $y = 0,037x + 15,919$  pre priamu sejbu. Lineárny trend vývoja pôdneho organického uhlíka pri konvenčnej agrotechnike vypovedá o jeho ročnom poklese o  $0,050 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  ( $0,23 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ C}$ ). Pri redukovanej agrotechnike dochádza k udržaniu obsahu pôdneho organického uhlíka a pri priamej sejbe ročné zvýšenie obsahu pôdneho organického uhlíka o  $0,037 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  v prepočte na obsah uhlíka v ornici do 0,3 m predstavuje nárast o  $0,17 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ .

Naznačené trendy zistené v obidvoch osevných sledoch indikujú možnosť sekvestrácie uhlíka po konverzii z klasickej agrotechniky na spracovanie pôdy bez orby, pretože v prvom slede plodín ročný nárast organického uhlíka v pôde je pri priamej sejbe vyšší o 0,15 t.ha<sup>-1</sup> a v druhom slede o 0,40 t.ha<sup>-1</sup> C pri priamej sejbe a o 0,21 t.ha<sup>-1</sup> pri redukovanej agrotechnike v porovnaní s klasickou orbou. Na možnosť ukladania uhlíka v pôde po konverzii z klasickej agrotechniky na spracovanie pôdy bez orby poukázali aj Álvaro-Fuentes a Paustian (2011).

V obidvoch sledoch plodín boli pestované plodiny so zhodným vplyvom na ročné straty uhlíka z pôdy. Straty uhlíka však neovplyvňuje len výber plodiny, ale aj jej úroda a s ňou súvisiace množstvo pozberových a koreňových zvyškov, ktoré sú zdrojmi uhlíka. Veľmi žiaduce je udržať vyrovnanú bilanciu pôdneho organického uhlíka, teda dosiahnuť, aby straty pôdnej organickej hmoty boli nahradené zdrojmi uhlíka a v opačnom prípade realizovať nápravné opatrenia.

Bilancia organického uhlíka v sledoch plodín pozostáva z porovnania zdrojov a strát uhlíka pri zohľadnení pestovaných plodín. Nosným prvkom bilancie uhlíka sú úrody, ktoré sú podkladom pre zistenie množstva uhlíka v koreňových a pozberových zvyškoch danej plodiny (Tab. 3).

**Tab. 3** Úrody plodín [t.ha<sup>-1</sup>] v osevných sledoch v rokoch 2010 – 2018

1. osevný sled				2. osevný sled			
Plodina	KA	RA	PS	Plodina	KA	RA	PS
pšenica	4,27	4,41	3,52	sója	4,40	4,45	3,95
kukurica	11,83	11,36	12,33	pšenica	4,98	5,50	5,25
jačmeň	4,52	3,18	3,54	kukurica	8,73	9,46	8,50
sója	3,63	2,92	3,81	jačmeň	3,45	2,86	3,16
pšenica	4,60	4,38	4,00	sója	3,36	3,58	3,60
kukurica	7,42	6,59	5,28	pšenica	6,20	5,81	6,65
jačmeň	4,44	3,52	2,50	kukurica	12,50	11,78	11,24
sója	5,24	5,04	4,30	jačmeň	4,97	4,51	4,09
pšenica	5,60	5,32	4,51	sója	2,23	2,45	2,30

kde: KA – konvenčná agrotechnika, RA – redukována agrotechnika, PS – priama sejba

V súlade s použitou metodikou výpočtu bilancie uhlíka (Bielek, Jurčová, 2010) boli na základe dosiahnutej úrody pre každú plodinu v osevných sledoch vypočítané zdroje uhlíka vo zvyškoch danej plodiny (t.ha<sup>-1</sup> C) a celkové straty uhlíka v dôsledku mineralizácie v príslušnej kategórii pôd (t.ha<sup>-1</sup> C). Sumárne bilancie uhlíka za osevné sledy pri rozdielnej agrotechnike sú uvedené v Tab. 4. V prípade konvenčnej agrotechniky zdroje uhlíka v sledoch plodín uhradili

straty uhlíka len na 85,2 %, resp. 84,7 %. V prípade pôdoochranných technológií dokonca len na 80,7 %, resp. 84,1 % pri redukovanej agrotechnike a 77,9 %, resp. 81,8 % pri priamej sejbe. To malo za následok zápornú bilanciu organického uhlíka v sledovaných sledoch napriek tomu, že pri všetkých troch spôsoboch obrábania pôdy nebol vedľajší produkt úrody odvázaný zo sústavy.

**Tab. 4** Bilancia uhlíka v osevných sledoch pri rozdielnom obrábaní

Osevný sled	Parameter	Obrábanie pôdy		
		KA	RA	PS
1. sled	bilancia C v slede plodín [t.ha <sup>-1</sup> C]	-5,80	-7,58	-8,68
	priemer za rok [t.ha <sup>-1</sup> C]	-0,64	-0,84	-0,96
	porovnanie s KA [t.ha <sup>-1</sup> C]	-	-0,20	-0,32
	uhradenie strát [%]	85,2	80,7	77,9
2. sled	bilancia C v slede plodín [t.ha <sup>-1</sup> C]	-6,01	-6,23	-7,16
	priemer za rok [t.ha <sup>-1</sup> C]	-0,67	-0,69	-0,80
	porovnanie s KA [t.ha <sup>-1</sup> C]	-	-0,02	-0,13
	uhradenie strát [%]	84,7	84,1	81,8

kd: KA – konvenčná agrotechnika, RA – redukována agrotechnika, PS – priama sejba

Klasická príprava pôdy spojená s orbou poskytuje určitú istotu hospodárenia. Orba však spôsobuje intenzívnejší rozklad pôdnej organickej hmoty v porovnaní s pôdoochrannými technológiami. Pre dlhodobé udržanie úrodnosti pôdy, pri jej klasickom obrábaní, je nutné zabezpečiť vyššie vstupy organickej hmoty ako pri použití pôdoochranných technológií. Vyššie vstupy uhlíka pri klasickej orbe zaznamenali aj Bono et al. (2008).

S obsahom pôdneho organického uhlíka súvisí obsah celkového dusíka. Pri rozdielnej agrotechnike bola medzi týmito parametrami pôdy zistená kladná závislosť (1. sled plodín:  $r = 0,48$ ; 2. sled plodín:  $r = 0,63$ ;  $n = 30$ ). Lineárnu koreláciu medzi organickým uhlíkom a celkovým dusíkom v orničnom horizonte s hodnotou korelačného koeficienta  $r = 0,50$  zaznamenal aj Wang et al. (2009).

Lineárne rovnice vyjadrujúce trend vývoja obsahov celkového dusíka pri rozdielnom obrábaní fluvizeme glejovej v dvoch osevných sledoch sú uvedené v Tab. 5. Trend vývoja celkového dusíka v 1. osevnom slede predpokladá pri využívaní konvenčnej agrotechniky ročné zvýšenie celkového dusíka o 11,2 mg.kg<sup>-1</sup> (0,050 t.ha<sup>-1</sup> N) v hĺbke pôdy do 0,3 m, pri redukovanej agrotechnike ročný nárast o 12,6 mg.kg<sup>-1</sup> (0,057 t.ha<sup>-1</sup> N) a pri priamej sejbe o 14,7 mg.kg<sup>-1</sup> (0,066 t.ha<sup>-1</sup> N). V 2. osevnom slede obsah celkového dusíka v pôde pri všetkých troch spôsoboch obrábania pôdy ostal zachovaný.

**Tab. 5** Lineárne rovnice charakterizujúce trend vývoja obsahov celkového dusíka a hodnôt výmennej pôdnej reakcie pri rozdielnej agrotechnike

Parameter	Obrábanie pôdy	1. osevný sled	2. osevný sled
$N_t$ [mg.kg <sup>-1</sup> ]	KA	$y = 11,242x + 1508,3$	$y = -1,0303x + 1623,9$
	RA	$y = 12,624x + 1486,5$	$y = -0,0909x + 1755,4$
	PS	$y = 14,727x + 1518,2$	$y = 1,1394x + 1656,5$
pH/KCl	KA	$y = -0,0405x + 6,494$	$y = -0,0199x + 6,541$
	RA	$y = -0,0355x + 6,341$	$y = -0,0035x + 6,422$
	PS	$y = -0,0392x + 6,313$	$y = -0,0035x + 6,422$

kde: KA – konvenčná agrotechnika, RA – redukovaná agrotechnika, PS – priama sejba,  $N_t$  – celkový dusík, pH/KCl – výmenná pôdna reakcia

Dôležitým parametrom kvality pôdy je i pôdna reakcia. Pri diferencovanom obrábaní pôdy v dvoch sledoch plodín sa hodnoty výmennej pôdnej reakcie vyskytovali v rozmedzí  $5,55 \pm 0,13$  až  $6,71 \pm 0,18$  (Tab. 6) a podľa kritérií hodnotenia (Vyhláška MPRV SR č. 151/2016 Z. z.) bola pôdna reakcia kyslá až neutrálna.

Lineárne rovnice vyjadrujúce trend vývoja hodnôt výmennej pôdnej reakcie pri rozdielnom obrábaní fluvizeme glejovej v dvoch osevných sledoch sú uvedené v Tab. 5. Z vývoja hodnôt výmennej pôdnej reakcie v 1. osevnom slede na ťažkej fluvizemi glejovej je vidieť mierny pokles jej hodnôt v porovnaní s 2. sledom plodín na stredne ťažkej fluvizemi glejovej, kde hodnoty výmennej pôdnej reakcie ostali zachované. Uvedené trendy platia pre všetky spôsoby obrábania v danom osevnom postupe.

**Tab. 6** Stanovený rozsah hodnôt výmennej pôdnej reakcie v osevných sledoch v rokoch 2009 – 2018 na fluvizemi glejovej

Sled plodín	Hodnota	Obrábanie pôdy		
		KA	RA	PS
1. sled (1. hon)	min.	$5,83 \pm 0,14$	$5,65 \pm 0,12$	$5,55 \pm 0,13$
	max.	$6,54 \pm 0,14$	$6,41 \pm 0,07$	$6,30 \pm 0,07$
2. sled (2. hon)	min.	$6,19 \pm 0,07$	$6,20 \pm 0,05$	$6,18 \pm 0,05$
	max.	$6,62 \pm 0,13$	$6,71 \pm 0,18$	$6,66 \pm 0,02$

kde: KA – konvenčná agrotechnika, RA – redukovaná agrotechnika, PS – priama sejba, min. – minimálna hodnota, max. – maximálna hodnota



## ZÁVER

Trendová analýza poskytuje objektívnejší pohľad na hodnotenie vývoja parametrov pôdy. Naznačené trendy zistené v obidvoch osevných sledoch poukazujú na sekvestráciu uhlíka po konverzii z klasickej agrotechniky na spracovanie pôdy bez orby. Zistený ročný nárast organického uhlíka v pôde pri priamej sejbe v 1. slede plodín bol vyšší o 0,15 t.ha<sup>-1</sup> C a v 2. slede o 0,40 t.ha<sup>-1</sup> C v porovnaní s klasickou orbou.

Z vypočítaných bilancií uhlíka v osevných sledoch vyplýva potreba aplikácie organických látok, pretože hraničná hodnota strát uhlíka 5 t.ha<sup>-1</sup>, pri ktorej je aplikácia organických látok už potrebná, bola dosiahnutá vo všetkých variantoch obrábania, pretože zdroje uhlíka v sledoch plodín uhradili straty uhlíka len na 77,9 % až 85,2 %.

Z trendu vývoja celkového dusíka v 1. osevnom slede na ťažkej fluvizemi glejovej bolo zistené jeho ročné zvýšenie a tiež mierny pokles hodnôt výmennej pôdnej reakcie pri všetkých sledovaných variantoch obrábania pôdy. V 2. slede plodín na stredne ťažkej fluvizemi glejovej pri realizovaných agrotechnikách bol v pôde udržaný obsah celkového dusíka a aj hodnoty výmennej pôdnej reakcie.

## LITERATÚRA

1. ÁLVARO-FUENTES, J. – PAUSTIAN, K. 2011. Potential soil carbon sequestration in a semiarid Mediterranean agroecosystem under climate change: quantifying management and climate effect. In: Plant Soil Till. Res., 2011, no. 338, pp. 261-272.
2. BIELEK, P. 2008. Poľnohospodárske pôdy Slovenska a perspektívy ich využitia. 1. vyd. Bratislava: VÚPOP, 2008. 140 s. ISBN 978-80-89128-41-9.
3. BIELEK, P. – JURČOVÁ, O. 2010. Metodika bilancie pôdnej organickej hmoty a stanovenia potreby organického hnojenia poľnohospodárskych pôd. 2. doplnené vyd. Bratislava: VÚPOP, 2010. 145 s. ISBN 978-80-89128-80-8.
4. BONO, A. – ALVAREZ, R. – BUSCHIAZZO, D. – CANTET, R.J.C. 2008. Tillage Effects on Soil Carbon Balance in a Semiarid Agrosystem. In: Soil Science Society of America Journal, vol. 72, 2008, no. 4, pp. 1140-1149. [DOI.org/10.2136/sssaj2007.0250](https://doi.org/10.2136/sssaj2007.0250)
5. DOMÍNGUEZ, G.F. – DIOVISALVI, N.V. – STUDDERT, G.A. – MONTERUBBIANESI, M.G. 2009. Soil organic C and N fractions under continuous cropping with contrasting tillage systems on mollisols of the southeastern Pampas. In: Soil Till. Res., vol. 102, 2009, pp. 93-100.

6. DON, A. – SCHUMACHER, J. – FREIBAUER, A. 2011. Impact of tropical land-use change on soil organic carbon stocks – a meta-analysis. In: *Global Change Biology*, vol. 17, 2011, no. 4, pp. 1658-1670.
7. HRAŠKO, J. et al. 1962. Rozbory pôd. 1. vyd. Bratislava: SVPL, 1962. 342 s.
8. HRIVŇÁKOVÁ, K. et al. 2011. Jednotné pracovné postupy rozborov pôd. 1. vyd. Bratislava: VÚPOP, 2011. 136 s. ISBN 978-80-89128-89-1.
9. HOYLE, F.C. – D'ANTUONO, M. – OVERHEU, T. – MURPHY, D.V. 2013. Capacity for increasing soil organic carbon stocks in dryland agricultural systems. In: *Soil Research*, vol. 51, 2013, no. 8, pp. 657-667.
10. CHAJDIÁK, J. 2005. Štatistické úlohy a ich riešenie v Exceli. Bratislava: Statis, 2005. 268 s. ISBN 80-85659-39-5.
11. JORIS, H.A.W. – CAIRES, E.F. – SCHARR, D.A. – BINI, A.R. – HALISKI, A. 2016. Liming in the conversion from degraded pastureland to a no-till cropping system in Southern Brazil. In: *Soil Till. Res.*, vol. 162, 2016, pp. 68-77.
12. KOLEKTÍV, 2000. Morfogenetický klasifikačný systém pôd Slovenska. Bazálna referenčná taxonómia. 1. vyd. Bratislava: Výskumný ústav pôdoznaectva a ochrany pôdy v Bratislave, 2000. 76 s. ISBN 80-85361-70-1.
13. KUBÁT, J. 1999. Udržování vyrovnané bilance půdnní organické hmoty v půdě. Metodika. Praha: ÚZPI, 1999, č. 1.
14. LUGATO, E. – BAMPA, F. – PANAGOS, P. – MONTANARELLA, L. – JONES, A. 2015. Potential carbon sequestration of European arable soil estimated by modelling a comprehensive set of management practices. In: *Global Change Biology*, vol. 20, 2015, no. 11, pp. 3557-3567.
15. SANDERMAN, J. – HENGL, T. – FISKE, G.J. 2017. Soil carbon debt of 12 000 years of human land use. In: *PNAS*, vol. 114, 2017, no. 36, pp. 9575-9580. <https://doi.org/10.1073/pnas.1706103114>.
16. SMITH, P. – MARTINO, D. – CAI, Z. – GWARY, D. – JANZEN, H. – KUMAR, P. – MCCARL, B. – OGLE, S. – O'MARA, F. – RICE, C. – SCHOLES, B. – SIROTENKO, O. – HOWDEN, M. – MCALLISTER, T. – PAN, G. – ROMANENKOV, V. – SCHNEIDER, U. – TOWPRAYOON, S. – WATTENBACH, M. – SMITH, J. 2008. Greenhouse gas mitigation in agriculture. In: *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological sciences*, vol. 363, 2008, no. 1492, pp. 789-813. <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2184>.
17. TIAN, S. – NING, T. – WANG, Y. – LIU, Z. – LI, G. – LI, Z. – LAL, R. 2016. Crop yield and soil carbon responses to tillage method changes in North China. In: *Soil Till. Res.*, vol. 163, 2016, pp. 207-213.

18. Vyhláška MPRV SR č. 151/2016 Z. z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o agrochemickom skúšaní pôd a o skladovaní a používaní hnojív. 20 s.
19. WANG, Z.M. – SONG, K.S. – ZHANG, B. – LIU, D.W. – LI, X.Y. – REN, C.Y. – ZHANG, S.M. – LUO, L. – ZHANG, C.H. 2009. Spatial variability and affecting factors of soil nutrients in croplands of Northeast China: a case study in Dehui County. In: *Plant Soil Environ.*, vol. 55, 2009, no. 3, pp. 110-120.
20. WEI, X. – SHAO, M. – GALE, W. – LI, L. 2014. Global pattern of soil carbon losses due to the conversion of forests to agricultural land. In: *Scientific Reports*, vol. 4, 2014, article number 4062.

### **PodĎakovanie**

Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: Udržateľné systémy inteligentného farmárstva zohľadňujúce výzvy budúcnosti 313011W112, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Korešpondenčná adresa:

Ing. Božena Šoltysová, PhD., Ing. Martin Danilovič, PhD. –  
NPPC – Výskumný ústav agroekológie Michalovce, Špitálska 1273,  
071 01 Michalovce

E-mail: [bozena.soltysova@nppc.sk](mailto:bozena.soltysova@nppc.sk), [martin.danilovic@nppc.sk](mailto:martin.danilovic@nppc.sk)

# VYUŽITIE PÔDNYCH KONDICIONÉROV V POHÁNKE SIATEJ (*FAGOPYRUM ESCULENTUM* MOENCH.) NA ŤAŽKÝCH PÔDACH

## USING OF SOIL CONDITIONERS IN BUCKWHEAT (*FAGOPYRUM ESCULENTUM* MOENCH.) ON HEAVY SOILS

Ladislav KOVÁČ, Jana JAKUBOVÁ, Ján HECL

*Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum – Výskumný ústav  
agroekológie Michalovce*

### **Abstrakt**

V rokoch 2013 až 2015 boli na experimentálnom pracovisku v Milhostove na ťažkých pôdach zakladané pokusy s pohánkou siatou. Pokusy boli siate pri dvoch technológiách obrábania pôdy a troch úrovniach výživy. V prvom variante bol aplikovaný pôdny kondicionér PRP SOL, v druhom variante pôdny pomocný kondicionér PRP SOL a rastlinný stimulátor PRP EBV. Tretím variantom bola nehnojená kontrola. Štatisticky preukazne sa vyššie úrody dosahovali pri konvenčnej agrotechnike ako pri minimalizácii obrábania pôdy. Štatisticky preukazne sa vyššie úrody dosahovali na variantoch s aplikáciou pôdnych a rastlinných stimulačných látok ako na kontrole bez ich aplikácie. V suchom a veľmi teplom roku 2015 sa dosiahla preukazne nižšia úroda ako v roku 2013 a 2014. V teplotne a zrážkovo normálnom roku 2013 bola dosiahnutá preukazne vyššia úroda ako v roku 2014.

**Kľúčové slová:** pôdne a rastlinné stimulatory, obrábanie pôdy, pohánka siata, úrody

### **Abstract**

Between 2013 and 2015 the treatments with buck-wheat (*Fagopyrum*) were carried out on heavy soils in Experimental workplace Milhostov. Two tillage technologies, namely conventional and minimize tillage, and three fertilization variants were studied. Fertilization variants were as follows: 1<sup>st</sup> variant – soil conditioner PRP SOL was applied, 2<sup>nd</sup> variant – soil conditioner PRP SOL and plant stimulator PRP EBV were applied, 3<sup>rd</sup> variant – control without fertilization. For variant with conventional tillage, significantly higher buck-wheat yield was obtained. The yields from control variant were statistically significantly lower. For variant PRP EBV and PRP SOL (2<sup>nd</sup> variant) in compare with variant only PRP SOL (1<sup>st</sup> variant) wasn't found out significant increasing of buck-wheat yield. Significant higher yields were achieved in 2013

than in 2014. The lowest buck-wheat yields were determined in dry and warm year 2015, when average yield 1.09 t ha<sup>-1</sup> was achieved.

**Key words:** soil and plant stimulators, soil tillage, buck-wheat, yield

## ÚVOD

Riešením problémov s degradačnými procesmi na ťažkých pôdach Východoslovenskej nížiny sa NPPC-Výskumný ústav agroekológie Michalovce zaoberá už dlhšie obdobie. Jedným z problémov sú procesy chemickej degradácie pôd acidifikáciou – okysľovaním pôdy (Kotorová, Šoltysová 2015). Zabrániť týmto procesom podľa Ballu (2012) sa dá využitím pôdneho kondicionéra PRP SOL. Podľa Šoltysovej (2012) použitím kondicionéra sa stabilizovala pôdna reakcia. Aplikácia kondicionéra sa skúšala v rôznych plodinách, kde sa overoval aj jeho vplyv na úrodu. Pokusy sa zakladali aj v pohánke siatej.

Pohánka patrila v minulosti k významným plodinám pestovaným v Európe. V niektorých regiónoch tvorila súčasť každodennej stravy obyvateľstva. Postupne jej význam klesal. V posledných desaťročiach nadobúda pestovanie pohánky siatej na význame najmä pre jej vysokú dietetickú a nutričnú hodnotu a nenáročnosť jej pestovania (Janovská et. al., 2008, Janovská, 2014). Léder (2010) uvádza, že každá časť rastliny pohánky je využiteľná na iné účely, a to od výroby zeleného čaju až po výrobu chleba. Podľa De Mea et al. (2011) a Hartmana et al. (2014) aj na výrobu sladu a následne piva.

Cieľom príspevku bol výskum vplyvu aplikácie pôdnych a rastlinných stimulačných látok a prípravy pôdy na úrodu semena pohánky siatej na ťažkých pôdach Východoslovenskej nížiny.

## MATERIÁL A METÓDA

Pokus s pohánkou siatou bol zakladaný v rokoch 2013 až 2015 v pokusoch na experimentálnom pracovisku v Milhostove. Pôdy sú tu ťažké fluvizeme glejové, charakterizované ako ťažké, ílovito-hlinité pôdy s priemerným obsahom ílovitých častíc vyšším ako 53 %. Pokus sa založil pri dvoch úrovniach obrábania pôdy: KA – konvenčná agrotechnika, RA – redukovaná agrotechnika a troch úrovniach výživy: aplikácia pôdneho kondicionéra PRP SOL, aplikácia pôdneho kondicionéra PRP SOL a rastlinnej pomocnej látky PRP EBV a tretím variantom bola nehnojená kontrola. Aplikácia pôdneho kondicionéra vyplývala z potreby zlepšenia nepriaznivých pôdnych vlastností ťažkých ílovito-hlinitých pôd a vytvorenia pôdneho prostredia s pozitívnym vplyvom na pôdnu úrodnosť, štruktúru pôdy, hospodárenie s vodou a zlepšenie transportu živín.

Pri konvenčnom obrábaní pôdy sa po zbere predplodiny urobila podmietka, potom stredná orba a predsejbová príprava radličkovým kypričom a sialo sa sejačkou Pneusej. Pri redukovanom variante sa po zbere predplodiny urobila podmietka radličkovým podmietačom a pred sejbou sa pôda pripravila radličkovým kypričom. Pôdna pomocná látka PRP<sup>®</sup> SOL sa aplikovala k predsejbovej príprave pôdy v dávke 200 kg.ha<sup>-1</sup>. Rastlinná pomocná látka PRP<sup>®</sup> EBV sa aplikovala vo fáze od 3. listu v dávke 1,5 l.ha<sup>-1</sup>. Pokusy boli zberané maloparcelkovým kombajnom Seedmaster a úrody sa vyhodnotili matematicko-štatistickými metódami (analýza variancie), ktorými sa zistili základné charakteristiky súboru údajov a otestovali sa hypotézy.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

V tabuľkách 1 a 2 sú uvedené priemerné teploty vzduchu a sumy zrážok v Milhostove v rokoch 2013 – 2015 a ich dlhodobý normál. Pre Milhostov je dlhodobý normál ročnej priemernej teploty vzduchu 8,9 °C a pre vegetačné obdobie 16,0 °C (Mikulová et al., 2015a). Na základe údajov v tabuľke 1 je možné skonštatovať, že rok 2013 bol v priemere celého roka veľmi teplý a počas vegetácie teplý. Rok 2014 bol mimoriadne teplý a počas vegetačného obdobia teplý. Zo skúmaných rokov bol najteplejší rok 2015, kedy sa celý rok v priemere dá vyhodnotiť ako mimoriadne teplý a počas vegetácie ako veľmi teplý.

**Tabuľka 1.** Priemerné mesačné teploty vzduchu v Milhostove [°C]

Mesiac	DN	2013			2014			2015		
		° C	odch.	hodn.	° C	odch.	hodn.	° C	odch.	hodn.
$\bar{x}$ I. – XII.	8,9	10,3	+1,4	VT	11,1	+2,2	MT	11,0	+2,1	MT
$\bar{x}$ IV. – IX.	16,0	17,4	+1,4	T	17,2	+1,2	T	18,0	+2,0	VT

kde: DN – dlhodobý normál 1961 – 1990, S – studený, N – normálny, T – teplý, VT – veľmi teplý, MT – mimoriadne teplý

Zrážkové úhrny v roku 2013 za celý rok ako aj počas vegetácie zodpovedali normálu (Mikulová et al., 2015b). Z hľadiska zrážok sa rok 2014 celoročne, ale aj počas vegetácie dá vyhodnotiť ako vlhký. Veľmi nepriaznivý bol rok 2015, ktorý okrem toho, že bol veľmi teplý, bol aj suchým rokom.

**Tabuľka 2.** Mesačné úhrny zrážok v Milhostove [mm]

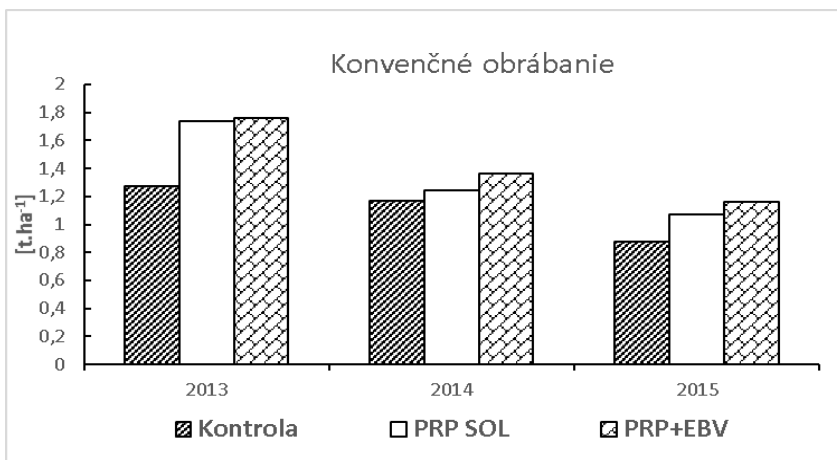
Mesiac	DN	2013			2014			2015		
		mm	% DN	hodn.	mm	% DN	hodn.	mm	% DN	hodn.
Σ I. – XII.	550	530	96,4	N	613	111,5	V	447	81,3	S
Σ IV. – IX.	348	298	85,6	N	425	122,1	V	227	65,2	S

Kde: DN – dlhodobý normál 1961 – 1990, MS – mimoriadne suchý, VS – veľmi suchý, S – suchý, N – normálny, V – vlhký, VV – veľmi vlhký, MV – mimoriadne vlhký

Poveternostným pomerom zodpovedali aj úrody pohánky siatej. Ani v jednom zo sledovaných rokov úrody pohánky nepresiahli úroveň 2 t.ha<sup>-1</sup>, aj keď, ako uvádza Lazányi (2010), produkčný potenciál pohánky siatej je 2,6 – 2,9 t.ha<sup>-1</sup>. V roku 2013 na variantoch bez hnojenia bola úroda 1,27 t.ha<sup>-1</sup> pri konvenčnej agrotechnike a pri redukovanej 1,31 t.ha<sup>-1</sup>. Aplikáciou pôdneho kondicionéra, ako aj v kombinácii s EBV sa úrody zvyšovali o viac ako 0,5 t.ha<sup>-1</sup>. V roku 2014 sa úrody pohybovali pod 1,50 t.ha<sup>-1</sup>, s tendenciou ich zvyšovania aplikáciou pomocných látok. V roku extrémneho sucha a tepla 2015 boli úrody pohánky najnižšie a na kontrolnom variante konvenčnej agrotechniky dosiahli hodnotu len 0,88 t.ha<sup>-1</sup>.

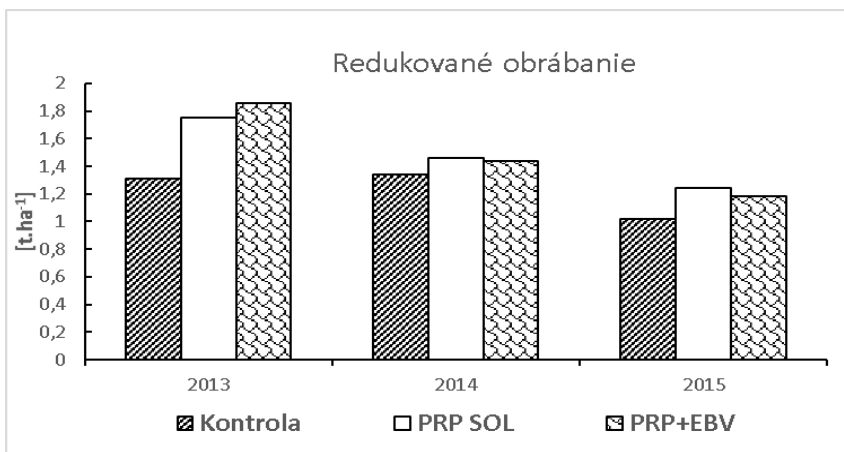
**Tabuľka 3.** Úrody pohánky siatej v t.ha<sup>-1</sup> pri 13% vlhkosti

Obrábanie pôdy	Hnojenie	2013	2014	2015
Konvenčné	Kontrola	1,27	1,17	0,88
	PRP SOL	1,74	1,24	1,07
	PRP+EBV	1,76	1,36	1,16
Redukované	Kontrola	1,31	1,34	1,02
	PRP SOL	1,75	1,46	1,24
	PRP+EBV	1,86	1,44	1,18



**Graf 1:** Hektárové úrody pohanky siatej podľa spôsobu hnojenia pri 13% vlhkosti

Na grafe 1 je zobrazený priebeh úrod pohanky siatej v t·ha<sup>-1</sup> pri 13% vlhkosti za roky 2013 až 2015 pri konvenčnom obrábaní pôdy a troch spôsoboch hnojenia.



**Graf 2:** Hektárové úrody pohanky siatej podľa spôsobu hnojenia pri 13% vlhkosti



Na grafe 2 je zobrazený priebeh úrod pohánky siatej v t.ha<sup>-1</sup> pri 13% vlhkosti za roky 2013 až 2015 pri redukovanom obrábaní pôdy a troch spôsoboch hnojenia.

Naznačené tendencie potvrdili aj štatistické hodnotenia. Preukazne vyššie úrody sa dosahovali pri konvenčnej agrotechnike. Úrody na kontrolnom variante boli preukazne nižšie. Prípravok EBV v kombinácii s PRP SOL preukazne nezvyšoval úrodu v porovnaní so samotnou aplikáciou PRP SOL. Preukazne vyššie úrody sa dosahovali v roku 2013 ako v roku 2014. Preukazne najnižšie úrody boli v roku 2015, kedy bola dosiahnutá priemerná úroda 1,09 t.ha<sup>-1</sup>.

**Tabuľka 4.** Viacfaktorová analýza rozptylu a viacnásobné porovnanie úrod pohánky siatej LSD-testom

Zdroj variability	Stupne voľnosti	F-test	Preukaznosť	Úrody [t ha <sup>-1</sup> ]	Skupina homogenity					
Obrábanie pôdy	1	26,15	++	1,29	KA	x	x			
				1,40					RA	x
Hnojenie	2	79,39	++	1,17	K	x	x			
				1,42					PRP	x
				1,46					PRP+EBV	x
Roky	2	214,59	++	1,62	2013	x	x	x		
				1,34	2014					
				1,09	2015				x	
Rezíduá	63									
Celkom	71									

## ZÁVER

- Úrody pohánky siatej v sledovaných rokoch 2013 až 2015 nepresiahli úroveň 2,0 t.ha<sup>-1</sup>.
- Štatisticky preukazne sa vyššie úrody dosahovali pri konvenčnej agrotechnike ako pri minimalizácii obrábania pôdy
- Štatisticky preukazne sa vyššie úrody dosahovali na variantoch s aplikáciou pôdnych a rastlinných stimulačných látok ako na kontrole bez ich aplikácie.
- V suchom a veľmi teplom roku 2015 sa dosiahla preukazne nižšia úroda ako v roku 2013 a 2014.
- V teplotne a zrážkovo normálnom roku 2013 bola dosiahnutá preukazne vyššia úroda ako v roku 2014.
- Výsledky poukázali na priaznivý vplyv aplikácie pôdnych pomocných látok a rastlinných stimulátorov na úrody pohánky siatej

a odporúčame ich aplikáciu do praxe na riešenie problémov chemickej degradácie pôdy.

## LITERATÚRA

1. BALLA, P. 2012: Vápnenie versus biologická aktivita pôdy alebo ako riešiť problémy s pôdnou reakciou. In: Využívanie pôd v prihraničnej oblasti Slovensko - Maďarsko : zborník referátov z vedeckej konferencie s medzinárodnou účasťou v rámci projektu cezhraničnej spolupráce HUSK/0901/1.2.1/0129. - Michalovce : CVRV-VÚA, 2012, s. 9-14. ISBN 978-80-89417-38-4.
2. DE MEO B. et al. 2011: Behaviour of Malted Cereals and PseudoCereals for Gluten-Free Beer Production. J. Inst. Brew. 117(4), 541-546, 2011.
3. HARTMAN I. et al. 2014: Vliv technologie skladování na parametry pohankového sladu. In: Úroda, roč. 62, 2014, č.12, vědecká příloha časopisu, str. 473 – 476 ISSN 0139-6013.
4. JANOVSÁ D. et al.2008: Metodika pěstování pohanky obecné v ekologickém a konvenčním zemědělství In: Metodika pro praxi. Jihočeská univerzita. České Budějovice. 2008. s. 107-121 ISBN 978-80-7394-540-4.
5. JANOVSÁ D. 2014: Pohanka, proso a amarant – původní i nové alternativy pro bezlepkovou dietu. In: Genetické zdroje rostlin a zdravá výživa. Ministerstvo zemědělství. Praha, 2014, str. 47-49. ISBN 978-80-7434-174-8.
6. KÁŠ, M. – JANOVSÁ, D. 2011: Vliv ročníku a způsobu pěstování na vybrané charakteristiky prosa setého a pohanky tatarské. Úroda, roč. 59, 2011, č. 10, s. 226 – 230. ISSN 0139-6013.
7. KOTOROVÁ, D. – ŠOLTYSOVÁ, B. 2015: Vplyv pôdnych pomocných látok na fyzikálne a chemické vlastnosti pôd. 1. vyd. Lužianky : NPPC – Výskumný ústav agroekológie Michalovce, 2015. 95 s. ISBN 978-80-971644-4-7.
8. LAZÁNYI, J. 2010: Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében nemesített alternatív növények helyzete és jelentősége. In: Az alternatív növények szerepe az Észak-alföldi Régióban (Szerk.: Gondola, I.), DE AGTC KIT Kutatóintézet, Nyíregyháza, pp. 27-75. ISBN 978-963-473-386-7.
9. LÉDER, F. 2010: Az alternatív növények élelmezési jelentősége. In: Az alternatív növények szerepe az Észak-alföldi Régióban (Szerk.: Gondola, I.), DE AGTC KIT Kutatóintézet, Nyíregyháza, pp. 107-130., ISBN 978-963-473-386-7.

10. MIKULOVÁ, K. et al. 2015a. Klimatologické normály teploty vzduchu na Slovensku za obdobie 1961 –1990. Národný klimatologický program Slovenskej republiky. 1. časť. Bratislava: SHMÚ, 2015. 135 s. ISBN 978-80-88907-92-3.
11. MIKULOVÁ, K. et al. 2015b. Klimatologické normály atmosférických zrážok na Slovensku za obdobie 1961 – 1990. Národný klimatologický program Slovenskej republiky. 2. časť. Bratislava: SHMÚ, 2015. 640 s. ISBN 978-80-88907-93-0.
12. ŠOLTYSOVÁ, B. 2012: Vplyv aplikácie pôdneho kondicionéra na zmeny vybraných chemických vlastností ťažkej fluvizeme glejovej. In: Využívanie pôd v prihraničnej oblasti Slovensko - Maďarsko : zborník referátov z vedeckej konferencie s medzinárodnou účasťou v rámci projektu cezhraničnej spolupráce HUSK/0901/1.2.1/0129. - Michalovce : CVRV-VÚA, 2012, s. 34-41. ISBN 978-80-89417-38-4.

### **PodĎakovanie**

Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: Udržateľné systémy inteligentného farmárstva zohľadňujúce výzvy budúcnosti 313011W112, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Korešpondenčná adresa:

Ing. Ladislav Kováč, PhD.

Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum – Výskumný ústav agroekológie Michalovce,

Špitálska 1273, 071 01 Michalovce

Email: ladislav.kovac@nppc.sk

# ÚČINOK PŮDNYCH KONDICIONÉROV NA ZMENY VYBRANÝCH INDIKÁTOROV PŮDY

## SOIL CONDITIONERS IMPACT ON SELECTED SOIL INDICATORS CHANGES

Božena ŠOLTYSOVÁ, Martin DANILOVIČ  
*Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum – Výskumný ústav  
agroekológie Michalovce*

### **Abstrakt**

Zmeny vybraných indikátorov pôdy boli sledované na fluvizemi glejovej (lokality Milhostov) v dvoch sledoch plodín: I. kukurica siata na zrno (2013), jačmeň siaty jarný (2014), sója fazuľová (2015); II. sója fazuľová (2013), pšenica letná forma ozimná (2014), kukurica siata na zrno (2015). Pokusy boli založené pri troch rozdielnych variantoch hnojenia (aplikácia mletého vápenca v dávke 200 kg.ha<sup>-1</sup>, aplikácia kondicionéra PRP SOL v dávke 200 kg.ha<sup>-1</sup>, kontrola) a pri troch spôsoboch obrábania (konvenčná agrotechnika, redukovaná agrotechnika, priama sejba do neobrábanej pôdy). Pre stanovenie vybraných chemických vlastností pôdy boli pôdne vzorky odoberané pred založením pokusov v jeseni roku 2012 a po zbere plodín v roku 2015 z hĺbky 0 – 0,3 m. V obidvoch sledoch plodín boli zistené pozitívne zmeny hodnôt výmennej pôdnej reakcie a obsahu prístupného vápnika po aplikácii pôdnych kondicionérov v porovnaní s kontrolným variantom. Zmeny obsahov pôdneho organického uhlíka ovplyvnilo obrábanie pôdy. V obidvoch sledoch plodín boli pozitívnejšie zmeny obsahov pôdneho organického uhlíka zistené pri pôdoochrannom obrábaní v porovnaní s konvenčnou agrotechnikou.

**Kľúčové slová:** fluvizem glejová, pôdne kondicionéry, obrábanie, indikátory pôdy

### **Abstract**

The changes in selected soil indicators in Gleyic Fluvisols (locality Milhostov) were observed in two crop sequences: I. grain maize (2013), spring barley (2014), soya (2015); II. soya (2013), winter wheat (2014), grain maize (2015). The experiments were established with three different variants of fertilization (application of limestone in the dose 200 kg ha<sup>-1</sup>, application of conditioner PRP SOL in the dose 200 kg ha<sup>-1</sup>, control) and on three soil tillage systems (conventional tillage, reduced tillage, zero tillage). Soil samples were taken for determination of selected soil chemical properties in the autumn before

establishment of experiments (2012) and after harvest of crops in 2015 from a depth of 0 – 0.3 m. In both crop sequences were found positive changes of exchange soil reaction values and available calcium content after soil conditioners application in comparison to the control variant. Changes in soil organic carbon content were affected by tillage. More positive changes in the soil organic carbon content were found at the soil protection tillage in comparison to the conventional tillage in the both crop sequences.

**Keywords:** Gleyic Fluvisols, soil conditioners, tillage, soil indicators

## ÚVOD

Stav kvality pôdy je výsledkom prirodzeného vývoja, ale aj produktom činnosti človeka. V súvislosti s udržaním kvality pôdy a jej úrodnosti je v súčasnosti veľkým problémom jej chemická degradácia, pričom jedným z významných problémov chemickej degradácie pôdy je acidifikácia. Kyslosť pôdy sa napráva vápnením, ale v súčasnosti je aplikácia vápenatých hmôt pod úrovňou potreby, a preto sa jej kyslosť mierne zvyšuje.

Zabrániť acidifikácii pôdy umožní použitie pôdnych pomocných látok, medzi ktoré je možné zaradiť aj mletý vápenec. Priamym výsledkom aplikácie vápenatých hmôt je úprava pôdnej reakcie a optimalizácia režimu živín a nepriamym výsledkom sú následné zmeny ďalších pôdnych vlastností, ktoré korelujú s hodnotou pôdnej reakcie.

Použitie vápenca podľa Li et al. (2014) a Capuaniho (2015) zlepšilo pôdnu reakciu a chemické vlastnosti pôd. Li et al. (2014) už pri aplikovanej dávke 2 t.ha<sup>-1</sup> vápenatých hmôt s obsahom 49,5 % CaO zaznamenal štatisticky preukazné zmeny vybraných chemických parametrov pôdy.

K pôdnym pomocným látkam certifikovaným pre konvenčné a ekologické hospodárenie na pôde patrí PRP SOL, ktorý sa využíva k regenerácii pôdy, k zlepšeniu pôdnej štruktúry, k zvýšeniu využiteľnosti disponibilných zásob živín v pôde, k zlepšeniu parametrov aktivity fotosyntézy, množstva a kvality úrod pestovaných plodín, ale vplýva aj na ďalšie faktory ovplyvňujúce produkčný proces (Hřivna, 2010, Szymańska et al., 2012, Sulewska et al., 2013, Borowiak et al., 2016, Kováč et al., 2020).

Cieľom práce je posúdiť zmeny vybraných chemických vlastností ťažkej fluvizeme glejovej vplyvom použitia pôdnych pomocných látok pri rozdielnom obrábaní pôdy v dvoch rozdielnych sledoch plodín.

## MATERIAL A METÓDA

Zmeny vybraných chemických vlastností pôdy vplyvom použitia pôdnych pomocných látok pri rozdielnom obrábaní pôdy boli hodnotené v dvoch sledoch plodín v rokoch 2012 – 2015 Národným poľnohospodárskym a potravinárskym

centrom – Výskumným ústavom agroekológie Michalovce (experimentálne pracovisko Milhostov). Lokalita sa nachádza v centrálnej časti Východoslovenskej nížiny v nadmorskej výške 101 m (48°40' s. š.; 21°44' v. d.) severozápadným smerom od okresného mesta Trebišov. Pokusná lokalita patrí do teplého a veľmi suchého nížinného kontinentálneho klimatického regiónu T 03 (Linkeš et al., 1996). Dlhodobý normál zrážok (1961 – 1990) je pre Milhostov 550 mm a pre vegetačné obdobie 348 mm (Mikulová et al., 2015a). Dlhodobý normál (1961 – 1990) pre ročnú teplotu vzduchu je 8,9 °C a pre vegetačné obdobie 16,0 °C (Mikulová, et al., 2015b).

Sledovania boli realizované na fluvizemi glejovej na dvoch honoch s odlišným sledom plodín: I. sled kukurica siata na zrno (2013) – jačmeň siaty jarný (2014) – sója fazuľová (2015); II. sled sója fazuľová (2013) – pšenica letná forma ozimná (2014) – kukurica siata na zrno (2015). Fluvizem glejová (Sobocká, 2000) v Milhostove je pôda ťažká, ilovito-hlinitá s priemerným obsahom ilovitých častíc na 1. hone (I. sled plodín) 51,4 % a na 2. hone (II. sled plodín) 45,3 %.

Pokusy boli založené v trojnásobnom opakovaní v prirodzených podmienkach bez závlahy a boli usporiadané blokovou metódou s náhodným usporiadaním variantov. Veľkosť každého variantu bola 276 m<sup>2</sup> (6 m × 46 m).

V pokusoch boli sledované tri rozdielne varianty hnojenia:

K – kontrola,

VAP – aplikácia mletého vápenca v dávke 200 kg.ha<sup>-1</sup>,

PRP – aplikácia kondicionéra PRP SOL v dávke 200 kg.ha<sup>-1</sup>,

pri troch rozdielnych spôsoboch obrábania pôdy:

KA – konvenčná agrotechnika (bežný spôsob obrábania pôdy), v závislosti od pestovanej plodiny sa urobila podmietka, stredná alebo hlboká orba, v jarnom období predsejbové spracovanie pôdy radličkovým náradím, sejba sejačkou Kinze 2000 (kukurica) alebo Great Plains (pšenica, jačmeň, sója),

RA – redukovaná agrotechnika, pri spracovaní pôdy v jeseni i v jarnom období na predsejbové spracovanie bol použitý radličkový podmietač, pre sejbu kukurice bola použitá sejačka Kinze 2000 a pre sejbu pšenice, jačmeňa a sóje sejačka Great Plains,

PS – priama sejba do neobrábanej pôdy, pre priamu sejbu kukurice bola použitá sejačka Kinze 2000 a pre priamu sejbu pšenice, jačmeňa a sóje sejačka Great Plains.

Mletý vápenec (frakcia 0 – 4 mm) a PRP SOL (rozmetateľný granulát na báze uhličitanov vápenatých a horečnatých a technologických prísad, s obsahom 35 % oxidu vápenatého a 8 % oxidu horečnatého) boli použité každoročne k predsejbovej príprave pôdy. Na variantoch s aplikovanými pôdnymi pomocnými látkami i na kontrolnom variante sa realizovalo rovnaké

hnojenie NPK živinami. Dávky základných živín pre hnojenie pestovaných plodín sú uvedené v Tab. 1.

**Tab. 1** Dávky základných živín a kondicionérov pre hnojenie pestovaných plodín

Plodina	Variant	N [kg.ha <sup>-1</sup> ]	P [kg.ha <sup>-1</sup> ]	K [kg.ha <sup>-1</sup> ]	Kondicionér [kg.ha <sup>-1</sup> ]
Kukurica siata na zrno	K	90	26,2	50	-
	VAP	90	26,2	50	200
	PRP	90	26,2	50	200
Jačmeň siaty jarný	K	60	13,1	25	-
	VAP	60	13,1	25	200
	PRP	60	13,1	25	200
Sója fazuľová	K	30	13,1	25	-
	VAP	30	13,1	25	200
	PRP	30	13,1	25	200
Pšenica letná forma ozimná	K	90	-	-	-
	VAP	90	-	-	200
	PRP	90	-	-	200

kde: K – kontrola, VAP – mletý vápenec, PRP – kondicionér PRP-SOL

Vzorky pôdy boli odoberané pred založením pokusov v jeseni 2012 a po ukončení pokusov, teda zbere plodín v roku 2015 z hĺbky 0 – 0,3 m. V spracovaných vzorkách pôdy boli stanovené vybrané chemické vlastnosti pôdy štandardne používanými metódami (Hraško a kol., 1962, Hrivňáková, Makovníková et al., 2011).

Viacnásobnou analýzou rozptylu (Multifactor ANOVA) sa štatisticky testovali namerané hodnoty vybraných chemických vlastností pôdy.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Zmeny úrodnosti pôdy vplyvom aplikácie pôdnych pomocných látok pri rozdielnom obrábaní pôdy v dvoch sledoch plodín boli hodnotené zo zmien hodnôt výmennej pôdnej reakcie, obsahu prístupného vápnika a pôdneho organického uhlíka. Hodnoty výmennej pôdnej reakcie, bez ohľadu na hnojenie, obrábanie pôdy, pestovanú plodinu, rok a opakovanie, sa v hodnotenom období vyskytovali v širšom rozmedzí 5,73 – 6,48 (Tab. 2) a podľa kritérií hodnotenia (Vyhláška MPRV SR č. 151/2016 Z. z.) bola pôdna reakcia slabo kyslá.

**Tab. 2** Stanovený rozsah hodnôt vybraných indikátorov pôdy

Parameter	Hodnota	I. sled plodín		II. sled plodín	
		2012	2015	2012	2015
pH/KCl	min.	5,93	5,73	6,16	5,98
	max.	6,47	6,17	6,48	6,47
Ca [mg.kg <sup>-1</sup> ]	min.	3643	3503	3516	3413
	max.	4695	4854	4642	4798
C <sub>ox.</sub> [g.kg <sup>-1</sup> ]	min.	13,54	13,42	13,62	13,77
	max.	17,07	17,35	17,26	17,26

kde: pH/KCl – pôdna reakcia v roztoku KCl, Ca – prístupný vápnik, C<sub>ox.</sub> – pôdny organický uhlík, 2012 – výsledky v roku 2012, 2015 – výsledky v roku 2015, min. – minimálna hodnota, max. – maximálna hodnota

V obidvoch sledoch plodín bol zistený preukazný pokles hodnôt výmennej pôdnej reakcie (Tab. 3). Vyššie hodnoty pôdnej reakcie boli zistené na začiatku pokusného obdobia. Využívaním pôdy pri nedostatočnom nahrádzaní každoročných strát vápnika došlo v roku 2015 k preukaznému poklesu hodnôt pôdnej reakcie v I. slede plodín zo 6,06 na 5,99 a v II. slede plodín zo 6,29 na 6,19.

**Tab. 3** Štatistické vyhodnotenie vybraných indikátorov pôdy

Faktor	pH/KCl		Ca [mg.kg <sup>-1</sup> ]		C <sub>ox.</sub> [g.kg <sup>-1</sup> ]	
	I. sled	II. sled	I. sled	II. sled	I. sled	II. sled
Zdroj variability – hnojenie						
K	5,99 a	6,25 a	4125 a	4061 b	14,87 a	14,82 a
VAP	6,03 a	6,26 a	4109 a	4097 b	15,05 a	14,95 a
PRP	6,05 a	6,21 a	4109 a	3984 a	15,41 b	15,70 b
Zdroj variability – obrábanie						
KA	6,09 b	6,31 b	4103 a	4073 a	14,84 a	14,87 a
RA	5,98 a	6,22 a	4088 a	4045 a	15,21 b	15,09 a
PS	6,00 a	6,19 a	4151 b	4025 a	15,28 b	15,52 b
Zdroj variability – rok						
2012	6,06 b	6,29 b	4091 a	4023 a	15,19 a	15,02 a
2015	5,99 a	6,19 a	4137 a	4072 a	15,02 a	15,29 a

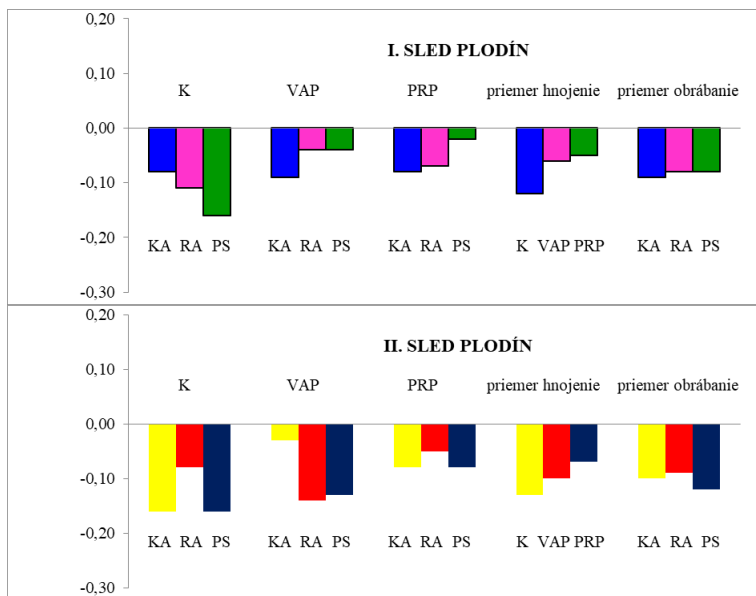
kde: pH/KCl – výmenná pôdna reakcia, Ca – prístupný vápnik, C<sub>ox.</sub> – pôdny organický uhlík, K – kontrola – hnojenie NPK, VAP – mletý vápenc, PPR – kondicionér PRP-SOL, KA – konvenčná agrotechnika, RA – redukovaná agrotechnika, PS – priama sejba, písmená (a, b) medzi faktormi poukazujú na štatisticky preukazné rozdiely ( $\alpha = 0,05$ ) – LSD test

Na kontrolnom variante poklesla pôdna reakcia priemerne o 0,12 v I. slede plodín a o 0,13 v II. slede plodín (Obr. 1). Nižší pokles hodnôt výmennej pôdnej



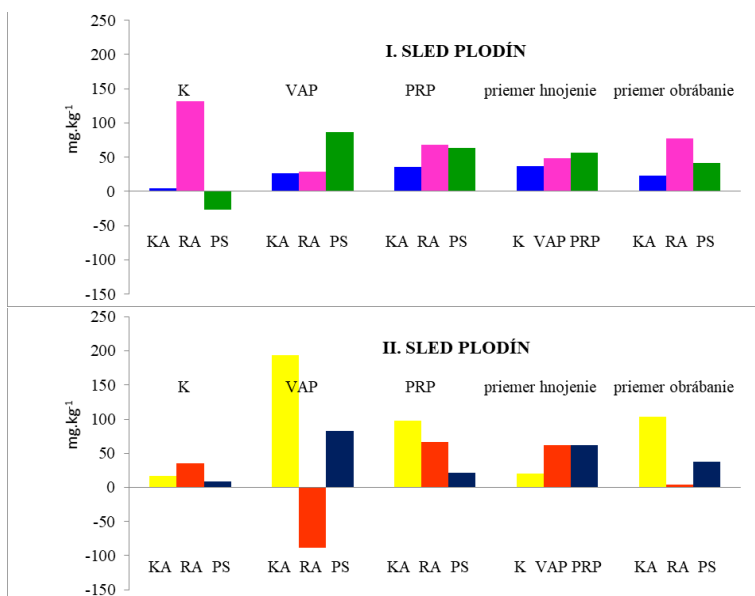
reakcie (priemerný pokles o 0,06 v I. slede plodín, resp. o 0,10 v II. slede plodín) bol zistený po každoročnej aplikácii vápenatých hmôt v dávke 200 kg.ha<sup>-1</sup> a pôdneho kondicionéra PRP SOL v rovnakej dávke (priemerný pokles o 0,05, resp. 0,07). Aplikované dávky vápenatých hmôt nepostačovali pokryť ročné straty vápnika z pôdy cez jeho vymývanie, odber plodinami, pôsobenie priemyselných hnojív, ktoré podľa Bízika a kol. (1998) sú na úrovni 350 kg.ha<sup>-1</sup> CaO. Pre zamedzenie acidifikácie pôdy je nevyhnutné zvýšiť dávky vápenatých hmôt určených pre pravidelné vápnenie pôdy. Na potrebu pravidelného vápnenia pôdy upozorňujú aj Vigovskis et al. (2016) a Joris et al. (2016).

Vápnik zohráva významnú úlohu pri tvorbe pôdnej úrodnosti. Sledovaním obsahov prístupného vápnika v pôde sa zistilo, že na kontrolnom variante obidvoch sledov plodín bol v roku 2015 obsah prístupného vápnika v pôde porovnateľný s rokom 2012. Po aplikácii mletého vápenca a pôdneho kondicionéra PRP SOL bolo zistené nepreukazné priemerné zvýšenie prístupného vápnika o 48 mg.kg<sup>-1</sup>, resp. o 56 mg.kg<sup>-1</sup> v I. slede plodín a o 62 mg.kg<sup>-1</sup> na obidvoch variantoch hnojenia v II. slede plodín (Obr. 2).



**Obr. 1** Diferencie hodnôt výmennej pôdnej reakcie medzi rokmi 2015 a 2012

Kvantitatívny a kvalitatívny stav pôdnej organickej hmoty je výsledkom dlhodobých pôdotvorných procesov. Významný vplyv na tento dôležitý úrodotvorný faktor majú aj nepretržite prebiehajúce procesy mineralizácie, transformácie a syntézy organických látok. Rozkladné procesy v našich klimatických podmienkach sú výrazne závislé na chemickom zložení rastlinných zvyškov, a preto vhodný oševný postup zabezpečuje udržanie, prípadne zvýšenie obsahu organickej hmoty v pôde. Obsah pôdneho organického uhlíka v obidvoch sledoch plodín na ílovito-hlinitej pôde sa vyskytoval v širokom rozmedzí 13,42 – 17,35 g.kg<sup>-1</sup> (Tab. 2). Uvedené obsahy pôdneho organického uhlíka sú typické pre pôdy stredne humózne.

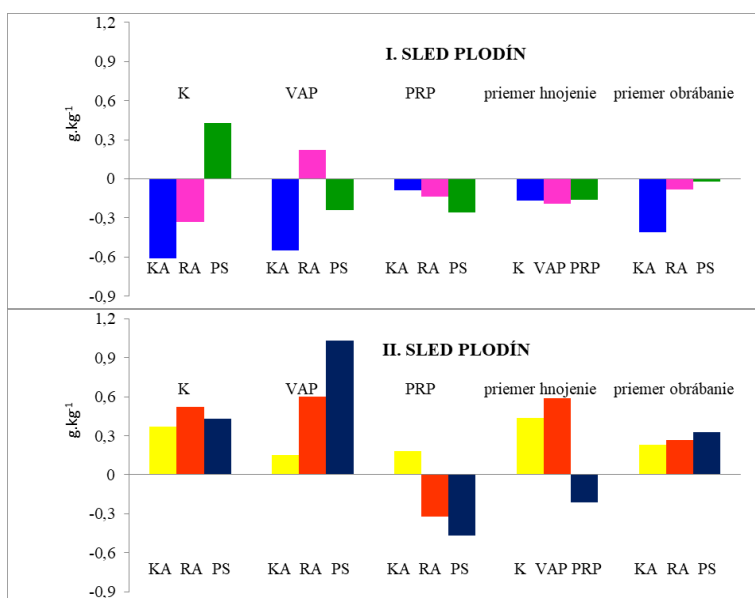


**Obr. 2** Diferencie obsahov prístupného vápnika v pôde medzi rokmi 2015 a 2012

Obsah organických látok, cez rozdielne množstvá a kvalitu humusotvorného materiálu, výrazne ovplyvňuje štruktúra osevného postupu. V obidvoch sledoch boli pestované plodiny, ktoré patria medzi bohaté až stredne výdatné zdroje organického uhlíka. Napriek tomu zmeny obsahov organického uhlíka v pôde v obidvoch sledoch nevykazovali rovnaký trend. V I. slede plodín bol zistený nepreukazný pokles pôdneho organického uhlíka priemerne o 0,17 g.kg<sup>-1</sup> a v II. slede plodín nepreukazný nárast o 0,27 g.kg<sup>-1</sup> (Tab. 3). Obsah organického uhlíka v pôde súvisí s inputom organického uhlíka

z koreňových a pozberových zvyškov pestovaných plodín, a preto je možné predpokladať, že rozdielne zmeny organického uhlíka v sledoch plodín súviseli s dosiahnutými úrodami pestovaných plodín.

Prognózy vyplývajúce z modelovania vývoja obsahu pôdnej organickej hmoty pri súčasných spôsoboch hospodárenia sú naďalej pesimistické (Barančíková et al., 2010). Degradácia pôdy vyplývajúca zo straty organickej hmoty však nemusí byť trvalá, pretože existujú nápravné opatrenia na obnovu organického podielu v pôde. Tieto nápravné opatrenia môžu dokonca vyvolať pozitívne bilancie obsahu uhlíka v pôde znížením intenzity mineralizácie pôdnej organickej hmoty. K takýmto nápravným opatreniam patrí využitie pôdoochranného obrábania pôdy, ktoré umožní udržanie až ukladanie uhlíka v pôde.



**Obr. 3** Diferencie obsahov pôdneho organického uhlíka medzi rokmi 2015 a 2012

Obsahy pôdneho organického uhlíka boli štatisticky preukazne ovplyvnené obrábaním pôdy (Tab. 3). V I. slede plodín pri pôdoochrannom obrábaní pôdy (priama sejba, redukovaná agrotechnika) bol obsah organického uhlíka v pôde zachovaný, kým pri konvenčnej agrotechnike poklesol priemerne o 0,41 g.kg<sup>-1</sup>. Analogicky aj v II. slede plodín boli pozitívnejšie zmeny pôdneho organického uhlíka zistené pri pôdoochrannom obrábaní pôdy (nárast

o 0,33 g.kg<sup>-1</sup>, resp. 0,27 g.kg<sup>-1</sup>) v porovnaní s priemerným nárastom o 0,23 g.kg<sup>-1</sup> pri konvenčnom obrábaní pôdy (Obr. 3). Vyššie množstvo pôdnej organickej hmoty pri priamej sejbe oproti konvenčnej agrotechnike zaznamenali aj Mazzoncini et al. (2016), Tian et al. (2016) a ďalší autori.

## ZÁVER

Udržať optimálnu úrodnosť pôdy umožní použitie pôdnych pomocných látok, ku ktorým patria aj vápenaté hmoty a pôdny kondicionér PRP SOL. Po aplikácii mletého vápenca a pôdneho kondicionéra PRP SOL boli v hodnotených sledoch plodín I. kukurica siata na zrno – jačmeň siaty jarný – sója fazuľová a II. sója fazuľová – pšenica letná forma ozimná – kukurica siata na zrno zistené pozitívnejšie zmeny hodnôt výmennej pôdnej reakcie a obsahu prístupného vápnika v pôde v porovnaní s kontrolou. Medzi rokmi 2012 a 2015 bol zistený pokles hodnôt výmennej pôdnej reakcie. Nižší pokles hodnôt výmennej pôdnej reakcie bol zaznamenaný po každoročnej aplikácii vápenatých hmôt v dávke 200 kg.ha<sup>-1</sup> a pôdneho kondicionéra PRP SOL v rovnakej dávke. Súčasne po cielenej aplikácii mletého vápenca a pôdneho kondicionéra PRP SOL boli zistené pozitívnejšie zmeny prístupného vápnika v pôde v porovnaní s kontrolným variantom.

Aplikované dávky vápenatých hmôt a pôdneho kondicionéra PRP SOL však nezamedzili acidifikácii pôdy, a preto pre udržanie pôdnej reakcie bude nevyhnutné zvýšiť ich množstvo pri každoročnej aplikácii.

Spôsob obrábania pôdy ovplyvnil zmeny obsahov pôdneho organického uhlíka. V oboch sledoch plodín boli kladnejšie zmeny obsahov pôdneho organického uhlíka zistené pri pôdoochrannom obrábaní pôdy v porovnaní s konvenčným obrábaním pôdy.

## LITERATÚRA

1. BARANČIKOVÁ, G. – ŠOLTYSOVÁ, B. – KOCO, Š. 2010. Prediction of soil organic carbon stock in conditions of Eastern Slovak Lowland. In: Agriculture (Poľnohospodárstvo), vol. 56, 2010, no. 2, pp. 35-43.
2. BIZÍK, J. – FECENKO, J. – KOTVAS, F. – LOŽEK, O. 1998. Metodika hnojenia a výživy rastlín. 1. vyd. Bratislava: AT Publishing Bratislava, 1998. 112 s. ISBN 80-967812-1-9.
3. BOROWIAK, K. – NIEWIADOMSKA, A. – SULEWSKA, H. SZYMANSKA, G. – GLUCHOWSKA, K. – WOLNA-MARUWKA, A. 2016. Effect of PRP SOL and PRP EBV nutrition on yield, photosynthesis activity and soil microbial activity of three cereal species. In: Fresenius Environmental Bulletin, vol. 25, 2016, no. 6, pp. 2026-2035.
4. CAPUANI, S. – FERNANDES, D.M. – RIGON, G.J.P. – RIBEIRO, L.C. 2015. Combination between Acidity Amendments and Sewage Sludge with

- Phosphorus on Soil Chemical Characteristics and on Development of Castor Bean. In: Communications in soil science and plant analysis, vol. 22, 2015, no. 22, pp. 2901-2912.
5. HRAŠKO, J. a kol. 1962. Rozbory pôd. 1. vyd. Bratislava: SVPL, 1962. 342 s.
  6. HRIVŇÁKOVÁ, K. – MAKOVNÍKOVÁ, J. et al. 2011. Jednotné pracovné postupy rozborov pôd. 1. vyd. Bratislava: VÚPOP, 2011. 136 s. ISBN 978-80-89128-89-1.
  7. HŘIVNA, L. 2010. Vliv hnojiv PRP SOL a PRP EBV na výnos a kvalitu sladovníckého ječmene. In: Sladovnícký ječmen – přiměřená ekonomika, vysoký výnos a kvalita zrna: Sborník z konference. Praha: Sdružení pro ječmen a slad, 2010, s. 49-50. ISBN 978-80-213-2047-5.
  8. JORIS, H.A.W. – CAIRES, E.F. – SCHARR, D.A. – BINI, A.R. – HALISKI, A. 2016. Liming in the conversion from degraded pastureland to a no-till cropping system in Southern Brazil. In: Soil and Tillage Research, vol. 162, 2016, pp. 68-77.
  9. KOVÁČ, L. – JAKUBOVÁ, J. – MIŠLAN, E. 2020. Vplyv obrábania pôdy a hnojenia na úrody suchovzdorných plodín. In: Houšková, B. – Makovníková, J. – Bušo, R. – Hraško, J. (Eds.) 2020. Eliminovanie degradačných procesov v pôde obnovením biodiverzity: Recenzovaný zborník vedeckých prác. Bratislava: Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum – Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy Bratislava, 2020, s. 148-155. ISBN 978-80-8163-035-4.
  10. LI, Z. – WANG, Y. – LIU, Y. – GUO, H. – LI, T. – LI, Z.H. – SHI, G. 2014. Long-Term Effects of Liming on Health and Growth of a Masson Pine Stand Damaged by Soil Acidification in Chongqing, China. In: PLoS ONE, vol. 9, 2014, no. 4, pp. 1-9.
  11. LINKEŠ, V. – PESTÚN, V. – DŽATKO, M. 1996. Príručka pre používanie máp bonitovaných pôdno-ekologických. 3. vyd. Bratislava: VÚPÚ, 1996. 103 s. ISBN 80-85361-19-1.
  12. MAZZONCINI, M. – ANTICHI, D. – DI BENE, C. – RISALITI, R. – PETRI, M. – BONARI, E. 2016. Soil carbon and nitrogen changes after 28 years of no-tillage management under Mediterranean conditions. In: Soil and Tillage Research, vol. 77, 2016, pp. 156-165.
  13. MIKULOVÁ, K. – ŠŤASTNÝ, P. – BOCHNÍČEK, O. – BORSÁNYI, P. – ČEPČEKOVÁ, E. – ONDRUŠKA, P. 2015b. Klimatologické normály teploty vzduchu na Slovensku za obdobie 1961 –1990. Národný klimatologický program Slovenskej republiky. 1. časť. Bratislava: SHMÚ, 2015. 135 s. ISBN 978-80-88907-92-3.
  14. MIKULOVÁ, K. – ŠŤASTNÝ, P. – FAŠKO, P. 2015a. Klimatologické normály atmosférických zrážok na Slovensku za obdobie 1961 – 1990.

- Národný klimatologický program Slovenskej republiky. 2. časť. Bratislava: SHMÚ, 2015. 640 s. ISBN 978-80-88907-93-0.
15. SOBOCKÁ, J. et al. 2000. Morfogenetický klasifikačný systém pôd Slovenska. Bazálna referenčná taxonómia. 1. vyd. Bratislava: Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy v Bratislave, 2000. 76 s. ISBN 80-85361-70-1.
  16. SULEWSKA, H. – ŚMIATACZ, K. – SITEK, A. – SZYMAŃSKA, G. – PANASIEWICZ, K. 2013. Evaluation of yielding of winter oilseed rape using PRP SOL technology. In: Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, vol. 58, 2013, no. 4, pp. 167-173.
  17. SZYMAŃSKA, G. – SULEWSKA, H. – PANASIEWICZ, K. – KOZIARA, W. 2012. Influence of fertilizer PRP SOL application in maize on the occurrence of selected diseases and pests. In: Progress in plant protection, vol. 52, 2012, no. 2, pp. 314-317.
  18. TIAN, S. – NING, T. – WANG, Y. – LIU, Z. – LI, G. – LI, Z. - LAL, R. 2016. Crop yield and soil carbon responses to tillage method changes in North China. In: Soil and Tillage Research, vol. 163, 2016, pp. 207-213.
  19. VIGOVSKIS, J. – JERMUSS, A. – SVARTA, A. - SARKANBARDE, D. 2016. The changes of soil acidity in long-term fertilizer experiments. In: Zemdirbyste-Agriculture, vol. 103, 2016, no. 2, pp. 129-134.
  20. Vyhláška MPRV SR č. 151/2016 Z. z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o agrochemickom skúšaní pôd a o skladovaní a používaní hnojív. 20 s.

### **PodĎakovanie**

Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: Udržateľné systémy inteligentného farmárstva zohľadňujúce výzvy budúcnosti 313011W112, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Korešpondenčná adresa:

Ing. Božena Šoltysová, PhD., Ing. Martin Danilovič, PhD. – NPPC –  
Výskumný ústav agroekológie Michalovce, Špitálska 1273, 071 01  
Michalovce

E-mail: bozena.soltysova@nppc.sk, martin.danilovic@nppc.sk

# EFEKTÍVNOSŤ VYUŽITIA PÔDNEHO KONDICIONÉRU PRP SOL PRI PESTOVANÍ LÁSKAVCA (*AMARANTHUS SP. L.*)

## EFFICIENCY OF USING PRP SOL SOIL CONDITIONER IN CULTIVATION OF AMARANTH (*AMARANTHUS SP. L.*)

Jana JAKUBOVÁ, Ladislav KOVÁČ, Pavol BALLA  
*Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum – Výskumný ústav  
agroekológie Michalovce*

### **Abstrakt**

Efektívnosť využitia pôdneho kondicionéru PRP SOL pri pestovaní láskavca bola overovaná na ťažkých pôdach Východoslovenskej nížiny. Na základe pokusu zakladaného v rokoch 2013 až 2015 na experimentálnom pracovisku NPPC-VÚA Michalovce v Milhostove bola vypočítaná ekonomická efektívnosť pestovania láskavca na semeno. Analyzovali sa náklady na jeho pestovanie a ziskovosť pri dvoch technológiách zakladania porastov, a to konvenčnej a redukovanej, a dvoch variantoch výživy, a to kontrolného variantu bez hnojenia a variantu s aplikáciou pôdneho kondicionéru PRP SOL. V roku 2013 napriek nižšej produkcii z hektára bol najziskovejší variant s redukovanou agrotechnikou bez hnojenia. V roku 2014 sa tiež najvyšší zisk dosiahol na variantoch s redukovaným obrábaním pôdy. Aplikáciou PRP SOL sa zvyšovali úrody pri oboch variantoch obrábania pôdy. Ziskovejšie boli varianty bez aplikácie kondicionéru. V roku 2015 v porovnaní s rokom 2014 boli úrody výrazne nižšie. Ziskovejšie boli varianty s aplikáciou PRP SOL. V pokuse sa potvrdilo, že v aridných podmienkach Slovenska je pestovanie láskavca ekonomicky efektívne.

**Kľúčové slová:** pôdny kondicionér, obrábanie pôdy, láskavec (amarant), ekonomická analýza

### **Abstract**

Efficiency of using PRP SOL soil conditioner in cultivation of amaranth (*Amaranthus sp. L.*) was verified on heavy soils of the East Slovak Lowland. Field experiment was established between 2013 and 2015 in Milhostov, where is situated experimental site of the NPPC – VÚA Michalovce. The results from these experiments were used for calculated of economic effectiveness of amaranth seed cultivation. Amaranth was growing under two technologies, namely conventional and reduce tillage. Two variants of nutrition, control variant without fertilization and variant with application of soil conditioner

PRP SOL, were observed. For these variants, the costs and profitability of amaranth cultivation were analysed. In 2013, despite of lower production per hectare, the most profit was variant under reduced agrotechnology without fertilization. In 2014, the highest profit was also achieved for variants with reduced tillage. The application of PRP SOL increased the yields for both variants of soil tillage. Variants without conditioner application were more profitable. In 2015, the yields were significantly lower than in 2014. Variants with PRP SOL application were more profitable. The experiment confirmed that in the arid conditions of Slovakia the cultivation of amaranth is economically effective.

**Key words:** soil conditioner, soil tillage, amaranth, economic analysis

## ÚVOD

Najvýznamnejším problémom chemickej degradácie na ťažkých pôdach Východoslovenskej nížiny je okysľovanie pôdy (Kotorová, Šoltysová 2015). Jedným z riešení tohto problému je efektívne využitie a aplikácia prípravku PRP SOL pod poľné plodiny (Tóth et al. 2013, Hnát 2016) a pod alternatívne a minoritné plodiny (Kováč, Jakubová 2017, 2020). K málo preskúmaným alternatívnym plodinám patrí laskavec. Podľa Pospíšila (2011) možno laskavec na semeno na Slovensku pestovať v kukuričnej a repnej oblasti na ľahších a stredných pôdach. Janovská (2011) považuje laskavec za plodinu, ktorá nie je náročná na pestovanie a vstupy, a preto je vhodný na pestovanie aj v podmienkach Českej republiky. Ako uvádzajú Pospíšil, Húska (2011) laskavec je nenáročný na pestovateľské podmienky, dôležitá je však kvalitná predsejbová príprava pôdy a potlačanie burín až do dňa sejby. Laskavec je podľa Janovskej (2014) veľmi dobre využiteľný v potravinárskom priemysle a pri bezpečkovej diéte. Cieľom príspevku je overiť ekonomickú efektívnosť využitia pôdneho kondicionéra PRP SOL pri pestovaní amarantu.

## MATERIÁL A METÓDY

Pokus s laskavcom bol založený v roku 2013 v poľnom stacionárnom pokuse v Milhostove s pevným osevným postupom plodín. Pôdy sú tu fluvizeme glejové, ktoré sú charakterizované ako ťažké, ílovito-hlinité pôdy s priemerným obsahom ílovitých častíc vyšším ako 53 %. Pokus sa založil pri dvoch úrovniach obrábania pôdy: KA – konvenčná agrotechnika, RA – redukovaná agrotechnika a dvoch úrovniach výživy: kontrola a aplikácia pôdneho kondicionéra PRP SOL. Aplikácia pôdneho kondicionéra vyplývala z potreby zlepšenia nepriaznivých pôdných vlastností ťažkých pôd a vytvorenia pôdneho prostredia s pozitívnym vplyvom na pôdnu úrodnosť, štruktúru pôdy, hospodárenie s vodou a zlepšenie transportu živín.



Pri konvenčnom obrábaní pôdy sa po zbere predplodiny urobila podmiatka, potom stredná orba a predsejbová príprava radličkovým kypričom a sialo sa sejačkou Great Plains. Pri redukovanom variante sa po zbere predplodiny urobila podmiatka radličkovým podmietačom a pred sejbou sa pôda pripravila radličkovým kypričom. V rámci obrábaní pôdy boli dva varianty hnojenia. Pri kontrolnom variante sa neaplikovali žiadne hnojivá ani kondicionéry. Na PRP SOL variante bolo pri predsejbovej príprave aplikovaných 200 kg.ha<sup>-1</sup> kondicionéru PRP SOL. V rámci riešenia tejto problematiky sa porovnával vplyv aplikácie kondicionéra na výslednú úrodu a na pôdne charakteristiky, ale vzhľadom na to, že tento príspevok je orientovaný na ekonomiku, tak sa v ňom zaoberáme len vplyvom kondicionéra na úrodu.

Na hodnotenie nákladov strojových súprav a pracovných operácií sa využili normatívy podľa Kavku (2006) a podľa Abrhama et al. (2007) prepočítané do podmienok ťažkých pôd Východoslovenskej nížiny. Celková produkcia bola vypočítaná na základe skutočne realizovanej produkcie a dohodnutej zmluvnej ceny.

Ekonomická efektívnosť pestovateľských technológií bola hodnotená podľa metodiky (Poláčková et al. 2010).

Výpočet ekonomickej efektívnosti:

produkcia [€·ha<sup>-1</sup>] = úroda [t·ha<sup>-1</sup>] × realizačná cena [€·t<sup>-1</sup>]

zisk/strata [€·ha<sup>-1</sup>] = produkcia [€·ha<sup>-1</sup>] - náklady [€·ha<sup>-1</sup>]

zisk/strata [€·t<sup>-1</sup>] = realizačná cena [€·t<sup>-1</sup>] - náklady [€·t<sup>-1</sup>]

miera rentability na ha (v %) = [zisk/strata (v €·ha<sup>-1</sup>) : náklady (v €·ha<sup>-1</sup>)] × 100

výnosový prah pre nulovú rentabilitu [t·ha<sup>-1</sup>] = náklady [€·ha<sup>-1</sup>] : realizačná cena [€·t<sup>-1</sup>]

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

V pokuse bol láskavec zakladaný pri dvoch technológiách obrábania pôdy. V rámci technológií boli dva varianty výživy. Prvý variant bol bez hnojenia a na druhý sa aplikoval pôdny kondicionér PRP SOL. Ekonomická efektívnosť jednotlivých variantov pokusu v roku 2013 je uvedená v tabuľke 1. Materiálové náklady boli vyššie na variante s aplikáciou PRP SOL, čo súvisí s nákladmi na nákup pôdneho kondicionéra. Na variante s PRP SOL boli aj vyššie náklady na mechanizované práce, ktoré majú súvis s aplikáciou kondicionéra. Pri konvenčnom obrábaní pôdy s aplikáciou PRP SOL boli celkové náklady na úrovni takmer 598 €·ha<sup>-1</sup>. Pri redukovanom obrábaní pôdy s aplikáciou PRP SOL sa náklady znížili takmer o 80 €·ha<sup>-1</sup>. Najnižšie náklady boli pri redukovanej agrotechnike bez hnojenia, a to vo výške 367,24 €·ha<sup>-1</sup>. Aplikáciu PRP SOL sa pri konvenčnej agrotechnike zvýšili úrody o 0,27 t·ha<sup>-1</sup> a pri redukovanej o 0,14 t·ha<sup>-1</sup>.

**Tabuľka 1.** Ekonomika pestovania láskavca v roku 2013

Ukazovateľ	MJ	2013			
		KA	RA	KA	RA
		kontrola		PRP SOL	
Materiálové náklady	[€·ha <sup>-1</sup> ]	125,90	147,65	269,90	291,65
Náklady na mechanizované práce	[€·ha <sup>-1</sup> ]	202,41	128,72	208,74	135,05
<i>Variabilné náklady spolu</i>	<i>[€·ha<sup>-1</sup>]</i>	<i>328,31</i>	<i>276,37</i>	<i>478,64</i>	<i>426,70</i>
Fixné náklady	[€·ha <sup>-1</sup> ]	115,22	90,87	119,42	95,07
<b>Celkové náklady</b>	[€·ha <sup>-1</sup> ]	<b>443,53</b>	<b>367,24</b>	<b>598,06</b>	<b>521,77</b>
Úroda	[t·ha <sup>-1</sup> ]	1,61	1,65	1,88	1,79
Cena za jednotku	[€·t <sup>-1</sup> ]	620,00	620,00	620,00	620,00
Celková produkcia	[€·ha <sup>-1</sup> ]	998,20	1023,00	1165,60	1109,80
<b>Výsledok hospodárenia na ha</b>	[€·ha <sup>-1</sup> ]	<b>554,67</b>	<b>655,76</b>	<b>567,54</b>	<b>588,03</b>
Rentabilita na ha	[%]	125,06	178,56	94,90	112,70
Výnosový prah pre nulovú rentabilitu	[t·ha <sup>-1</sup> ]	0,72	0,59	0,96	0,84

**Legenda:** KA – konvenčná agrotechnika, RA – redukovaná agrotechnika

Realizačná cena láskavca sa v roku 2013 pohybovala na úrovni 620 €·t<sup>-1</sup>. Pri tejto cene sa najvyššia produkcia dosiahla na konvenčnej agrotechnike pri aplikácii PRP SOL, a to vo výške 1165,60 €·ha<sup>-1</sup>. Na tomto variante sa dosiahol zisk 567,54 €·ha<sup>-1</sup>. Napriek nižšej produkcii z hektára bol ziskovejší variant s redukovanou agrotechnikou bez hnojenia, a to vo výške 655,76 €·ha<sup>-1</sup>. Hektárová rentabilita tohto variantu bola 178,56 %. Tento variant by bol ziskový už pri dosiahnutí úrody presahujúcej 0,59 t·ha<sup>-1</sup>.

V roku 2014 sa náklady oproti roku 2013 výrazne nemenili (tabuľka 2). Realizačná cena poklesla na 610 €·ha<sup>-1</sup>. Úrody boli porovnateľné s rokom 2013. Aj v roku 2014 sa najvyššia úroda dosiahla pri konvenčnom obrábaní pôdy s aplikáciou pôdneho kondicionéra PRP SOL 1,77 t·ha<sup>-1</sup>. Aplikáciou PRP SOL sa zvyšovali úrody pri oboch variantoch obrábania pôdy, ale zvýšenie úrod bolo minimálne a tým ziskovejšie boli varianty bez aplikácie kondicionéru. Najziskovejší bol variant pri redukovanom obrábaní pôdy, na ktorom sa dosiahol zisk vo výške 589,92 €·ha<sup>-1</sup> a rentabilita skoro 158 %.

**Tabuľka 2.** Ekonomika pestovania laskavca v roku 2014

Ukazovateľ	MJ	2014			
		KA	RA	KA	RA
		kontrola		PRP SOL	
Materiálové náklady	[€.ha <sup>-1</sup> ]	133,90	155,55	275,90	316,40
Náklady na mechanizované práce	[€.ha <sup>-1</sup> ]	200,45	127,46	206,73	133,74
<b>Variabilné náklady spolu</b>	<b>[€.ha<sup>-1</sup>]</b>	<b>334,35</b>	<b>283,01</b>	<b>482,63</b>	<b>450,14</b>
Fixné náklady	[€.ha <sup>-1</sup> ]	115,22	90,87	119,42	95,07
<b>Celkové náklady</b>	<b>[€.ha<sup>-1</sup>]</b>	<b>449,57</b>	<b>373,88</b>	<b>602,05</b>	<b>545,21</b>
Úroda	[t.ha <sup>-1</sup> ]	1,63	1,58	1,77	1,61
Cena za jednotku	[€.t <sup>-1</sup> ]	610,00	610,00	610,00	610,00
Celková produkcia	[€.ha <sup>-1</sup> ]	994,30	963,80	1079,70	982,10
<b>Výsledok hospodárenia na ha</b>	<b>[€.ha<sup>-1</sup>]</b>	<b>544,73</b>	<b>589,92</b>	<b>477,65</b>	<b>436,89</b>
Rentabilita na ha	[%]	121,17	157,78	79,34	80,13
Výnosový prah pre nulovú rentabilitu	[t.ha <sup>-1</sup> ]	0,74	0,61	0,99	0,89

Ani v roku 2015 sa náklady na pestovanie laskavca radikálne nemenili. V porovnaní s rokom 2014 boli úrody výrazne nižšie, a to najmä na nehnojenej kontrole. Napriek nárastu realizačnej ceny na 640 €.ha<sup>-1</sup>, celková produkcia na nehnojených variantoch zaostala za rokom 2014 o viac ako 200 €.ha<sup>-1</sup>. Z tohto dôvodu bol na týchto variantoch dosiahnutý aj nižší zisk. Ziskovejšie boli varianty s aplikáciou PRP SOL, na ktorých zisk pri oboch spôsoboch obrábania pôdy presiahol 390 €.ha<sup>-1</sup>.

**Tabuľka 3.** Ekonomika pestovania láskavca v roku 2015

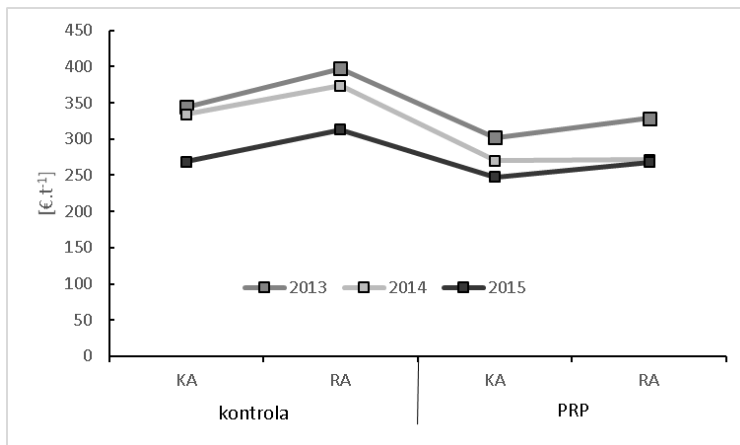
Ukazovateľ	MJ	2015			
		KA	RA	KA	RA
		kontrola		PRP SOL	
Materiálové náklady	[€.ha <sup>-1</sup> ]	140,40	164,70	304,40	328,70
Náklady na mechanizované práce	[€.ha <sup>-1</sup> ]	190,17	120,87	196,19	126,89
<b>Variabilné náklady spolu</b>	<b>[€.ha<sup>-1</sup>]</b>	<b>330,57</b>	<b>285,57</b>	<b>500,59</b>	<b>455,59</b>
Fixné náklady	[€.ha <sup>-1</sup> ]	115,22	90,87	119,42	95,07
<b>Celkové náklady</b>	[€.ha <sup>-1</sup> ]	<b>445,79</b>	<b>376,44</b>	<b>620,01</b>	<b>550,66</b>
Úroda	[t.ha <sup>-1</sup> ]	1,20	1,15	1,58	1,48
Cena za jednotku	[€.t <sup>-1</sup> ]	640,00	640,00	640,00	640,00
Celková produkcia	[€.ha <sup>-1</sup> ]	768,00	736,00	1011,20	947,20
<b>Výsledok hospodárenia na ha</b>	<b>[€.ha<sup>-1</sup>]</b>	<b>322,21</b>	<b>359,56</b>	<b>391,19</b>	<b>396,54</b>
Rentabilita na ha	[%]	72,28	95,51	63,10	72,01
Výnosový prah pre nulovú rentabilitu	[t.ha <sup>-1</sup> ]	0,70	0,59	0,97	0,86

Na obrázku 1. je zobrazený výsledok hospodárenia na tonu produkcie. Z obrázku je zrejmé, že najnižší zisk na tonu sa dosahoval v roku 2015 a najnižšie zisky na tonu v sledovaných rokoch boli na konvenčnom variante s aplikáciou PRP SOL.

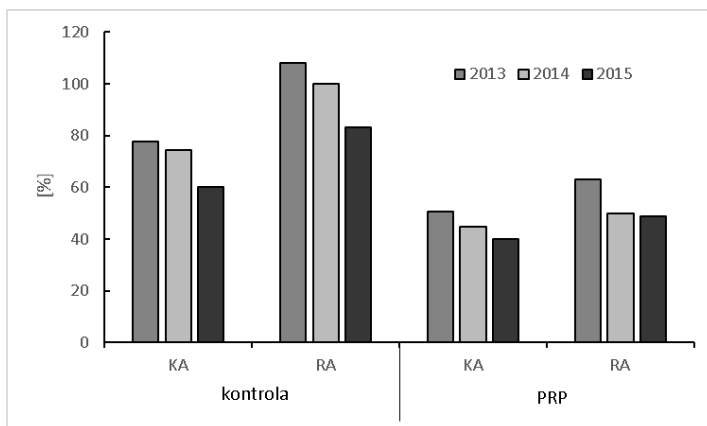
Na obrázku 2. je vyjadrená rentabilita pestovania láskavca na tonu produkcie. V sledovaných rokoch sa najvyššia rentabilita na tonu dosahovala pri redukovanom obrábaní pôdy bez aplikácie PRP SOL.

Pokusy s láskavcom boli založené na ťažkých ilovito-hlinitých pôdach, hoci niektorí autori (Jánovská 2008, Pospíšil 2011) odporúčajú ich pestovanie na ľahších až stredných. Úrody, ktoré sa v pokuse dosiahli boli v rozmedzí úrod, ktoré uvádza Jamriška (2001). V pokusoch dosiahol úrody, ktoré sa pohybovali od 0,79 do 5,9 t.ha<sup>-1</sup>. Výsledky poukázali na to, že pestovanie zrnového láskavca na potravinárske účely pri priaznivej realizačnej cene je

vysoko ziskové. Boreková (2001) uvádza, že pri predaji semena laskavca je potrebné rozlišovať, či sa bude realizovať na potravinárske, alebo kŕmne účely, lebo z tohto sa odvíja ekonomika jeho pestovania. Pri cenách za akých sa realizujú kŕmne strukoviny, by bolo pri laskavci potrebné dosahovať úrody na úrovni  $4,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ . V našich podmienkach je to ťažko dosiahnuteľné.



**Obrázok 1.** Výsledok hospodárenia na tonu produkcie



**Obrázok 2.** Rentabilita pestovania laskavca na tonu produkcie

## ZÁVER

- V roku 2013 sa najvyššia produkcia dosiahla na konvenčnej agrotechnike pri aplikácii PRP SOL, a to vo výške 1165,60 €·ha<sup>-1</sup> pri zisku 567,54 €·ha<sup>-1</sup>. Napriek nižšej produkcii z hektára bol ziskovejší variant s redukovanou agrotechnikou bez hnojenia a to vo výške 655,76 €·ha<sup>-1</sup> a hektárovou rentabilitou 178,56 %.
- V roku 2014 sa na konvenčných variantoch dosiahla vyššia produkcia, ale zisk bol vyšší na variantoch s redukovaným obrábaním pôdy. Aplikáciou PRP SOL sa zvyšovali úrody pri oboch variantoch obrábania pôdy. Ziskovejšie boli varianty bez aplikácie kondicionéru. Najziskovejší bol variant pri redukovanom obrábaní pôdy vo výške 589,92 €·ha<sup>-1</sup>.
- V roku 2015 v porovnaní s rokom 2014 boli úrody výrazne nižšie. Celková produkcia na nehnojených variantoch zaostala za rokom 2014 o viac ako 200 €·ha<sup>-1</sup>. Ziskovejšie boli varianty s aplikáciou PRP SOL, na ktorých zisk pri oboch spôsoboch obrábania pôdy presiahol 390 €·ha<sup>-1</sup>.
- Z pohľadu praxe je možné odporúčať využitie pôdneho kondicionéru PRP SOL, ktorého aplikácia v danom roku zvyšuje náklady, ale účinnosť prípravku je rozložená na 2-3 roky.

## LITERATÚRA

1. ABRHAM, Z. – KOVÁŘOVÁ, M. – KOCÁNOVÁ, V. – HEROUT, M. – SCHEUFLER, V. 2007: Technické a technologické normativy pro zemědělskou výrobu. Praha : VUZT , 2007, no. 5, 29 p. ISBN 978-86884-26-4.
2. BOREKOVÁ, B. 2001: Predpoklady efektívnej výroby Lásfavca. In: Pestovanie a využitie tritikale, lásfavca a pohánky. Zborník vedeckých prác z konferencie. Nitra. SPU 2001. s. 77-79. ISBN 80-88943-07-8.
3. HNÁT A. 2016: Vplyv pomocných látok na úrodu a kvalitu potravinárskej kukurice. 1. vyd. Lužianky : NPPC – Výskumný ústav agroekológie Michalovce, 2016. 38 s. ISBN 978-80-971644-6-1
4. JAMRIŠKA, P. 2001: Možnosti pestovania lásfavca na Slovensku. In: Pestovanie a využitie tritikale, lásfavca a pohánky. Zborník vedeckých prác z konferencie. Nitra. SPU 2001. s. 41-43. ISBN 80-88943-07-8.
5. JANOVSÁ D. 2011: Charakteristika amarantu jako kulturní rostliny. In: Amarant. Zdroj výživy v 21. století. Forsapi. Praha .2011, str. 13-35. ISBN 978-80-87250-15-0

6. JANOVSÁ D. 2014: Pohanka, proso a amarant – původní i nové alternativy pro bezlepkovou dietu. In: Genetické zdroje rostlin a zdravá výživa. Ministerstvo zemědělství. Praha, 2014, str. 47-49. ISBN 978-80-7434-174-8.
7. KAVKA, M. 2006: Normativy zemědělských výrobních technologií. Praha : ÚZPI, 2006. 376 s. ISBN80-7271-164-4.
8. KOTOROVÁ, D. – ŠOLTYSOVÁ, B. 2015: Vplyv pôdnych pomocných látok na fyzikálne a chemické vlastnosti pôd. 1. vyd. Lužianky : NPPC – Výskumný ústav agroekológie Michalovce, 2015. 95 s. ISBN 978-80-971644-4-7.
9. KOVÁČ, L. – JAKUBOVÁ, J. 2017: Teplomilné plodiny na ťažkých pôdach a ekonomika ich pestovania. 1. vyd. Michalovce: NPPC-VÚA Michalovce, 2017, 68 s. ISBN 978-80-971644-7-8.
10. KOVÁČ, L. – JAKUBOVÁ, J. 2020: Šetrné spôsoby obrábania pôdy netradičných plodín v kooperácii s úrodou a ekonomikou. 1. vyd. Michalovce: NPPC-VÚA Michalovce, 2020, 60 s. ISBN 978-80-973565-1-4.
11. POLÁČKOVÁ, J. – BOUDNÝ, J. – JANOTOVÁ, B. – NOVÁK, J. 2010: Metodika kalkulací nákladů a výnosů v zemědělství. Praha : ÚZEI , 2010, 58 p. ISBN 978-80-86671-75-8.
12. POSPÍŠIL, R. 2011: Súhrn poznatkov o efektívnej výrobe a netradičnom využití laskavca na Slovensku. In: Pestovanie a využitie Laskavca (*Amaranthus* L.) a iných plodín na energetické účely. Zborník vedeckých prác. Nitra. SPU 2011, s. 52-61. ISBN 978-80-552-0561-8.
13. POSPÍŠIL, R. - HÚSKA, D. 2011: Pestovateľská technológia laskavca na energetickú fyto masu. In: Pestovanie a využitie Laskavca (*Amaranthus* L.) a iných plodín na energetické účely. Zborník vedeckých prác. Nitra. SPU 2011, s. 46-51. ISBN 978-80-552-0561-8.
14. TÓTH, Š. et al. 2013: Význam a efekt pôdnych zlepšovateľov rôzneho typu pri ich použití v podmienkach diferencovanej intenzity obrábania pôdy. Michalovce : CVRV-VÚA, 2013, 112 s. ISBN 978-80-89417-46-9.

### **Pod'akovanie**

Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: Udržateľné systémy inteligentného farmárstva zohľadňujúce výzvy budúcnosti 313011W112, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Korešpondenčná adresa:

Ing. Jana Jakubová

Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum – Výskumný ústav  
agroekológie Michalovce,

Špitálska 1273, 071 01 Michalovce

Email: [jana.jakubova@nppc.sk](mailto:jana.jakubova@nppc.sk)



# ÚČINNOSŤ PÔDNYCH KONDICIONÉROV A ICH EKONOMICKÁ EFEKTÍVNOSŤ V PROSE SIATOM (*PANICUM MILIACEUM L.*)

## EFFICIENCY OF SOIL CONDITIONERS AND THEIR ECONOMIC EFFECTIVENESS IN MILLET (*PANICUM MILIACEUM L.*)

Ladislav KOVÁČ, Jana JAKUBOVÁ

*Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum – Výskumný ústav  
agroekológie Michalovce*

### **Abstrakt**

Efektívnosť využitia pôdneho kondicionéru PRP SOL pri pestovaní prosa siateho bola overovaná na ťažkých pôdach Východoslovenskej nížiny. V rokoch 2013 až 2015 bol na experimentálnom pracovisku NPPC-VÚA v Milhostove založený pokus s prosom siatym. Pokus bol založený pri dvoch spôsoboch obrábania pôdy, konvenčnom a redukovanom, a pri dvoch variantoch hnojenia, kontrolnom variante a s aplikáciou pôdneho kondicionéru PRP SOL. V pokuse bola vyhodnocovaná ekonomická efektívnosť jednotlivých variantov pestovania prosa. V roku 2013, napriek nižšej produkcii z hektára, bol ziskovejší variant s redukovanou agrotechnikou bez hnojenia, a to vo výške 541,62 €·ha<sup>-1</sup> a hektárovou rentabilitou 163,94 %. V roku 2014 sa najvyšší zisk vo výške 677,32 €·ha<sup>-1</sup> dosiahol na kontrolnom variante s konvenčnou agrotechnikou. V roku 2015 boli ziskové všetky varianty s vyšším ziskom na nehnojených kontrolách. V porovnaní rokov sa najnižšie zisky dosahovali v roku 2015, čo má súvis s nižšími úrodami v danom roku a nepriaznivým priebehom poveternostných faktorov. Nižšie zisky pri aplikácii pôdneho kondicionéru PRP SOL sa budú kompenzovať v nasledujúcich rokoch, keď bude ešte doznievať účinok prípravku na pôdne prostredie a bude vplývať na úrody následných plodín.

**Kľúčové slová:** pôdny kondicionér, obrábanie pôdy, proso siate, ekonomická analýza

### **Abstract**

Efficiency of using PRP SOL soil conditioner in cultivation of millet was verified on heavy soils of the East Slovak Lowland. NPPC – Agroecology Research Institute has Experimental workplace in Milhostov, where between years 2013 and 2015 the field treatment with millet was carried out. Two soil tillage technologies, namely conventional and reduce tillage, and two

fertilization variants, namely control variant and variant with soil conditioner PRP SOL, were examined. The economy effectiveness of experimental variants of millet cultivation was evaluated. In 2013, despite of lower production per hectare the reduce tillage variant without fertilization was more gain and that's 541.62 € ha<sup>-1</sup> and profitability per hectare was 163.94 %. In 2014, the highest profit 677.32 € ha<sup>-1</sup> was reached in the control variant with conventional tillage. In 2015, all variants were profitable, with higher gains on control no-fertilized variants. From point of view of experimental years, the lowest gains were achieved in 2015. It connects with lower yield in this year and also with unfavourable course of weather factors. Lower gains from variants with application of PRP SOL soil conditioner will be compensate in next years, when will be exert impact of this conditioner on soil environment and will effected of consecutive crops.

**Key words:** soil conditioner, soil tillage, millet, economic analysis

## ÚVOD

K degradácii pôdy dochádza aj na ťažkých pôdach Východoslovenskej nížiny. Prebiehajú tu procesy chemickej degradácie, dochádza k tzv. okysľovaniu pôdy (Kotorová, Šoltysová 2015). Na riešenie tohto problému sa realizujú pokusy s pôdnymi kondicionermi a zlepšovateľmi pôdy. Na priaznivé pôsobenie pôdných pomocných látok vo svojich príspevkoch poukazujú mnohí autori, ako napr. Tóth et al. (2013), Hnát (2016), Kováč, Jakubová (2017) a ďalší.

Proso siate patrí medzi najstaršie pestované obilniny na svete. V súčasnosti je základnou potravinou pre viac ako 400 miliónov ľudí. Obsahuje polyfenoly s antioxidantným účinkom (Léder 2010). Proso je bezpečná obilnina, a preto je vhodná pre výrobu potravín pre celiakov (Janovská 2014). Z prosa je možné vyrobiť aj slad, ktorý sa využije pri varení piva pre ľudí trpiacich celiakiou (Zamkow et al. 2010; De Meo et al. 2011). Využitie prosa nadobúda na význame v súčasnom období v súvislosti s klimatickými zmenami, s častými a dlhšími periódami sucha a to z dôvodu jeho vysokej suchovzdornosti (Agdag et al. 2006).

Cieľom príspevku je overiť ekonomickú efektívnosť využitia pôdneho kondicionera PRP SOL pri pestovaní prosa siateho.

## MATERIÁL A METÓDA

Samotný pokus s prosom siatym bol založený v roku 2013 v poľnom stacionárnom pokuse v Milhostove s pevným osevným postupom plodín. Pôdy sú tu fluvizeme glejové, ktoré sú charakterizované ako ťažké, ílovito-hlinité pôdy s priemerným obsahom ílovitých častíc vyšším ako 53 %. Pokus sa založil

pri dvoch úrovniach obrábania pôdy: KA – konvenčná agrotechnika, RA – redukovaná agrotechnika a dvoch úrovniach výživy: kontrola a aplikácia pôdneho kondicionéra PRP SOL.

Pri konvenčnom obrábaní pôdy sa po zbere predplodiny urobila podmiетка, potom stredná orba a predsejbová príprava radličkovým kypričom a sialo sa sejačkou Pnusej. Pri redukovanom variante sa po zbere predplodiny urobila podmiетка radličkovým podmietačom a pred sejbou sa pôda pripravila radličkovým kypričom. V rámci obrábaní pôdy boli dva varianty hnojenia. Pri kontrolnom variante sa neaplikovali žiadne hnojivá ani kondicionéry. Na PRP SOL variante bolo pri predsejbovej príprave aplikovaných 200 kg.ha<sup>-1</sup> kondicionéru PRP SOL. V sledovanom období sa sledoval vplyv kondicionéra na úrodu a ekonomická efektívnosť jeho použitia.

Na hodnotenie nákladov strojových súprav a pracovných operácií sa využili normatívy podľa Kavku (2006) a podľa Abrhama et al. (2007) prepočítané do podmienok ťažkých pôd Východoslovenskej nížiny. Celková produkcia bola vypočítaná na základe skutočne realizovanej produkcie a dohodnutej zmluvnej ceny.

Ekonomická efektívnosť pestovateľských technológií bola hodnotená podľa metodiky (Poláčková et al. 2010).

Výpočet ekonomickej efektívnosti:

produkcia [€·ha<sup>-1</sup>] = úroda [t·ha<sup>-1</sup>] × realizačná cena [€·t<sup>-1</sup>]

zisk/strata [€·ha<sup>-1</sup>] = produkcia [€·ha<sup>-1</sup>] - náklady [€·ha<sup>-1</sup>]

zisk/strata [€·t<sup>-1</sup>] = realizačná cena [€·t<sup>-1</sup>] - náklady [€·t<sup>-1</sup>]

miera rentability na ha [%] = [zisk/strata (v €·ha<sup>-1</sup>) : náklady (v €·ha<sup>-1</sup>)] × 100

výnosový prah pre nulovú rentabilitu [t·ha<sup>-1</sup>] = náklady [€·ha<sup>-1</sup>] : realizačná cena [€·t<sup>-1</sup>]

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

V pokuse bolo proso siate zakladané pri dvoch technológiách obrábania pôdy. V rámci technológií boli dva varianty výživy. Prvý variant bol bez hnojenia a na druhý sa aplikoval pôdny kondicionér PRP SOL. Ekonomická efektívnosť jednotlivých variantov pokusu v roku 2013 je uvedená v tabuľke 1. Materiálové náklady boli vyššie na variante s aplikáciou PRP SOL, čo súvisí s nákladmi na nákup pôdneho kondicionéra. Na variante s PRP SOL boli aj vyššie náklady na mechanizované práce, ktoré majú súvis s aplikáciou kondicionéra. Pri konvenčnom obrábaní pôdy s aplikáciou PRP SOL boli celkové náklady na úrovni takmer 565 €·ha<sup>-1</sup>. Pri redukovanom obrábaní pôdy s aplikáciou PRP SOL sa náklady znížili takmer o 80 €·ha<sup>-1</sup>. Najnižšie náklady boli pri redukovanej agrotechnike a to vo výške 330,38 €·ha<sup>-1</sup>. Aplikáciou PRP SOL sa pri konvenčnej agrotechnike zvýšili úrody len o 0,25 t·ha<sup>-1</sup> a pri redukovanej o 0,38 t·ha<sup>-1</sup>.

**Tabuľka 1.** Náklady a ekonomika pestovania prosa v roku 2013

Ukazovateľ	Jednotka	2013			
		KA	RA	KA	RA
		kontrola		PRP SOL	
Materiálové náklady	[€·ha <sup>-1</sup> ]	81,10	102,85	225,10	246,85
Náklady na mechanizované práce	[€·ha <sup>-1</sup> ]	208,23	133,74	214,56	140,07
<b>Variabilné náklady spolu</b>	<b>[€·ha<sup>-1</sup>]</b>	<b>289,33</b>	<b>236,59</b>	<b>439,66</b>	<b>386,92</b>
Fixné náklady	[€·ha <sup>-1</sup> ]	120,52	93,79	124,72	97,99
<b>Celkové náklady</b>	[€·ha <sup>-1</sup> ]	<b>409,85</b>	<b>330,38</b>	<b>564,38</b>	<b>484,91</b>
Úroda	[t·ha <sup>-1</sup> ]	1,93	2,18	2,10	2,48
Cena za jednotku	[€·t <sup>-1</sup> ]	400,00	400,00	400,00	400,00
Celková produkcia	[€·ha <sup>-1</sup> ]	772,00	872,00	840,00	992,00
<b>Výsledok hospodárenia na ha</b>	<b>[€·ha<sup>-1</sup>]</b>	<b>362,15</b>	<b>541,62</b>	<b>275,62</b>	<b>507,09</b>
Rentabilita na ha	[%]	88,36	163,94	48,83	104,57
Výnosový prah pre nulovú rentabilitu	[t·ha <sup>-1</sup> ]	1,02	0,83	1,41	1,21

**Legenda:** KA – konvenčná agrotechnika, RA – redukovaná agrotechnika

Realizačná cena prosa sa v roku 2013 pohybovala na úrovni 400 €·t<sup>-1</sup>. Pri tejto cene sa najvyššia produkcia dosiahla na redukovanej agrotechnike pri aplikácii PRP SOL, a to vo výške 992 €·ha<sup>-1</sup>. Na tomto variante sa dosiahol zisk 507,09 €·ha<sup>-1</sup>. Napriek nižšej produkcii z hektára bol ziskovejší variant s redukovanou agrotechnikou bez hnojenia, a to vo výške 541,62 €·ha<sup>-1</sup>. Hektárová rentabilita tohto variantu bola 163,94 %. Tento variant by bol ziskový už pri dosiahnutí úrody presahujúcej 0,83 t·ha<sup>-1</sup>.

V roku 2014 sa náklady oproti roku 2013 výrazne nemenili. Realizačná cena však poklesla na 350 €·ha<sup>-1</sup>. V porovnaní s rokom 2013 sa dosiahli výrazne vyššie úrody presahujúce 3 t z hektára pri konvenčných obrábaniach pôdy. Z tohto dôvodu sa pri konvenčných variantoch dosiahla nielen vyššia produkcia, ale aj vyšší zisk ako na variantoch s redukovaným obrábaním pôdy. Pri porovnaní kontroly a aplikácie PRP SOL boli ziskovejšie kontrolné varianty bez hnojenia. Najvyšší zisk sa dosiahol na kontrolnom variante s konvenčnou agrotechnikou vo výške 677,32 €·ha<sup>-1</sup> a pri hektárovej rentabilite vyše 166 %.

**Tabuľka 2.** Náklady a ekonomika pestovania prosa v roku 2014

Ukazovateľ	Jednotka	2014			
		KA	RA	KA	RA
		kontrola		PRP SOL	
Materiálové náklady	[€.ha <sup>-1</sup> ]	80,93	103,43	240,93	263,43
Náklady na mechanizované práce	[€.ha <sup>-1</sup> ]	206,23	132,44	212,51	138,72
<b>Variabilné náklady spolu</b>	<b>[€.ha<sup>-1</sup>]</b>	<b>287,16</b>	<b>235,87</b>	<b>453,44</b>	<b>402,15</b>
Fixné náklady	[€.ha <sup>-1</sup> ]	120,52	93,79	124,72	97,99
<b>Celkové náklady</b>	<b>[€.ha<sup>-1</sup>]</b>	<b>407,68</b>	<b>329,66</b>	<b>578,16</b>	<b>500,14</b>
Úroda	[t.ha <sup>-1</sup> ]	3,10	2,20	3,20	2,19
Cena za jednotku	[€.t <sup>-1</sup> ]	350,00	350,00	350,00	350,00
Celková produkcia	[€.ha <sup>-1</sup> ]	1085,00	770,00	1120,00	766,50
<b>Výsledok hospodárenia na ha</b>	<b>[€.ha<sup>-1</sup>]</b>	<b>677,32</b>	<b>440,34</b>	<b>541,84</b>	<b>266,36</b>
Rentabilita na ha	[%]	166,14	133,57	93,72	53,26
Výnosový prah pre nulovú rentabilitu	[t.ha <sup>-1</sup> ]	1,16	0,94	1,65	1,43

**Legenda:** KA – konvenčná agrotechnika, RA – redukovaná agrotechnika

**Tabuľka 3.** Náklady a ekonomika pestovania prosa v roku 2015

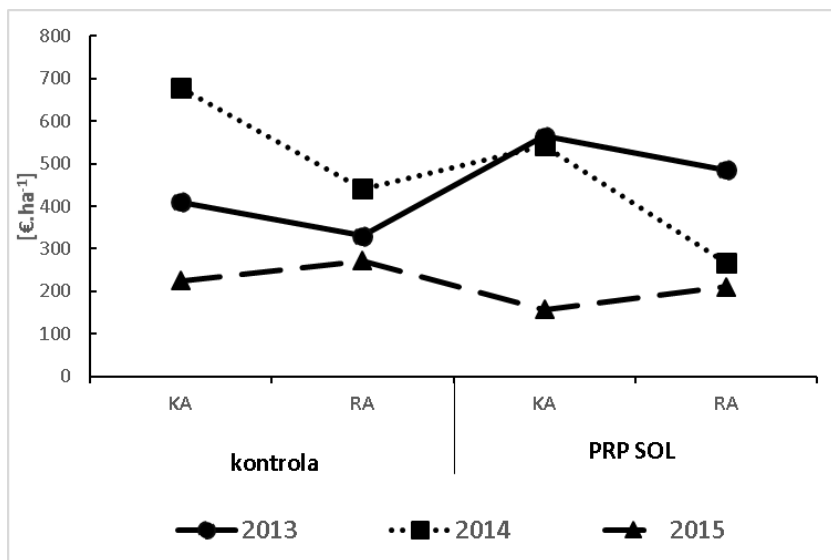
Ukazovateľ	Jednotka	2015			
		KA	RA	KA	RA
		kontrola		PRP SOL	
Materiálové náklady	[€.ha <sup>-1</sup> ]	85,55	109,85	249,55	273,85
Náklady na mechanizované práce	[€.ha <sup>-1</sup> ]	195,71	125,61	201,72	131,63
<b>Variabilné náklady spolu</b>	<b>[€.ha<sup>-1</sup>]</b>	<b>281,25</b>	<b>235,46</b>	<b>451,27</b>	<b>405,48</b>
Fixné náklady	[€.ha <sup>-1</sup> ]	120,52	93,79	124,72	97,99
<b>Celkové náklady</b>	<b>[€.ha<sup>-1</sup>]</b>	<b>401,77</b>	<b>329,25</b>	<b>575,99</b>	<b>503,47</b>
Úroda	[t.ha <sup>-1</sup> ]	1,65	1,58	1,93	1,88
Cena za jednotku	[€.t <sup>-1</sup> ]	380,00	380,00	380,00	380,00
Celková produkcia	[€.ha <sup>-1</sup> ]	627,00	600,40	733,40	714,40
<b>Výsledok hospodárenia na ha</b>	<b>[€.ha<sup>-1</sup>]</b>	<b>225,23</b>	<b>271,15</b>	<b>157,41</b>	<b>210,93</b>
Rentabilita na ha	[%]	56,06	82,36	27,33	41,90
Výnosový prah pre nulovú rentabilitu	[t.ha <sup>-1</sup> ]	1,06	0,87	1,52	1,32

**Legenda:** KA – konvenčná agrotechnika, RA – redukovaná agrotechnika

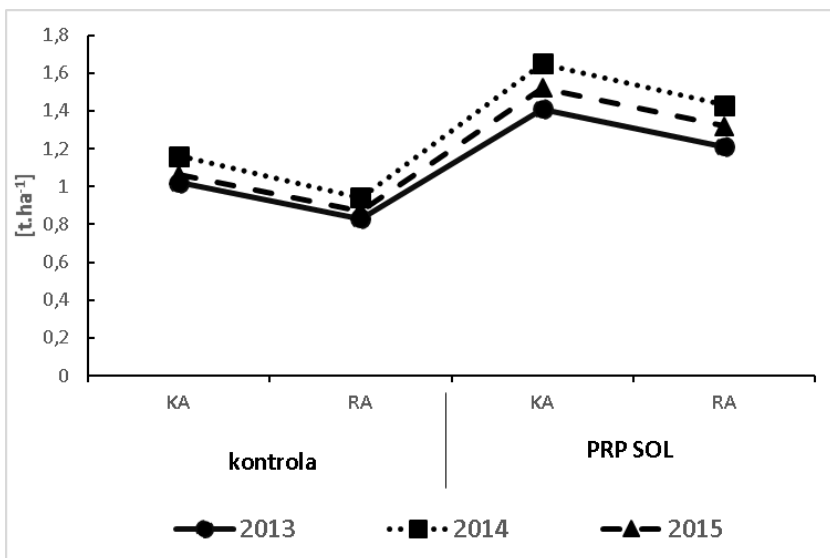
V roku 2015 sa náklady na pestovanie prosa výrazne nemenili. V porovnaní s rokom 2014 boli úrody výrazne nižšie, najmä na nehnojenej kontrole. Napriek nárastu realizačnej ceny na 380 €·ha<sup>-1</sup>, celková produkcia na všetkých variantoch zaostala za rokom 2014. Ziskové boli obidva varianty s vyšším ziskom na kontrolách. Najmenej ziskový bol variant s konvenčnou agrotechnikou a aplikáciou PRP SOL, a to vo výške 157,41 €·ha<sup>-1</sup> a s najnižšou hektárovou rentabilitou 27,33 %.

Na grafe 1. je zobrazený výsledok hospodárenia na hektár. Z grafu je zrejmé, že najvyšší zisk na hektár sa dosahoval v roku 2015 pri klasickej agrotechnike a s aplikáciou PRP SOL.

Na grafe 2. je vyjadrený priebeh výnosového prahu pre nulovú rentabilitu pestovania prosa. V sledovaných rokoch pre nulovú rentabilitu stačilo dosiahnuť najnižšiu úrodu prosa v roku 2013 pri redukovanej agrotechnike a kontrole 0,87 t·ha<sup>-1</sup>.



**Graf 1:** Výsledok hospodárenia prosa v rokoch 2013 – 2015 v € na ha



**Graf 2:** Výnosový prah pre nulovú rentabilitu úrod prosa v rokoch 2013 - 2015

## ZÁVER

- V roku 2013 sa najvyššia produkcia dosiahla na redukovanej agrotechnike pri aplikácii PRP SOL, a to vo výške 992 €. $\text{ha}^{-1}$  pri zisku 507,09 €. $\text{ha}^{-1}$ . Napriek nižšej produkcii z hektára bol ziskovejší variant s redukovanou agrotechnikou bez hnojenia, a to vo výške 541,62 €. $\text{ha}^{-1}$  a hektárovou rentabilitou 163,94 %.
- V roku 2014 sa na konvenčných variantoch dosiahla nielen vyššia produkcia, ale aj vyšší zisk ako na variantoch s redukovaným obrábaním pôdy. Pri porovnaní kontroly a aplikácie PRP SOL boli ziskovejšie kontrolné varianty bez hnojenia. Najvyšší zisk sa dosiahol na kontrolnom variante s konvenčnou agrotechnikou vo výške 677,32 €. $\text{ha}^{-1}$ .
- V roku 2015 celková produkcia na všetkých variantoch zaostala za rokom 2014. Ziskové boli všetky varianty s vyšším ziskom na nehnojených kontrolách. Najmenej ziskový bol variant s konvenčnou agrotechnikou a aplikáciou PRP SOL, a to vo výške 157,41 €. $\text{ha}^{-1}$ .
- Z pohľadu praxe možno odporúčať využitie pôdneho kondicionéru PRP SOL, ktorého aplikácia v danom roku zvyšuje náklady, ale účinnosť prípravku je rozložená na 2-3 roky.

## LITERATÚRA

1. Abrham, Z., et al.: Technické a technologické normativy pro zemědělskou výrobu. Praha : VUZT , 2007, no. 5, 29 p. ISBN 978-86884-26-4.
2. Agdag M. et al.: Row spacing affects grain yield and other agronomic characters of proso millet. *Commun. Soil Sci. Plant Analysis* 32(13 & 14):2021– 2032.
3. De Meo B. et al.: Behaviour of Malted Cereals and PseudoCereals for Gluten-Free Beer Production. *J. Inst. Brew.* 117(4), 541–546, 2011.
4. HNÁT A. 2016: Vplyv pomocných látok na úrodu a kvalitu potravinárskej kukurice. 1. vyd. Lužianky : NPPC – Výskumný ústav agroekológie Michalovce, 2016. 38 s. ISBN 978-80-971644-6-1
5. Janovská D.: Pohanka, proso a amarant – pôvodní i nové alternativity pro bezlepkovú dietu. In: *Genetické zdroje rastlín a zdrava výživa*. Ministerstvo zemědělství. Praha, 2014, str. 47-49. ISBN 978-80-7434-174-8.
6. KOTOROVÁ, D. – ŠOLTYSOVÁ, B. 2015: Vplyv pôdnych pomocných látok na fyzikálne a chemické vlastnosti pôd. 1. vyd. Lužianky : NPPC – Výskumný ústav agroekológie Michalovce, 2015. 95 s. ISBN 978-80-971644-4-7.
7. KOVÁČ, L. –JAKUBOVÁ, J. 2017: Teplomilné plodiny na ťažkých pôdach a ekonomika ich pestovania. 1. vyd. Michalovce: NPPC-VÚA Michalovce, 2017, 68 s. ISBN 978-80-971644-7-8.
8. Kavka, M.: Normativy zemědělských výrobních technologií. Praha : ÚZPI, 2006. 376 s. ISBN80-7271-164-4
9. Léder, F.: Az alternatív növények élelmezési jelentősége. In: *Az alternatív növények szerepe az Észak-alföldi Régióban* (Szerk.: Gondola, I.), DE AGTC KIT Kutatóintézet, Nyíregyháza, pp. 107-130., ISBN 978-963-473-386-7
10. Poláčková, J.et al.: Metodika kalkulací nákladů a výnosů v zemědělství. Praha : ÚZEI , 2010, 58 p. ISBN 978-80-86671-75-8.
11. TÓTH, Š. et al. 2013: Význam a efekt pôdnych zlepšovateľov rôzneho typu pri ich použití v podmienkach diferencovanej intenzity obrábania pôdy. Michalovce : CVRV-VÚA, 2013, 112 s. ISBN 978-80-89417-46-9.
12. Zarnkow M. et al.: Optimisation of the Mashing Procedure for 100% Malted Proso Millet (*Panicum miliaceum* L.) as a Raw Material for Gluten-free Beverages and Beers. *J. Inst. Brew.* 116(2), 141–150, 2010



## **Pod'akovanie**

Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: Udržateľné systémy inteligentného farmárstva zohľadňujúce výzvy budúcnosti 313011W112, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Korešpondenčná adresa:

Ing. Ladislav Kováč, PhD.

Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum –

Výskumný ústav agroekológie Michalovce,

Špitálska 1273, 071 01 Michalovce

Email: ladislav.kovac@nppc.sk

# VPLYV POMOČNÝCH LÁTOK NA ÚRODU ZRNA KUKURICE SIATEJ (*Zea mays* L.)

## SUPPLEMENTARY SUBSTANCES IMPACT ON MAIZE GRAIN YIELD (*Zea mays* L.)

Andrej HNÁT

*Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum – Výskumný ústav  
agroekológie Michalovce*

### **Abstrakt**

Vplyv pôdnych a rastlinných kondicionérov na úrodu zrna kukurice (hybrid Elzea (FAO 360)) sa sledoval na experimentálnom pracovisku NPPC – Výskumného ústavu agroekológie Michalovce. Maloparcelkový pokus bol realizovaný v rokoch 2013 – 2015 na fluvizemi glejovej na troch variantoch obrábania pôdy (klasická, redukovaná, no-till) v podmienkach bez závlah. Pôdne kondicionéry sa aplikovali v týchto dávkach: mletý vápenec - 200 kg.ha<sup>-1</sup>, PRP SOL – 200 kg.ha<sup>-1</sup>, HUMAC Agro – sledoval sa len následný vplyv po jeho aplikácii v rokoch 2010, 2011 a 2012, kedy sa aplikoval každoročne v množstve 500 kg.ha<sup>-1</sup>. Rastlinné pomocné látky PRP EBV a NANO-GRO sa aplikovali vo fáze 4. – 8. listu kukurice v dávke 2,0 l.ha<sup>-1</sup>, resp. 6 granúl na hektár. Na všetkých variantoch sa použil dusík 90 kg.ha<sup>-1</sup>, z toho 60 kg.ha<sup>-1</sup> pred sejbou a 30 kg.ha<sup>-1</sup> v rastovej fáze 4. – 8. listu kukurice. Úrody zrna kukurice sú zhodnotené viacfaktorovou analýzou rozptylu.

**Kľúčové slová:** kukurica siata, obrábanie pôdy, pomocné látky, úroda zrna

### **Abstract**

The impact of soil and plant conditioners on the grain yield of maize (hybrid Elzea (FAO 360)) was monitored at the experimental workplace of the NAFC – Agroecology Research Institute Michalovce. A small plot experiment was carried out on Gleyic Fluvisols at three variants of tillage (conventional, reduced, no-till) without irrigation in the years 2013 – 2015. Soil conditioners were applied at rates: ground limestone - 200 kg ha<sup>-1</sup>, PRP SOL - 200 kg ha<sup>-1</sup>, HUMAC Agro - the carry-over effect was observed after its annual application at application rate 500 kg ha<sup>-1</sup> in 2010, 2011 and 2012. The plant supplementary substances PRP EBV and NANO-GRO were applied at growth stage 4 – 8 maize leaves fully emerged at rate of 2.0 l ha<sup>-1</sup>, respectively. 6 granules per hectare. Nitrogen was used in all variants at application rate 90 kg ha<sup>-1</sup>, of which

60 kg ha<sup>-1</sup> in pre-sowing application and 30 kg ha<sup>-1</sup> in application at growth stage 4 – 8 maize leaves fully emerged. Maize grain yields are evaluated by multifactorial analysis of variance.

**Key words:** maize, tillage, supplementary substances, yield

## ÚVOD

Pôdne a rastlinné pomocné látky – kondicionéry (t. j. upravovače, zlepšovače) sú produkty pridávané do pôdy alebo priamo na rastliny s účelom zlepšenia – v prípade pôdnych kondicionérov – kvality pôdy (pôdnej štruktúry i iných pôdnych vlastností, hospodárenia s vlhkou, obsahu živín, pôdnej reakcie a i.) a prostredníctvom toho (v prípade pôdnych, ale najmä rastlinných pomocných látok) zlepšenia rastu rastlín a ich zdravotného stavu, čo sa môže prejaviť vo zvýšenej úrode alebo aj v zlepšenej kvalite trhového produktu. Ide o veľmi špecifickú a rôznorodú skupinu látok na báze prírodných substrátov organických i neorganických látok, alebo vedľajších produktov z výroby, často s obsahom rôznych aktivátorov, aj na báze živých organizmov. Používajú sa najmä v záhradníctve, zeleninárstve, ovocinárstve a postupne sa začínajú skúšať a uplatňovať aj v poľných plodinách na ornej pôde. Pôdnymi a rastlinnými pomocnými látkami, ktoré sú predmetom hodnotenia v príspevku, sa okrem iných zaoberali Golebiowska a Ptak (1996), Gonet a Cerny (1996), Antošová et al. (2007), Grgic et al. (2011), Krzywy-Gawrońska a Woloszyk (2011), Sulewska et al. (2011), Alasic (2012), Podhrázká et al. (2012) a Rašovský et al. (2020).

## MATERIÁL A METÓDA

Pokus s kukuricou siatou pestovanou na zrno hybrid Elzea (FAO 360) bol založený v poľných stacionárnych pokusoch experimentálneho pracoviska Výskumného ústavu agroekológie Michalovce v Milhostove na ťažkej fluvizemi glejovej (FM<sub>G</sub>) v prirodzených podmienkach (bez závlah) v rokoch 2013 – 2015. Kukurica bola pestovaná v 4-honovom osevnom postupe: kukurica siata na zrno – jačmeň siaty jarný – sója fazuľová – pšenica letná forma ozimná. Bol to poľný maloparcelkový trojfaktorový pokus v troch opakovaniach. Prehľad sledovaných variantov pre kukuricu je uvedený v tabuľke 1.

**Tab. 1** Prehľad variantov v pokuse s pomocnými látkami v kukurici siatej pri troch diferencovaných spôsoboch obrábania pôdy (KA, RA, PS)

Varianty	Dávka dusíka <sup>3)</sup> [kg.ha <sup>-1</sup> ]	Dávky kondicionérov
kontrola	90	-
kontrola + PRP EBV <sup>1)</sup>	90	2,0 l.ha <sup>-1</sup>
kontrola + NANO-GRO <sup>2)</sup>	90	6 granúl.ha <sup>-1</sup>
mletý vápenec	90	200 kg.ha <sup>-1</sup>
mletý vápenec + PRP EBV <sup>1)</sup>	90	200 kg + 2,0 l.ha <sup>-1</sup>
mletý vápenec + NANO-GRO <sup>2)</sup>	90	200 kg + 6 granúl.ha <sup>-1</sup>
PRP SOL	90	200 kg.ha <sup>-1</sup>
PRP SOL + PRP EBV <sup>1)</sup>	90	200 kg + 2,0 l.ha <sup>-1</sup>
PRP SOL + NANO-GRO <sup>2)</sup>	90	200 kg + 6 granúl.ha <sup>-1</sup>
HUMAC AGRO 10 <sup>4)</sup>	90	500 kg.ha <sup>-1</sup>
HUMAC AGRO 11 <sup>5)</sup>	90	500 kg.ha <sup>-1</sup>
HUMAC AGRO 12 <sup>6)</sup>	90	500 kg.ha <sup>-1</sup>

kde: <sup>1)</sup> aplikácia PRP EBV vo fáze 4 – 8 listov; <sup>2)</sup> aplikácia NANO – GRO vo fáze 4 - 8 listov; <sup>3)</sup> 60 kg N v základnom hnojení a 30 kg N vo fáze 4 - 8 listov; <sup>4)</sup> aplikácia v roku 2010; <sup>5)</sup> aplikácia v roku 2011; <sup>6)</sup> aplikácia v roku 2012

#### Použitie pôdne pomocné látky (kondicionéry):

"PRP SOL" je rozmetateľný granulát na báze uhličitanov vápenatých a horečnatých a technologických prísad podľa postupu MIP (železo, zinok, bór, sodík, mangán a i.). Všetky tieto látky sú spojené rozpustným pojivom rastlinného pôvodu – lignosulfonátom. Obsahuje 35 % oxidu vápenatého a 8 % oxidu horečnatého, jeho pH je 7,7 a je použiteľný v ekologickom poľnohospodárstve.

"HUMAC Agro" je prírodný stimulátor úrodnosti pôdy. Je to oxihumolit s vysokým obsahom humínových kyselín (min. 62 % v sušine, z toho obsah voľných humínových kyselín je min. 50 % v sušine). V malých množstvách (mg. kg<sup>-1</sup>) obsahuje vápnik, sodík, železo, draslík, bróm, zinok, meď, selén a iné prvky.

Mletý vápenec – prírodný certifikovaný produkt, mletý na frakciu o veľkosti od 0,0 do 4,0 mm, čo spôsobuje jeho pozvoľnejšiu účinnosť.

#### Rastlinné pomocné látky (kondicionéry):

PRP EBV – je pomocný rastlinný prípravok obohatený o draslík vo forme roztoku určený k foliárnej aplikácii. Vyvážený pomer minerálnych zložiek obsiahnutých v PRP EBV napomáha funkcii rastlinných buniek exponovanej hornej strany listov. Súčasne znižuje vplyvy mechanického, chemického a klimatického stresu.

*NANO-GRO* – je produkt americkej spoločnosti Agro Nanotechnology Corporation k zvýšeniu imunity rastlín. Tento organický prípravok byl vytvorený s použitím nanotechnológie. Sírany prvkov Fe, Co, Al, Mg, Mn, Ni, Ag v nanomólových koncentráciách ( $10^{-9}$  mol), obsiahnuté v oligosacharidovej granulke veľkosti približne 3 mm, spúšťajú obranný mechanizmus rastliny bez vzniku skutočného stresového faktoru a spôsobujú intenzívny rast rastlín, vyššiu úrodu, vysokú kvalitu úrody, zvýšenú odolnosť rastlín voči chorobám a iným stresovým podmienkam.

Všetky pomocné látky sa aplikovali pri troch spôsoboch obrábania pôdy: konvenčné obrábanie, pozostávajúce z bežných agrotechnických opatrení s orbou (KA); redukované obrábanie – plytké spracovania pôdy radličkovým kypričom 2× bez jej obracania (RA); priama sejba do neobrobenej pôdy, no-till (PS).

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Výsledky úrody zrna kukurice za jednotlivé pokusné roky pri troch diferencovaných spôsoboch obrábania pôdy – konvenčnej agrotechnike, redukovanej agrotechnike, priamej sejbe do neobrobenej pôdy a použití pôdnych a rastlinných kondicionérov sú uvedené v tabuľkách 2 – 4.

**Tab. 2** Úroda zrna kukurice v t. ha<sup>-1</sup> (rok 2013)

<b>Variant</b>	<b>KA</b>	<b>RA</b>	<b>PS</b>	$\bar{x}$	<b>Relatívne %</b>	
Kontrola	9,39	10,37	10,47	10,08		100,0
Kontrola+PPRP EBV	10,25	10,61	9,65	10,17		100,9
kontrola+NANO-GRO	9,60	8,03	10,89	9,51		94,3
<b>Priemer</b>	9,75	9,67	10,34	9,92	100,0	
HUMAC AGRO 10	10,70	10,00	10,70	10,47		100,0
HUMAC AGRO 11	9,48	9,86	9,34	9,56		91,3
HUMAC AGRO 12	11,95	9,82	10,51	10,76		102,8
<b>Priemer</b>	10,71	9,89	10,18	10,26	103,4	
PRP SOL	11,74	10,41	9,59	10,58		100,0
PRP SOL+PRP EBV	11,27	11,47	8,29	10,34		97,7
PRP SOL+NANO-GRO	10,62	9,40	8,05	9,36		88,5
<b>Priemer</b>	11,21	10,43	8,64	10,09	101,7	
mletý vápenec	10,76	9,96	9,74	10,15		100,0
mletý vápenec+PRP EBV	10,16	9,22	10,68	10,02		98,7
mletý vápenec+ NANO-GRO	8,95	9,32	10,21	9,49		93,5
<b>Priemer</b>	9,96	9,50	10,21	9,89	99,7	
<b>Celkový priemer</b>	10,41	9,87	9,84	10,04		

V roku 2013 v priemere za všetky spôsoby obrábania pôdy a v porovnaní s kontrolnými variantami sa dosiahol prírastok úrody zrna kukurice pri aplikácii pôdneho kondicionéru HUMAC AGRO o 3,4 % (o 0,34 t.ha<sup>-1</sup>) a pri aplikácii pôdneho kondicionéra PRP SOL (vrátane PRP EBV a NANO-GRO) o 1,7 % (o 0,17 t.ha<sup>-1</sup>).

V roku 2014, pri rovnakom porovnaní ako v roku 2013, sa vo variantoch s aplikáciou mletého vápenca (vrátane listových kondicionérov PRP EBV a NANO-GRO) zvýšila úroda zrna kukurice o 11,7 % (o 0,90 t.ha<sup>-1</sup>), pri aplikácii pôdneho kondicionéra PRP SOL (vrátane PRP EBV a NANO-GRO) o 8,7 % (o 0,67 t.ha<sup>-1</sup>) a pri aplikácii pôdneho kondicionéru HUMAC AGRO (vrátane PRP EBV a NANO-GRO) o 3,4 % (o 0,26 t.ha<sup>-1</sup>).

V roku 2015, pri rovnakom porovnaní ako v roku 2013, sa oproti kontrolným variantom znížila úroda pri všetkých variantoch s aplikáciou pôdnych a rastlinných pomocných látok od 5,0 % do 9,4 %.

**Tab. 3** Úroda zrna kukurice v t. ha<sup>-1</sup> (rok 2014)

<b>Variant</b>	<b>KA</b>	<b>RA</b>	<b>PS</b>	$\bar{x}$	<b>Relatívne %</b>	
kontrola	6,91	8,14	7,96	7,67		100,0
kontrola+PPRP EBV	7,29	8,14	7,63	7,69		100,3
kontrola+NANO-GRO	9,29	7,41	6,44	7,71		100,5
<b>Priemer</b>	7,83	7,90	7,34	7,69	100,0	
HUMAC AGRO 10	9,00	8,04	5,93	7,66		100,0
HUMAC AGRO 11	9,23	8,55	6,81	8,20		107,0
HUMAC AGRO 12	9,75	8,43	5,78	7,99		104,3
<b>Priemer</b>	9,33	8,34	6,17	7,95	103,4	
PRP SOL	8,14	7,55	9,07	8,25		100,0
PRP SOL+PRP EBV	10,09	8,53	8,02	8,88		107,6
PRP SOL+NANO-GRO	9,28	7,83	6,72	7,94		96,2
<b>Priemer</b>	9,17	7,97	7,94	8,36	108,7	
mletý vápenec	9,93	9,50	7,93	9,12		100,0
mletý vápenec+PRP EBV	10,01	8,09	8,47	8,86		97,1
mletý vápenec+NANO-GRO	9,92	6,84	6,62	7,79		85,4
<b>Priemer</b>	9,95	8,14	7,67	8,59	111,7	
<b>Celkový priemer</b>	9,07	8,09	7,28	8,15		

Z viacfaktorovej analýzy rozptylu úrody zrna kukurice vyplýva, že úroda bola štatisticky vysoko preukazne ovplyvnená všetkými tromi pokusnými faktormi – pokusným rokom, spôsobom obrábania pôdy a použitým kondicionérom (tabuľka 5).

Z mnohonásobného testu porovnávania úrody zrna kukurice (tabuľka 6) vyplývajú štatisticky preukazné rozdiely medzi úrodami zrna kukurice v jednotlivých pokusných rokoch, medzi jednotlivými spôsobmi obrábania pôdy a medzi niektorými variantami s použitím kondicionérov.

Z hľadiska rokov štatisticky preukazne najvyššia úroda bola dosiahnutá v roku 2013 – 10,04 t.ha<sup>-1</sup>, nižšia v roku 2014 – 8,15 t.ha<sup>-1</sup> a najnižšia v roku 2015 – 6,40 t.ha<sup>-1</sup>.

Z hľadiska spôsobov obrábania pôdy štatisticky preukazne najvyššia úroda bola dosiahnutá pri konvenčnej agrotechnike – 9,01 t.ha<sup>-1</sup>, nižšia pri redukovanej agrotechnike – 8,16 t.ha<sup>-1</sup> (nižšia oproti KA o 0,85 t.ha<sup>-1</sup>) a najnižšia pri priamej sejbe do neobrobenej pôdy – 7,41 t.ha<sup>-1</sup> (nižšia oproti KA o 1,60 t.ha<sup>-1</sup>).

**Tab. 4** Úroda zrna kukurice v t. ha<sup>-1</sup> (rok 2015)

<b>Variant</b>	<b>KA</b>	<b>RA</b>	<b>PS</b>	$\bar{x}$	<b>Relatívne %</b>	
Kontrola	7,42	6,59	5,28	6,43		100,0
Kontrola+PPRP EBV	8,14	7,19	6,10	7,14		111,0
kontrola+NANO-GRO	7,45	6,41	5,52	6,46		100,5
<b>Priemer</b>	7,67	6,73	5,63	6,68	100	
HUMAC AGRO 10	7,82	5,63	4,45	5,97		100,0
HUMAC AGRO 11	7,93	6,50	5,03	6,49		108,7
HUMAC AGRO 12	8,26	6,54	5,93	6,91		115,8
<b>Priemer</b>	8,00	6,22	5,14	6,46	95,0	
PRP SOL	6,39	7,43	4,46	6,09		100,0
PRP SOL+PRP EBV	6,72	7,80	6,26	6,93		113,8
PRP SOL+NANO-GRO	6,90	6,40	4,21	5,84		95,9
<b>Priemer</b>	6,67	7,21	4,98	6,29	92,5	
mletý vápenec	7,23	6,21	3,25	5,56		100,0
mletý vápenec+PRP EBV	8,60	5,75	5,27	6,54		116,8
mletý vápenec+NANO-GRO	7,95	5,80	5,42	6,39		114,9
<b>Priemer</b>	7,93	5,92	4,65	6,16	90,6	
<b>Celkový priemer</b>	7,57	6,52	5,10	6,40		

**Tab. 5** Viacfaktorová analýza rozptylu úrody zrna kukurice

Zdroj variability	d. f.	Priemerné štvorce	P
pokusné roky	2	358,908	++
obrábanie pôdy	2	69,7902	++
kondicionéry	11	2,4305	++
opakovanie	2	0,000100926	-
zvyšok	306	0,77548	
celkom	324		

kde: d. f. – stupne voľnosti; P – preukaznosť ( $^{++}< P 0,01$ ;  $^{+}P 0,01 - 0,05$ ;  $P > 0,05$ )

Štatisticky preukazný najvyšší rozdiel medzi kondicionérmi, až  $1,00 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , bol pri použití PRP SOL+PRP EBV ( $8,71 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) oproti PRP SOL + NANO-GRO ( $7,71 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ).

**Tab. 6** Mnohonásobný test porovnávania úrody zrna kukurice

Faktor		Úroda [t.ha <sup>-1</sup> ]	Homogénna skupina				
pokusné roky (Hd <sub>0,05</sub> = 0,23580)	2015	6,39556	x				
	2014	8,14639		x			
	2013	10,0406			x		
Obrábanie pôdy (Hd <sub>0,05</sub> = 0,23580)	BA	7,40778	x				
	RA	8,16028		x			
	KA	9,01444			x		
Kondicionéry (Hd <sub>0,05</sub> = 0,47161)	PRP SOL+NANO-GRO	7,71222	x				
	mletý vápenec+NANO-GRO	7,89222	x	x			
	kontrola+NANO-GRO	7,89333	x	x			
	HUMAC AGRO 10	8,03000	x	x	x		
	kontrola	8,05889	x	x	x		
	HUMAC AGRO 11	8,08111	x	x	x	x	
	mletý vápenec	8,27889		x	x	x	x
	PRP SOL	8,30889		x	x	x	x
	kontrola+PRP EBV	8,33333		x	x	x	x
	mletý vápenec+PRP EBV	8,47222			x	x	x
	HUMAC AGRO 12	8,55222				x	x
PRP SOL+PRP EBV	8,71667					x	

kde: Hd<sub>0,05</sub> - hraničná diferencia pri hladine  $\alpha = 0,05$ ;



Z celkových 66 porovnaní použitia kondicionérov boli zistené v 17 prípadoch štatisticky preukazné rozdiely v úrode zrna kukurice, ktoré sú uvedené v tabuľke 7. Vzájomný rozdiel v úrodách sa pri nich pohybuje v rozmedzí od 0,49 do 1,00 t.ha<sup>-1</sup>.

Z hľadiska počtosti prípadov a výšky rozdielu v úrode bolo najvýznamnejšie použitie kondicionéru PRP SOL (8 prípadov: z toho PRP SOL + PRP EBV – 6 prípadov, PRP SOL + NANO-GRO – 1 prípad a PRP SOL – 1 prípad). Potom nasledovalo použitie HUMAC AGRO aplikovaného v roku 2012 (5 prípadov). Nakoniec to bolo použitie mletého vápenca – 4 prípady, z toho mletý vápenec + PRP EBV – 3 prípady a samotný mletý vápenec – 1 prípad.

Pri použití PRP SOL a mletého vápenca sa dosiahla štatisticky preukazne vyššia úroda pri ich kombinácii s rastovým kondicionérom PRP EBV.

**Tab. 7** Varianty použitia kondicionérov s prekaznými rozdielmi v úrodách kukurice ( $Hd_{0,05} = 0,471616$ )

<b>Porovnávané varianty navzájom</b>	<b>Rozdiel v úrode [t.ha<sup>-1</sup>]</b>
PRP SOL+PRP EBV - PRP SOL+NANO-GRO	+1,00444
HUMAC AGRO 12 - PRP SOL+NANO-GRO	+0,840000
PRP SOL+PRP EBV - mletý vápenec+NANO-GRO	+0,824444
PRP SOL+PRP EBV - kontrola+NANO-GRO	+0,823333
mletý vápenec+PRP EBV - PRP SOL+NANO-GRO	+0,760000
PRP SOL+PRP EBV - HUMAC AGRO 10	+0,686667
HUMAC AGRO 12 - mletý vápenec+NANO-GRO	+0,660000
HUMAC AGRO 12 - kontrola+NANO-GRO	+0,658889
PRP SOL+PRP EBV - kontrola	+0,657778
PRP SOL+PRP EBV - HUMAC AGRO 11	+0,635556
PRP SOL+NANO-GRO - kontrola+PRP EBV	+0,621111
PRP SOL - PRP SOL + NANO-GRO	+0,596667
mletý vápenec+PRP EBV - mletý vápenec+NANO-GRO	+0,580000
mletý vápenec+PRP EBV - kontrola+NANO-GRO	+0,578889
mletý vápenec - PRP SOL NANO-GRO	+0,566667
HUMAC AGRO 12 - HUMAC AGRO 10	+0,522222
HUMAC AGRO 12 - kontrola	+0,493333

Priebeh priemerných teplôt vzduchu a úhrny zrážok za pokusné roky sú uvedené v tabuľke 9, resp. tabuľke 10.

**Tab. 8** Priemerné teploty vzduchu [°C] v Milhostove, rok 2013-2015

Mesiac	DP	2013	odch.	2014	odch.	2015	odch.
I.	-3,4	-2,0	+1,2	1,2	+4,6	0,4	+3,8
II.	-0,9	1,2	+2,1	2,6	+3,5	1,4	+2,3
III.	3,9	2,0	-1,9	8,4	+4,5	5,5	+1,6
IV.	10,0	11,4	+1,4	12,0	+2,0	9,9	-0,1
V.	15,0	16,2	+1,2	14,8	-0,2	15,1	+0,1
VI.	17,9	20,1	+2,2	18,8	+0,9	19,6	+1,7
VII.	19,4	21,1	+1,7	21,6	+2,2	22,4	+3,0
VIII.	18,7	21,7	+3,0	19,4	+0,7	23,7	+5,0
IX.	14,8	14,1	-0,7	16,5	+1,7	17,4	+2,6
X.	9,1	11,0	+1,9	10,8	+1,7	9,9	+0,8
XI.	3,6	6,6	+3,0	5,9	+2,3	4,7	+1,1
XII.	-1,1	0,1	+1,2	1,7	+2,8	2,5	+3,6
<b>Ø I.-XII.</b>	<b>8,9</b>	<b>10,3</b>	<b>+1,4 T</b>	<b>11,1</b>	<b>+2,2 VT</b>	<b>11,0</b>	<b>+2,1 VT</b>
<b>ØIV.-IX.</b>	<b>16,0</b>	<b>17,4</b>	<b>+1,4 N</b>	<b>17,2</b>	<b>+1,2 N</b>	<b>18,0</b>	<b>+2,0 T</b>

kde: DP - dlhodobý 30-ročný priemer 1961 – 1990; odch. – odchýlka

**Tab. 9** Mesačné úhrny zrážok [mm] v Milhostove, rok 2013 - 2015

Mesiac	DN	2013	odch.	2014	odch.	2015	odch.
I.	30	47	+17	36	+6	65	+35
II.	26	48	+22	38	+12	13	-13
III.	31	67	+36	20	-11	12	-19
IV.	41	41	0	46	+5	6	-35
V.	57	82	+2,5	76	+19	53	-4
VI.	70	78	+8	23	-47	49	-21
VII.	74	34	-30	154	+80	35	-39
VIII.	62	14	-48	96	+34	2	-60
IX.	44	49	+5	30	-14	82	+38
X.	38	19	-19	71	+33	93	+55
XI.	41	49	+8	11	-30	32	-9
XII.	36	2	-34	12	-24	5	-31
<b>Ø I.-XII.</b>	<b>550</b>	<b>530</b>	<b>-20 N</b>	<b>613</b>	<b>+63 V</b>	<b>447</b>	<b>-103 N</b>
<b>ØIV.-IX.</b>	<b>348</b>	<b>298</b>	<b>-50 S</b>	<b>425</b>	<b>+77 VV</b>	<b>227</b>	<b>-121 VS</b>

kde: DN – dlhodobý 30-ročný úhrn 1961 – 1990; odch. – odchýlka

Všetky tri pokusné roky sa z hľadiska zrážok i priemerných teplôt vzduchu výrazne odlišovali najmä vo vegetačnom období. Podľa vegetačného obdobia roka (pri hodnotení podľa Kožnarovej a Klabzuby, 2002) rok 2013 bol

zrážkovo suchý a teplotne normálny, rok 2014 zrážkovo veľmi vlhký a teplotne normálny a rok 2015 zrážkovo veľmi suchý a teplotne teplý.

Najvyššia priemerná úroda zrna kukurice sa dosiahla v roku 2013 - 10,04 t.ha<sup>-1</sup>, nižšia v roku 2014 - 8,15 t.ha<sup>-1</sup> a najnižšia v roku 2015 - 6,40 t.ha<sup>-1</sup>. Z uvedeného vyplýva, že veľmi vlhký (rok 2014) ako aj veľmi suchý (rok 2015) priebeh vegetačného obdobia znižoval úrodu kukurice.

Zvyšovanie úrod obilnín vplyvom prípravku PRP SOL zistili tiež Krzywy-Gawrońska a Woloszyk (2011) a Sulewska et al. (2011). HUMAC AGRO je vlastne oxyhumolit s 62 % obsahom huminových kyselín, čo je konštatácia opierajúca sa o charakteristiku prípravku predajcom. Pozitívny vplyv oxyhumolitu na intenzitu rastu a úrodu uvádzajú tiež Golebiowska a Ptak (1996), Gonet a Cerny (1996) a Antošová et al. (2007).

Zistenia o pozitívnom vplyve PRP SOL a HUMAC AGRO sú v súlade s našimi výsledkami. Rašovský et al. (2020) zistili štatisticky vysoko preukazný vplyv prípravku NANO-GRO pri aplikácii postrekom na úrodu zrna kukurice oproti neošetrenej kontrole. V našom pokuse sme zistili štatisticky preukazné zvýšenie úrody zrna kukurice o 0,62 t.ha<sup>-1</sup> pri spoločnej aplikácii PRP SOL + NANO-GRO oproti variantu kontrola + PRP EBV.

## ZÁVER

Z celkových 66 porovnaní použitia kondicionérov boli zistené v 17 prípadoch štatisticky preukazné rozdiely v úrode zrna kukurice so vzájomným rozdielom v úrodách v rozmedzí od 0,49 do 1,00 t.ha<sup>-1</sup>. Štatisticky preukazný najvyšší rozdiel medzi kondicionérmi, až 1,00 t.ha<sup>-1</sup>, bol pri použití PRP SOL+PRP EBV (8,71 t.ha<sup>-1</sup>) oproti PRP SOL + NANO-GRO (7,71 t.ha<sup>-1</sup>).

Z hľadiska početnosti prípadov a výšky rozdielu v úrode bolo najvýznamnejšie použitie kondicionéru PRP SOL (8 prípadov: z toho PRP SOL + PRP EBV - 6 prípadov, PRP SOL + NANO-GRO - 1 prípad a PRP SOL - 1 prípad). Potom nasledovalo použitie HUMAC AGRO aplikovaného v roku 2012 (5 prípadov). Nakoniec to bolo použitie mletého vápenca - 4 prípady, z toho mletý vápenec + PRP EBV - 3 prípady a samotný mletý vápenec - 1 prípad.

## LITERATÚRA

1. ALASIC, V. 2012. Usage of biophysiological soil activators in intensive agricultural production in relation to yield and soil quality. In: Glasnik Zastite Bilja, roč. 35, 2012, č. 5, s. 76-81.
2. ANTOŠOVÁ, B., NOVÁK, J., KOZLER, J., KUBÍČEK, J., KIMMEROVÁ, I. 2007. Methodic for testing biological activities of humic substances in higher plants. In: Barroso, M.I.: Reactive and functional polymers research

- advances. Nova science publisher, 2007, s.205-233. ISBN 978-1-60021-862-0
3. GOLEBIEWSKA, D., PTAK, W. 1996. The effect of humic acids on germination and parameters of wheat and rye seedlings. In: Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Szczecinie, Rolnictwo, 1996, č. 62, s. 145-152.
  4. GONET, S. S., DZIAMSKI, A., GONET, E. 1996. Application of humus preparations from oxyhumolite in crop production. In: Environment International, roč. 22, 1996, č. 5, s. 559-562.
  5. GRGIC, I., KNEZEVIC, Z.M., GRGIC, A. 2011. Effect of biophysiological activators of soil on sugarbeet yield and quality of agricultural soil. In: Glasnik Zastite Bilja, roč. 34, 2011, č. 6, s. 84-86.
  6. KOŽNAROVÁ, V. – KLABZUBA, J. 2002. Doporučení WMO pro popis meteorologických, resp. klimatologických podmínek definovaného období. In: Rostlinná výroba, roč. 48, 2002, č. 4, s. 190-192.
  7. KRZYVY-GAWROŃSKA, E., WOLOSZYK, C. 2011. Effect of compost produced by the GWDA method and PRP SOL on the yield of winter wheat and soil properties. In: Nawozy i Nawozenie, 2011, č. 43, s. 29-38.
  8. MIKULOVÁ, K. et al. 2015a. Klimatologické normály teploty vzduchu na Slovensku za obdobie 1961 – 1990. Národný klimatologický program Slovenskej republiky. 1. časť. Bratislava: SHMÚ, 2015. 135 s. ISBN 978-80-88907-92-3.
  9. MIKULOVÁ, K. et al. 2015b. Klimatologické normály atmosférických zrážok na Slovensku za obdobie 1961 – 1990. Národný klimatologický program Slovenskej republiky. 2. časť. Bratislava: SHMÚ, 2015. 640 s. ISBN 978-80-88907-93-0.
  10. PODHRÁZSKÁ J., KONEČNÁ J., KAMENÍČKOVÁ I., DUMBROVSKÝ M., 2012. Sledování vlivu podpurné látky PRP SOL na hydrofyzikální vlastnosti půdy při pěstování cukrové řepy. *Survey of the impact of PRP SOL subsidiary substance on the hydrophysical properties of soil at cultivation of sugar beet*. In: *Listy cukrov. řepař.*, 128, 2012 (4), s.128–133.
  11. RAŠOVSKÝ, M., PAČUTA, V. , ČERNÝ, I., ERNST, D. 2020. Zvýšenie úrody zrna kukurice siatej (*Zea mays* L.) vplyvom aplikácie bioaktívnych látok (*Grain yield by influence of bioactive compounds application*). In: Vedecké práce katedry rastlinnej výroby a trávnych systémov. 298 s. ISBN 978-80-552-2244-8. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2020, s. 239-243.
  12. SULEWSKA, H., KOZIARA, W., PANASIEWICZ, K., NIEWIADOMSKA, A. 2011. Reaction of winter wheat and spring barley

on PRP SOL fertilisation. In: Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, roč. 56, 2011, č. 4, s. 129-133.

### **Pod'akovanie**

Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: Udržateľné systémy inteligentného farmárstva zohľadňujúce výzvy budúcnosti 313011W112, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Korešpondenčná adresa:

Ing. Andrej Hnát – NPPC – Výskumný ústav agroekológie Michalovce,  
Špitálska 1273, 071 01 Michalovce

E-mail: andrej.hnat@nppc.sk

# APLIKÁCIA PÔDNEHO KONDICIONÉRU V ZRNOVOM CIROKU PRI RÔZNYCH AGROTECHNIKÁCH

## APPLICATION OF SOIL CONDITIONER IN SORGHUM UNDER DIFFERENT AGROTECHNICS

Ladislav KOVÁČ, Jana JAKUBOVÁ

*Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum – Výskumný ústav  
agroekológie Michalovce*

### **Abstrakt**

V rokoch 2013 až 2015 bol na experimentálnom pracovisku NPPC – VÚA v Milhostove založený pokus s cirokom na zrno. Pokus bol založený pri dvoch spôsoboch obrábania pôdy: konvenčnom a redukovanom a pri troch variantoch výživy: kontrola, aplikácia pôdneho kondicionéra PRP SOL a tretím variantom bola aplikácia PRP SOL v kombinácii s listovou aplikáciou PRP EBV. V pokuse boli hodnotené úrody zrna cirokov podľa variantov. Produkčné parametre cirokov boli vyhodnotené štatisticky. Pri ciroku sa potvrdili preukazne vyššie úrody pri jeho pestovaní konvenčnou agrotechnikou. Oproti kontrole sa preukazne zvýšili úrody pri aplikácii pôdneho kondicionéra PRP SOL. Listovou aplikáciou EBV sa už ďalej úrody ciroku preukazne nezvyšovali. Preukazne na úrodu vplýval ročník s priebehom meteorologických faktorov s najvyššími úrodami v roku 2014, pred rokom 2013 a rokom 2015.

**Kľúčové slová:** pôdny kondicionér, obrábanie pôdy, cirok zrnový, úrody zrna

### **Abstract**

Between years 2013 and 2015 the field treatments with sorghum were carried out in Milhostov, where is Experimental workplace of NPPC – ARI. Two soil tillage technologies, namely conventional and reduce tillage were used. Three fertilization variants, as follows: 1<sup>st</sup> control, 2<sup>nd</sup> soil conditioner PRP SOL, 3<sup>rd</sup> combination PRP SOL and foliar PRP EBV, were observed. The sorghum yields from experimental variants were valued. Production parameters of sorghum were statistically tested. Significantly higher yields of sorghum grains were confirmed for its farming under conventional tillage. The application of soil conditioner PRP SOL significantly increased sorghum yields in comparison with control variant. The sorghum yields have not increased further with the foliar application PRP EBV. Experimental year with course of weather conditions statistically significantly influenced sorghum yield. The highest yield was obtained in year 2014, lower in 2013 and 2015.

**Key words:** soil conditioner, soil tillage, sorghum, grain yields

## ÚVOD

Pôdne kondicionéry sú pôdne pomocné látky, ktoré riešia otázky súvisiace s udržením úrodnosti pôdy, najmä problémy s acidifikáciou pôdy a stabilizujú pôdnu reakciu (Szücs et al. 2014). S aplikáciou pôdnych kondicionérov a ich vplyvom na pôdne prostredie sa zaoberali mnohí autori, napr. Sulewska et al. (2011, 2012), Szymańska et al. (2012), Badalíková, Bartlová (2013), Kotorová, Šoltysová, Kováč (2015), ktorí skonštatovali, že sledovanie vplyvu pôdnych kondicionérov je potrebné realizovať v dlhšom časovom období.

Pestovanie ciroku na zrno je v mnohom podobné kukurici, najmä čo sa týka sejby, zberu a využitia strojových liniek. Kováč, Jakubová (2014) uvádzajú, že náklady na pracovné operácie pri pestovaní ciroku a kukurice sú takmer totožné. Problematická je pesticídna ochrana cirokov, lebo na herbicídy reagujú citlivejšie ako kukurica. Komplikovanosť tohto problému prezentovali vo svojich publikáciách napr. Ferrell et al. (2009), Chrappán a Bene (2006) a Newman (2010). Doterajšie výsledky výskumu potvrdzujú, že cirok zrnový je schopný sa adaptovať nielen na podmienky južného Slovenska, ale aj Východoslovenskej nížiny. Dosahujú dobré produkčné parametre a ich pestovanie je ekonomicky efektívne a ziskové (Jakubová, Kováč, Kotorová 2012; Kováč, Jakubová 2015; Kováč et al. 2015, 2016).

Cieľom príspevku bolo analyzovať vplyv agrotechniky a pôdnych látok na úrodu zrnových cirokov.

## MATERIÁL A METÓDA

Samotný pokus s cirokom zrnovým bol založený v roku 2013 v poľnom stacionárnom pokuse v Milhostove s pevným osevným postupom plodín. Pôdy sú tu luvizeme glejové, ktoré sú charakterizované ako ťažké, ílovito-hlinité pôdy s priemerným obsahom ílovitých častíc vyšším ako 53 %. V Milhostove je priemerná ročná teplota 8,9 °C a vo vegetačnom období 16,0 °C. Zrážkový normál je 550 mm za rok a za vegetačné obdobie 348 mm.

Pokus sa založil pri dvoch úrovniach obrábania pôdy: KA – konvenčná agrotechnika, RA – redukovaná agrotechnika a troch úrovniach výživy: kontrola, aplikácia pôdneho kondicionéra PRP SOL, aplikácia PRP SOL v kombinácii s listovou aplikáciou PRP EBV. Pri konvenčnom obrábaní pôdy sa po zbere predplodiny urobila podmieta, potom stredná orba a predsejbová príprava radličkovým kypričom a sialo sa sejačkou Pnusej. Pri redukovanom variante sa po zbere predplodiny urobila podmieta radličkovým podmietačom a pred sejbou sa pôda pripravila radličkovým kypričom. V rámci obrábaní pôdy boli tri varianty hnojenia. Pri kontrolnom variante sa neaplikovali žiadne hnojivá ani kondicionéry. Na PRP SOL variante bolo pri predsejbovej príprave

aplikovaných 200 kg.ha<sup>-1</sup> kondicionéru PRP SOL a na treťom variante okrem kondicionéru PRP SOL sa na list aplikoval rastlinný prípravok PRP EBV vo fáze 4-8 listov v dávke 2,0 l.ha<sup>-1</sup>.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Cirok zrnový zaraďujeme k teplomilným plodinám, ktoré pri tendenciách extrémnych výkyvov počasia súvisiacich s nerovnomerným rozdelením zrážok a zvyšovaním priemerných teplôt môžu nahradiť u nás tradične pestované plodiny. Z tohto aspektu sa výskumom pestovania zrnových cirokov zaoberáme od roku 2010. V príspevku hodnotíme úrody v pokusných rokoch 2013 – 2015, výsledky ktorých sú uvedené v tabuľke 1.

**Tabuľka 1** Úrody ciroku zrnového [t.ha<sup>-1</sup>] pri 13 % vlhkosti

Obrábanie pôdy	Hnojenie	2013	2014	2015
Konvenčné	Kontrola	4,29	4,59	2,30
	PRP SOL	4,34	4,84	2,45
	PRP SOL+EBV	4,41	5,62	2,39
Redukované	Kontrola	3,33	4,65	2,06
	PRP SOL	3,77	4,88	2,33
	PRP SOL+EBV	3,82	5,01	2,31

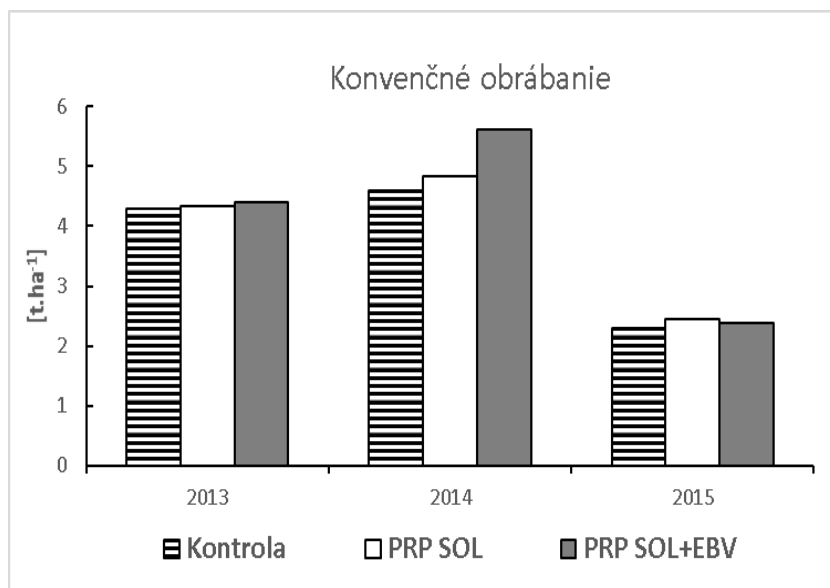
Rok 2013 bol veľmi teplý s odchýlkou +1,4 °C od dlhodobého teplotného normálu a zrážkovo normálny. Zrnové ciroky na konvenčnom variante dosahovali úrody zrna prevyšujúce 4 t z hektára. Pri redukovanej agrotechnike boli úrody nižšie. Na kontrolnom nehnojenom variante redukovanej agrotechniky boli vo výške 3,33 t.ha<sup>-1</sup>. Aplikáciou pôdneho kondicionéra PRP SOL sa úrody oproti kontrole zvýšili výraznejšie ako pri konvenčnej agrotechnike, a to o 0,44 t.ha<sup>-1</sup> a v kombinácii s prípravkom EBV o 0,49 t.ha<sup>-1</sup>.

Rok 2014 bol mimoriadne teplý. Oproti dlhodobému normálu o 2,2 °C, ale zrážkovo nadnormálny (613 mm). Oproti roku 2013 sa v roku 2014 dosiahli vyššie úrody na všetkých skúmaných variantoch. Rozdiely v úrodách medzi obrábaniami pôdy boli menej výrazné ako v roku 2013. Na variantoch s aplikáciou PRP SOL a EBV presiahli 5 t.ha<sup>-1</sup>. V roku 2014 sa dosiahla aj najvyššia úroda celého skúmaného obdobia, a to na konvenčnom variante s aplikáciou PRP SOL a EBV vo výške 5,62 t.ha<sup>-1</sup>.

V mimoriadne teplom (+2,1 °C) a suchom roku 2015 (447 mm) sa dosahovali najnižšie úrody, ktoré sa pohybovali v rozmedzí 2,06 až 2,45 t.ha<sup>-1</sup>, s mierne vyššími úrodami na konvenčnej agrotechnike. V teplotne a zrážkovo priaznivom roku sa aj na ťažkých pôdach Východoslovenskej nížiny



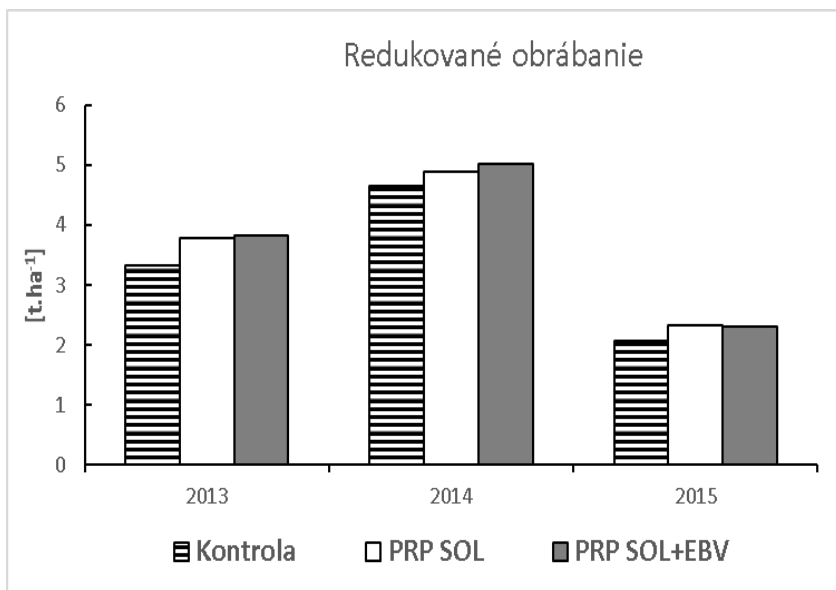
môžu dosahovať vysoké úrody. Ako uvádzajú Kováč a Jakubová (2014), v roku 2011 sa pri konvenčnej agrotechnike s orbou dosiahla priemerná úroda ciroku 11,34 t.ha<sup>-1</sup>. Úrody dosiahnuté v našom pokuse sú nižšie ako uvádzajú Pál a Rajki (2010) v podmienkach južného Maďarska. Pri bežnom hnojení dosiahli priemernú úrodu 7,97 t.ha<sup>-1</sup>, pričom sa úrody pohybovali od 6,23 t.ha<sup>-1</sup> do 10,45 t.ha<sup>-1</sup>. V podmienkach poľnohospodárskej praxe sa na Slovensku dosahujú nižšie úrody. V roku 2009 sa najvyššia úroda dosiahla v okrese Dunajská Streda na úrovni 3,8 t.ha<sup>-1</sup> (Kováč 2011). Podobne ako v našom pokuse, aj Unger a Baumhardt (1999) uvádzajú, že na výšku úrod majú preukazný vplyv pokusné ročníky. K podobným záverom dospel aj Acquah (2005).



**Graf 1:** Úrody ciroku pri konvenčnom obrábaní pri rôznych variantoch hnojenia

V grafe 1 je zobrazený priebeh úrod ciroku zrnového v t.ha<sup>-1</sup> pri 13% vlhkosti za roky 2013 až 2015 pri konvenčnom obrábaní pôdy a troch spôsoboch hnojenia.

V grafe 2 je zobrazený priebeh úrod ciroku zrnového v t.ha<sup>-1</sup> pri 13% vlhkosti za roky 2013 až 2015 pri redukovanom obrábaní pôdy a troch spôsoboch hnojenia.



**Graf 2:** Úrody ciroku pri redukovanom obrábaní pri rôznych variantoch hnojenia

**Tabuľka 2** Viacfaktorová analýza rozptylu a viacnásobné porovnanie úrod ciroku LSD-testom

Zdroj variability	Stupne voľnosti	F-test	Preukaznosť	Úrody [t. ha <sup>-1</sup> ]	Skupina homogenity	
Obrábanie pôdy	1	47,59	++	3,91	KA	x
				3,57	RA	x
Hnojenie	2	20,98	++	3,54	K	x
				3,77	PRP SOL	x
				3,93	PRP SOL+EBV	x
Roky	2	964,82	++	3,99	2013	x
				4,93	2014	
				2,31	2015	x
Rezíduá	63					
Celkom	71					

Produkčné parametre cirokov boli vyhodnotené aj štatisticky. Pri ciroku sa potvrdili preukazne vyššie úrody pri jeho pestovaní konvenčnou agrotechnikou (Tabuľka 2). Oproti kontrole sa preukazne zvýšili úrody pri

aplikácii pôdneho kondicionéra PRP SOL. Aplikáciou EBV sa už ďalej úrody ciroku preukazne nezvyšovali. Preukazne na úrodu vplýval ročník, s najvyššími úrodami v roku 2014, pred rokom 2013 a rokom 2015.

## ZÁVER

V rokoch 2013 až 2015 boli v podmienkach Východoslovenskej nížiny zakladané pokusy so zrnovými cirokmi. Z dosiahnutých výsledkov vyplynuli nasledovné závery:

- V roku 2013 sa vyššie úrody dosahovali na konvenčnom variante a prevyšovali úroveň 4 t z hektára. Pri redukovanej agrotechnike boli úrody nižšie. Najnižšia úroda vo výške 3,33 t.ha<sup>-1</sup> bola na kontrolnom nehnojenom variante redukovanej agrotechniky.
- Oproti roku 2013 sa v roku 2014 sa dosiahli vyššie úrody na všetkých skúmaných variantoch. Na variantoch s aplikáciou PRP SOL a EBV presiahli 5 t.ha<sup>-1</sup>. V roku 2014 sa dosiahla aj najvyššia úroda celého skúmaného obdobia, a to na konvenčnom variante s aplikáciou PRP SOL a EBV vo výške 5,62 t.ha<sup>-1</sup>.
- Rok 2015 bol mimoriadne teplý a suchý, čo sa prejavilo na úrodách. Tie sa pohybovali v rozmedzí 2,06 až 2,45 t.ha<sup>-1</sup>, s mierne vyššími úrodami na konvenčnej agrotechnike.
- Pri štatistickom hodnotení sa preukazne vyššie úrody dosahovali pri konvenčnej agrotechnike. Oproti kontrole sa preukazne zvýšili úrody pri aplikácii pôdneho kondicionéra PRP SOL. Aplikáciou EBV sa už ďalej úrody ciroku preukazne nezvyšovali. Preukazne na úrodu vplýval ročník, s najvyššími úrodami v roku 2014, pred rokom 2013 a rokom 2015.
- Na základe výsledkov je možné odporúčať využitie pôdneho kondicionéru PRP SOL v poľnohospodárskej praxi.

## LITERATÚRA

1. Acquaaah, G.,: Principles of Crop Production: theory, techniques, and technology (Second Edition, Pearson Prentice Hall, 2005) ISBN 0-13-114556-8.
2. BADALÍKOVÁ, B. - BARTLOVÁ, J. 2013. Vliv spracování na degradaci půdy. In: Zemědělský týdeník, 2013, s.6-7.
3. Ferrell, J.A. et al.: Weed management in sorghum. EDIS Document SS-AGR-06, Florida Cooperative Extension Service, University of Florida. 2009. Available at : <http://edis.ifas.ufl.edu/pdf/SS/SS-AGR-06.pdf>
4. Chrappán, GY. - Bene, S. : A cirokfélék védelme. Növényvédelem 42. (3), 2006. 141-148.

5. Jakubová, J. – Kováč, L. – Kotorová, D.: Ekonomická analýza pestovania ciroku zrnového. In: Pestovateľské technológie a ich význam pre prax : Zborník príspevkov zo 4. vedeckej konferencie. Piešťany : CVRV, 2013, s. 109-113. ISBN 978-80-89417-51-3
6. KOTOROVÁ, D. - ŠOLTYSOVA B. – KOVÁČ L. 2015. Vplyv pôdnych kondicionérov na fyzikálne vlastnosti ťažkých pôd. In: Pedologické dny 2015: Česká a slovenská pedologie v Mezinárodním roce půd (Sborník). - 1. vyd. - Olomouc : Univerzita Palackého v Olomouci, 2015. - ISBN 978-80-244-4802-2. - s. 62.
7. Kováč, L. - Jakubová, J.: Ekonomika pestovania poľných plodín na ťažkých pôdach Východoslovenskej nížiny. - 1. vydanie - Lužianky : NPPC, 2014. - 116 s. - ISBN 978-80-89417-54-4.
8. Kováč, L. - Jakubová, J. : Adaptability of grain sorghum's varieties (*Sorghum bicolor* L. MOENCH) in the conditions of the Eastern lowlands. In: In: Agriculture (Poľnohospodárstvo). The Annex to the Journal Agriculture. -Book of Abstracts. ISSN 0551-3677. - Roč.61, č.3 (2015), s. 22.
9. Kováč, L. et al.: Poradenské centrá v maďarsko-slovenskom prihraničnom regióne. - 1. vyd. - Lužianky : NPPC – Výskumný ústav agroekológie Michalovce, 2015. 202 s. ISBN 978-80-971644-3-0
10. Kováč, L. et al.: Zaradenie teplomilných plodín do osevného postupu a možnosti ich alternatívneho využitia : záverečná správa za subetapu. Michalovce : NPPC-VÚA, 2016. 26 s.
11. Newman, Y.,C. et al. Forage Sorghum (*Sorghum bicolor*): Overview and Management. Gainesville, FL: University of Florida IFAS Extension. 2010. SS AGR 343. 13 pp.
12. Pál, M. - Rajki.: Goals present position and prospects of forage Sorghum breeding in Hungary. Acta Aronomica Hungarica, 2010, 58(3), pp. 295-299.
13. SULEWSKA, H. – KOZIARA, W. – PANASIEWICZ, K. – NIEWIADOMSKA, A. 2011. Reaction of winter wheat and spring barely on PRP SOLfertilization. In: Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, vol. 54, 2011, no. 4, pp. 129-133.
14. SULEWSKA, H. – KOZIARA, W. – SZYMAŃSKA, G. – NIEWIADOMSKA, A. 2012. Potatoes reaction on PRP SOLfertilization. In: Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, vol. 57, 2012, no. 4, pp. 116-121.
15. SZÚCS, L. – TUBA, G. – JUHÁSZ, C. – ZSEMBELI, J. 2014. Effect of PRP SOLsoil conditioner on a heavy textured soil. In: Növénytermelés, vol. 63, Suppl., 2014, pp. 213-216.

16. SZYMAŃSKA, G. – SULEWSKA, H. – PANASIEWICZ, K. – KOZIARA, W. 2012. Influence of fertilizer PRP SOLapplication in maize on the occurrence of selected diseases and pests. In: Progress in plant protection, vol. 52, 2012, no. 2, pp. 314-317.
17. Unger, P. W. - Baumhardt : Factors Related to Dryland Grain Sorghum Yield Increases: 1939 through 1997. *Agronomy Journal*. Vol. 91 No. 5. p. 870-875.

### **Pod'akovanie**

Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: Udržateľné systémy inteligentného farmárstva zohľadňujúce výzvy budúcnosti 313011W112, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Korešpondenčná adresa:

Ing. Ladislav Kováč, PhD.

Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum – Výskumný ústav agroekológie Michalovce,

Špitálska 1273, 071 01 Michalovce

Email: ladislav.kovac@nppc.sk

# VPLYV HNOJENIA *ARUNDO DONAX* L. NA BILANCIU ŽIVÍN A UHLÍKA

## EFFECT OF *ARUNDO DONAX* L. FERTILIZATION ON NUTRIENTS AND CARBON BALANCE

Martin DANILOVIČ, Božena ŠOLTYSOVÁ, Pavol PORVAZ  
*Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum – Výskumný ústav  
agroekológie Michalovce*

### **Abstrakt**

Bilancie živín a uhlíka boli počítané v rokoch 2012 – 2015 pri trsteníku obyčajnom (*Arundo donax* L.) pestovanom na fluvizemi glejovej pri troch variantoch výživy. S narastajúcim úžitkovým rokom sa zistil trend zhoršovania bilancie uhlíka. Na hnojených variantoch boli v prvom i druhom úžitkovom roku zistené kladné a v treťom roku negatívne bilancie dusíka. Dávka fosforu 40 kg.ha<sup>-1</sup> bola vyššia ako odber fosforu úrodou, a preto výsledné bilancie boli kladné. Dávka draslíka 60 kg.ha<sup>-1</sup> bola vyššia ako odber úrodou v prvom úžitkovom roku a na variante nehnojenom dusíkom aj v druhom úžitkovom roku. Na variantoch hnojených dusíkom v druhom úžitkovom roku a v treťom roku aj na variante bez hnojenia dusíkom boli výsledné bilancie draslíka záporné.

**Kľúčové slová:** fluvizem glejová, trsteník obyčajný, hnojenie, bilancia uhlíka, bilancie živín

### **Abstract**

Nutrients and carbon balances were calculated during the period 2012 – 2015 for giant reed (*Arundo donax* L.) grown under three variants of fertilization. For carbon, the trend of balance deterioration in relation to the increasing number of years of growth was found. On the fertilized variants, positive nitrogen balances were found in both the first and second year of growth and the negative balances of nitrogen was found in the third year of growth. The applied phosphorus rate was higher than the amount bound in biomass and therefore the resulting balances were positive. The applied potassium rate was higher than the amount bound in biomass produced in the first year of growth and at the variant without nitrogen fertilization in the second year of growth too, and therefore the resulting balances were positive. In the variants with nitrogen fertilization in the second year of growth and in the third year of growth in the

variant without nitrogen fertilization the resulting potassium balances were negative.

**Key words:** Gleyic Fluvisols, giant reed, fertilization, soil, carbon balance, nutrients balances

## ÚVOD

So zmenami klímy súvisí úbytok pôdnej organickej hmoty a celková degradácia pôdy, ktorá má postupný a kumulatívny charakter. V podmienkach Slovenska je degradáciou ohrozených až 70 % výmery pôdy (Kobza, 2014).

Obsah uhlíka v pôde je relatívne stabilná charakteristika pôdy odrážajúca dlhodobý spôsob využívania krajiny a je dôležitým indikátorom pôdnej kvality (Pulleman et al., 2000). Dôležité je udržať vyrovnanú bilanciu pôdneho organického uhlíka, teda dosiahnuť, aby straty pôdnej organickej hmoty, ku ktorým dochádza v procesoch rozkladu, mineralizácie a humifikácie organických látok v pôde, boli plne nahradzované vstupmi organickej hmoty do pôdy (Kubát, 1999). Skúsenosti ukazujú, že kvalitnejšie pôdy rozkladajú organickú hmotu úspornejšie v porovnaní s menej úrodnými pôdami (Bielek, 2008).

Nahradenie súčasných poľnohospodárskych a lesníckych systémov systémami vyrábajúcimi biomasu pravdepodobne ovplyvní zásoby uhlíka v pôde, pretože sa zmení rovnováha medzi vstupmi a stratami pôdneho organického uhlíka. Existuje riziko vyčerpania zásob uhlíka v pôde pri výrobe biomasy, pretože z lokality sa v porovnaní s konvenčnými systémami výroby obilia odstraňuje vyšší podiel organických látok a živín. Biomasa s dlhou rotáciou pravdepodobne zlepši pôdny uhlík tam, kde nahrádza konvenčné pestovanie plodín. Straty pôdneho organického uhlíka sú najpravdepodobnejšie tam, kde je obsah pôdneho organického uhlíka spočiatku vysoký, napríklad keď dochádza k premene pasienkov na pestovanie biomasy (Cowie et al., 2006). Straty uhlíka z pôdy pri konverzii poľnohospodárskej pôdy, rovnako ako pri konverzii prirodzených porastov, sú závislé aj od druhu energetickej rastliny (Anderson-Teixeira et al., 2009; Hillier et al., 2009).

Cieľom tejto práce bolo zhodnotenie pestovania viacročnej energetickej plodiny trsteník obyčajný (*Arundo donax* L.) z pohľadu bilancie uhlíka, dusíka, fosforu a draslíka.

## MATERIAL A METÓDA

Poľný pokus bol založený v roku 2012 na experimentálnom pracovisku NPPC – Výskumného ústavu agroekológie Michalovce, ktoré sa nachádza v Milhostove (48°40'N, 21°43'E). Lokalita sa nachádza v centrálnej časti Východoslovenskej nížiny v nadmorskej výške 101 m severozápadným

smerom od okresného mesta Trebišov. Pokusná lokalita patrí do teplého a veľmi suchého nížinného kontinentálneho klimatického regiónu T 03 (Linkeš et al., 1996). Dlhodobý normál zrážok (1961 – 1990) je pre Milhostov 550 mm a pre vegetačné obdobie 348 mm (Mikulová et al., 2015a). Dlhodobý normál (1961 – 1990) pre ročnú teplotu vzduchu je 8,9 °C a pre vegetačné obdobie 16,0 °C (Mikulová et al., 2015b).

Pokusy boli založené na hlinitej fluvizemi glejovej. Bilancie uhlíka a živín boli vypočítané pre energetickú plodinu trsteník obyčajný (*Arundo donax* L.) pestovanú na troch variantoch hnojenia dusíkom ( $b_1 - 60 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ,  $b_2 - 120 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ,  $b_3 -$  nulové hnojenie dusíkom). Na všetkých variantoch bol každoročne v jari aplikovaný fosfor v dávke  $40 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  a draslík v dávke  $60 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Trsteník obyčajný bol hnojený kombináciou troch hnojív: Amofos (12 % N, 22,7 % P), dusičnan amónny (27,5 % N) a chlorid draselný (50 % K). Veľkosť variantu bola  $12 \text{ m}^2$  a každý variant bol 3-krát opakovaný.

Pre hodnotenie bilancie uhlíka, dusíka, fosforu a draslíka boli každoročne na konci vegetačného obdobia (vo fáze technickej zrelosti) odoberané vzorky nadzemnej biomasy, v ktorých sa stanovil obsah C, N, P, K (Javorský, 1987) a zisťovali sa úrody biomasy pri absolútnej sušine.

Bilancia uhlíka v pestovateľskom systéme bola zhodnotená podľa metodiky Bieleka a Jurčovej (Bielek, Jurčová, 2010) a bola vypočítaná pomocou rovníc:

$$B_C = Q_R - Q_S$$

$$Q_R = u \cdot K_C$$

$$Q_S = C_m \cdot K_m$$

kde:  $B_C$  – bilancia uhlíka ( $C$  v  $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ ),  $Q_R$  – zdroje uhlíka – množstvo uhlíka vo zvyškoch danej plodiny ( $C$  v  $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ),  $u$  – úroda hlavného produktu ( $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ),  $K_C$  – koeficient množstva uhlíka vo zvyškoch hodnotenej plodiny ( $C$  v t na 1 tonu úrody),  $Q_S$  – celkové straty uhlíka ( $C$  v  $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ ),  $C_m$  – základné straty uhlíka z pôdy v dôsledku mineralizácie v príslušnej kategórii pôd ( $C$  v  $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ ),  $K_m$  – koeficient vplyvu plodiny na celkovú výšku strát uhlíka z pôdy v príslušnej skupine plodín.

V súlade s použitou metodikou výpočtu bilancie uhlíka bolo potrebné stanoviť koeficient zdrojov uhlíka pre trsteník obyčajný. Výsledný koeficient je sumárnym koeficientom vypočítaným z hodnotených úrod, priemerného obsahu uhlíka v rastlinnej hmote a podielu strniska z celkovej nadzemnej produkcie.

Bilancia živín v pestovateľskom systéme bola zhodnotená podľa metodiky Kováčika (Kováčik, 2001), ktorá je založená na jednoduchom modeli hodnotenia vstupov a výstupov jednotlivých živín v poľnohospodárskej sústave. Výpočet bilancie živín sa opiera o rovnicu:

$$\Delta = A - P$$



kde: A – aktívna zložka (vstupy živín), P – pasívna zložka (živiny odobraté z pôdy úrodou hlavného a vedľajšieho produktu),  $\Delta$  – diferencia (bilancia).

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Pre potreby výpočtu bilancie uhlíka a živín sa vykonávali laboratórne analýzy nadzemných častí rastlín trsteníka. Priemerné obsahy živín sú uvedené v Tab. 1.

**Tab. 1** Priemerný obsah živín v rastlinách trsteníka v rokoch 2013 – 2015

Uhlík [%]	Dusík [%]	Fosfor [%]	Draslík [%]
46,53	1,29	0,21	1,47

Nosným prvkom bilancií sú hospodárske úrody, ktoré predstavujú stratu dusíka, fosforu a draslíka a výraznú redukciu vstupov uhlíka z dôvodu zberu celej nadzemnej biologickej úrody. Do bilancií vstupovali úrody získané z poľných experimentov realizovaných na troch rozdielnych variantoch výživy dusíkom (Tab. 2).

**Tab. 2** Priemerná úroda [ $t \cdot ha^{-1}$ ] biomasy trsteníka v sušine v rokoch 2013 – 2015

Úžitkový rok	Variant výživy		
	$b_1$	$b_2$	$b_3$
I. (2013)	3,5	4,2	2,7
II. (2014)	5,2	7,0	3,6
III. (2015)	14,2	17,8	13,0

kde:  $b_1$  – 60  $kg \cdot ha^{-1}$  N,  $b_2$  – 120  $kg \cdot ha^{-1}$  N,  $b_3$  – nulové hnojenie N;  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$  + 40  $kg \cdot ha^{-1}$  fosforu a 60  $kg \cdot ha^{-1}$  draslíka

V súlade s použitou metodikou výpočtu bilancie uhlíka bolo potrebné stanoviť koeficient zdrojov uhlíka pre trsteník. Výsledný koeficient (0,06) zohľadňuje iba vstup uhlíka prostredníctvom stoniek zostávajúcich po zbere úrody (strniska), pretože s opadom listov sa neuvažuje. Výpočet vychádza z hodnotených úrod, priemerného obsahu uhlíka v rastlinnej hmote a podielu strniska z celkovej nadzemnej produkcie. Bilanciu uhlíka ovplyvňujú pozberové zvyšky, čo platí aj v prípade energetických plodín. Špecifikom energetických rastlín je skutočnosť, ktorá je však identická s napr. priamou sejbou do nespracovanej pôdy, že pozberové zvyšky zostávajú na povrchu pôdy. Pozberové zvyšky (strnisko) pri trsteníku predstavujú 12,5 % z nadzemnej úrody biomasy.

Z hľadiska vplyvu plodiny na zmenu strát uhlíka z pôdy bol trsteníku priradený koeficient 1, teda trsteník je plodinou s neutrálnym vplyvom na straty uhlíka z pôdy. Trsteník bol pestovaný na fluvizemi glejovej, ktorá je zaradená medzi stredne produkčné pôdy s ročnými stratami uhlíka na úrovni 4,27 t.ha<sup>-1</sup>. V Tab. 3 sú uvedené sumárne bilancie uhlíka za hodnotené tri úžitkové roky (2013 – 2015) a tiež bilancie v jednotlivých hodnotených rokoch.

**Tab. 3** Bilancia uhlíka pri trsteníku za tri úžitkové roky (2013 – 2015)

Sledovaný parameter		Variant hnojenia		
		b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>
Úroda [t.ha <sup>-1</sup> ]		22,9	29,0	19,3
K <sub>C</sub>		0,18	0,18	0,18
Zdroje uhlíka [t.ha <sup>-1</sup> C]		1,37	1,74	1,16
Straty uhlíka [t.ha <sup>-1</sup> C]		12,81	12,81	12,81
Bilancia uhlíka [t.ha <sup>-1</sup> C]	2013	-4,06	-4,02	-4,11
	2014	-3,96	-3,85	-4,05
	2015	-3,42	-3,20	-3,49
	2013 – 2015	-11,44	-11,07	-11,65

kde: b<sub>1</sub> – 60 kg.ha<sup>-1</sup> N, b<sub>2</sub> – 120 kg.ha<sup>-1</sup> N, b<sub>3</sub> – nulové hnojenie N, K<sub>C</sub> – koeficient množstva uhlíka vo zvyškoch hodnotenej plodiny (C v t na 1 tonu úrody)

Pri pestovaní trsteníka v I. až III. úžitkovom roku sa zistili negatívne bilancie uhlíka v pôde. Negatívne bilancie uhlíka v sledovaných úžitkových rokoch v rozmedzí od -3,20 do -4,11 t.ha<sup>-1</sup> nedosahovali hraničnú hodnotu strát uhlíka 5 t.ha<sup>-1</sup> (Bielek, Jurčová, 2010), pri ktorej je už potrebná aplikácia organických látok. Potreba použitia organických látok, teda prekročenie hraničnej hodnoty, nastala po druhom úžitkovom roku a dokonca bola prekročená hranica pre nutnosť aplikácie organických látok, pretože dosiahnutá strata uhlíka bola vyššia než 6 t.ha<sup>-1</sup>. Celkovo za tri úžitkové roky pri pestovaní trsteníka bola zaznamenaná negatívna bilancia uhlíka od -1,07 t.ha<sup>-1</sup> C do -11,65 t.ha<sup>-1</sup> C. V rámci variantov hnojenia bola v každom úžitkovom roku zistená nižšia záporná bilancia uhlíka na variante hnojenom dávkou dusíka 120 kg.ha<sup>-1</sup> a naopak najvyššia na variante bez hnojenia dusíkom (Tab. 3).

Bilancie živín (N, P, K) na jednej strane ovplyvňujú vstupy živín (živiny vstupujúce do pôdy prostredníctvom priemyselných hnojív, vo forme pozberových zvyškov, živiny vstupujúce prostredníctvom mokrého spádu) a na strane druhej živiny odčerpané hospodárskou úrodou. Výsledná bilancia overí primeranosť dávky živiny použitej k hnojeniu. Množstvá živín v jednotlivých položkách vstupujúcich do výpočtov bilancii a výsledné bilancie na jednotlivých variantoch hnojenia trsteníka obyčajného za tri úžitkové roky a tiež výsledné bilancie v jednotlivých rokoch sú prezentované v Tab. 4 až 6.

V prvých dvoch úžitkových rokoch bola bilancia dusíka pri trsteníku na oboch hnojených variantoch kladná v rozmedzí od 11,3 do 82,6 kg.ha<sup>-1</sup> N. V III. úžitkovom roku boli dosiahnuté vyššie úrody biomasy, teda aj vyšší odber dusíka a výsledné bilancie boli záporné napriek započítanému množstvu dusíka vracajúcemu sa do pôdy prostredníctvom strniska a mokrého spádu. Depozícia dusíka z atmosféry má významné postavenie medzi vstupmi dusíka do pôdy, avšak prakticky ju nevieme ovplyvniť a jej výška je rovnaká v každom systéme na určitej lokalite a v určitom období (Kováč et al., 2014).

**Tab. 4** Bilancia dusíka pri trsteníku za tri úžitkové roky (2013 – 2015)

Sledovaný parameter		Živina		
		b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>
Vstup [kg.ha <sup>-1</sup> ]	Hnojivá	180	360	0
	Mokrý spád	30	30	30
	Strnisko	36,9	46,8	31,1
	Spolu	246,9	436,8	61,1
Výstup [kg.ha <sup>-1</sup> ]	Úroda	295,4	374,1	249,0
Čistá bilancia dusíka [kg.ha <sup>-1</sup> ]	2013	30,5	82,6	-20,5
	2014	11,3	51,0	-30,6
	2015	-90,3	-70,9	-136,8
	2013 – 2015	-48,5	62,7	-187,9

kde: b<sub>1</sub> – 60 kg.ha<sup>-1</sup> N, b<sub>2</sub> – 120 kg.ha<sup>-1</sup> N, b<sub>3</sub> – nulové hnojenie N

Bilanciou dusíka sa zistilo, že trsteník v I. úžitkovom roku vytvára hospodársku úrodu, na ktorej pokrytie je potrebných maximálne 50 kg.ha<sup>-1</sup> dusíka. Pri určovaní dávky by sa malo prihliadať aj na skutočnosť, že časť dusíka môže byť pokrytá zo zásob v pôde, ako aj na pomalšie tempo nárastu biomasy súvisiace so zakoreňovaním priesad či vysádzaných podzemkov.

Monitorovaná fluvizem glejová je významným zdrojom dusíka, čoho dôkazom sú úrody 2,7 t.ha<sup>-1</sup> na variante bez aplikácie dusíka dosiahnuté v I. úžitkovom roku a až 13,0 t.ha<sup>-1</sup> v III. úžitkovom roku. Na nehnojenom variante sa zo zásob dusíka v pôde zabudoval dusík do biomasy trsteníka. V dosiahnutých úrodách biomasy bolo zo zásob dusíka v pôde v trsteníku zabudovaných 34,8 kg.ha<sup>-1</sup> N v I. úžitkovom roku, 46,4 kg.ha<sup>-1</sup> N v II. úžitkovom roku a 167,7 kg.ha<sup>-1</sup> N v III. úžitkovom roku.

Obsah fosforu v rastlinných pletivách trsteníka je výrazne nižší v porovnaní s obsahom dusíka (Tab. 1). Uvedená skutočnosť sa odzrkadlila na množstve fosforu odčerpávaného úrodami i na výsledných kladných bilanciách. Aplikovaná dávka 40 kg.ha<sup>-1</sup> fosforu v I. a II. úžitkovom roku vysoko prekračovala úrodami odčerpávané množstvá fosforu. Výsledné bilancie od 27,1 do 35,1 kg.ha<sup>-1</sup> fosforu (Tab. 5), v závislosti od úžitkového roku a variantu

hnojenia dusíkom, pozitívne ovplyvnilo aj množstvo fosforu vracajúce sa do pôdy prostredníctvom strniska.

**Tab. 5** Bilancia fosforu pri trsteníku za tri úžitkové roky (2013 – 2015)

Sledovaný parameter		Živina		
		b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>
Vstup [kg.ha <sup>-1</sup> ]	Hnojivá	120	120	120
	Mokrý spád	0	0	0
	Strnisko	6,0	7,6	5,1
	Spolu	126,0	127,6	125,1
Výstup [kg.ha <sup>-1</sup> ]	Úroda	48,1	60,9	40,5
Čistá bilancia fosforu [kg.ha <sup>-1</sup> ]	2013	33,6	32,3	35,1
	2014	30,4	27,1	33,4
	2015	13,9	7,3	16,1
	2013 – 2015	77,9	66,7	84,6

kde: b<sub>1</sub> – 60 kg.ha<sup>-1</sup> N, b<sub>2</sub> – 120 kg.ha<sup>-1</sup> N, b<sub>3</sub> – nulové hnojenie N; b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub>, b<sub>3</sub> + 40 kg.ha<sup>-1</sup> fosforu

V III. úžitkovom roku sa úrody výrazne zvýšili, no aj napriek tomu hnojenie fosforom pokrylo úrodou odčerpávané množstvo fosforu a výsledné bilancie boli kladné, v rozmedzí 7,3 – 16,1 kg.ha<sup>-1</sup> P.

Obsah draslíka v analyzovaných rastlinách bol porovnateľný s obsahom dusíka (Tab. 1), a preto aj bilancie draslíka boli podobné s bilanciami dusíka. Podobne aj Torma a Vilček (2017) zistili porovnateľné množstvá dusíka a draslíka a nižšie množstvá fosforu v pozberových zvyškoch plodín.

Výsledné bilancie draslíka, podobne ako tomu bolo v prípade dusíka, boli významne ovplyvňované aj vstupmi živiny prostredníctvom pozberových zvyškov (strniska). Okrem uvedených vstupov sa vo výpočtoch zohľadňoval aj vstup draslíka do pôdy prostredníctvom zrážok (mokrý spád), čo v prípade draslíka predstavovalo ročne 5 kg.ha<sup>-1</sup>. Atmosférická depozícia mala výrazne nižší podiel na vstupoch draslíka do pôdy v porovnaní s priemyselnými hnojivami. K podobnému záveru dospel aj Kováč et al. (2014).

Aplikovaná dávka 60 kg.ha<sup>-1</sup> draslíka prevyšovala množstvo draslíka spotrebované pri tvorbe nadzemnej biomasy trsteníka obyčajného v I. úžitkovom roku a na variante nehnojenom dusíkom aj v II. úžitkovom roku. Spotrebované množstvo draslíka v II. úžitkovom roku na variantoch hnojených dusíkom a v III. úžitkovom roku na všetkých troch variantoch hnojenia prevyšovalo aplikované množstvo draslíka a bola zaznamenaná negatívna bilancia draslíka v pôde od -1,9 kg.ha<sup>-1</sup> do -25,0 kg.ha<sup>-1</sup> v II. úžitkovom roku a od 102,2 kg.ha<sup>-1</sup> K do -164,0 kg.ha<sup>-1</sup> K v III. úžitkovom roku (Tab. 6).

**Tab. 6** Bilancia draslíka pri trsteníku za tri úžitkové roky (2013 – 2015)

Sledovaný parameter		Živina		
		b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>
Vstup [kg.ha <sup>-1</sup> ]	Hnojivá	180	180	180
	Mokrý spád	15	15	15
	Strnisko	42,1	53,3	35,5
	Spolu	237,1	248,3	230,5
Výstup [kg.ha <sup>-1</sup> ]	Úroda	336,6	426,3	283,7
Čistá bilancia draslíka [kg.ha <sup>-1</sup> ]	2013	20,0	11,0	30,3
	2014	-1,9	-25,0	18,7
	2015	-117,6	-164,0	-102,2
	2013 – 2015	-99,5	-178,0	-53,2

kde: b<sub>1</sub> – 60 kg.ha<sup>-1</sup> N, b<sub>2</sub> – 120 kg.ha<sup>-1</sup> N, b<sub>3</sub> – nulové hnojenie N; b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub>, b<sub>3</sub> + 60 kg.ha<sup>-1</sup> draslíka

Z hľadiska variantov hnojenia boli v každom úžitkovom roku zistené pozitívnejšie bilancie fosforu a draslíka na variante bez dusíkatého hnojenia a najhoršie bilancie na variante hnojenom dávkou dusíka 120 kg.ha<sup>-1</sup>, čo pri zhodných aplikovaných dávkach fosforu a draslíka súvisí s úrodou, teda odberom uvedených živín trsteníkom obyčajným.

## ZÁVER

S ohľadom na podiel hospodárskej úrody na biologickej úrode energetickej plodiny splňajú teoretický predpoklad pre vytváranie negatívnych bilancií uhlíka, čo sa potvrdilo výpočtami bilancií uhlíka v prvých troch úžitkových rokoch pestovania trsteníka. Z vypočítaných bilancií vyplýva nutnosť aplikácie organických látok už po II. úžitkovom roku jeho pestovania. Trend zhoršovania bilancie uhlíka s narastajúcim úžitkovým rokom je viditeľný už z prvých troch úžitkových rokov. V ďalších úžitkových rokoch, s narastajúcou hospodárskou úrodou, je možné očakávať zhoršujúcu sa bilanciu uhlíka a s tým spojenú zvyšujúcu sa potrebu aplikácie organických látok.

Bilanciou dusíka sa zistilo, že trsteník v I. úžitkovom roku vytvára hospodársku úrodu, na ktorej pokrytie je potrebných maximálne 50 kg.ha<sup>-1</sup> dusíka. Testované dávky dusíka (60 kg.ha<sup>-1</sup>; 120 kg.ha<sup>-1</sup>) pokryli straty dusíka vzniknuté hospodárskou úrodou s výrazným prebytkom, a preto výsledné bilancie dusíka boli kladné. Kladné bilancie dusíka sa zistili aj v II. úžitkovom roku na oboch variantoch hnojenia dusíkom. Naopak III. úžitkový rok bol z pohľadu bilancie dusíka negatívny a to na oboch variantoch hnojenia dusíkom. Aplikovaná dávka 40 kg.ha<sup>-1</sup> fosforu vo všetkých troch úžitkových rokoch vysoko prekračovala úrodami odčerpávané množstvá fosforu, a preto výsledné bilancie fosforu boli kladné. Výsledné bilancie draslíka v I. úžitkovom roku boli kladné, teda aplikovaná dávka draslíka 60 kg.ha<sup>-1</sup> bola vyššia než

skutočná potreba a v II. a III. úžitkovom roku výsledné bilancie boli záporné, s výnimkou variantu nehnojeného dusíkom v druhom roku.

Bilancia dusíka, fosforu i draslíka je popri hospodárskej úrode výrazne ovplyvňovaná priemyselnými hnojivami, ktorých aplikácia zároveň predstavuje veľmi jednoduchý prostriedok pre vykonávanie účinných korekcií výsledných bilancií živín.

## LITERATÚRA

1. ANDERSON-TEIXEIRA, K. K. – DAVIS, S. C. – MASTERS, M. D. – DELUCIA, E. H. 2009. Changes in soil organic carbon under biofuel crops. In: GCB Bioenergy, vol. 1, 2009, no. 1, p. 75-96.
2. BIELEK, P. 2008. Poľnohospodárske pôdy Slovenska a perspektívy ich využitia. 1. vyd. Bratislava: VÚPOP, 2008. 140 s. ISBN 978-80-89128-41-9.
3. BIELEK, P. – JURČOVÁ, O. 2010. Metodika bilancie pôdnej organickej hmoty a stanovenia potreby organického hnojenia poľnohospodárskych pôd. 2. doplnené vyd. Bratislava: VÚPOP, 2010. 145 s. ISBN 978-80-89128-80-8.
4. COWIE, A.L. – SMITH, P. – JOHNSON, D. 2006. Does soil carbon loss in biomass production systems negate the greenhouse benefits of bioenergy? In: Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, vol. 11, 2006, no. 4-5, p. 979-1002.
5. HILLIER, J. – WHITTAKER, C. – DAILEY, G. et al. 2009. Greenhouse gas emission from four bioenergy crops in England and Wales: Integrateing spatial estimates of yield and soil carbon balance in life cycle analyses. In: GCB Bioenergy, vol. 1, 2009, no. 4, p. 267-281.
6. JAVORSKÝ, P. – FOJTÍKOVÁ, D. – KALAŠ, V. – KRATOCHVÍL, J. – SCHWARZ, M. 1987. Chemické rozbory v zemědělských laboratořích. 1. díl. Praha: Ministerstvo zemědělství a výživy ČSR, 1987. 288 s.
7. KOBZA, J. 2014. Aktuálny stav a vývoj vlastností pôd Slovenska vo vzťahu k ich ochrane a ďalšiemu využívaniu. In: Vedecké práce Výskumného ústavu pôdoznalectva a ochrany pôdy, 2014, č. 36, s. 111-118. ISBN 978-80-8163-007-1
8. KOVÁČ, K. – KUCHAROVIC, A. - ŽÁK, Š. – HAŠANA, R. - BUŠO, R. 2014. Bilancia energeo-materiálových tokov v poľnom ekologicky citlivom agroekosystéme. 1. vyd. Piešťany: NPPC – ÚURV, 2014. 146 s. ISBN 978-80-89417-53-7.
9. KOVÁČIK, P. 2001. Metodika bilancie živín v pôdach ekologicky hospodáriacich podnikov. Nitra: SPU, 2001. 44 s. ISBN 80-7137-957-3.
10. KUBÁT, J. 1999. Udržování vyrovnané bilance půdní organické hmoty v půdě. Metodika. Praha: ÚZPI, 1999, č. 1.

11. LINKEŠ, V. – PESTÚN, V. – DŽATKO, M. 1996. Príručka pre používanie máp bonitovaných pôdno-ekologických. 3. vyd. Bratislava: VÚPÚ, 1996. 103 s. ISBN 80-85361-19-1.
12. MIKULOVÁ, K. – ŠŤASTNÝ, P. – BOCHNÍČEK, O. – BORSÁNYI, P. – ČEPČEKOVÁ, E. – ONDRUŠKA, P. 2015b. Klimatologické normály teploty vzduchu na Slovensku za obdobie 1961 – 1990. Národný klimatologický program Slovenskej republiky. 1. časť. Bratislava: SHMÚ, 2015. 135 s. ISBN 978-80-88907-92-3.
13. MIKULOVÁ, K. – ŠŤASTNÝ, P. – FAŠKO, P. 2015a. Klimatologické normály atmosférických zrážok na Slovensku za obdobie 1961 – 1990. Národný klimatologický program Slovenskej republiky. 2. časť. Bratislava: SHMÚ, 2015. 640 s. ISBN 978-80-88907-93-0.
14. PULLEMAN, M.M. – BOUMA, J. – VAN ESSEN, E.A. – MEIJLES, E.W. 2000. Soil Organic Matter Content as a Function of Different Land Use History. In: Soil Science Society of America Journal, vol. 64, 2000, pp. 689-693.
15. TORMA, S. – VILČEK, J. 2017. Rastlinné zvyšky poľnohospodárskych plodín po zbere úrody – zdroj organickej hmoty a živín. In: Moderná mechanizácia v poľnohospodárstve, 2017, č. 3, s. 22-23.

### **Pod'akovanie**

Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: Udržateľné systémy inteligentného farmárstva zohľadňujúce výzvy budúcnosti 313011W112, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Korešpondenčná adresa:

Ing. Martin Danilovič, PhD., Ing. Božena Šoltysová, PhD., Ing. Pavol Porvaz, PhD. – NPPC – Výskumný ústav agroekológie Michalovce, Špitálska 1273, 071 01 Michalovce

E-mail: martin.danilovic@nppc.sk, bozena.soltysova@nppc.sk, pavol.porvaz@nppc.sk

# UVOĽŇOVANIE OXIDU UHLIČITÉHO Z PÔDY PRI ROZDIELNEJ AGROTECHNIKE

## CARBON DIOXIDE EMISSION FROM SOIL UNDER DIFFERENT AGROTECHNICS

Igor DANIELOVIČ, Božena ŠOLTYSOVÁ  
*Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum – Výskumný ústav  
agroekológie Michalovce*

### **Abstrakt**

V podmienkach fluvizeme glejovej na experimentálnom pracovisku NPPC-Výskumného ústavu agroekológie bol v rokoch 2016 až 2018 sledovaný vplyv obrábania na obsah uvoľňovania oxidu uhličitého z pôdneho prostredia. Pri poľnom experimente boli realizované dve pôdoochranné technológie (redukovaná agrotechnika a priama sejba) a konvenčné obrábanie. Najvyššie emisie oxidu uhličitého, ktoré sa uvoľňovali z pôdy do atmosféry boli zistené na oranom variante a najnižšie na redukovanom, resp. priamej sejbe, avšak rozdiely v obsahu sledovaného skleníkového plynu neboli výrazné.

**Kľúčové slová:** emisie oxidu uhličitého, fluvizem glejová, obrábanie pôdy

### **Abstract**

The influence of tillage on carbon dioxide emission from the soil was observed between 2016 and 2018 in the conditions of Gleyic Fluvisols at the experimental workplace of NPPC - Agroecology Research Institute Michalovce. Two soil protection tillage techniques (reduced tillage, no-tillage) were used during the field experiment together with conventional tillage. The highest CO<sub>2</sub> emissions from soil to the atmosphere were measured under the conventional tillage, while the lowest ones were found under the reduced tillage and no-tillage respectively. However, the differences in the amounts of the observed greenhouse gas were not significant.

**Keywords:** carbon dioxide emission, Gleyic Fluvisols, soil tillage

### **ÚVOD**

Poľnohospodárskou činnosťou v Slovenskej republike vyprodukované emisie vyjadrené pomocou CO<sub>2</sub> ekvivalentu predstavujú 9 % všetkých emisií produkovaných skleníkových plynov. CO<sub>2</sub> je jeden z najdôležitejších plynov v pôde a jeho koncentrácie sú 10- až 100-krát vyššie než v atmosfére. V pôde



sa CO<sub>2</sub> produkuje dvomi hlavnými procesmi – mikrobiologickou degradáciou organickej hmoty a dýchaním koreňového systému rastlín. Ako vyplýva z mnohých štúdií, produkcia CO<sub>2</sub> je pomerne premenlivá a závisí na vnútorných a vonkajších faktoroch pôdneho profilu. K najdôležitejším patria teplota spolu s obsahom vody v pôde (Krištof, 2015; Krištof et al., 2014, 2015). Napriek tomu, že primárnym mechanizmom pre uvoľňovanie CO<sub>2</sub> z pôdy do atmosféry je difúzia, tento proces uvoľňovania môže byť podľa Garcíu et al. (2004) ovplyvňovaný aj atmosférickým tlakom, vetrom ako aj teplotou a rozložením zrážok. Produkciu a koncentráciu uvoľneného CO<sub>2</sub> môže ovplyvniť aj vegetácia. Priemerné mesačné uvoľňovanie CO<sub>2</sub> je výrazne vyššie pri prechode z vegetačného štádia rastliny do jej reprodukčného a krátko po zbere. Koreňová respirácia je vyššia v období rastu rastliny, než počas štádia, keď je rastlina vo vegetačnom kľúde. Produkcia pôdneho CO<sub>2</sub> závisí aj od povahy rastlinnej odumretej organickej hmoty, ktorá je zdrojom pôdnej organickej hmoty. Z antropogénnych činiteľov ovplyvňujúcich uvoľňovanie tohto skleníkového plynu patrí aj spôsob obrábania pôdy. Skúmaniu tohto problému je venovaná značná pozornosť zo strany vedecko-výskumných inštitúcií. Napriek mnohým výsledkom, ktoré boli dosiahnuté stále ostáva mnoho nevyriešených problémov.

Cieľom príspevku bol výskum vplyvu obrábania pôdy na uvoľňovanie CO<sub>2</sub> z pôdy pri plodinách (kukurica siata na zrno, jačmeň siaty jarný, sója fazuľová, pšenica letná forma ozimná) pestovaných na fluvizemi glejovej.

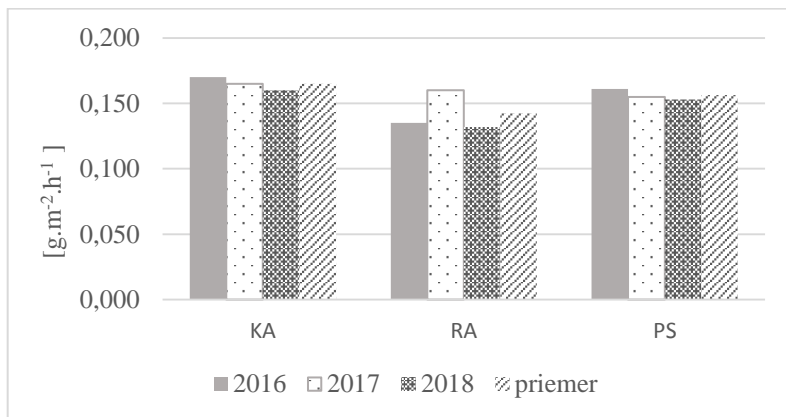
## **MATERIAL A METÓDA**

Problematika uvoľňovania oxidu uhličitého z pôdy do atmosféry bola v rokoch 2016 až 2018 riešená v existujúcom stacionárnom poľnom pokuse na experimentálnom pracovisku NPPC – Výskumného ústavu agroekológie v Michalovciach (lokalita Milhostov). Stacionárny poľný pokus s využitím rozdielnych agrotechnik bol založený v rokoch 2005/2006 a zahŕňal tri spôsoby obrábania (konvenčná agrotechnika – KA, redukovaná agrotechnika – RA, priama sejba – PS).

Pôdna respirácia bola meraná v mesačných intervaloch pri plodinách: kukurica siata na zrno, jačmeň siaty jarný, sója fazuľová a pšenica letná forma ozimná, v mesačných intervaloch od ich výsevu až po zber. Uvoľnený oxid uhličitý bol meraný na prístrojoch COMT 500. V každom termíne bolo uskutočnených päť meraní v trojminútových intervaloch. Súčasťou monitoringu uvoľňovania oxidu uhličitého bolo aj meranie vlhkosti a teploty pôdy. Namerané výsledky v ppm hodnotách boli následne prepočítané (využívajúc množstvo emisií na začiatku a na konci merania, inkubačnú dobu, teplotu vzduchu na začiatku a na konci merania, objem inkubačnej nádoby a meranú plochu) a sú uvedené v g.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

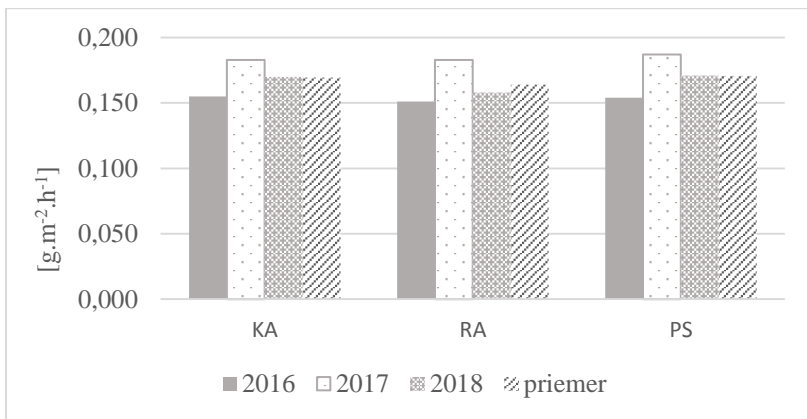
Na Obr. 1 až 4 sú v grafickej podobe uvedené priemerné obsahy uvoľneného CO<sub>2</sub> z pôdy podľa plodín za roky 2016 až 2018. Determinujúcim faktorom je spôsob obrábania na fluvizemi glejovej. Ako vyplýva z týchto grafov, obsahy CO<sub>2</sub>, ktoré sa uvoľnili z pôdy do atmosféry sú pre všetky plodiny a spôsoby obrábania za trojročné obdobie z intervalu hodnôt 0,132 g.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup> (pšenica, RA, 2018) až 0,211 g.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup> (sója, KA, rok 2016). Z grafov je zjavné, že produkcia CO<sub>2</sub> z pôdy pri pestovaní pšenice letnej formy ozimnej (Obr. 1) je pri rozdielnom spôsobe obrábania pomerne premenlivá. Priemerné množstvo oxidu uhličitého uvoľneného z pôdy pod porastom tejto plodiny bolo najvyššie pri konvenčnej agrotechnike (0,165 g.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>). Nižšie hodnoty sa namerali pri pôdoochrannom obrábaní pôdy (redukovaná agrotechnika – 0,142 g.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>, resp. priama sejba – 0,156 g.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>).



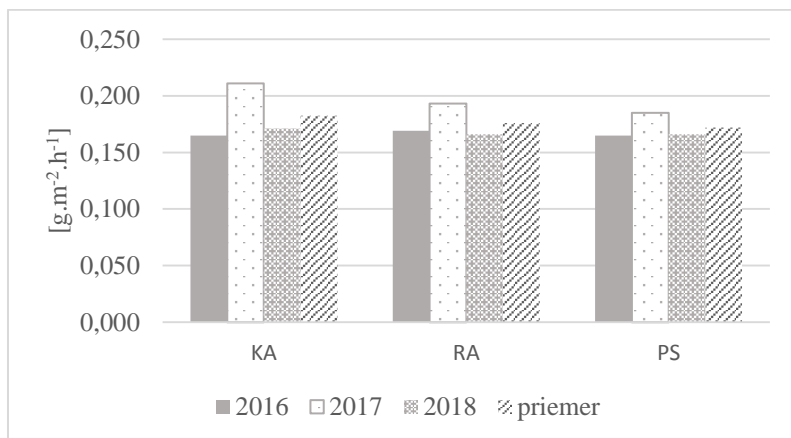
**Obr. 1** Množstvo uvoľneného CO<sub>2</sub> [g.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>] pri pestovaní pšenice letnej formy ozimnej pri rozdielnej agrotechnike (KA – konvenčná agrotechnika, RA – redukovaná agrotechnika, PS – priama sejba)

Analogické zistenie bolo zaznamenané aj pri sóji a kukurici (Obr. 2 a 3), keď vyššie uvoľňovanie CO<sub>2</sub> bolo zaznamenané pri konvenčnej agrotechnike (0,182 g.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup> pri sóji, 0,161 g.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup> pri kukurici) a nižšie pri redukovanej agrotechnike (0,176 g.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup> pri sóji, 0,156 g.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup> pri kukurici) a priamej sejbe (0,172 g.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup> pri sóji, 0,150 g.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup> pri kukurici). Trend znižovania emisií CO<sub>2</sub> využitím redukovaných systémov obrábania pôdy v porovnaní s konvenčným systémom, teda s orbou, potvrdzujú práce viacerých autorov, napr. Buragiene et al. (2015), O'Dell et al. (2020), Wang et al. (2020). O'Dell et al. (2020) pri konvenčnom obrábaní pôdy namerali emisie CO<sub>2</sub> na úrovni

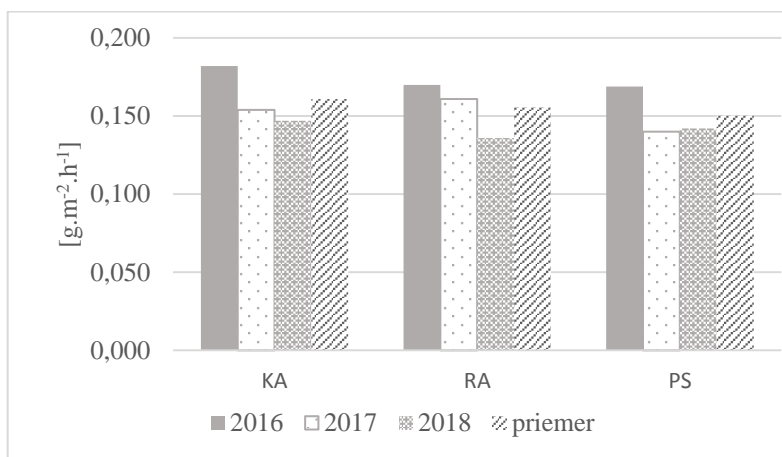
0,93 g.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>, pri ochranných postupoch bez obrábania tieto hodnoty boli výrazne nižšie – 0,56 g.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>. Aj štúdia Bilandžiju et al. (2014) naznačuje, že postupy obrábania pôdy majú vplyv na emisie CO<sub>2</sub> v pôde, ale ich zistenie nebolo významné. S týmto tvrdením sa stotožňujeme, pretože na základe dosiahnutých výsledkov bol pozitívny vplyv pôdochranných technológií pozorovaný, ale nebol veľmi výrazný.



**Obr. 2** Množstvo uvoľneného CO<sub>2</sub> [g.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>] pri pestovaní jačmeňa siateho jarného pri rozdielnej agrotechnike (KA – konvenčná agrotechnika, RA – redukovaná agrotechnika, PS – priama sejba)



**Obr. 3** Množstvo uvoľneného CO<sub>2</sub> [g.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>] pri pestovaní sóje fazuľovej pri rozdielnej agrotechnike (KA – konvenčná agrotechnika, RA – redukovaná agrotechnika, PS – priama sejba)



**Obr. 4** Množstvo uvoľneného CO<sub>2</sub> [g.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>] pri pestovaní kukurice sietej pri rozdielnej agrotechnike (KA – konvenčná agrotechnika, RA – redukovaná agrotechnika, PS – priama sejba)

Produkciu a koncentráciu pôdneho CO<sub>2</sub> ovplyvňuje aj vegetácia cez zmenu pôdnej mikroklimy koreňovou respiráciou, alebo povahou rastlinného detritu. Pri pestovaných poľnohospodárskych plodinách s rozdielnym spôsobom obrábania pôdy tento predpoklad nebol výrazne potvrdený. Priemerný obsah uvoľneného CO<sub>2</sub> bez ohľadu na spôsob obrábania sa pohyboval od množstva 0,154 g.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup> (pre plodinu pšenica letná forma ozimná) po 0,177 g.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup> (sója siata). Z hľadiska pestovanej plodiny bol najvyšší pokles emisií CO<sub>2</sub> pri priamej sejbe oproti konvenčnej agrotechnike zistený pri kukurici (-6,8 %) a nižší pri pšenici a sóji (-5,5 %). Pri použití redukovanej agrotechniky pokleslo uvoľňovanie oxidu uhličitého z pôdy v rámci plodín najvýraznejšie pri pšenici (-13,9 %) a nevýznamný pokles bol zaznamenaný pri jačmeni, sóji a kukurici (-3,0 %, -3,3 %, resp. -3,1 %) v porovnaní s oraným variantom.

Ak porovnáme vplyv obrábania pôdy na uvoľňovanie CO<sub>2</sub> z pôdy na fluvizemi glejovej na základe dosiahnutých priemerných výsledkov, bez ohľadu na pestovanú plodinu, rozdiely uvoľneného CO<sub>2</sub> sú minimálne (Tab. 1). Aj Powlson et al. (2014) poukazujú na skutočnosť, že síce obrábanie pôdy je prospešné pre kvalitu pôdy a prispôsobenie sa poľnohospodárstva zmenám v podnebí, ale jeho úloha pri akumulácii organického uhlíka v pôde a pri zmierňovaní emisií CO<sub>2</sub> je často preceňovaná.

**Tab. 1** Množstvo uvoľneného CO<sub>2</sub> [g.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>] pri plodinách pestovaných pri rozdielnej agrotechnike

Rok	Konvenčná agrotechnika	Redukovaná agrotechnika	Priama sejba	Priemer
2016	0,168	0,156	0,162	0,162
2017	0,178	0,174	0,167	0,173
2018	0,162	0,148	0,158	0,156
Priemer	0,169	0,160	0,162	0,164

Najvyššie uvoľňovanie oxidu uhličitého bolo zistené pri konvenčnej agrotechnike (priemerne 0,169 g.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>) a nižšie pri pôdoochrannom obrábaní pôdy (priemerne 0,160 g.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup> pri redukovanej agrotechnike, resp. priemerne 0,162 g.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup> pri priamej sejbe). Pokiaľ porovnáваме dva krajné spôsoby obrábania, teda konvenčnú agrotechniku a priamu sejbu, tak pri použití priamej sejby bolo zistené len o 4,1 % nižšie uvoľňovanie oxidu uhličitého z pôdy než na oranom variante.

Abdalla et al. (2016) analyzovali celkom 46 recenzovaných publikácií s celkovým počtom 174 párových pozorovaní porovnávajúcich emisie CO<sub>2</sub> z obrábaných a neobrábaných pôd s rôznymi druhmi plodín pestovanými v diferencovaných pôdnych a klimatických podmienkach s cieľom kvantifikovať vplyv obrábania na emisie CO<sub>2</sub>. Autori zistili, že obrábané piesočnaté pôdy s nízkym obsahom organického uhlíka v pôde a nízkou pôdnou vlhkosťou emitovali v priemere o 21 % viac CO<sub>2</sub> ako nespracované pôdy. V ílovitých pôdach s vyšším obsahom organického uhlíka spracovanie pôdy nemalo žiadny vplyv na emisie CO<sub>2</sub>. Tieto výsledky naznačujú, že neobrábanie pôdy je účinným zmierňujúcim opatrením strát oxidu uhličitého hlavne zo suchých piesočnatých pôd.

## ZÁVER

Poľnohospodárska prax sa vyznačuje využívaním veľkého komplexu technológií, strojov a zariadení, ktoré majú rozdielny vplyv na pôdne prostredie. Existuje priamy súvis s rozdielnym obrábaním pôdy a množstvom uvoľňovaných emisií CO<sub>2</sub> z pôdy do atmosféry. Na intenzitu uvoľňovania tohto skleníkového plynu však vplývajú aj meteorologické podmienky (líšia sa v rôznych regiónoch sveta), vlastnosti pôdy, hnojenie, vlastnosti zvyškov rastlín a pod.

V podmienkach ťažkej ílovito-hlinitej fluvizeme glejovej bol pri štyroch rozdielnych poľných plodinách sledovaný vplyv obrábania pôdy na uvoľňovanie CO<sub>2</sub> z pôdy. Pri použití priamej sejby bolo zistené o 4,1 % a pri redukovanej agrotechnike o 5,3 % nižšie uvoľňovanie oxidu uhličitého z pôdy v porovnaní s oraným variantom. Z hľadiska pestovanej plodiny bol pri priamej

sejbe najvýznamnejší pokles emisií oxidu uhličitého zaznamenaný pri kukurici siatej (-6,8 %) a pri redukovanej agrotechnike pri pšenici ozimnej (-13,9 %) v porovnaní s konvenčnou agrotechnikou.

## LITERATÚRA

1. ABDALLA, K. et al. 2016. No-tillage lessens soil CO<sub>2</sub> emissions the most under arid and sandy soil conditions : Results from a meta-analysis. In: *Biogeosciences Open Access*, vol. 13, 2016, No. 12, pp. 3619-3633.
2. BILANDŽIJA, D. – ZGORELEC, Ž. – KISIĆ, I. 2014. The influence of agroclimatic factors on soil CO<sub>2</sub> emissions. In: *Collegium Antropologicum Open Access*, vol. 38, 2014, pp. 77-83.
3. BURAGIENE, S. et al. 2015. Experimental analysis of CO<sub>2</sub> emissions from agricultural soils subjected to five different tillage systems in Lithuania. In: *Science of the Total Environment*, vol. 514, 2015, pp. 1-9.
4. GARCIA, R.L. et al. 2004. Measurements of Soil CO<sub>2</sub> Flux. LI-COR, inc., Environmental Division, 4421 Superior Street, Lincoln, NE 68504, and IDept. of Soil Science, University of Wisconsin, Madison, WI 53706 USA . HILL, P. 2000. Carbon, Sequestrian Questions. *No-Till Farmer* 29 (2000), s. 6-7. 72
5. KRIŠTOF, K. 2015. Soil cultivation and its effect on the possibilities to reduce losses of soil carbon. In *JOBBÁGY, J. -- FINDURA, P. Technoforum 2015: new trends in machinery and technologies for biosystems : [scientific papers] = nové trendy v technike a technológiách pre biosystémy : zborník vedeckých prác. 1. vyd. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2015, s. 137--141. ISBN 978-80-552-1326-2.*
6. KRIŠTOF, K. et al. 2015. Výskum vplyvu technológií obrábania pôdy na environment. 1. vyd. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2015. 217 s. ISBN 978-80-552-1430-6.
7. KRIŠTOF, K. et al. 2014. The effect of soil tillage intensity on carbon dioxide emissions released from soil into the atmosphere. In *Agronomy Research*. 12, 1 (2014), s. 115--120. ISSN 1406-894X.
8. O'DELL, D. et al. 2020. Conservation agriculture as a climate change mitigation strategy in Zimbabwe. In: *International Journal of Agricultural Sustainability*, vol. 18, 2020, No. 3, pp. 250-265.
9. POWLSON, D.S. et al. 2014. Limited potential of no-till agriculture for climate change mitigation. In: *Nature Climate Change*, vol. 4, 2014, No. 8, pp. 678-683.
10. WANG, H. et al. 2020. No tillage increases soil organic carbon storage and decreases carbon dioxide emission in the crop residue-returned farming

system. In: Journal of Environmental Management, vol. 261, 2020.  
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110261>

### **Pod'akovanie**

Táto práca bola financovaná Ministerstvom poľnohospodárstva a rozvoja vidieka Slovenskej republiky v rámci riešenia rezortného projektu výskumu a vývoja (2016 – 2018) s názvom „Agroekosystémy zohľadňujúce faktory prostredia v zmenených pôdno-klimatických podmienkach“.

Korešpondenčná adresa: napr:

RNDr. Igor Danielovič, PhD. – NPPC – Výskumný ústav agroekológie  
Michalovce, Špitálska 1273, 071 01 Michalovce

E-mail: [igor.danielovic@nppc.sk](mailto:igor.danielovic@nppc.sk)

Ing. Božena Šoltysová, PhD. – NPPC – Výskumný ústav agroekológie  
Michalovce, Špitálska 1273, 071 01 Michalovce

E-mail: [bozena.soltysova@nppc.sk](mailto:bozena.soltysova@nppc.sk)

# ANALÝZA VYBRANÝCH ENVIRONMENTÁLNYCH UKAZOVATEĽOV V SYSTÉME PESTOVANIA ENERGETICKÝCH PLODÍN

## ANALYSIS OF SELECTED ENVIRONMENTAL INDICATORS IN THE SYSTEM OF THE ENERGY CROPS CULTIVATION

Božena ŠOLTYSOVÁ, Igor DANIELOVIČ, Martin DANILOVIČ, Ján HECL  
*Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum – Výskumný ústav  
agroekológie Michalovce*

### Abstrakt

Zmeny vybraných pôdnych parametrov a emisie CO<sub>2</sub> z pôdy boli sledované na fluvizemi glejovej. Poľný pokus bol založený s tromi energetickými plodinami (ozdobnica obrovská, pýr predĺžený, sida obojpoľavná) v roku 2012. Pôdne vzorky boli odoberané pred založením pokusu v jeseni 2012 a v jeseni 2016 – 2018 z hĺbky 0 – 0,3 m. Konverzia pôdy z pestovania klasických jednoročných plodín na pestovanie viacročných energetických plodín rozdielne ovplyvnila zmeny vybraných parametrov pôdy a emisie CO<sub>2</sub> z pôdy. Pri monitorovaných energetických plodinách bol od založenia pokusov zistený nárast pôdneho organického uhlíka. Ročný nárast uhlíka v pôde bol pri ozdobnici 0,26 t.ha<sup>-1</sup>.rok<sup>-1</sup> C, pri pýre 0,98 t.ha<sup>-1</sup>.rok<sup>-1</sup> C a pri side 0,74 t.ha<sup>-1</sup>.rok<sup>-1</sup> C. Sekvestrácia uhlíka do pôdy predstavuje potenciál zníženia emisií CO<sub>2</sub>, čo bolo potvrdené aj veľkou zápornou korelačnou závislosťou medzi obsahom pôdneho organického uhlíka a množstvom emitovaného CO<sub>2</sub> do ovzdušia (r = -0,73). Od založenia pokusov bol zistený aj nárast celkového dusíka v pôde. Ročný nárast celkového dusíka v pôde pri ozdobnici bol 0,11 t.ha<sup>-1</sup>.rok<sup>-1</sup> N a pri pýre 0,10 t.ha<sup>-1</sup>.rok<sup>-1</sup> N. Od založenia pokusov bol zistený aj pokles pôdnej reakcie a obsahu prístupného fosforu a draslíka v pôde.

**Kľúčové slová:** energetické plodiny, pôda, organický uhlík, emisie oxidu uhličitého, pôdne parametre

### Abstract

The changes in selected soil parameters and the carbon dioxide emissions from the soil were observed in Gleyic Fluvisols. The field experiment was established with three energy crops (*Miscanthus x giganteus*, *Elymus elongatus Gaertner*, *Sida hermafrodita*) in 2012. Soil samples were taken before starting of the experiment in the autumn 2012 and yearly in the autumn from 2016 to 2018 from the depth 0 – 0.3 m. Land management conversion, from classic annual



crops to perennial energy crops cultivation, has influenced changes of selected soil parameters and the CO<sub>2</sub> emissions from the soil. Since the establishment of the experiments, an increase in soil organic carbon in the monitored energy crops was found. The annual increase in carbon in the soil was 0.26 t ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> C for the *Miscanthus*, 0.98 t ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> C for the *Elymus* and 0.74 t ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> for the *Sida*. Carbon sequestration into the soil represents the potential to depression CO<sub>2</sub> emissions, which was also confirmed by the large negative correlation between the soil organic carbon content and the CO<sub>2</sub> amount emitted into the air ( $r = -0.73$ ). Since the establishment of the experiments was found an increase in total nitrogen in the soil, too. The annual increase in total nitrogen in the soil was 0.11 t ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> N for the *Miscanthus* and 0.10 t ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> N for the *Elymus*. Since the establishment of the experiments was found a reduce in the soil reaction and available phosphorus and potassium content in the soil, too.

**Keywords:** energy crops, soil, organic carbon, carbon dioxide emission, soil parameters

## ÚVOD

Zmena klímy je jedným z veľkých problémov, ktorý musí ľudstvo vo svojej histórii riešiť. Na Slovensku bol počas rokov 1881 – 2012 zaznamenaný významný nárast ročnej teploty vzduchu o 1,8 °C a nevýznamný pokles ročných úhrnov zrážok priemerne o 1,3 % (Šiesta národná správa Slovenskej republiky o zmene klímy, 2013). Jedným z dôsledkov zmeny klímy v poľnohospodárstve budú zmeny teplotnej zabezpečenosti rastlinnej výroby, predĺženie hlavného vegetačného obdobia, zmeny fenologických pomerov a agroklimatického produkčného potenciálu, zmeny v rozdelení zrážok a vlhkostnej zabezpečenosti, podmienok prezimovania, skladby škodlivých organizmov, pôdnej diverzity, fyzikálnych a chemických vlastností pôdy, urýchlenie rozkladu organickej hmoty, zrýchlenie rastu koreňovej sústavy, zvýšená veterná erózia, či pestovanie nových druhov rastlín (Ministerstvo životného prostredia SR, 2014).

Hlavným aktivátorom klimatickej zmeny je vzdušný oxid uhličitý, ktorého obsah sa zvýšil z 100 ppmv od doby pred priemyselnou revolúciou na 385 ppmv v súčasnosti (Lüthi et al., 2008) a takmer isté je ďalšie zvýšenie obsahu atmosférického oxidu uhličitého. Ako možný spôsob zníženia budúcich emisií oxidu uhličitého je propagované pestovanie energetických plodín, a to ukladáním uhlíka v pôde. Z hľadiska bilancie uhlíka sa ako najlepší spôsob javí konverzia poľnohospodárskej pôdy na porasty energetických rastlín, než likvidácia prirodzenej vegetácie za účelom ich pestovania. Straty uhlíka z pôdy pri konverzii poľnohospodárskej pôdy, rovnako ako pri konverzii prirodzených

porastov, sú závislé od druhu energetickej rastliny (Anderson-Teixeira et al., 2009; Hillier et al. 2009).

Volk et al. (2004) odporúčajú, aby sekvestrácia uhlíka pod energetickými plodinami bola za rok aspoň  $0,25 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ C}$ . Odhady uhlíka sekvestrovaného pod energetickými plodinami sa pohybujú medzi  $0,6 - 3,0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1} \text{ C}$  (Sartori et al., 2007).

Zavedením energetických plodín sa predpokladá zlepšenie vlastností pôd, vrátane zvýšenia ich organickej zložky. Bohatý koreňový systém energetických plodín, ktorý vylučuje množstvo látok anorganickej a organickej povahy, za spolupôsobenia intenzívnej aktivity pôdných mikroorganizmov, pomáha k uvoľňovaniu prvkov z menej prístupných foriem. Medzi ekologické dôvody ich pestovania patrí predovšetkým priaznivý vplyv na štruktúrny stav pôdy, zlepšenie hospodárenia s pôdnou vodou, obmedzenie vyplavovania pohyblivých foriem dusíka pri dlhodobom pôsobení rastlín na jednom stanovišti, zlepšenie stavu pôdnej organickej hmoty a pod. (Hůla a Procházková, 2002).

Cieľom príspevku bol výskum vplyvu pestovania energetických plodín na zmeny pôdných parametrov a uvoľňovanie  $\text{CO}_2$  z pôdy.

## MATERIÁL A METÓDA

Poľný pokus s energetickými plodinami bol založený v roku 2012 na experimentálnom pracovisku NPPC – VÚA Michalovce, ktoré sa nachádza v Milhostove ( $48^{\circ}40' \text{N}$ ,  $21^{\circ}43' \text{E}$ ). Experimentálne pracovisko je situované v centrálnej časti Východoslovenskej nížiny v nadmorskej výške 101 m. Dlhodobý normál (1961 – 1990) pre ročnú teplotu vzduchu (Mikulová et al., 2015a) v Milhostove je  $8,9 \text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $16,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$  počas vegetačného obdobia) a dlhodobý normál zrážok (Mikulová et al., 2015b) je 550 mm (348 mm počas vegetačného obdobia).

Zmeny pôdných parametrov a uvoľňovanie  $\text{CO}_2$  z pôdy bolo sledované v rokoch 2016 – 2018 pri energetických plodinách ozdobnica obrovská (*Miscanthus x giganteus*), pýr predĺžený (*Elymus elongatus Gaertner*) a sida obojpohlavná (*Sida hermafrodita*). Plodiny boli každoročne hnojené fosforom v dávke  $40 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , draslíkom v dávke  $60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , vo všetkých prípadoch bez hnojenia dusíkom. Veľkosť variantu pri ozdobnici a side bola  $12 \text{ m}^2$  a pri pýre  $9 \text{ m}^2$ , pričom pokusy boli uskutočnené v trojnásobnom opakovaní.

Zrnitostné zloženie pôdy pred založením pokusov s energetickými plodinami je uvedené v Tab. 1. Klasifikácia pôdneho druhu bola posúdená na základe percentuálneho obsahu častíc I. kategórie ( $<0,01 \text{ mm}$ ), teda obsahu ílovitých častíc podľa Novákovej klasifikačnej stupnice. Pred založením pokusov s energetickými plodinami bol priemerný obsah ílovitých častíc

40,5 %, čo znamená, že pokus s energetickými plodinami bol založený na stredne ťažkej, hlinitej fluvizemi glejovej.

**Tab. 1** Zrnitostné zloženie pôdy pred založením pokusov

Frakcie	Ozdobnica	Pýr	Sida	Priemer
1. frakcia [%]	20,5	20,8	21,6	21,0
2. frakcia [%]	19,8	18,8	20,0	19,5
3. frakcia [%]	27,8	29,5	28,6	28,6
4. frakcia [%]	25,2	24,7	23,8	24,6
5. frakcia [%]	6,7	6,2	6,0	6,3
obsah častíc I. kat. [%]	40,3	39,6	41,6	40,5
Hodnotenie pôdy	hlinitá pôda	hlinitá pôda	hlinitá pôda	hlinitá pôda

kde: 1. frakcia – íl (< 0,001 mm), 2. frakcia – jemný a stredný prach (0,001 – 0,01 mm), 3. frakcia – hrubý prach (0,01 – 0,05 mm), 4. frakcia – jemný piesok (0,05 – 0,25 mm), 5. frakcia – stredný piesok (0,25 – 2 mm), obsah častíc I. kategórie (< 0,01 mm)

Pôdne vzorky boli odoberané každoročne v jeseni (2016 – 2018) z hĺbky 0 – 0,3 m a zmeny parametrov pôdy boli porovnávané s rokom 2012 pred založením pokusov. V spracovaných vzorkách pôdy boli stanovené vybrané chemické parametre pôdy štandardne používanými metódami (Hraško et al., 1962; Hrivňáková, Makovníková et al., 2011).

Meranie pôdnej respirácie (uvoľňovanie CO<sub>2</sub>) bolo v sledovaných rokoch realizované v štvrtýždňových intervaloch od mája do septembra. V daných termínoch na každom variante bolo uskutočnených päť meraní v trojminútových intervaloch v troch opakovaníach. Pre meranie boli využité prístroje COMT 500. Priemerné výsledky zisteného množstva uvoľneného oxidu uhličitého pri energetických plodinách boli prepočítané vzhľadom na množstvo emisií na začiatku a na konci merania, inkubačnú dobu, teplotu vzduchu na začiatku a na konci merania, objem inkubačnej nádoby a meranú plochu a boli uvedené v g.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>. Pri každom meraní boli sledované faktory ovplyvňujúce množstvo uvoľňovaného oxidu uhličitého (teplota pôdy, vlhkosť pôdy).

Vzájomné vzťahy medzi pôdnymi parametrami a uvoľňovaním oxidu uhličitého z pôdy pod energetickými plodinami boli zhodnotené korelačnou analýzou.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Výsadba trvalých kultúr vhodných z hľadiska pôdných podmienok patrí medzi navrhované adaptačné opatrenia pre zachovanie a zvýšenie množstva organického uhlíka v pôde (Ministerstvo životného prostredia SR, 2014).

Predpokladá sa, že zmena vo využívaní pôdy, teda prechod na pestovanie viacročných energetických plodín, umožní udržanie až ukladanie uhlíka v pôde. Pri ozdobnici bol od založenia pokusov zistený nárast pôdneho organického uhlíka priemerne o 0,34 g.kg<sup>-1</sup> (Tab. 2), čo v prepočte na obsah v ornici do 0,3 m predstavuje nárast o 1,53 t.ha<sup>-1</sup> uhlíka. Vyšší nárast pôdneho organického uhlíka bol pri pýre (1,31 g.kg<sup>-1</sup>) a side (0,98 g.kg<sup>-1</sup>), čo v prepočte na obsah uhlíka v hĺbke do 0,3 m predstavuje priemerný nárast uhlíka v pôde o 5,89 t.ha<sup>-1</sup> C pri pýre a o 4,41 t.ha<sup>-1</sup> C pri side.

**Tab. 2** Zmeny obsahov pôdneho organického uhlíka [g.kg<sup>-1</sup>] pri pestovaní energetických plodín

Rok	Energetická plodina			Priemer
	Ozdobnica	Pýr	Sida	
VS	14,67	14,64	14,86	14,72
2016	14,03	14,29	14,56	14,29
2017	14,57	14,52	14,77	14,62
2018	15,01	15,95	15,84	15,60
Δ 2018 – 2012	0,34	1,31	0,98	0,88
Δ C [t.ha <sup>-1</sup> ]	1,53	5,89	4,41	3,96
ročný Δ C [t.ha <sup>-1</sup> ]	0,26	0,98	0,74	0,66

kde: VS – východiskový stav (rok 2012), Δ 2018 – 2012 – rozdiel hodnôt medzi rokom 2018 a východiskovým stavom, Δ C – rozdiel obsahu uhlíka v hĺbke do 0,3 m medzi rokmi 2018 a 2012, ročný Δ C – ročný rozdiel obsahu uhlíka v hĺbke do 0,3 m medzi rokmi 2018 a 2012

Ročný nárast uhlíka v pôde pri ozdobnici bol 0,26 t.ha<sup>-1</sup>.rok<sup>-1</sup> C, pri pýre 0,98 t.ha<sup>-1</sup>.rok<sup>-1</sup> C a pri side 0,74 t.ha<sup>-1</sup>.rok<sup>-1</sup> C, čo prevyšuje minimálne hodnoty 0,25 t.ha<sup>-1</sup>.rok<sup>-1</sup> C odporúčané Volkom et al. (2004) pre sekvestráciu uhlíka. Ročná sekvestrácia uhlíka pri pýre a side sa pohybuje v rozmedzí, ktorý udávajú Sartori et al.(2007).

Oxid uhličitý je jedným z najdôležitejších plynov v pôde s 10-krát až 100-krát vyšším obsahom než v atmosfére. V Tab. 3 sú uvedené priemerné hodnoty CO<sub>2</sub> uvoľneného z pôdy v mesačných meraniach v rokoch 2016 – 2018 v porastoch energetických plodín. Priemerné množstvá CO<sub>2</sub> uvoľneného z pôdy pod porastami energetických plodín sú porovnateľné a pohybujú sa od 0,163 g.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup> pri pýre, 0,170 g.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup> pri ozdobnici až po 0,172 g.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup> pri side. Z hľadiska meraní pri všetkých trvalých energetických plodinách bolo najviac CO<sub>2</sub> uvoľneného z pôdy pri treťom meraní realizovanom v mesiaci júl.

V rámci rokov bolo priemerne najvyššie množstvo CO<sub>2</sub> uvoľnené z pôdy v roku 2016 (0,196 g.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>), nižšie v roku 2017 (0,168 g.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>) a najnižšie v roku 2018 (0,140 g.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>).

**Tab. 3** Obsah uvoľneného CO<sub>2</sub> [g.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>] z pôdy pri pestovaní energetických plodín

Plodina	Rok	Meranie					Priemer
		1.	2.	3.	4.	5.	
Ozdobnica	2016	0,279	0,132	0,228	0,200	0,204	0,209
	2017	0,076	0,283	0,323	0,114	0,076	0,174
	2018	0,153	0,084	0,138	0,044	0,221	0,128
	priemer	0,169	0,166	0,230	0,119	0,167	0,170
Pýr	2016	0,192	0,111	0,299	0,127	0,168	0,179
	2017	0,075	0,282	0,318	0,113	0,076	0,173
	2018	0,114	0,180	0,164	0,057	0,163	0,136
	priemer	0,127	0,191	0,260	0,099	0,136	0,163
Sida	2016	0,133	0,092	0,230	0,356	0,192	0,201
	2017	0,120	0,328	0,153	0,115	0,070	0,157
	2018	0,240	0,130	0,206	0,072	0,137	0,157
	priemer	0,164	0,183	0,196	0,181	0,133	0,172

Na základe získaných výsledkov bolo prechodom z pestovania klasických jednoročných plodín na pestovanie viacročných energetických plodín zaznamenané ukladanie uhlíka v pôde. Sekvestrácia uhlíka do pôdy predstavuje potenciál zníženia emisií oxidu uhličitého, čo bolo potvrdené aj veľkou zápornou korelačnou závislosťou medzi obsahom pôdneho organického uhlíka a množstvom emitovaného oxidu uhličitého do ovzdušia ( $r = -0,73$ ). Z hľadiska jednotlivých energetických plodín bola veľmi veľká záporná korelácia medzi uvedenými parametrami zaznamenaná v prípade ozdobnice ( $r = -0,99$ ) a pýru ( $r = -1,00$ ) a význačná záporná závislosť v prípade sidy ( $r = -0,63$ ).

Dusík je základným produkčným prvkom a pre fluvizeme na Slovensku sa uvádza priemerný obsah celkového dusíka 1780 mg.kg<sup>-1</sup>. Pri pestovaní energetických plodín sa priemerný obsah celkového dusíka vyskytoval v rozmedzí 1490 – 1697 mg.kg<sup>-1</sup> (Tab. 4). Pri monitorovaných plodinách bol od založenia pokusov zistený nárast celkového dusíka v pôde. Vyšší nárast celkového dusíka bol zistený pri ozdobnici (nárast o 141 mg.kg<sup>-1</sup>) a pýre (nárast o 136 mg.kg<sup>-1</sup>), čo v prepočte na obsah celkového dusíka v ornici do 0,3 m predstavuje nárast o 0,63 t.ha<sup>-1</sup> N pri ozdobnici a o 0,61 t.ha<sup>-1</sup> N pri pýre. V prípade sidy neboli medzi rokom 2018 a rokom 2012 pred založením pokusov zistené preukazné zmeny celkového dusíka v pôde. Ročný nárast celkového dusíka v pôde pri ozdobnici bol 0,11 t.ha<sup>-1</sup>.rok<sup>-1</sup> N a pri pýre 0,10 t.ha<sup>-1</sup>.rok<sup>-1</sup> N (Tab. 4).

**Tab. 4** Zmeny obsahov celkového dusíka [ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ] pri pestovaní energetických plodín

Rok	Energetická plodina			Priemer
	Ozdobnica	Pýr	Sida	
VS	1554	1561	1609	1575
2016	1512	1499	1490	1500
2017	1524	1508	1502	1511
2018	1695	1697	1641	1678
$\Delta$ 2018 – 2012	141	136	32	103
$\Delta$ N [ $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ]	0,63	0,61	0,14	0,46
ročný $\Delta$ N [ $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ]	0,11	0,10	0,02	0,08

kde: VS – východiskový stav (rok 2012),  $\Delta$  2018 – 2012 – rozdiel obsahov celkového dusíka medzi rokom 2018 a východiskovým stavom,  $\Delta$  N – rozdiel obsahu dusíka v hĺbke do 0,3 m medzi rokmi 2018 a 2012, ročný  $\Delta$  N – ročný rozdiel obsahu dusíka v hĺbke do 0,3 m medzi rokmi 2018 a 2012

Obsah celkového dusíka v pôde súvisí s obsahom pôdneho organického uhlíka. Signifikantné lineárne korelácie medzi organickým uhlíkom a celkovým dusíkom v ornici s hodnotou korelačného koeficienta  $r = 0,50$  zistili Wang et al. (2009). Medzi obsahom pôdneho organického uhlíka a celkového dusíka pri pestovaní energetických plodín bola zistená veľká kladná závislosť ( $r = 0,82$ ).

Kvalita pôdnej organickej hmoty je posudzovaná na základe pomeru medzi pôdnym organickým uhlíkom a celkovým dusíkom. V pôdach pod energetickými plodinami bol rozklad organických látok intenzívny, keďže hodnoty pomeru C/N sa vyskytovali v rozmedzí 8,9 – 9,8 (Tab. 5) a za šesť rokov od založenia pokusov neboli zaznamenané významné zmeny tohto pomeru. Fluvizeme na Slovensku charakterizuje hodnota pomeru medzi uhlíkom a dusíkom 10,0.

**Tab. 5** Zmeny hodnôt pomeru pôdneho organického uhlíka k celkovému dusíku pri pestovaní energetických plodín

Rok	Energetická plodina			Priemer
	Ozdobnica	Pýr	Sida	
VS	9,4	9,4	9,2	9,3
2016	9,3	9,5	9,8	9,5
2017	9,6	9,6	9,8	9,7
2018	8,9	9,4	9,7	9,3
$\Delta$ 2018 – 2012	-0,5	0	0,5	0,0

kde: VS – východiskový stav (rok 2012),  $\Delta$  2018 – 2012 – rozdiel hodnôt medzi rokom 2018 a východiskovým stavom

Fosfor patrí k biogénnym prvkom, bez ktorých rastlina nemôže vykonávať svoje životné funkcie a nemôže byť zastúpený žiadnym iným prvkom. Obsah prístupného fosforu v pôde (Tab. 6) pod sledovanými energetickými plodinami sa vyskytoval v rozmedzí 78,0 – 98,4 mg.kg<sup>-1</sup> a z hľadiska kritérií pre hodnotenie výsledkov chemických rozborov orných pôd (Vyhláška MPRV SR č. 151/2016 Z. z.) bol v pôde vyhovujúci až dobrý obsah prístupného fosforu. Energetické plodiny boli v každom roku hnojené fosforom v dávke 40 kg.ha<sup>-1</sup>. Za šesť rokov od založenia pokusov neboli zaznamenané významné zmeny prístupného fosforu v pôde. Pri pestovaní ozdobnice a sidy mierne poklesol obsah prístupného fosforu v pôde priemerne o 2,7 mg.kg<sup>-1</sup>, resp. o 4,5 mg.kg<sup>-1</sup> v porovnaní so stavom pred založením pokusov. Pri pestovaní energetických plodín dochádza k zabudovaniu fosforu do pletív a jeho odber z pôdy súvisí s dosiahnutou úrodou energetických plodín.

Z hľadiska výživy poľnohospodárskych plodín je dôležité, aby sa draslík v pôde v dostatočnom množstve nachádzal vo forme prístupnej pre rastliny. Obsah prístupného draslíka v pôde energetických plodín (Tab. 6) sa vyskytoval od 215,7 mg.kg<sup>-1</sup> do 237,5 mg.kg<sup>-1</sup>. Z hľadiska kritérií pre hodnotenie výsledkov chemických rozborov orných pôd (Vyhláška MPRV SR č. 151/2016 Z. z.) bol v pôde dobrý obsah prístupného draslíka.

**Tab. 6** Zmeny obsahov prístupných živín (fosfor, draslík) pri pestovaní energetických plodín

Parameter	Rok	Energetická plodina			Priemer
		Ozdobnica	Pýr	Sida	
P [mg.kg <sup>-1</sup> ]	VS	98,4	87,5	95,3	93,7
	2016	92,6	78,0	86,0	85,5
	2017	93,6	79,7	83,8	85,7
	2018	95,7	88,2	90,8	91,6
	Δ	-2,7	0,7	-4,5	-2,2
K [mg.kg <sup>-1</sup> ]	VS	231,2	227,7	237,5	232,1
	2016	219,0	218,9	231,0	223,0
	2017	215,7	219,7	220,7	218,7
	2018	219,9	222,1	227,7	223,2
	Δ	-11,3	-5,6	-9,8	-8,9

kde: VS – východiskový stav (rok 2012), Δ – rozdiel obsahov prístupných živín medzi rokom 2018 a východiskovým stavom, P – prístupný fosfor, K – prístupný draslík

Obsahy prístupného draslíka v pôde pod porastom monitorovaných energetických plodín mierne poklesli priemerne o 11,3 mg.kg<sup>-1</sup> pri ozdobnici, o 5,6 mg.kg<sup>-1</sup> pri pýre a o 9,8 mg.kg<sup>-1</sup> pri side v porovnaní so stavom pred založením pokusov (rok 2012). Obsah prístupného draslíka v pôde je závislý od

odberu draslíka energetickými plodinami a pokles prístupného draslíka v pôde pravdepodobne súvisel jeho vyšším odberom plodinami pri nedostatočnom hnojení draslíkom. Z výsledkov vyplýva, že každoročné hnojenie energetických plodín draslíkom v dávke 60 kg.ha<sup>-1</sup> nebolo postačujúce.

Zmeny úrodnosti pôdy vplyvom pestovania viacročných energetických plodín boli hodnotené aj zo zmien hodnôt výmennej pôdnej reakcie. Hodnoty výmennej pôdnej reakcie v pôde energetických plodín sa vyskytovali v rozpätí 6,47 – 6,69 (Tab. 7). Podľa kritérií hodnotenia bola výmenná pôdna reakcia slabokyslá až neutrálna (Vyhláška MPRV SR č. 151/2016 Z. z.).

V šesťročnom období pod porastom energetických plodín poklesli hodnoty výmennej pôdnej reakcie pri ozdobnici priemerne o 0,10, pri pýre priemerne o 0,17 a pri side priemerne o 0,18. Uvedené hodnoty pôdnej reakcie sú vhodné pre pestované energetické plodiny. Stražil (2009) odporúča optimálnu pôdnu reakciu pre ozdobnicu v rozmedzí 5,5 – 6,5 a len pri pôdnej reakcii nad 7,0 pozoroval zníženie úrody. Podľa Piszczalka a Macáka (2009) je pre pestovanie sidy optimálna pôdna reakcia neutrálna. Siaudinis et al. (2017) však zistili, že sida pozitívne reagovala na hnojenie, aj keď bola pestovaná na kyslej pôde.

**Tab. 7** Zmeny hodnôt výmennej pôdnej reakcie pri pestovaní energetických plodín

Rok	Energetická plodina			Priemer
	Ozdobnica	Pýr	Sida	
VS	6,69	6,68	6,65	6,67
2016	6,66	6,57	6,51	6,58
2017	6,65	6,58	6,54	6,59
2018	6,59	6,51	6,47	6,52
Δ 2018 – 2012	-0,10	-0,17	-0,18	-0,15

kde: VS – východiskový stav (rok 2012), Δ 2018 – 2012 – rozdiel hodnôt medzi rokom 2018 a východiskovým stavom

Pôdna reakcia ovplyvňuje prístupnosť živín. Vyššia kyslosť pôdy znižuje rozpustnosť niektorých živín niekedy až pod životné minimum rastlín. Pri pestovaní vybraných energetických plodín bol pri vyššej kyslosti pôdy zistený pokles prístupného fosforu ( $r = 0,27$ ). Závislosť medzi hodnotami pôdnej reakcie a fosforom v pôde zaznamenali aj Dong et al. (2009).

## ZÁVER

Pri monitorovaných energetických plodinách bol od založenia pokusov zistený nárast pôdneho organického uhlíka. Ročný nárast uhlíka v pôde bol pri ozdobnici 0,26 t.ha<sup>-1</sup>.rok<sup>-1</sup>, pri pýre 0,98 t.ha<sup>-1</sup>.rok<sup>-1</sup> a pri side 0,74 t.ha<sup>-1</sup>.rok<sup>-1</sup>.



Sekvestrácia uhlíka do pôdy predstavuje potenciál zníženia emisií CO<sub>2</sub>, čo bolo potvrdené aj veľkou zápornou korelačnou závislosťou medzi obsahom pôdneho organického uhlíka a množstvom emitovaného CO<sub>2</sub> do ovzdušia ( $r = -0,73$ ). Veľmi veľká záporná korelácia bola zaznamenaná v prípade ozdobnice ( $r = -0,99$ ) a pýry ( $r = -1,00$ ) a význačná záporná závislosť v prípade sidy ( $r = -0,63$ ).

Pri monitorovaných energetických plodinách bol od založenia pokusov zistený aj nárast celkového dusíka v pôde. Ročný nárast celkového dusíka v pôde pri ozdobnici bol 0,11 t.ha<sup>-1</sup>.rok<sup>-1</sup> N a pri pýre 0,10 t.ha<sup>-1</sup>.rok<sup>-1</sup> N.

Obsahy prístupných živín (fosfor, draslík) pod porastom ozdobnice a sidy mierne poklesli, čo indikuje, že každoročné hnojenie ozdobnice a sidy fosforom v dávke 40 kg.ha<sup>-1</sup> a draslíka v dávke 60 kg.ha<sup>-1</sup> nebolo dostatočné.

Pôdna reakcia pod porastom energetických plodín bola slabo kyslá až neutrálna, a preto mierne zníženie pôdnej reakcie by nemalo byť faktorom obmedzujúcim dosahované úrody.

## LITERATÚRA

1. ANDERSON-TEIXEIRA, K. K. – DAVIS, S. C. – MASTERS, M. D. – DELUCIA, E. H. 2009. Changes in soil organic carbon under biofuel crops. In: GCB Bioenergy, vol. 1, 2009, no. 1, pp. 75-96.
2. DONG, X.W. – ZHANG, X.K. – BAO, X.L. – WANG, J.K. 2009. Spatial distribution of soil nutrients after the establishment of sand-fixing shrubs on sand dune. In: Plant Soil Environ., vol. 55, 2009, no. 7, pp. 288-294.
3. HILLIER, J. – WHITTAKER, C. – DAILEY, G. et al. 2009. Greenhouse gas emission from four bioenergy crops in England and Wales: Integrating spatial estimation of yield and soil carbon balance in life cycle analysis. In: GCB Bioenergy, vol. 1, 2009, no. 4, pp. 267-281.
4. HRAŠKO, J. et al. 1962. Rozbory pôd. 1. vyd. Bratislava: SVPL, 1962. 342 s.
5. HRIVŇÁKOVÁ, K. – MAKOVNÍKOVÁ, J. et al. 2011. Jednotné pracovné postupy rozborov pôd. 1. vyd. Bratislava: VÚPOP, 2011. 136 s. ISBN 978-80-89128-89-1.
6. HŮLA, J. – PROCHÁZKOVÁ, B. 2002. Vliv minimalizačních a půdoochranných technologií na plodiny, půdní prostředí a ekonomiku. Zemědělské informace ÚZPI, č. 3, 103 s.
7. LŮTHI, D. – LE FLOCH, M. – BEREITER, B. et al. 2008. High-resolution carbon dioxide concentration record 650,000–800,000 years before present. In: Nature, 2008, no. 453, pp. 379-382.
8. MIKULOVÁ, K. et al. 2015a. Klimatologické normály teploty vzduchu na Slovensku za obdobie 1961 –1990. Národný klimatologický program

- Slovenskej republiky. 1. časť. Bratislava: SHMÚ, 2015. 135 s. ISBN 978-80-88907-92-3.
9. MIKULOVÁ, K. et al. 2015b. Klimatologické normály atmosférických zrážok na Slovensku za obdobie 1961 – 1990. Národný klimatologický program Slovenskej republiky. 2. časť. Bratislava: SHMÚ, 2015. 640 s. ISBN 978-80-88907-93-0.
  10. Ministerstvo životného prostredia SR, 2014. Stratégia adaptácie Slovenskej republiky na nepriaznivé dôsledky zmeny klímy. 103 s.
  11. PISZCZALKA, J. – MACÁK, M. 2009. Sida ako energetická plodina. In: *Agrobioenergia*, roč. 4, 2009, č. 3, s. 7-78.
  12. SARTORI, F. – LAL, R. – EBINGER, M.H. – EATON, J.A. 2007. Changes in soil carbon and nutrient pools along a chronosequence of poplar plantations in the Columbia Plateau, Oregon, USA. In: *Agric Ecosyst Environ*, vol. 122, 2007, no. 3, pp. 325-339.
  13. SIAUDINIS, G. – SKUODIENE, R. – REPSIENE, R. 2017. The investigation of three potential energy crops: common mugwort, cup plant and Virginia mallow on Western Lithuania's albeluvisol. In: *Applied Ecology and Environmental Research*, 2017, no.15, pp. 611-620.
  14. STRAŠIL, Z. 2009. Základy pěstování a možnosti využití ozdobnice (*Miscanthus*). Metodika pro praxi. 1. vyd. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i. Praha, 2009. 52 s. ISBN 978-80-7427-006-2
  15. Šiesta národná správa Slovenskej republiky o zmene klímy na základe Rámcového dohovoru Organizácie Spojených národov o zmene klímy a Kjótskeho protokolu, 2013. Bratislava: MŽP SR, SHMÚ, 2013, 136 s.
  16. VOLK, T.A. et al. 2004. Growing fuel a sustainability assessment of willow biomass crops. In: *Front Ecol Environ*, vol. 2, 2004, no. 8, pp. 411-418.
  17. Vyhláška MPRV SR č. 151/2016 Z. z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o agrochemickom skúšaní pôd a o skladovaní a používaní hnojív. 20 s.
  18. WANG, Z.M. et al. 2009. Spatial variability and affecting factors of soil nutrients in croplands of Northeast China: a case study in Dehui County. In: *Plant Soil Environ.*, vol. 55, 2009, no. 3, pp. 110-120.

### **Pod'akovanie**

Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: Udržateľné systémy inteligentného farmárstva zohľadňujúce výzvy budúcnosti 313011W112, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Korešpondenčná adresa:

Ing. Božena Šoltysová, PhD., RNDr. Igor Danielovič, PhD.,  
Ing. Martin Danilovič, PhD., RNDr. Ján Hecl, PhD. – NPPC –  
Výskumný ústav agroekológie Michalovce, Špitálska 1273,  
071 01 Michalovce

E-mail: [bozena.soltysova@nppc.sk](mailto:bozena.soltysova@nppc.sk), [igor.danielovic@nppc.sk](mailto:igor.danielovic@nppc.sk),  
[martin.danilovic@nppc.sk](mailto:martin.danilovic@nppc.sk), [jan.hecl@nppc.sk](mailto:jan.hecl@nppc.sk)

# KVANTIFIKÁCIA REMEDIAČNÉHO POTENCIÁLU VYBRANÝCH ENERGETICKÝCH PLODÍN

## THE QUANTIFICATION OF REMEDIATION POTENTIAL OF SELECTED ENERGY CROPS

Ján HECL

*Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum – Výskumný ústav  
agroekológie Michalovce*

### **Abstrakt**

Remediačný potenciál vybraných energetických plodín za účelom odstránenia kadmia a olova z kontaminovanej pôdy bol sledovaný v rokoch 2010-2012 v nádobovom pokuse. Vegetačným substrátom v nádobách bola antropogénnou činnosťou kontaminovaná poľnohospodárska pôda z okolia Chemka Strážske, ktorej pôdna reakcia bola neutrálna a obsah humusu bol vo veľmi dobrej zásobe. Celkový obsah kadmia sa pohyboval v rozmedzí 1,1 – 2,5 mg.kg<sup>-1</sup> a obsah Pb bol v rozmedzí 36 – 45 mg.kg<sup>-1</sup>. Testovaniu boli podrobené tieto energetické plodiny: konopa siata odroda Epsilon, cirok dvojfarebný odroda KWS Bulldozer, cirok cukrový x cirok sudánsky odroda Latte, cirok cukrový x cirok sudánsky odroda Nutri Honey a ozdobnica čínska. Pri sledovaní akumulácie obsahov Cd a Pb do koreňov a nadzemnej časti plodín sme zistili, že koreň obsahoval vždy väčšie množstvo kovu ako nadzemná časť okrem ciroku sudánskeho cv. Nutri Honey, ktorý obsahoval viac Cd v nadzemnej časti (priemer za tri roky 1,572 mg.kg<sup>-1</sup>) oproti koreňu (priemer za tri roky 0,429 mg.kg<sup>-1</sup>). Zo sledovaného radu vybraných energetických plodín sa ako najlepší akumulátor Cd ukazuje medzidruhový hybrid ciroku cukrového a ciroku sudánskeho cv. Nutri Honey, ktorý vykazoval najvyššiu fytoextrakčnú schopnosť v nadzemnej časti. Pri všetkých sledovaných plodinách koreň obsahoval 2,4- až 8,5-krát viac Pb ako celá nadzemná rastlina, čo ukazuje na jeho predpokladanú menšiu pohyblivosť oproti Cd.

**Kľúčové slová:** energetické plodiny, pôda, kadmium , olovo

### **Abstract**

The remediation potential of selected energy crops for the purpose of removing cadmium and lead from contaminated soil was monitored in the years 2010-2012 in a container experiment. The vegetation substrate in the pots was contaminated agricultural land from the vicinity of Chemko Strážske by anthropogenic activity, the soil reaction of which was neutral and the humus

content was in very good supply. The total cadmium content was in the range of 1.1 – 2.5 mg kg<sup>-1</sup> and the Pb content was in the range of 36 – 45 mg kg<sup>-1</sup>. The following energy crops were tested: (hemp, sorghum bicolor, sugar sorghum x sudanese sorghum - Latte, sugar sorghum x sudanese sorghum - Nutri Honey and Miscanthus chinese). We found that the root always contained a larger amount of metal than the aboveground part of the crops except Nutri Honey, which contained more Cd in the aboveground part (average for three years 1.572 mg kg<sup>-1</sup>) compared to the root (average for three years 0.429 mg kg<sup>-1</sup>). From the monitored series of selected energy crops, the interspecific hybrid of sugar sorghum and Sudan sorghum appears to be the best Cd accumulator, which showed the highest phytoextraction ability in the aboveground part. In all monitored plants, the root contained 2.4 - 8.5 times more Pb than the whole aboveground plant, which indicates its expected lower mobility compared to Cd.

**Keywords:** energy crops, soil, cadmium, lead

## ÚVOD

Snahy o taxonomické vyhľadávanie a rozpoznávanie druhov, či rodov s vyššími ako priemernými schopnosťami absorpcie ťažkých kovov sa v posledných rokoch stali predmetom záujmu mnohých výskumných tímov. Táto činnosť má však ešte veľa neznámeho a mnohé nejasnosti, a preto by mala byť aj naďalej cieľom ďalšieho smerovania výskumu (Gawronski et al. 2011). Naším zámerom bolo pri predpokladanom a v súčasnosti už dosť rozšírenom pestovaní energetických plodín zistiť ich vzťah k ťažkým kovom, či sa správajú neutrálne, či ich neprijímajú, alebo absorbujú vo zvýšenom množstve a či ich možno využiť pri metódach fytoextrakcie. Vzhľadom na plochu kontaminovaných území Slovenska, keď Hronec a kol. (2008), uvádzajú, že približne 1,4 % výmery pôdneho fondu na Slovensku (t. j. cca 60 tisíc ha) je znečistených až kontaminovaných látkami anorganického a organického pôvodu je možnosť ich opätovného ozdravenia veľmi potrebná. Lewandowski et al. (2003) naznačujú, že energetické plodiny sú práve tie rastliny, ktoré môžu vystupovať ako alternatíva na opätovné zhodnotenie kontaminovaných pôd.

Cieľom príspevku bolo zistiť remediačný potenciál vybraných druhov energetických plodín (konopa siata odroda Epsilon, cirok dvojfarebný odroda KWS Bulldozer, cirok cukrový x cirok sudánsky odroda Latte, cirok cukrový x cirok sudánsky odroda Nutri Honey a ozdobnica čínska) na obsah kadmia a olova v pôde.

## MATERIÁL A METÓDA

Nastolená problematika sa riešila v rámci riešenia úlohy MPRV SR v rokoch 2010 – 2012. V experimente, ktorý bol realizovaný v nádobách, bol stanovený remediačný potenciál perspektívnych druhov energetických plodín (konopa siata odroda Epsilon, cirok dvojfarebný odroda KWS Bulldozer, cirok cukrový x cirok sudánsky odroda Latte, cirok cukrový x cirok sudánsky odroda Nutri Honey a ozdobnica čínska). Na tento účel bol každoročne založený nádobový jednofaktorový pokus. Vegetačným substrátom v nádobách bola antropogénnou činnosťou kontaminovaná poľnohospodárska pôda z okolia Chemka Strážske, ktorej pôdna reakcia bola neutrálna a obsah humusu bol vo veľmi dobrej zásobe (tabuľka 1). Pôdny druh v nádobovom pokuse bola hlinitá pôda (tabuľka 2). Celkový obsah kadmia sa pohyboval v rozmedzí 1,1 – 2,5 mg.kg<sup>-1</sup> a obsah Pb bol v rozmedzí 36 – 45 mg.kg<sup>-1</sup>. Po mineralizácii v mikrovlnnom zariadení boli vybrané ťažké kovy (Cd a Pb) stanovené metódou atómovej absorpčnej spektrometrie (AAS). Vybrali sme dva rozdielne kovy z hľadiska pohyblivosti v kontexte transferu do rastliny (Cd – pohyblivý, Pb menej pohyblivý).

**Tabuľka 1** Pôdna reakcia, obsah humusu, fulvokyselín, humínových kyselín v pôde nádobového pokusu (prepočet na 100 % sušinu)

Číslo vzorky	pH/KCl	C <sub>HL</sub> [%]	C <sub>HK</sub> [%]	C <sub>FK</sub> [%]	C <sub>ox</sub> [%]	Humus [%]
1	6,65	0,501	0,245	0,255	3,113	5,364

**Tabuľka 2** Klasifikácia pôdneho druhu

Číslo vzorky	I.frakcia [%]	II.frakcia [%]	III.frakcia [%]	IV.frakcia [%]	V.frakcia [%]	I. kategória [%]	Druh pôdy
1	14,974	24,317	35,078	21,492	4,139	39,291	hlinitá

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Základným predpokladom úspešnej fytoextrakcie je správny výber rastliny. Prvá možnosť je použiť hyperakumulátor – overenú rastlinu s vysokou schopnosťou akumulovať ťažké kovy. Za hyperakumulátory považujeme celý rad rastlín, ktoré patria do rôznych čeľadí a ktoré sú nielen schopné rásť na pôde kontaminovanej kovmi, ale dokážu akumulovať mimoriadne vysoké množstvá ťažkých kovov vo svojich orgánoch bez toho, aby sa na nich prejavovali fyto toxické účinky. Množstvo akumulovaných kovov je pritom oveľa vyššie ako je bežné u väčšiny iných druhov rastlín (Rascio, Navari-Izzo, 2011). Častou nevýhodou sú ich malé rozmery. Druhou možnosťou je výsev rastlín s obvyklou mierou akumulácie, ale veľkým nárastom biomasy (*Zea mays*, *Helianthus annuus*). Tejto požiadavke vyhovujú energetické plodiny. Výber

správneho rastlinného genotypu pre príslušné znečisťujúce látky a jeho vhodnosť do určitých existujúcich environmentálnych podmienok pestovania v určitom mieste sú kľúčové pre úspešné fytoremediácie.

**Tabuľka 3** Obsah kadmia a olova [ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ] v koreni, nadzemnej časti rastliny a pôde pri energetických plodinách

Plodina	Rok	Pb			Cd		
		pôda	nadzemná časť	koreň	pôda	nadzemná časť	koreň
A 1	2010	40,09	0,53	2,49	1,197	0,317	0,367
	2011	38,32	0,47	2,77	1,17	0,29	0,297
	2012	37,68	0,41	2,72	1,1	0,263	0,32
	<b>priemer</b>	<b>38,70</b>	<b>0,47</b>	<b>2,66</b>	<b>1,156</b>	<b>0,290</b>	<b>0,328</b>
A2	2010	41,37	0,9	2,8	2,1	0,622	0,81
	2011	40,37	0,84	2,61	2,03	0,6	0,737
	2012	40,18	0,79	2,33	1,953	0,57	0,68
	<b>priemer</b>	<b>40,64</b>	<b>0,84</b>	<b>2,58</b>	<b>2,028</b>	<b>0,597</b>	<b>0,742</b>
A 3	2010	40,9	1,09	2,75	2,36	1,074	1,26
	2011	40,07	0,97	2,73	2,34	0,997	1,13
	2012	38,92	0,94	2,64	2,28	0,967	1,107
	<b>priemer</b>	<b>39,96</b>	<b>1,00</b>	<b>2,71</b>	<b>2,327</b>	<b>1,013</b>	<b>1,166</b>
A 4	2010	40,74	1,97	4,89	2,36	1,586	0,437
	2011	39,65	1,87	4,57	2,26	1,573	0,43
	2012	39,71	1,84	4,48	2,17	1,557	0,42
	<b>priemer</b>	<b>40,03</b>	<b>1,89</b>	<b>4,65</b>	<b>2,263</b>	<b>1,572</b>	<b>0,429</b>
A 5	2010	39,26	0,69	5,66	1,366	0,337	0,44
	2011	38,65	0,63	5,51	1,207	0,287	0,403
	2012	37,38	0,61	5,25	1,203	0,27	0,347
	<b>priemer</b>	<b>38,43</b>	<b>0,64</b>	<b>5,47</b>	<b>1,259</b>	<b>0,298</b>	<b>0,397</b>

Vysvetlivky: A 1 – konopa siata, A 2 – cirok dvojfarebný, A 3 – cirok late, A 4 – medzidruhový hybrid ciroku cukrového a ciroku sudánskeho cv. Nutri Honey, A 5 – ozdobnica čínska

Podľa našich zistení sa zo sledovaného radu vybraných energetických plodín ako najlepší akumulátor Cd ukazuje medzidruhový hybrid ciroku cukrového a ciroku sudánskeho cv. Nutri Honey, ktorý vykazoval najvyššiu fytoextrakčnú schopnosť v nadzemnej časti (priemer  $1,57 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), tabuľka 3. Podobne aj v prípade obsahu Pb sa najvyššia fytoextrakčná schopnosť v nadzemnej časti zistila pri plodine Nutri Honey, ale vzhľadom na nízky transferový koeficient je jeho využitie na ozdravenie pôd kontaminovaných olovom nepravdepodobné. Pri všetkých sledovaných plodinách koreň obsahoval 2,4 až 8,5-krát viac Pb ako celá nadzemná časť. Obdobne aj Wilke a Metz (1992) pri pokusoch s ozdobnicou čínskou zistili, že korene obsahovali 3 až 20-krát viac ťažkých kovov než nadzemná časť. Fernando et al. (1998) sledovali v nádobových pokusoch ozdobnicu, ktorá bola ošetrovaná komunálnym kalom s vysokým obsahom ťažkých kovov Cu, Zn, Ni, Cd, Cr, Pb. Cd a Pb boli akumulované prevažne v koreňoch. Tiež Kim et al. (1999) a Stražil (2009)

podobne zistili, že ťažké kovy (Ni, Co, As, Sc, Cr, Zn) sa u ozdobnice hromadia viac v koreňoch než v nadzemnej časti rastliny. Li, G.-Y et al. (2011) sledovali schopnosť viacerých energetických rastlín akumulovať ťažké kovy (urán, tórium, bárium, nikel, stroncium a olovo) v hlušine odobratej z uránového úložiska v južnej Číne. Zistili, že zo sledovaných rastlín mal *Miscanthus* najvyššiu akumulačnú schopnosť pre bárium a nikel. Fernando a Oliveira (2004) vo svojej štúdií hodnotili fytooremediačnú kapacitu *Miscanthus giganteus* na kontaminovaných pôdach ťažkými kovmi a vyhodnocovali environmentálne riziká v dôsledku jej ďalšieho spracovania a použitia. Dospeli k záveru, že neboli zistené významné rozdiely obsahov ťažkých kovov medzi rôznymi úrovňami kontaminácie pôdy a zdá sa, že existujú iba obmedzené riziká pre životné prostredia z jej ďalšieho použitia. Cojocar a Macoveanu (2011) sledovali akumulačné účinky vybraných rastlín (horčica, šalát, špenát, pšenica, repka, konope a kostrava) na kontaminovanej pôde z okolia továrne Lasi county. Išlo o 70-dňový nádobový experiment, kde sa skúmala akumulácia Cd a Zn. Ako odporúčané rastliny pre fytooremediáciu boli vybrané repka a kostrava. Di Candilo et al. (2004) sledovali odolnosť a akumuláciu rôznych odrôd konope voči znečisteniu Cd, Pb a Tl. Akumulácia Cd a Pb bola na nižšej úrovni oproti Tl (Cd 2,98, Pb 8,34 a Tl 95,95 g.ha<sup>-1</sup>.rok<sup>-1</sup>). Pri sledovaní kumulácie obsahov Cd a Pb do koreňov a nadzemnej časti rastlín sme zistili (tabuľka 3), že koreň obsahoval vždy väčšie množstvo kovu ako nadzemná časť okrem ciroku sudánskeho cv. Nutri Honey, ktorý obsahoval viac Cd v nadzemnej časti (priemer za tri roky 1,572 mg.kg<sup>-1</sup>) oproti koreňu (priemer za tri roky 0,429 mg.kg<sup>-1</sup>). Druhý najmenší rozdiel medzi akumuláciou Cd v koreni a nadzemnej časti sme zistili pri konope siatej cv. Epsilon. Linger et al. (2002) zistili najvyššiu akumuláciu Cd pri konope v listoch oproti ostatným častiam rastliny. Dôležité je ich zistenie, že všetky časti konope významne akumulovali Cd, Pb a Ni, a preto ich komerčné využitie z kontaminovaných plôch je rizikové. Na základe získaných výsledkov obsahov Cd a Pb v nadzemnej časti rastlín sme prepočítali odčerpané množstvo kovu v pomere k úrode rastliny. Do úvahy sme zobrali priemerné úrody nadzemnej biomasy za jednotlivé rastliny. Konopa siata (priemerná úroda 10 t.ha<sup>-1</sup> odčerpanie Pb z pôdy rastlinou 4,7 g, odčerpanie Cd z pôdy rastlinou 2,9 g), cirok dvojfarebný odroda KWS Bulldozer (priemerná úroda 25 t.ha<sup>-1</sup> odčerpanie Pb z pôdy rastlinou 21 g, odčerpanie Cd z pôdy rastlinou 15 g), cirok odroda Latte (priemerná úroda 25 t.ha<sup>-1</sup> odčerpanie Pb z pôdy rastlinou 25 g, odčerpanie Cd z pôdy rastlinou 25,25 g), cirok cukrový x cirok sudánsky odroda Nutri Honey (priemerná úroda 25 t.ha<sup>-1</sup> odčerpanie Pb z pôdy rastlinou 47,25 g, odčerpanie Cd z pôdy rastlinou 39,25 g), ozdobnica čínska (priemerná úroda 30 t.ha<sup>-1</sup> odčerpanie Pb z pôdy rastlinou 19,20 g, odčerpanie Cd z pôdy rastlinou 9 g).



## ZÁVER

Podľa našich zistení sa zo sledovaného radu vybraných energetických plodín ako najlepší akumulátor Cd ukazuje medzidruhový hybrid ciroku cukrového a ciroku sudánskeho cv. Nutri Honey, ktorý vykazoval najvyššiu fytoextrakčnú schopnosť v nadzemnej časti (biokoncentračný faktor – 0,694). Podobne aj v prípade obsahu Pb sa najvyššia fytoextrakčná schopnosť v nadzemnej časti zistila pri plodine Nutri Honey, ale vzhľadom na nízky transferový koeficient, ktorý bol v priemere o cca. 15-krát menší ako pri Cd, je jeho využitie na ozdravenie pôd kontaminovaných olovom nepravdepodobné. Pri všetkých sledovaných rastlinách koreň obsahoval 2,4- – 8,5-krát viac Pb ako celá nadzemná rastlina, čo ukazuje na jeho predpokladanú menšiu pohyblivosť oproti Cd. Aj keď sú v súčasnosti metódy fytoremediácie stále ešte na začiatku svojho vývoja, doterajšie výsledky naznačujú, že sa môžu stať riadne definovanou a odskúšanou technológiou vhodnou na čistenie životného prostredia so širokým komerčným využitím.

Vo všeobecnosti rastliny predstavujú vhodnú alternatívu pre fytoextrakciu, aj keď tento proces trvá dlhší čas. Na tomto odbornom poli je ešte veľa neznámych problémov a naše výsledky naznačujú, že energetické plodiny by mohli byť v budúcnosti využité nielen ako biopalivo, ale aj ako akumulátor ťažkých kovov.

## LITERATURA

1. [Cojocar, P.C.](#) - [Macoveanu, M.](#) 2011. Decontamination of polluted soil with cadmium and zinc using greenhouse phytoremediation. In.: [Environmental Engineering and Management Journal](#), Volume 10, Issue 3, March 2011, pp.349-355
2. [Di Candilo, M.](#), - [Ranalli, P.](#), - [Dal Re, L.](#) 2004. Heavy metal tolerance and uptake of Cd, Pb and Tl by hemp. In.: Advances in horticultural science. Volume 18, Issue 3, 2004, pp. 138-144.
3. Fernando, A. – Duarte, P. – Oliveira, J. F. 1998 Bioremediation of contaminated soils by *Miscanthus sinensis giganteus*. In: Sustainable agriculture for food, energy and industry. Proceedings of the International conference, Braunschweig, Germany, June 1997. James and James (Science publishers) Ltd, London 1998, pp. 495-498.
4. [Fernando, A.L.](#) - [Oliveira, J.F.S.](#) 2004. Phytoremediation by *Miscanthus giganteus* of soils contaminated with heavy metals. In: REWAS'04 - Global Symposium on Recycling, Waste Treatment and Clean Technology 2005, Madrid, pp. 2419-2427.

5. Gawronski, S. W. – Greger, M. – Gawronska, H. 2011. Plant taxonomy and metal phytoremediation. Volume 30, 2011, pp. 91-109 In: kniha Detoxification of heavy metals. ISBN: 978-3-642-21407-3
6. Hronec, O. – Vilček, J. – Tóth, T. – Andrejovský, P. – Adamišin, P. – Andrejovská, A. – Daňová, M. – Huttmanová, E. – Vilimová, M. – Škultéty, P. – Juhásová, M., 2008. Heavy metals in soils and plants of contaminated area “Rudňany – Gelnica”. Acta regionalia et environmentalica, 5(1): 24-28
7. Kim, M. H. – Min, E. S. – Song, S. H. 1999. Comparison of the heavy metal concentration of the soils and plants in the serpentine and rhyolite regions in Ulsan city. Korean Journal of Environment and Ecology. 1999, 13: 2, 176-183.
8. Lewandowski, I., Scurlock, J.M.O., Lindvall, E., Christou, M., 2003. The development and current status of perennial rhizomatous grasses as energy crops in the US and Europe. Biomass and Bioenergy 25, 335–361.
9. [Li, G.-Y.](#), [Hu, N.](#), [Ding, D.-X.](#), [Zheng, J.-F.](#), [Liu, Y.-L.](#), [Wang, Y.-D.](#), [Nie, X.-Q.](#) 2011. Screening of plant species for phytoremediation of uranium, thorium, barium, nickel, strontium and lead contaminated soils from a uranium mill tailings repository in South China. In: [Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology](#). Volume 86, Issue 6, June 2011, pp. 646-652
10. [Linger, P.](#) - [Müssig, J.](#) - [Fischer, H.](#) - [Kobert, J.](#) 2002. Industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) growing on heavy metal contaminated soil: Fibre quality and phytoremediation potential. In: Industrial Crops and Products, volume 16, issue 1, 2002, pp. 33-42
11. Rascio, N. – Navari-Izzo, F., 2011. Heavy metal hyperaccumulating plants: How and why do they do it? And what makes them so interesting? Plant Science, 180: 169-181.
12. Stražil, Z. 2009. Základy pěstování a možností využití ozdobnice. Metodika pro praxi. VÚRV Praha, 2009, 52 strán, ISBN 978-80-7427-006-2.
13. Wilke, B. M. – Metz, R. 1992. Uptake and distribution of heavy metals in various energy plants. Kongressband 1992, Göttingen. Vortrage zum Generalthema des 104. VDLUFA-Kongresses vom 14.-19.9.1992 in Göttingen. Ökologische Aspekte extensiver Landwirtschaft. 1992, pp. 689-692.

## **Pod'akovanie**

Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: Udržateľné systémy inteligentného farmárstva zohľadňujúce výzvy budúcnosti 313011W112, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Korešpondenčná adresa:

RNDr. Ján Hecl, PhD. – NPPC – Výskumný ústav agroekológie Michalovce,  
Špitálska 1273, 071 01 Michalovce

E-mail: [jan.hecl@nppc.sk](mailto:jan.hecl@nppc.sk)

# DOPAD NEPRAVIDELNÝCH ZÁPLAV NA OBSAH ŤAŽKÝCH KOVOV V PÔDE

## IRREGULAR FLOODING IMPACT ON THE HEAVY METALS CONTENT IN THE SOIL

Božena ŠOLTYSOVÁ, Ján HECL, Martin DANILOVIČ  
*Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum – Výskumný ústav  
agroekológie Michalovce*

### Abstrakt

Ekologická stabilita poldra Beša (Slovenská republika) je narušovaná umelým zaplavovaním v prípade extrémnych povodňových prietokov. Vplyv nepravidelných záplav na obsah ťažkých kovov bol sledovaný na 6 parcelách – 3 experimentálne (E) a 3 referenčné (R). Pôdne vzorky sa odobrali v roku 2009 z troch hĺbok 0 – 0,2 m, 0,2 – 0,4 m a 0,4 – 0,6 m. Zistilo sa, že priemerný obsah Pb bol 1,4-krát vyšší a obsah Ni 2,3-krát vyšší v experimentálnej oblasti než v referenčnej oblasti. Priemerný obsah kadmia v oboch oblastiach bol na rovnakej úrovni (E – 0,040 mg.kg<sup>-1</sup>, R – 0,041 mg.kg<sup>-1</sup>). Na experimentálnej ploche obsah Ni a Pb prekročil limitné hodnoty. Variabilita obsahov ťažkých kovov v pôde bola významne ovplyvnená hĺbkou pôdy a odbernou parcelou. Štatisticky významná korelácia medzi obsahom Cd, Pb a pôdnym organickým uhlíkom ( $r - v$  rozmedzí 0,41 až 0,47,  $p < 0,05$ ) bola zistená v oboch sledovaných oblastiach. Vzťahy medzi obsahom pôdneho organického uhlíka a Ni boli významné iba v experimentálnej oblasti ( $r = 0,68$ ,  $p < 0,05$ ). Tiež sa zistilo, že vzťah medzi obsahom ťažkých kovov v pôde a pôdnou reakciou nebol významný. Výsledky ukazujú, že príležitostne zaplavované poldre si vyžadujú pozornosť a pravidelné monitorovanie.

**Kľúčové slová:** nepravidelné zaplavovanie, polder, znečistenie pôdy, ťažké kovy, organický uhlík

### Abstract

Ecological stability of Polder Beša (Slovak Republic) is disturbed by artificial flooding in case of extreme flood flows. Irregular flooding impact on the heavy metals content was monitored at 6 plots – 3 experimental (E) and 3 references (R). Soil samples were collected from three depths 0 – 0.2 m, 0.2 – 0.4 m and 0.4 – 0.6 m in 2009. It was found that the average content of Pb was 1.4 times higher and content of Ni 2.3 times higher at experimental area than at reference area. The average content of cadmium for both areas was on the same level

(E – 0.040 mg kg<sup>-1</sup>, R – 0.041 mg kg<sup>-1</sup>). The content of Ni and Pb exceeded the limit values at the experimental area. The variability of heavy metals content in the soil was significantly influenced by soil depth and sampling plot. Statistically significant correlation between the Cd, Pb content and soil organic carbon ( $r$  – in the range of 0.41 to 0.47,  $p < 0.05$ ) was found in both monitored areas. Relationships between content of soil organic carbon and Ni were significant only at experimental area ( $r = 0.68$ ,  $p < 0.05$ ). It was further found that relationship between content of heavy metals in the soil and soil reaction was not significant. The results demonstrate that occasionally flooded polders claim attention and regular monitoring.

**Keywords:** irregular flooding, polder, soil pollution, heavy metals, organic carbon

## ÚVOD

Väčšina miest a ich technologické a priemyselné siete sa vyvinuli v blízkosti riek, ktoré ponúkajú priaznivé podmienky pre rozvoj, ako je dostupnosť úrodnej pôdy a pitnej vody, avšak cenou za takúto priaznivú polohu je zvýšené vystavenie povodniam (WMO, 2008). Povodne môžu mať vplyv na kritickú infraštruktúru a môžu byť zodpovedné za znečistenie pôdy a podzemných vôd. Medzi nimi sú zariadenia na manipuláciu s odpadom, skládka a čistiare odpadových vôd a niektoré z nich, ak sú zaplavené, môžu byť potenciálnymi zdrojmi nebezpečných látok (Neuhold a Nachtnebel, 2011). Ďalšími dôležitými zdrojmi znečistenia sú kontaminované miesta a povodňová voda môže z nich šíriť nežiaduce chemické zlúčeniny. Významným zdrojom znečistenia sú aj chemické továrne, napríklad na Slovensku Chemko Strážske, ktoré je situované pri rieke Laborec (Hecl a Danielovič, 2008).

Poldre sú všeobecne známe pre svoje výhody pri zmierňovaní povodňových rizík znižovaním vodných hladín. Väčšinou sú poldre rozmiestnené v nížinných oblastiach vodných ekosystémov, ako na Slovensku polder Beša nachádzajúci sa v povodí rieky Bodrog. Polder Beša bol postavený v roku 1965 a svojou výmerou 1 568 ha a kapacitou 53 mil. m<sup>3</sup> vody je najväčším suchým poldrom v strednej Európe (Kováč et al., 2013).

Ekologická stabilita poldrov je narušovaná umelým zaplavovaním. Nepravidelné zaplavovanie krajiny spôsobuje degradáciu biotopov a môže mať vplyv aj na chemické vlastnosti a akumuláciu znečisťujúcich látok v pôde (Beumer et al., 2008; Ye et al., 2011; Lynch et al., 2017).

Vzhľadom k variabilite podnebia v regiónoch, poldre predstavujú pre poľnohospodárov zaujímavú agro-ekonomickú alternatívu, ktorá im umožňuje rozvíjať potravinovú bezpečnosť, alebo zabezpečiť ročné príjmy (Adoum et al., 2017). Kontrola zaplavenia poldrov predstavuje jeden zo spôsobov

intenzifikácie poľnohospodárstva a v tejto súvislosti je potrebné poldre pred ich intenzívnym využívaním monitorovať.

Cieľom práce bolo preskúmať priestorové a profilové rozdelenie ťažkých kovov (Cd, Pb, Ni) v pôdach suchého poldra Beša a odhaliť súvislosť medzi vybranými ťažkými kovmi a obsahom pôdneho organického uhlíka a pôdnou reakciou.

## **MATERIÁL A METÓDA**

Výskum sa uskutočnil na parcelách nachádzajúcich sa v suchom poldri Beša a na parcelách blízko poldra. Polder Beša sa nachádza v južnej časti Východoslovenskej nížiny a patrí do klimatického regiónu 03, teda teplého, veľmi suchého, nížinného, kontinentálneho. Dlhodobá priemerná ročná teplota vzduchu sa vyskytuje v intervale 9,0 – 9,4 °C a počas vegetačného obdobia v rozmedzí 16,1 – 16,5 °C. Dlhodobé ročné zrážky dosahujú 571 – 584 mm a počas vegetačného obdobia 344 – 353 mm. Údaje boli získané z hydrometeorologických staníc vo Vysokej nad Uhom a v Somotore. V týchto lokalitách je najvyšší úhrn zrážok v letných mesiacoch (66 – 82 mm) a z dôvodu vysokých teplôt vzduchu (18,5 °C až 20,2 °C) prevláda výpar nad zrážkami (Kotorová et al., 2008).

Suchý polder Beša je vybudovaný na pravom brehu Latorice a ľavom brehu Laborca nad jeho ústím do Latorice. Priestor poldra je ohraničený ochrannými hrádzami riek Laborec a Latorica. Zo severu a východu je ohraničený rozdeľovacou hrádzou, ktorá prechádza do vyvýšených honov tvoriacich prirodzenú hranicu až po severnú hrádzu. Polder je napúšťaný iba výnimočne pri neobvyklých povodňových situáciách, teda len počas mimoriadnych povodní. Z celkovej výmery pôdy sa poľnohospodársky využíva 50 % a zostávajúcu výmeru predstavujú lesné porasty, remízky stromov a krikov, rôzne depresné poľnohospodársky nevyužitelné plochy, stojaté vodné plochy, močiare, kanály, poľné cesty a pod. Okrajové vyvýšené hony s výmerou 146,1 ha sa využívajú ako orná pôda a zostávajúcu výmeru 638,4 ha tvoria trvalé trávne porasty.

Pre zistenie vlastností pôdy bolo vybraných šesť pôdnych parciel. Tri z nich boli umiestnené na území poldra a boli označené ako experimentálne pozemky (E, celková plocha 73 ha) a ďalšie tri boli umiestnené blízko poldra, označené ako referenčné pozemky (R, celková plocha 86 ha). Na každom pozemku boli analyzované tri priemerné vzorky pôdy. V čase monitorovania v roku 2009 boli na experimentálnych a referenčných pozemkoch pestované trvalé trávne porasty. Polder Beša bol do roku 2009 zaplavený šesťkrát, naposledy v marci 2006. V roku 2006 bol naplnený na 21 % z celkovej kapacity,

v roku 2000 na 78 %, v roku 1999 na 57 %, v roku 1980 na 65 %, v roku 1979 na 57 % a v roku 1974 na 83 % z celkovej kapacity.

Pôdne vzorky boli odoberané v jarnom období z troch hĺbok: 0 – 0,2 m, 0,2 – 0,4 m a 0,4 – 0,6 m. Odber pôdnych vzoriek sa uskutočnil v súlade s normami platnými v Slovenskej republike.

V pôdnych vzorkách bol stanovený obsah ťažkých kovov – Cd, Pb, Ni, hodnoty výmennej pôdnej reakcie v KCl, obsah pôdneho organického uhlíka a zrnitostné zloženie pôdy. Obsahy ťažkých kovov boli stanovené metódou atómovej absorpčnej spektrometrie (AAS, Shimadzu AA-660, Japonsko) v extrakčnom roztoku 1 mol l<sup>-1</sup> dusičnanu amónneho (ISO 19730, 2008) a v sedimente v extrakčnom roztoku aqua regia (ISO 11466, 1995). Výmenná pôdna reakcia bola stanovená potenciometrickou metódou (ISO 10390, 2005; pH meter Sentron Titan, Holandsko) a pôdny organický uhlík nepriamo pomocou Ľurinovej metódy (ISO 14235, 1998).

Geo-akumulačný index (I<sub>geo</sub>), ktorý tiež používajú Grzebisz et al. (2002), Defo et al. (2015), Zhang et al. (2017) a ďalší, bol vybraný na stanovenie znečistenia pôdy kovmi. I<sub>geo</sub> predstavil Müller (1986) a je definovaný ako:

$$I_{geo} = \log_2 (C_n / 1.5 \times B_n)$$

kde: C<sub>n</sub> je nameraná koncentrácia prvku (n) v mieste vzorkovania; B<sub>n</sub> je požadová hodnota (background) pre obsah prvku v pôde, 1,5 je korekčný faktor požadovej matice kvôli litogénnym vplyvom. Požadové hodnoty ťažkých kovov boli získané z Národného poľnohospodárskeho a potravinárskeho centra – Výskumného ústavu pôdozvedectva a ochrany pôdy (Čurlík a Šefčík 1999). V tejto štúdií požadové hodnoty, špecifikované ako celkový obsah ťažkých kovov musia, byť modifikované, prepočítané na ich mobilnú frakciu (vo vode rozpustné a ľahko vymeniteľné kovy extrahované s 1 M dusičnanom amónnym). Prepočítavacie faktory (Makovníková, 2000; Tóth, 2007) ťažkých kovov v pôdach Slovenska, použité na výpočet mobilnej frakcie z celkového obsahu, sú uvedené v Tab. 1. V tejto práci bol I<sub>geo</sub> vypočítaný iba pre hĺbku pôdy 0 – 0,2 m.

**Tab. 1** Prepočítané požadové hodnoty Cd, Pb a Ni v A horizonte pôdnych jednotiek Slovenska [mg.kg<sup>-1</sup>] a konverzné faktory [%] (Makovníková, 2000; Tóth, 2007) ťažkých kovov v pôdach Slovenska použité na výpočet mobilnej frakcie z celkového obsahu

Pôdny typ	Cd	Pb	Ni
Černozeme	0,04	0,30	0,27
Glejové pôdy	0,06	0,44	0,42
Luvizeme	0,04	0,42	0,20
Regozeme	0,04	0,40	0,15
Konverzný faktor	0,20	0,02	0,01

Obsah Cd, Pb a Ni bol vyhodnotený viacnásobnou analýzou variancie (Anova) a viacnásobným testom porovnávania (LSD). Korelačnou analýzou boli vyhodnotené obsahy Cd, Pb, Ni, pôdneho organického uhlíka a výmennej pôdnej reakcie (Statgraphics Centurion XV, Verzia 15.2.14).

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Obsahy ťažkých kovov boli hodnotené na nepravidelne zaplavovanom území suchého poldra Beša. Päťdesiat percent plochy poldra sa bežne využíva ako poľnohospodárska pôda. Základné charakteristiky odberných parcel (pôdna reakcia, obsah pôdneho organického uhlíka, obsah ílovitých častíc) sú uvedené v Tab. 2.

**Tab. 2** Základné charakteristiky odberných parcel, pôdna hĺbka 0 – 0,6 m

Parameter	Experimentálna oblasť (E)		
	E1	E2	E3
Pôdny typ	Glej	Luvizem	Regozem
Plocha parcely [ha]	9,3	33,8	29,9
Pôdna reakcia pH/KCl	4,44	4,49	4,72
Organický uhlík [g kg <sup>-1</sup> ]	18,79	21,59	20,38
Ílovité častice [%]	67,87	70,01	54,08
Pôdny druh	Ílovitá pôda	Ílovitá pôda	Ílovito-hlinitá pôda
Parameter	Referenčná oblasť (R)		
	R1	R2	R3
Pôdny typ	Luvizem	Černozem	Glej
Plocha parcely [ha]	33,2	39,4	13,4
Pôdna reakcia pH/KCl	6,04	6,28	5,17
Organický uhlík [g kg <sup>-1</sup> ]	5,01	13,65	18,75
Ílovité častice [%]	16,17	58,22	79,62
Pôdny druh	Hlinito-piesočnatá	Ílovito-hlinitá pôda	Íl

kde: E1 – E3 – experimentálne parcely, R1 – R3 – referenčné parcely

Podľa obsahu ílových častíc (<0,01 mm) pôda na experimentálnych parcelách bola ťažká, ílovito-hlinitá až ílovitá a na referenčných parcelách hlinito-piesočnatá až extrémne ťažký íl. Zistilo sa, že na experimentálnych parcelách sa hodnoty pôdnej reakcie vyskytovali v rozmedzí 4,44 – 4,72 a na referenčných parcelách od 5,17 do 6,28. Stanovené pôdne reakcie boli na experimentálnych parcelách extrémne kyslé až silne kyslé a na referenčných parcelách kyslé až slabo kyslé (Vyhláška MPRV SR č. 151/2016 Z. z.). Obsah



pôdneho organického uhlíka bol na experimentálnych parcelách v rozmedzí 18,79 – 21,59 g.kg<sup>-1</sup> a na referenčných parcelách v rozpätí 5,01 – 18,75 g.kg<sup>-1</sup>. Po prepočte organického uhlíka na humus bolo zistené, že sledované parcely v experimentálnej oblasti boli charakterizované ako vysoko humózne pôdy a v prípade referenčných parcel ako pôdy s nízkym až vysokým obsahom humusu.

**Tab. 3** Obsah kadmia, olova a niklu v experimentálnej a referenčnej oblasti

Ťažký kov	Odborná parcela	0 – 0,2 m		0,2 – 0,4 m		0,4 – 0,6 m	
		min.	max.	min.	max.	min.	max.
Cd [mg.kg <sup>-1</sup> ]	E1	0,029	0,117	0,025	0,066	0,011	0,042
	E2	0,012	0,089	0,010	0,046	0,010	0,031
	E3	0,014	0,108	0,014	0,068	0,010	0,055
	R1	0,015	0,067	0,013	0,067	0,011	0,029
	R2	0,050	0,059	0,048	0,054	0,025	0,036
	R3	0,037	0,073	0,031	0,059	0,027	0,047
Pb [mg.kg <sup>-1</sup> ]	E1	0,035	0,149	0,030	0,125	0,027	0,057
	E2	0,083	0,140	0,060	0,136	0,050	0,084
	E3	0,040	0,230	0,040	0,190	0,033	0,110
	R1	0,069	0,072	0,055	0,066	0,045	0,047
	R2	0,051	0,090	0,063	0,072	0,036	0,055
	R3	0,062	0,080	0,070	0,080	0,051	0,052
Ni [mg.kg <sup>-1</sup> ]	E1	1,86	3,23	1,96	3,02	0,86	1,23
	E2	3,01	4,10	2,36	3,50	1,02	2,00
	E3	1,58	2,07	1,11	1,92	0,50	1,37
	R1	1,05	2,10	0,72	1,46	0,49	0,53
	R2	0,29	0,64	0,26	0,62	0,17	0,40
	R3	1,52	1,76	1,28	1,55	0,20	0,72

kde: E1 – E3 – experimentálne parcely, R1 – R3 – referenčné parcely

Priemerné obsahy ťažkých kovov (Cd, Pb, Ni) v hodnotených hĺbkach pôdy v experimentálnej oblasti suchého poldra Beša a tiež v referenčnej oblasti sú uvedené v Tab. 3. Priemerné obsahy Cd dosahovali v oboch oblastiach porovnateľné hodnoty (E – 0,040 mg.kg<sup>-1</sup>, R – 0,041 mg.kg<sup>-1</sup>). Priemerný obsah olova (priemer hĺbok a parcel) bol 0,088 mg.kg<sup>-1</sup> a niklu 2,0 mg.kg<sup>-1</sup> v experimentálnej oblasti a 0,062 mg.kg<sup>-1</sup> Pb a 0,86 mg.kg<sup>-1</sup> Ni v referenčnej oblasti. V experimentálnej oblasti bol obsah olova vyšší 1,4-krát a niklu 2,3-krát než v referenčnej oblasti. Malisauskas a Sileika (2001) zistili o 20 % až 40 % vyššie obsahy Pb a Ni v poldroch rieky Nemunas na zaplavovaných územiach oproti územiám nezaplavovaným. Podobne aj Wijnhoven et. al. (2006) pri pozorovaní často zaplavovaných území pozdĺž rieky Rýn zistili, že

tieto územia majú vyšší obsah celkového a prijateľného Pb oproti nezaplavovaným územiám.

Namerané koncentrácie ťažkých kovov boli v širokom rozmedzí, čo naznačuje značnú priestorovú variabilitu. Významný bol vplyv hĺbky pôdy na obsah ťažkých kovov, pričom obsah ťažkých kovov klesal s rastúcou hĺbkou pôdy.

**Tab. 4** Obsah ťažkých kovov [ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ] v sedimente rieky Laborec (2000 – 2003)

Odberné miesto	Ťažký kov	Priemer	SD	Rozsah		Stredná hodnota
				min.	max.	
Voľa 1 <sup>1</sup>	Cd	0,231	0,074	0,133	0,312	0,240
	Pb	16,36	3,20	11,12	19,20	17,56
	Ni	8,04	1,21	6,30	9,53	8,16
Voľa 2 <sup>2</sup>	Cd	0,706	0,098	0,538	0,780	0,754
	Pb	51,05	8,64	41,95	61,20	50,53
	Ni	13,88	1,08	12,98	15,73	13,40
MI <sup>3</sup>	Cd	0,521	0,049	0,472	0,601	0,505
	Pb	45,54	3,94	40,97	49,83	45,67
	Ni	9,18	1,72	7,83	12,13	8,38

kde: SD – štandardná odchýlka, <sup>1</sup> – miesto odberu pred ústím do kanalizácie, <sup>2</sup> – miesto odberu za ústím do kanalizácie, MI<sup>3</sup> – Michalovce

Riečny sediment je hlavným zdrojom kontaminácie ťažkými kovmi (Besser et al., 2013). Sediment je ekologický rezervoár, z ktorého sa nahromadené kontaminanty postupne uvoľňujú späť do vody a tak po dlhšiu dobu znečisťujú vodný tok a následne i priľahlé oblasti. Jediným prítokom poldra Beša je rieka Laborec. Jedna časť toku rieky Laborec bola monitorovaná s cieľom stanovenia obsahu ťažkých kovov (Tab. 4). Na základe nášho merania koncentrácií ťažkých kovov v sedimente rieky Laborec možno konštatovať, že hlavným zdrojom ťažkých kovov je odpadový kanál bývalej výroby Chemko a. s. Strážske. Ústie odpadového kanála je situované nad odberným miestom Voľa 2. Sediment v tomto mieste obsahuje vyššie obsahy Cd, Pb a Ni ako v mieste nad ústím odpadových vôd (odberné miesto Voľa 1). Monitorovanie sa uskutočnilo v rokoch 2000 – 2003 a bolo zistené, že obsah sledovaných ťažkých kovov (Cd, Pb, Ni) v sedimente rieky Laborec ani v jednom prípade nepresiahol najvyššie prípustné koncentrácie platné na Slovensku – Cd  $12 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , Pb  $530 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , Ni  $44 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  (Metodický pokyn č. 549/1998-2 1998) a namerané obsahy nepredstavujú akútne nebezpečenstvo. Riziko kontaminácie stúpa s intenzitou záplav. Ako už bolo spomenuté, polder Beša bol do roku 2009

šestkrát zaplavený a postupným hromadením sedimentu sa pravdepodobne zvýšila koncentrácia ťažkých kovov v zaplavovanej pôde.

Na obsah ťažkých kovov v pôde majú vplyv aj ďalšie pôdne parametre. Organický uhlík kladne koreluje s obsahom ťažkých kovov (Józefowska et al., 2014). Štatisticky významná korelácia medzi obsahmi Cd, Pb a pôdnym organickým uhlíkom ( $r$  – v rozmedzí 0,41 až 0,47,  $p < 0,05$ ) bola zistená v oboch sledovaných oblastiach (Tab. 5). Vzťahy medzi obsahom pôdneho organického uhlíka a Ni boli štatisticky významné iba v experimentálnej oblasti ( $r = 0,68$ ,  $p < 0,05$ ).

Určiť stupeň kontaminácie sledovaného územia ťažkými kovmi nie je možné bez zohľadnenia prirodzenej požadovej hodnoty. Geo-akumulačný index ( $I_{geo}$ ) je index na hodnotenie stavu a stupňa znečistenia pôd ťažkými kovmi. Požadové hodnoty obsahov Cd, Pb a Ni (Tab. 1) sa použili na výpočet úrovne obohatenia pôd ťažkými kovmi. Pre Cd a Pb bol index geoakumulácie menší ako nula ( $I_{geo} < 0$ ), preto boli pôdy kvalifikované ako nekontaminované Cd a Pb (Tab. 6). Hodnoty  $I_{geo}$  pre Ni boli vyššie ako nula, pričom vyššie boli na experimentálnych plochách (medzi 1,95 a 3,53) ako na referenčných plochách (medzi 0,11 a 2,29). To naznačuje, že dané pôdy sú kontaminované Ni pochádzajúcim z antropogénnych zdrojov. V zostupnom poradí môže byť kontaminácia pôd v sledovanej oblasti nasledovná: Ni > Cd > Pb. Rovnako je možné konštatovať, že luvizeme boli viac kontaminované Ni ako rezozeme, rezozeme viac ako gleje a gleje viac ako černoze.

**Tab. 5** Korelačná matica medzi obsahmi ťažkých kovov, pôdnou reakciou a obsahom organického uhlíka v pôde v monitorovaných oblastiach

Oblasť	Parameter	Cd	Pb	Ni	pH/KCl	POC
E	Cd	-	-	-	-	-
	Pb	0,68 <sup>++</sup>	-	-	-	-
	Ni	-0,02	0,26	-	-	-
	pH/KCl	-0,05	0,06	-0,17	-	-
	POC	0,42 <sup>+</sup>	0,41 <sup>+</sup>	0,68 <sup>++</sup>	-0,01	-
R	Cd	-	-	-	-	-
	Pb	0,48 <sup>+</sup>	-	-	-	-
	Ni	-0,04	0,58 <sup>++</sup>	-	-	-
	pH/KCl	-0,03	0,04	-0,28	-	-
	POC	0,43 <sup>+</sup>	0,47 <sup>+</sup>	0,29	-0,39 <sup>+</sup>	-

kde: E – experimentálna oblasť; R – referenčná oblasť; Cd – obsah kadmia; Pb – obsah olova; Ni – obsah niklu; pH/KCl – pôdna reakcia v KCl; POC – pôdny organický uhlík; <sup>+</sup>P = 0,01– 0,05; <sup>++</sup>P < 0,01

**Tab. 6** Index geoakumulácie ťažkých kovov v pôdach suchého poldra Beša a v referenčnej oblasti, vypočítané pre hĺbku pôdy 0 – 0,2 m

Kov	Experimentálna oblasť			Referenčná oblasť		
	E1	E2	E3	R1	R2	R3
	Glej	Luvizem	Regozem	Luvizem	Černozem	Glej
Cd	-0,75	-0,67	-0,36	-0,85	-0,16	-0,78
Pb	-2,86	-2,46	-2,68	-3,17	-2,72	-3,22
Ni	1,95	3,53	3,03	2,29	0,11	1,37

kde: E1 – E3 – experimentálne parcely, R1 – R3 – referenčné parcely

Z hľadiska využitia suchého poldra Beša pre poľnohospodársku výrobu je žiaduce porovnať namerané koncentrácie ťažkých kovov s limitnými hodnotami odporúčanými predpismi v súvislosti s prenosom kontaminantov z pôdy do rastliny. Prezentované výsledky naznačujú, že koncentrácie Pb a Ni v pôdach boli vyššie ako limitné hodnoty iba v zaplavovanej oblasti. Pre Cd to neplatí, pretože priemerný obsah kadmia v zaplavovanej oblasti neprekročil limitnú hodnotu. Výsledky poukazujú na to, že občasne zaplavované poldre potrebujú pravidelné sledovanie obsahu ťažkých kovov v pôde.

## ZÁVER

Ekologická stabilita poldra je narušovaná umelým zaplavovaním v prípade extrémnych povodňových prietokov. Koncentrácie olova a niklu v pôde boli v občasne zaplavovanej oblasti suchého poldra Beša (experimentálna oblasť) vyššie než v pôde nezaplavovanej referenčnej oblasti. Na monitorovanom území sa však nezistil signifikantný rozdiel v obsahu kadmia.

Hodnoty indexu geoakumulácie naznačujú, že pôdy sú kontaminované niklom z antropogénnych zdrojov. Niklom boli najviac kontaminované luvizeme, menej regozeme, gleje a najmenej černozeme.

Suchý polder sa využíva pre poľnohospodársku výrobu a preto je potrebné porovnať namerané koncentrácie ťažkých kovov s limitnými hodnotami odporúčanými predpismi v súvislosti s prenosom kontaminantov z pôdy do rastliny. Koncentrácie Pb a Ni v pôdach boli vyššie ako limitné hodnoty iba v zaplavovanej oblasti. Koncentrácie Cd však neprekročili limitnú hodnotu ani v zaplavovanej oblasti suchého poldra Beša.

## LITERATÚRA

1. ADOUM, A.A. – MOULIN, P. – BROSSARD, M. 2017. Pioneering assessment of carbon stock in polder soils developed in inter-dune landscapes in a semiarid climate, Lake Chad. In: Comptes rendus Geoscience, vol. 349, 2017, no. 1, pp. 22-31.

2. BESSER, J.M. – BRUMBAUGH, W.G. – INGERSOLL, C.G. – IVEY, C.D. – KUNZ, J.L. – KEMBLE, N.E. – SCHLEKAT, C.E. – GARMAN, E.R. 2013. Chronic toxicity of nickel-spiked freshwater sediments: variation in toxicity among eight invertebrate taxa and eight sediments. In: *Environmental Toxicology Chemistry*, vol. 32, 2013, no. 11, pp. 2495-2506. DOI: 10.1002/etc.2271.
3. BEUMER, V. – VAN WIRDUM, G. – BELTMAN, B. – GRIFFIOEN, J. – GROOTJANS, A.P. – VERHOEVEN, J.T.A. 2008. Geochemistry and flooding as determining factors of plant species composition in Dutch winter-flooded riverine grasslands. In: *Science of Total Environment*, vol. 402, 2008, no. 1, pp. 70-81. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2008.03.044.
4. ČURLÍK, J. – ŠEFČÍK, P. 1999. *Geochemický atlas Slovenska. Časť V: Pôdy*. Bratislava: MŽP SR, Geologický prieskum SR, 1999, 99 s.
5. DEFO, C. – YERIMA, B.P.K. – NOUMSI, I.M.K. – BEMMO, N. 2015. Assessment of heavy metals in soils and groundwater in an urban watershed of Yaoundé (Cameroon-West-Africa). In: *Environmental Monitoring Assessment*, vol. 187, 2015, no. 77, pp.1-17.
6. GRZEBISZ, W. – CIEŚLA, L. – KOMISAREK, J. – POTARZYCKI, J. 2002. Geochemical Assessment of Heavy Metals Pollution of Urban Soils. In: *Polish Journal of Environmental Studies*, vol. 11, 2002, no. 5, pp. 493-499.
7. HECL, J. – DANIELOVIČ, I. 2008. The use of some ruderal grass species as the bioindicator of PCB contamination level evaluation in selected east Slovak localities. In: *Agriculture (Poľnohospodárstvo)*, vol. 54, 2008, no. 4, pp. 174-181.
8. ISO 10390, 2005. *Soil quality – Determination of pH*. IOS, Geneva, 7 p.
9. ISO 11466, 1995. *Soil quality – Extraction of trace elements soluble in aqua regia*. IOS, Geneva, 6 p.
10. ISO 14235, 1998. *Soil quality – Determination of organic carbon by sulfochromic oxidation*. IOS, Geneva, 5 p.
11. ISO 19730, 2008. *Soil quality – Extraction of trace elements from soil using ammonium nitrate solution*. IOS, Geneva, 10 p.
12. JÓZEFOWSKA, A. – MIECHÓWKA, A. – GAŚIOREK, M. – ZADROZNY, P. 2014. Content of zinc, lead and cadmium in selected agricultural soils in the area of the śląskie and ciężkowieckie foothills. In: *Journal of Ecological Engineering*, vol. 15, 2014, no. 1, pp. 74-80.
13. KOTOROVÁ, D. – MATI, R. – KOVÁČ, L. – ŠOLTYSOVÁ, B. – PAVELKOVÁ, D. 2008. Vybrané charakteristiky pôd poldra Beša vo vzťahu k ich zrnitostnému zloženiu. In: *Acta Hydrologica Slovaca*, roč. 9, 2008, č. 2, s. 161-169.

14. KOVÁČ, L. – ŠOLTYSOVÁ, B. – BALLA, P. 2013. The development of soil properties in polder Beša. In: *Növénytermelés*, vol. 62, 2013, pp. 193-196. DOI: 10.12666/Novenyterm.62.2013.suppl.
15. LYNCH, S.F.L. – BATTY, L.C. – BYRNE, P. 2017. Critical control of flooding and draining sequences on the environmental risk of Zn-contaminated riverbank sediments. In: *Journal of Soils and Sediments*, vol. 17, 2017, no. 11, PP. 2691-2707. DOI: 10.1007/s11368-016-1646-4.
16. MAKOVNÍKOVÁ, J. 2000. Závislosti medzi vybranými pôdnymi parametrami a prístupným obsahom kadmia, olova, medi a zinku. In: *Rostl. výroba*, roč. 46, 2000, č. 7, s. 289-296.
17. MALISAUSKAS, A.P. – SILEIKA, A.S. 2001. Influence of flooding on accumulation of nutrients and heavy metals in the delta of the river Nemunas in Lithuania. In: *Landbauforschung Volkenrode*, vol. 51, 2001, no. 3, pp. 87-93.
18. Metodický pokyn MŽP SR č. 549/1998-2 na hodnotenie rizík zo znečistených sedimentov tokov a vodných nádrží. 37 s.
19. MÜLLER, G. 1986. Schadstoffe in Sedimenten – Sedimente als Schadstoffe. In: *Umweltgeologie*, 1986, pp. 107-126.
20. NEUHOLD, C. – NACHTNEBEL, H.P. 2011. Assessing flood risk associated with waste disposals: methodology, application and uncertainties. In: *Natural Hazards*, vol. 56, no. 1, pp. 359-370.
21. TÓTH, T. 2007. Stanovenie frakcií a mobilita kadmia a niklu v pôde po aplikácii biokalu. In: *Acta Environmentalica Universitatis Comenianae (Bratislava)*, roč. 15, 2007, č. 1, s. 66-77.
22. YE, C. – LI, S.Y. – ZHANG, Y.R. – ZHANG, Q.F. 2011. Assessing soil heavy metal pollution in the water-level-fluctuation zone of the Three Gorges Reservoir. In: *Journal of Hazardous Materials*, vol. 191, 2011, no. 1-3, pp. 366-372. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2011.04.090.
23. WMO. 2008. Urban flood risk management. Geneva: WMO. APFM Technical document-No. 11. Flood management tool series. [cit. 2018-09-05]. Dostupné na internete: [https://library.wmo.int/pmb\\_ged/ifmts\\_6.pdf](https://library.wmo.int/pmb_ged/ifmts_6.pdf).
24. Vyhláška MPRV SR č. 151/2016 Z. z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o agrochemickom skúšaní pôd a o skladovaní a používaní hnojív. 20 s.
25. WIJNHOVEN, S. – VAN DER VELDE, G. – LEUVEN, R.S.E.W. – EIJSAKERS, H.J.P. – SMITS, A.J.M. 2006. Metal accumulation risks in regularly flooded and non-flooded parts of floodplains of the River Rhine: Extractability and exposure through the food chain. In: *Chemistry and Ecology*, vol. 22, 2006, no. 6, pp. 463-477.
26. ZHANG, G. – BAI, J. – ZHAO, Q. – JIA, J. – WEN, X. 2017. Heavy metals pollution in soil profiles from seasonal-flooding riparian wetlands in a

Chinese delta: Levels, distribution and toxic risks. In: Physics and chemistry of the Earth, vol. 97, 2017, pp. 54-61.

Korešpondenčná adresa:

Ing. Božena Šoltysová, PhD., RNDr. Ján Hecl, PhD., Ing. Martin Danilovič, PhD. – NPPC – Výskumný ústav agroekológie Michalovce, Špitálska 1273, 071 01 Michalovce

E-mail: [bozena.soltysova@nppc.sk](mailto:bozena.soltysova@nppc.sk), [jan.hecl@nppc.sk](mailto:jan.hecl@nppc.sk),

[martin.danilovic@nppc.sk](mailto:martin.danilovic@nppc.sk)

## **Előszó**

A kiadvány az Interreg V-A Szlovákia - Magyarország Együttműködési program keretében megvalósuló FMP-E/1901/4. 1/028 számú „MULTISOIL” rövidítésű pályázat keretében összeállított oktatási anyag. A projekt mindkét kutatóintézet korábbi projektjeire épül. A legfontosabb projektek a következők voltak:

1. A Magyarország-Szlovákia 2007-2013 program keretében a HUSK 1101/1.2.1/0126 számú határon átnyúló együttműködési projek: „Regionális agrárinnovációs képzési és szaktanácsadási központok létrehozása a határmenti régiókban“. A projektet 2014-2015-ben valósítottuk meg, eredményeként szaktanácsadási és oktatási központ épült a szlovák oldalon az NPPC-VÚA kutatóállomásán Milhostovban, és magyar oldalon Nyíregyházán, a Debreceni Egyetem AKIT Nyíregyházi Kutatóintézetében. Mindkét Intézmény gépeket és eszközöket is vásárolt a kutatási tevékenységeinek megvalósításához. Ezeket a képzési központokat és a megvásárolt műszaki berendezéseket a projekt keretében tervezett képzési eseményekre használják az Intézmények.

2. A Határon Átnyúló Együttműködés 2007-2013 keretprogramban 2010-2012-ben a HUSK 0901/ 1.2.1/129 számú, projektet valósítottunk meg, melynek címe: „Talajhasználati módok hatásának vizsgálata a határmenti régiókban a talajok víz és anyagforgalmára“ volt. A projekt a különféle földhasználat és talajművelés lehetőségeivel foglalkozott az egyes régiókra jellemző talajokon: szlovák oldalon kötött talajon, magyar oldalon homokos talajon. A projekt keretében mindkét Projekt Partner műszereket és eszközöket vásárolt a kísérletekben történő mérésekhez, melyeket a kísérleti és oktatási tevékenységeikhez használtak fel.

A MULTISOIL projekt célja az egészséges emberi élet fenntartásához szükséges termőföld multifunkcionalitása fenntartásának fontosságát és lehetőségét hangsúlyozó programok szervezése szlovák és magyar területen, két korcsoport, a szakközépiskolai tanulók és egyetemi hallgatók, leendő gazdálkodók, valamint a jelenleg is gazdálkodással foglalkozó felnőttek számára. A szlovák Vezető Partner célcsoportja a régió gazdálkodói, míg a magyar Partner célcsoportja a leendő gazdálkodókat jelentő diákok, hallgatók. Az ismeretek átadását a határ két oldalán lévő, egymással évek óta szakmai kapcsolatban álló kutatóintézetek szervezik. Az elméleti és gyakorlati oktatási programokon mindkét régió célcsoportjai résztvesznek. A programok révén a résztvevők megismerkednek a legfontosabb talajdegradációs problémákkal, az azokat kiváltó tényezőkkel és a lehetséges megoldásokkal. A projekt közvetlen célja a résztvevők szemléletformálása, a környezettudatosság erősítése, a határ két oldalán alkalmazott gyakorlati módszerek előnyeinek és hátrányainak kölcsönös megismerése.

A SARS\_COVID-19 járvány miatt a tervezett jelenléti programok helyett on-line módon tartjuk meg az ismeretátadási programokat mindkét országban.



# SZENNYVÍZISZAP KOMPOSZT ALKALMAZÁSA A TALAJERÓZIÓ MÉRSÉKLÉSÉBEN

## SEWAGE SLUDGE COMPOST APPLICATION AGAINST SOIL EROSION

ARANYOS Tibor József, TOMÓCSIK Attila, HENZSEL István, MAKÁDI  
Marianna

*Debreceni Egyetem AKIT Nyíregyházi Kutatóintézet*

### **Absztrakt**

A nyírségi tájra jellemző savanyú homoktalajok átalálában erózióra érzékenyek. A tapasztalatok szerint a szennyvíziszap komposzt alkalmazása javítja e kolloidokban szegény talajok vízgazdálkodási tulajdonságait, ezáltal jelentősen mérsékli a talajeróziót.

Az esőztető szimulátorral végzett kísérletünk elsődleges célja az volt, hogy megvizsgáljuk a komposzt kezelésnek a talajszerkezetre, ezáltal a talaj vízvezető képességére és a talaj erózióérzékenységre gyakorolt hatását.

A DE AKIT Nyíregyházi Kutatóintézet területén található szennyvíziszap komposzt kísérletben használt komposzt a szennyvíziszap (40%) mellett szalmát (25%) és ásványi összetevőket (riolit 30%, bentonit 5%) tartalmaz, melyet 0, 9, 18 és 27 t/ha dózisban juttattunk ki a területre.

A szennyvíziszap komposzt kezelés közvetlen hatása a talajszerkezet, illetve a talaj vízgazdálkodási feltételeinek javulásában nyilvánult meg. Az eredmények alapján megállapítottuk, hogy a szennyvíziszap komposzttal kijuttatott szerves és ásványi anyagok szerkezetjavító hatással bírnak. Jelentősen nőtt a talajszerkezet vízerózióval szembeni ellenállása és a talaj vízbefogadó képessége. Ezzel szemben a kontroll területen szignifikánsan nagyobb erózió lépett fel az esőztetés hatására.

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

**Kulcsszavak:** homoktalaj, szennyvíziszap komposzt, beszivárgás, erózió

### **Abstract**

The acidic sandy soils in the Nyírség Region are susceptible to erosion. The practical experiences have shown that the application of sewage sludge compost improves the water management properties of these colloid-poor soils, thereby significantly reducing soil erosion.

The aim of the measurements with rainfall simulator was to determine the effect of sewage sludge compost treatment on soil structure, thereby on the hydraulic conductivity and the erodibility of soil.

The applied compost in the sewage sludge compost experiment at the Research Institute of Nyíregyháza, University of Debrecen contained, in addition to sewage sludge (40%), straw (25%), bentonite (5%) and rhyolite (30%), that was applied in the doses of 0, 9, 18 and 27 t ha<sup>-1</sup> based on its dry matter content.

The direct effects of sewage sludge compost application were the improved soil structure and water management. Our results show, that the organic and mineral materials of the compost had a positive effect on soil structure. The resistance of soil structure to water erosion and the water absorption capacity of the soil have significantly increased. However, in the control plot there was significantly higher water erosion.

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

**Keywords:** sandy soil, sewage sludge compost, infiltration, erosion

## BEVEZETÉS

A talaj vízvezető- és víztartó képessége határozza meg, hogy milyen mennyiségű vizet, mennyi idő alatt képes elnyelni, illetve mennyi a felszíni elfolyás. Homoktalajoknál a pórusméretek nagyok, ezért a víznyelő- és vízvezető képessége általában nagy. Kivétel ez alól, amikor a felszínen kialakult tömörödött kéreg miatt nagymértékben lecsökken a beszivárgás, mely erózióhoz vezethet. Míg a felszínre került csapadék lassan szivárog be a talajba, addig a talajba jutott nedvesség gyorsan átszivárog a talajszelvényen. Ennek legfőbb oka a kolloidok hiánya, a víz vezetésére alkalmas gravitációs póruster nagyobb aránya a hasznos víz tározására alkalmas kapilláris pórusterhez viszonyítva (Várallyay, 1984; Birkás, 2002).

A talaj felszínére hullott csapadék a beszivárgás (infiltráció) révén jut a talajba, melyet elsősorban a talaj fizikai jellemzői határoznak meg. A talajszerkezet vízállósága jelentősen befolyásolja az erodáltságot, mely a talaj vízgazdálkodásával szoros összefüggésben van. Ezen kívül a talaj vízbefogadó képességére hatással van a területhasznosítás módja, a növényborítottság, a felső rétegek kezdeti víztartalma, a csapadék intenzitása és időtartama is (Kerényi, 1994; Füleky, 2011).

A talajok erózióérzékenységének jellemzésére és a beszivárgás (infiltráció) meghatározására egyre gyakrabban használják a kisméretű, hordozható esőztető berendezéseket. Előnyük az alacsony költségek, a könnyű kezelhetőség, egyszerű szállítás a nehezen elérhető területeken, alacsony vízfelhasználás és a

mérések nagyszámú ismételhetőségének lehetősége a területen (Iserloh et al., 2010; Fister et al., 2011).

A magas szervesanyag-tartalmú melléktermékek, mint a komposztált szennyvíziszap, felhasználható a szerves- és ásványi kolloidokban szegény talajok javítására. A komposzt kedvező hatása a megfelelő talajszerkezet kialakulásán túl jelentősen befolyásolja a talaj vízbefogadó képességét és nagymértékben csökkenti erózióérzékenységét (Wang et al., 2015; Xin et al., 2016).

Feltevésünk az, hogy a szennyvíziszap komposzt alkotórészeiként talajba juttatott ásványi és szerves anyagok részt vesznek a talaj szerkezetességének kialakításában, ezáltal csökken a felszíni tömődöttség és nő a vízbefogadó képesség. Emellett az ellenállóbb talajszerkezet növeli a talaj vízerózióval szembeni ellenállását.

## ANYAG ÉS MÓDSZER

Az esőztető szimulátorral végzett vizsgálatokat a Debreceni Egyetem AKIT Nyíregyházi Kutatóintézet területén 2003-ban beállított szennyvíziszap komposzt tartamkísérletben végeztük.

A terület jellegzetes talajtípusa homok fizikai féleségű kovárványos barna erdőtalaj (Dystric Lamellic Arenosols) (1. ábra).



**1. ábra.** Kovárványos barna erdőtalaj (Dystric Lamellic Arenosols)

A kísérletben használt komposzt fő alkotói: szennyvíziszap (40%), szalma (25%) és ásványi összetevők (riolit 30%, bentonit 5%). A komposzt szervesanyag-tartalma átlagosan 20-30 m/m%. A szennyvíziszap komposzt

összeállításánál és felhasználásánál a 36/2006. (V.18.) FVM rendeletben előírt határértékeket vettük figyelembe. A komposztot a területre háromévente juttatjuk ki 0, 9, 18 és 27 t/ha (sz. a.) dózisban.

A talaj vízvezető képességének mérésére és a talaj erózióérzékenységének jellemzésére Eijkelkamp 09.06 típusú esőztető berendezést használtunk. A készülék kis mérete és alacsony vízfelhasználása révén könnyen kezelhető a területen (2. ábra).



**2. ábra.** Eijkelkamp 09.06 típusú esőztető berendezés

A mérések megkezdése előtt a vizsgált terület felszínéről eltávolítottuk a növényi részeket, majd egy 15°-os dőlésszögű lejtős talajfelszín alakítottunk ki. A kukorica sorközeiben végzett vizsgálatokat minden esetben 10 percen keresztül folytattuk 130 mm/óra és 185 mm/óra csapadékintenzitást szimulálva. A talajba beszivárgott víz mennyiségét a csapadékintenzitás és a lefolyt víz mennyiségének különbségéből számoltuk.

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

## **EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK**

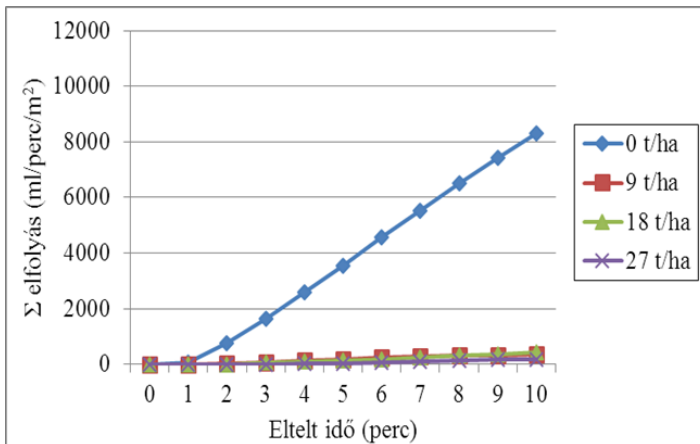
A mérés során a kontroll terület talaja a felületére érkező csapadékot az első két percben nyelte el, majd a 2. perctől a csapadék jelentős részét a felszínen elvezette. Az esőcseppek becsapódása miatt a homokszemcsék eltömítették a gravitációs pórusokat, elzárva a csapadékvíz elől a beszivárgás útját a mélyebb talajrétegekbe. Ebben az állapotban a felszínről csak annyi víz szivárgott a

talajba, amennyi a rétegből lefelé eltávozni képes. Ez a folyamat a kontroll területen jóval hamarabb bekövetkezett az esőztetés alatt, mint a szennyvíziszap komposzttal kezelt területeken. A talajszerkezet szétesése után megindult az elfolyás a lejtő irányába magával ragadva a talajrészecskéket, ezáltal jelentős talajeróziót okozva a felszínen (3. ábra).

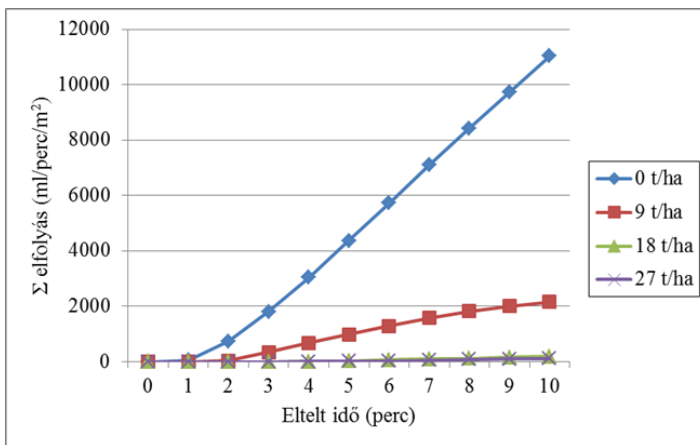


**3. ábra.** Felszíni elfolyás és erózió a kezeletlen területen

A kontroll terület és a komposzttal kezelt területek talajának víznyelő és vízáteresztő képessége között jelentős eltéréseket tapasztaltam. Az elfolyt víz mennyisége a kontroll területen statisztikailag igazolhatóan nagyobb volt az esőztetés során (4-5. ábra).



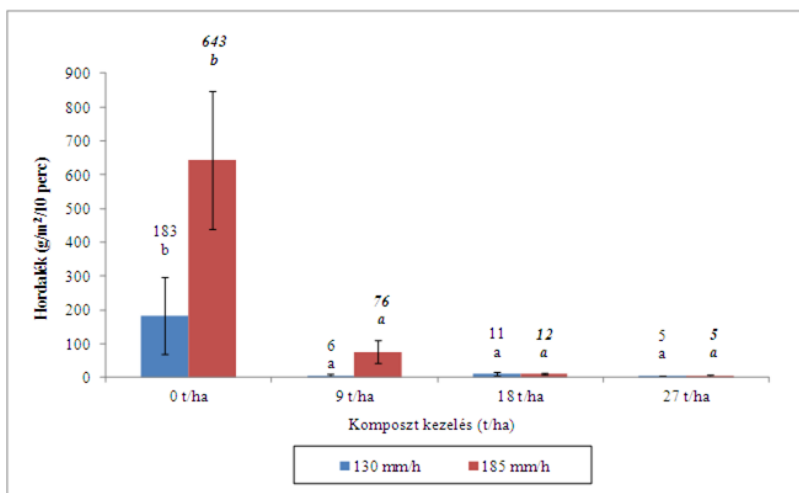
4. ábra. Kumulált elfolyás adatok 130 mm/óra csapadékintenzitás esetén



5. ábra. Kumulált elfolyás adatok 185 mm/óra csapadékintenzitás esetén

Már a legkisebb (9 t/ha) komposzttal kezelt talaj is a csapadék nagy részét elnyelte, a felszíni elfolyás mértéke minimális volt. Nagyobb adagú (18-27 t/ha) komposzt kezelés hatására nem csökkent a beszivárgás intenzitása az idő függvényében, az infiltrációs ráta a mérés során gyakorlatilag változás nélkül magas maradt. A talajfelszínen elfolyó vízmennyiségnek a kijuttatott mennyiséghez viszonyított átlagos aránya a kontroll területen közel 37 %, a 9 t/ha-os komposzt kezelésben 7 %, a 18 t/ha és 27 t/ha-os kezelésben az elfolyó víz aránya 0,5-0,7 %.

A vízzel elszállított hordalék összteleme a 27 t/ha komposzt kezelésben volt a legkisebb mindkét vizsgálat során. A 27 t/ha-os kezelésben mért értékekhez képest több mint kétszer nagyobb a hordalék mennyisége a 18 t/ha komposzttal kezelt parcellában mindkét csapadékintenzitás esetén. Lényegesen nagyobb az elfolyás és az erózió mértéke a 9 t/ha komposzttal kezelt területen 185 mm/óra csapadékintenzitás mellett. Ebben az esetben 15-17-szer több az elfolyt víz mennyisége és az elszállított talaj összteleme a 27 t/ha-os kezelésben mért értékekhez képest. A kisebb csapadékterhelés mellett nincs jelentős eltérés a 9 t/ha-os és a 27 t/ha-os kezeléseik között. A legnagyobb mértékű eróziót a kezeletlen területen tapasztaltuk. A tíz perces mérés során erodált talaj összteleme több mint százhuszszorosa, illetve harmincöttszöröse a legnagyobb komposzt dózissal (27 t/ha) kezelt területen mért adatokhoz viszonyítva, a csapadékintenzitástól függően (6. ábra).



**6. ábra.** A talajerózió mértéke a kezeletlen és komposzttal kezelt területeken nagy intenzitású csapadékterhelés esetén

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

A komposzt kezelés hatására általában nő a talaj szervesanyag-tartalma és csökken a talaj térfogattömege (Leroy et al., 2008; Mylavarapu és Zinati, 2009), amit korábbi méréseink igazolnak (Aranyos et al., 2016). A szerves anyagok már kis mennyiségben is elősegítik az ásványi szemcsék aggregációját és a

szerkezetképződést. A homokszemcsék felületét bevonva jelentősen hozzájárulnak a szerkezetképződéshez (Volk és Hensel, 1969). A szerves anyagok nagymértékben növelik a talajszerkezet vízállóságát. Stabil, vízálló, porózus morzsákat alakítanak ki, mivel a huminsavak két vegyértékű fémionokkal alkotott sói vízben nem oldódnak, csak duzzadnak (Fülek, 2011). A komposzt alkotórészeként kijuttatott bentonit magas montmorillonit tartalmú, nagy vízkapacitású agyagásvány, mely a tapasztalatok szerint nagy adszorpciós kapacitása révén kedvezően hat a talajok szerkezetére és vízgazdálkodására (Tállai, 2011). McKissock et al. (2002) tapasztalataik szerint az agyagásvány bevonja a homokszemcsék felületét, ezáltal csökkentve a talaj vízáteresztő képességét. Lazányi (2003) megállapította, hogy a bentonit, illetve az agyagásvány-szervesanyag komplexek megváltoztatják a talaj fizikai és kémiai tulajdonságait. A bentonit hozzájárul a megfelelő talajszerkezet kialakulásához azáltal, hogy a képződött szervesanyag-agyag komplexek hatására térhálós szerkezet jön létre.

Összhangban a szakirodalmi adatokkal (Arthur et al. 2011; Bakr et al. 2012; Badalíková és Bartlová, 2014), a vízbeszivárgás sebessége egyértelműen nőtt a komposzttal kezelt területeken, mely jelentősen csökkentette a vízerózió mértékét. A szennyvíziszap komposzt kezeléssel talajba juttatott szerves anyagok és a bentonit hozzájárultak a talajszerkezeti elemek alakításához, ezáltal a porózus talajviszonyok létrejöttéhez. A lazább talajszerkezet elősegítette a víz beszivárgását a feltalajba, a tartósabb szerkezeti elemek pedig ellenálltak az esőcseppek ütő hatásával szemben, ezáltal csökkentve a felszíni elfolyást és az erózió mértékét.

## **KÖVETKEZTETÉSEK**

A vizsgálatok alapján a komposzt kezelés egyértelműen javította a talaj vízbefogadó képességét, ezáltal csökkentve a víz által okozott eróziót. Már a legkisebb szennyvíziszap komposzt dózis is nagymértékben növelte a talajszerkezet vízerózióval szembeni ellenállását, illetve nagy intenzitású csapadék esetén a talaj vízbefogadó képességét. Nagyobb adagú szennyvíziszap komposzt kezelés hatására nem csökkent a beszivárgás intenzitása az idő függvényében, az infiltrációs ráta a mérés során gyakorlatilag változás nélkül magas maradt. Ezzel szemben a kontroll területen szignifikánsan nagyobb erózió lépett fel az esőtetés hatására.

A szennyvíziszap komposzt kezelés kedvező hatása a jövőben még felértékelődhet a klímaváltozás hatásaként a Kárpát-medencében a várhatóan nagyobb gyakoriságú és nagy intenzitású csapadékesemények következtében,



amelyek jelentős eróziós károkat okozhatnak a homokkal fedett dombvidékeken is.

## **IRODALOMJEGYZÉK**

1. ARANYOS, T. J., TOMÓCSIK, A., MAKÁDI, M., MÉSZÁROS J., BLASKÓ, L. 2016. Changes in physical properties of sandy soil after long-term compost treatment. *International Agrophysics*. 30: 269-274.
2. ARTHUR, E., CORNELIS, W. M., VERMANG, J., DE ROCKER, E. 2011. Effect of compost on erodibility of loamy sand under simulated rainfall. *Catena*. 85: 67-72.
3. BADALÍKOVÁ, B., BARTLOVÁ, J. 2014. Effect of various compost doses on the soil infiltration capacity. *Acta univ. agric. et silvic. Mendelianae Brunen.*, 62: 849-858.
4. BAKR, N., WEINDORF, D. C., ZHU, Y., ARCENEUX, A. E., SELIM, H. M. 2012. Evaluation of compost/mulch as highway embankment erosion control in Louisiana at the plot-scale. *Journal of Hydrology*. 468-469: 257-267.
5. BIRKÁS M. 2002. Környezetkímélő és energiatakarékos talajművelés. Akaprint Kiadó, Budapest.
6. FISTER, W., ISERLOH, T., RIES, J. B., SCHMIDT, R.-G. 2011. Comparison of rainfall characteristics of a small portable rainfall simulator and a combined portable wind and rainfall simulator. *Zeitschrift für Geomorphologie*. 55. 3: 109-126.
7. FÜLEKY GY. 2011. Talajvédelem, talajtan. Pannon Egyetem-Környezetmérnöki Intézet, Veszprém.
8. ISERLOH, T., FISTER, W., RIES, J. B., SEEGER, M. 2010. Design and calibration of the small portable rainfall simulator of Trier University. *Geophysical Research Abstracts*. 12: 2769.
9. KERÉNYI, A. 1994. Talajerózió-talajvédelem. [In: Varga E. (szerk.) Természeti és társadalmi környezetünk.]. ELTE TTK, Budapest. 72-97.
10. LAZÁNYI, J. 2003. Bentonitos tufa a homoktalajok javításában. *Agrárgazdaság Vidékfejlesztés és Agrárinformatika az évezred küszöbén (AVA)*, Debrecen, 4-8.
11. LEROY, B. L. M., HERATH, M. S. K., DE NEVE, S., GABRIELS, D., BOMMELE, L., REHEUL, D., MOENS, M. 2008. Effect of vegetable, fruit

- and garden (VFG) waste compost on soil physical properties. *Compost Science and Utilization*. 16: 43-51.
12. MCKISSOCK, I., GILKES, R. J., WALKER, E. L. 2002. The reduction of water repellency by added clay is influenced by clay and soil properties. *Applied Clay Science*. 20: 225-241.
  13. MYLAVARAPU, R. S., ZINATI, G. M. 2009. Improvements of soil properties using compost for optimum parsley production in sandy soils. *Scientia Horticulturae*. 120: 426-430.
  14. TÁLLAI M. 2011. Bentonit és zeolit hatása savanyú homoktalajok tulajdonságaira és biológiai aktivitásának változására. Doktori értekezés. Debrecen.
  15. VOLK, G. M., HENSEL, D. R. 1969. Aggregation of mineral and organic matter in Rutlege, Ona, and Leon fine sands of the Southeastern Coastal Plains. *Soil Science*. 110: 333-338.
  16. VÁRALLYAY, GY. 1984. Magyarországi homoktalajok vízgazdálkodási problémái. *Agrokémia és Talajtan*. 33: 159-169.
  17. WANG, G., FANG, O., WU, B., YANG, H., XU, Z. 2015. Relationship between soil erodibility and modeled infiltration rate in different soils. *Journal of Hydrology*. 528: 408-418.
  18. XIN, X., ZHANG, J., ZHU, A., ZHANG, C. 2016. Effects of long-term (23 years) mineral fertilizer and compost application on physical properties of fluvo-aquic soil in the North China Plain. *Soil and Tillage Research*. 156: 166-172.

Hivatkozott jogszabályok:

36/2006. (V. 18.) FVM rendelet a terménynövelő anyagok engedélyezéséről, tárolásáról, forgalmazásáról és felhasználásáról.

Levelezési cím:

Aranyos Tibor József, PhD. – Debreceni Egyetem AKIT Nyíregyházi Kutatóintézet, 4400 Nyíregyháza Westsik Vilmos út 4-6.

E-mail: aranyostibi@gmail.com

# ÖKOLÓGIAI GAZDÁLKODÁS TALAJVÉDELEMBEN BETÖLTÖTT SZEREPE

## THE ROLE OF ORGANIC FARMING IN SOIL PROTECTION

ERDŐS Zsuzsa

*Debreceni Egyetem AKIT Nyíregyházi Kutatóintézet*

### **Absztrakt**

Az ökológiai gazdálkodás legfőbb feladata, hogy a környezet legkisebb terhelése mellett egészséges élelmiszer előállítását. A talajtakarás, a szármaradványok visszaforgatása, a vetésforgó, a természetes anyagokat tartalmazó tápanyag-utánpótlás, az ökológiai gazdálkodásban alkalmazható talajkondicionáló készítmények és a redukált művelés, mind olyan technikák, melyek az ökológiai gazdálkodásban alkalmazhatóak a talajállapot megővéséhez. Az erózió és defláció elleni védekezésben kiemelkedő szerepe van a vetésforgónak. A természet során kiemelten fontos tényező, hogy a talaj a termékenységét megőrizze. A biogazdálkodás során csak természetes anyagok használata engedélyezett. A redukált művelés lényege az, hogy a bioterületeken lehetőleg szántást ne alkalmazzuk, így a talajélet is érintetlen marad. Lehetőleg egymenetben történjen a növény számára megfelelő talajállapot kialakítása, miközben a védőfelszín is kialakítja. A bemutatott tényezők együttesen teremtik meg az ökológiai gazdálkodás és a talajvédelem kapcsolatrendszerét.

**Kulcsszavak:** biotermesztés, talajkondicionáló készítmények, tápanyag-utánpótlás, talajvédelem

### **Abstract**

The main task of organic farming is to produce healthy food with the least impact on the environment. Ground cover, recycling of stem residues, crop rotation, nutrient replenishment containing natural substances, soil conditioners for use in organic farming and reduced cultivation, are all techniques that can be used in organic farming to preserve soil conditions. Crop rotation plays a prominent role in combating erosion and deflation. Maintaining soil fertility is a key factor in cultivation. Only natural materials may be used in organic farming. The essence of reduced cultivation is that to avoid plowing in organic areas, thus, soil life remains intact. It is possible to create a suitable soil condition for the plant at the same time, while also creating a protective surface.

Together, the presented factors create a system of relations between organic farming and soil protection.

**Keywords:** organic farming, soil conditioning products, nutrient management, soil protection

### **Az ökológiai gazdálkodás legfontosabb tézisei**

Napjainkban a folyamatosan növekvő népesség és a klímaváltozás miatt egyre nehezebb feladat a termelőknek egészséges ételmiszerrel ellátni a lakosságot. Azonban egyre fontosabbá válik a fenntartható és környezettudatos gazdálkodás, mely lehetőséget teremt arra, hogy csökkentsük a klímaváltozás, valamint az iparszerű mezőgazdasági termelés negatív környezeti és egészségügyi kockázatát. Éppen ez a jelenség miatt, számos gazdálkodó dönt úgy, hogy az ökológiai, vagy más néven a biogazdálkodást választja. Ezen gazdálkodási forma tehát elsősorban a természetes folyamatok visszaállítására törekszik, mellőzi az iparszerűséget, és célja szerves anyagok természetes körforgalmának visszaállítása (11).

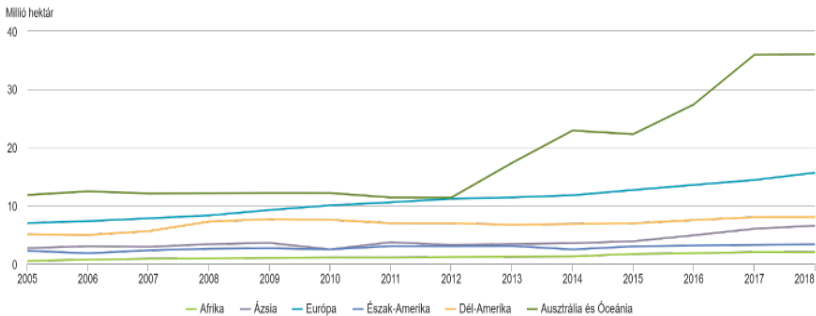
Az ökológiai gazdálkodás fogalma az IFOAM (International Federation of Organic Agriculture Movements - Ökológiai gazdálkodók szervezeteinek világszövetsége) szerint a következő: „Az ökológiai mezőgazdaság magában foglalja az összes olyan mezőgazdasági rendszert, amely környezeti, szociális, gazdasági szempontból egyaránt fenntartható, és egészséges termékek, élelmiszerek előállítását biztosítja. Óvja a talaj termékenységét, mint a sikeres gazdálkodás kulcsát. Előtérbe helyezve a növények, állatok és a talaj természetes egyensúlyát, célul tűzi ki a mezőgazdaság és a környezet minőségének javítását. Jelentősen lecsökkenti a külső erőforrások bevitelét tartózkodva a szintetikus trágyák és növényvédő szerek használatától. Helyettük a terméshozam és ellenálló képesség növelése érdekében a természet folyamatait engedi érvényesülni.” (Roszík, 2018).

Az ökológiai gazdálkodás, vagy más néven, biogazdálkodás során öt főbb alapelvet lehet meghatározni a növénytermesztéssel összefüggésben:

1. Olyan zárt gazdálkodási rendszer létrehozása, melynek során csak helyi erőforrást használ fel.
2. Egyik legfőbb cél a talajok termékenységének fenntartása.
3. Lehetőség szerint minimalizálni kell a szennyeződések a mezőgazdasági tevékenység során.
4. A termelés során elegendő mennyiségű egészséges ételmiszert kell előállítani.
5. A teljes gazdálkodási rendszerben minimalizálni kell a fosszilis energia használatát (Radics et al., 2001a).

## Az ökológiai gazdálkodás helyzete a világon és az Európai Unióban

Az ökológiai gazdálkodásba bevont mezőgazdasági terület nagysága a világon 2005 és 2018 között 2,4-szeresére nőtt. 2018-ra a világon a biogazdálkodású területek nagysága elérte a 71,5 millió hektárt. Azonban a különböző földrészekben a növekedés mértéke eltérő volt, melyet az 1. ábra szemléltet. Afrikában a területek megnégyszereződtek, de még mindig itt a legalacsonyabb a „bio” területek aránya. Ausztráliában a vizsgált 13 év alatt megháromszorozódott a területek nagysága, jelenleg a világ ökológiai gazdálkodásba vont területeinek fele itt található. Ázsiában és Amerikában csak igen kismértékű növekedés volt megfigyelhető. Európában az ökológiai gazdálkodásba vont területek nagysága 2,2-szeresére nőtt, így elérte a 15,6 millió hektárt (11).

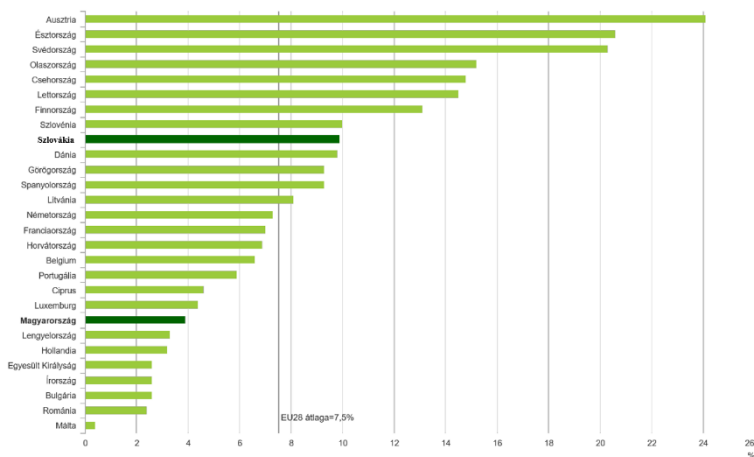


### 1. ábra. Az ökológiai gazdálkodásba bevont területek a világon földrészenként (11)

Világviszonylatban megállapítható az is, hogy az ökológiai gazdálkodást folytató gazdálkodók többsége a fejlődő világban él. 2018-ban 2,8 millió termelő foglalkozott biotermesztéssel (11).

2018-ban az Európai Unióban a 13 millió hektáros ökológiai gazdálkodású területek 46%-át Spanyolország, Franciaország és Olaszország mezőgazdasági területei teszik ki. Magyarországon 3,9%, míg Szlovákiában 9,9% volt az ökológiai gazdálkodásba bevont mezőgazdasági területek aránya az összes mezőgazdasági területhez képest (2. ábra). Ez az arány az EU-ban Ausztriában volt a legmagasabb (46%) (11).

Megvizsgálva az EU-s tagállamok ökológiai gazdálkodású területeit, megállapítható, hogy nagy részük rét és legelő. A tagállamokban zömében 50% körüli az arány. Magyarországon és Szlovákiában a rét és legelő aránya megközelítette 2018-ban a 60%-ot. Magyarország és Szlovákia ökológiai gazdálkodásba bevont területeinek növénycsoportonkénti megoszlását a 3. ábra szemlélteti.



**2. ábra. Az ökológiai gazdálkodásba bevont területek aránya az Európai Unió tagállamaiban (I1)**



**3. ábra. Magyarország és Szlovákia ökológiai gazdálkodásba bevont területeinek megoszlása növénycsoportonként (I1)**

### Talajvédelem az ökológiai gazdálkodású növénytermesztési területeken

Az ökológiai gazdálkodás, az ökológiai növénytermesztés során az egyik legfontosabb cél a talajtermékenység megőrzése úgy, hogy közben a talajéletbe a lehető legkisebb mértékben avatkozunk be. A talaj ugyanis élő szervezetnek tekinthető, melynek életereje a használat során folyamatosan csökken. A talaj termékenységére negatív hatással lehet az elsavanyodás, az erózió, a defláció, a belvíz, a tömörödés, a szikesedés, vagy nem megfelelő talajhasználat és talajművelés. Ezen tényezők közül egy, vagy akár több tényező hosszabb ideig fennáll együttesen a talaj leromlásához, a humusztartalom csökkenéséhez és akár a tápelem-egyensúly felbomlásához vezethet. A talaj egy olyan erőforrás, mely javítható, megújulásra képes (Kovács et al., 2011; Stefanovits, 1992; Radics et al., 2001a). A legmegfelelőbb az, ha úgy valósul meg a talajművelés és növénytermesztés, hogy a talajban káros folyamat nem indul el. A talajállapot megóvására az ökológiai termesztés során a következő talajvédelmi technikák alkalmazhatóak: talajtakarás, szármaradványok visszaforgatása, vetésforgó, természetes anyagokat tartalmazó tápanyag-utánpótlás, ökológiai

gazdálkodásban alkalmazható talajkondicionáló készítmények és redukált művelés.

### **Vetésforgó**

Az ökológiai gazdálkodás alapja a vetésforgó. Ez határozza meg a tervezhető tápanyagellátást, a növényvédelmet és a talajművelés rendszerét is. A helyes vetésforgó megválasztása segít abban, hogy megváltoztassuk a hosszútávon ható tényezőket, melyek hatással vannak az ökológiai és fenntartható tényezőkre. A vetésforgó jó hatással van a talajban élő hasznos szervezetek tevékenységére is, ami javítja a talaj termékenységét. Az egymást követő kultúrnövények esetén a vetésforgó összeteljesítménye nő, így a talaj-víz-növény-környezet kapcsolat nagymértékben javul, mely a talajvédelem szempontjából kiemelkedően fontos. A vetésforgó talajvédelemben betöltött szerepe a következők lehetnek: a talajtermékenység fenntartása és fokozása; a talaj szerkezetének a megőrzése és javítása; erózió és defláció elleni védelem.

A termékenység fenntartásához elengedhetetlen a megfelelő növényi sorrend kialakítása. Figyelembe kell venni azt is, hogy a különböző növénycsoportok mekkora mennyiségű tarló és gyökérmaradványt hagynak a talajban. Például a bab, borsó és bükkönyfélék vetése után kevesebb gyökér és szármарadvány marad vissza, mint a kukorica és búza után. Az évelő pillangósok és gyepnövények még a kukoricánál is nagyobb mennyiségű szerves anyagot hagynak a talajban a felszámolásuk után. Egyes növényeknek nagyobb a tápanyag-szükséglete, míg más növényeknek kisebb. Így a vetésváltás kialakítása során oda kell figyelni, hogy folyamatosan egymás után ne vessünk nagy tápanyagigényű növényt, mert akkor a talaj termőképessége csökkenni fog. Azonban egyes növények, mint például a pillangósok képesek a nitrogén és szervesanyag készletet javítani a talajban. A vetésváltás során arra is oda kell figyelni, hogy mely növényfajok rendelkeznek jó (pl. őszi kalászos) vagy rossz gyomelnyomó (pl. kapás növények) képességgel. A területen kikelő nagy mennyiségű gyom elszívhatja a tápanyagot és a vizet a kultúrnövénytől, így az a fejlődésben visszamarad, így a termés mennyisége is kevesebb lesz.

A talaj termékenységének a megtartása mellett a talaj szerkezetének megóvása is cél. Az erózió elleni védelemben szerepet játszik az is, hogy az adott termesztett növénykultúrának mekkora a levélzete, hogy milyen széles a levél. Minél nagyobb a termesztett növény levele, vagy minél nagyobb a terület növényborítottsága, annál kisebb a talajon az esőcsepp okozta ütőerő, annál kisebb a napsugárzás okozta szerkezetromlás, továbbá kisebb a szél okozta kiszáradás, vagyis a terület deflációnak kitettsége is kisebb. A növénycsoportokat megvizsgálva megállapítható, hogy a pillangós növények a

legjobb talajtakarók, a kalászos gabonák közepes mértékben takarják a talajt, míg a kapás növények árnyékolnak a legkevésbé.

A vetésforgónak kiemelkedő szerepe van az erózió és defláció elleni védekezésben. A növényi összetétel megválasztása során a két legfontosabb szempont a kultúrnövény által a talaj borítottságának időtartama és mértéke. Például az őszi kalászosok vetése esetén a növényborítottság időtartama 7-8 hónap, a talajtakarás mértéke közepes-jónak tekinthető. A tavaszi kalászos vetése amiatt nem ajánlott, mivel az őszi, téli és kora tavaszi csapadék, valamint szél káros hatása ellen nem nyújt védelmet. Talajerózió szempontjából a legalkalmasabbak a sűrű sortávú növények, mint például a gyepek, kalászos gabonák, évelő pillangósok. A nagy sortávolságú kapás növények, mint a répa, burgonya, kukorica vagy a napraforgó a talajt kevésbé védik. A tavaszi szelek a sorok között deflációs károkat okozhat, míg a nyári eső a lankásabb területeken akár a talajfelszínt is lehordhatja a völgyekbe. Összefoglalva tehát a lemosódást gátló növényi sorrend a következő lehet (a legjobbtól a legrosszabb felé): fűves here, évelő pillangós, évelő takarmánynövény, őszi kalászos, őszi keveréktakarmány növény, tavaszi kalászos, egyéb tavaszi takarmánynövény, burgonya, répa, kapás növények. A vetésforgó kialakítása tehát úgy javasolt, hogy első évben kapás növény, második évben takarmánynövény, a harmadik évben pillangós, a negyedikben pedig őszi kalászos gabona. Ezen sorrend mind a talajvédelemben, mind pedig a tápanyag-gazdálkodásban elfogadható (Füleky et al. 1999; Radics et al., 2001b; Nagy, 2004, Tóth, 2006; Czeller, 2020).

## **Talajtakarás**

A talajtakarásnak a talajvédelemben jelentős szerepe van. Lehet élő növényvel (pl. őszi kalászos, zöldtrágya növények, gyepek), valamint valamilyen szerves anyaggal (pl. mulcs, szalma, széna, trágya, komposzt, fakéreg, stb.) történő talajtakarás. (Az őszi vetésű, valamint a gyepterületek talajra gyakorolt hatása az előző részben bemutatásra került.)

Az ökológiai gazdálkodásban ezek a szerves takaróanyagok akkor használhatóak, ha az anyaguk engedélyezett a bio termesztési környezetbe. A szalma és mulcs által történő talajtakarás kiemelkedően fontos az ökológiai gazdálkodás során is. Nem csak a talajvédelemben szempontjából lényeges, hanem növényegészségügyi szempontból is igen jelentős (*1. kép*). A szerves talajtakarók talajra gyakorolt pozitív hatásai a következők: élénkíti a talajéletet; tápanyag szolgáltató képességgel rendelkeznek; csökkenti a talaj tömörödöttségét; árnyékolják a talajt, így a párolgás is kisebb, tovább marad a nedvesség a talajban; szabályozza a talajhőmérsékletet; csökkenti a gyomosság mértékét; védelmet nyújt egyes kártevők és kórokozók szemben (Király et al., 2017; Roszík, 2018, Roszík, 2020).





**1. kép. Ökológiai kukorica termesztés mulcsozott sorközzel (Roszik, 2020)**

A talajtakarás ökológiai gazdálkodású gyümölcsösökben és szőlő ültetvényekben is alkalmazható, mivel télen védi a növények gyökerét, azonban lassítja a tavaszi felmelegedést (Roszik, 2018). Szamóca ültetvényben a szalma takarás kiválóan alkalmazható, mivel jó gyomelnyomó, szabályozza a talajhőmérsékletet és még a növényegészségügyi problémák mértékét is csökkenti (Király et al., 2017). Az alma ültetvények esetén a mulcs takarás nagyobb terméseredményt eredményezett, mint a megmunkált sorközökkel rendelkező ültetvény. Málna, ribizli, szőlő ültetvényekben is pozitív hatással volt a talajtakarás a termésmennyiségre és a növény egészségi állapotára egyaránt (Bárbery, 2002; Hammermaister, 2016).

**Tápanyag-utánpótlás**

A fenntartható ökológiai gazdálkodás egyik legfőbb alapfeltétele, hogy megőrizzük a talajok termékenységét. A termőhelyi adottságokat és a gazdálkodás intenzitását össze kell hangolni, így megvalósítható a termőhely-specifikus tápanyag-gazdálkodás (Loch, 2002). A növény életfolyamatai és a talajban lejátszódó folyamatok között igen szoros kétirányú kapcsolat van. A tápanyag-utánpótlást úgy kell kialakítani a gazdálkodás során, hogy ott azonos súllyal jelenjen meg a növényre és a talajra gyakorolt hatás. Ahhoz, hogy jó termést érjünk el az adott talajon, fontos a megfelelő talajszerkezet, emellett pedig olyan tápanyag-gazdálkodást kell folytatni, ahol kiváló minőségű szerves anyagokat felhasználva tápláljuk a természetett növényt, valamint a talaj humusz tartalmát is egyensúlyban tartjuk. Ökológiai gazdálkodásban hasznosítható szerves anyag lehet az istállótrágya, a tarló- és gyökérmaradványok, a

zöldtrágyák és a komposzt is (Stefanovits, 1975; Ángyán-Menyhért, 1997; Loch, 1999; Radics et al. 2001b).

Az ökológiai gazdálkodás során is lényeges, hogy a humusz-utánpótlás megvalósuljon. A humusz ugyanis nem csak a tápanyag-utánpótlásban játszik fontos szerepet a talaj életében, hanem a talaj szerkezetére is hatással van, mivel a talaj fizikai tulajdonságainak javításában is nagy szerepet játszik, emellett pedig a vízmegkötő képessége is jelentős (Stefanovits, 1992; Solti, 2000). Éppen ezért, hogy a megfelelő humusz-utánpótlás és a növény tápanyagokkal való ellátása megvalósuljon az istállótrágyázás mellett a vetésforgóba pillangós növény (lucerna, vöröshere, borsó) termesztését kell beilleszteni. Az ökológiai termesztés során kijuttatott szerves trágya (istállótrágya, hígtrágya, szalmatrágya, zöldtrágya, komposzt), növelve a talaj szervesanyag készletét, javítja a talaj szerkezetét, így fontos a talajvédelemben betöltött szerepe is. Egy tápanyagban és humuszban gazdag jó szerkezetű talaj az eróziós és deflációs károknak is jobban ellenáll (Nagy, 2004). Az istállótrágya kiváló tápanyag-utánpótlási forma, mivel tartalmaz nitrogént, foszfort és káliumot is, emellett pedig még megtalálható benne számos mikroelem (kalcium, magnézium) és egyéb szerves vegyület is (Loch-Nosticzius, 1992). Azonban az istállótrágyázás során arra oda kell figyelni - szem előtt tartva a talajvédelmet és a növényvédelmet -, hogy ezen tápanyag-utánpótlási formának gyomosító hatása van. Így a vetésforgót úgy kell kialakítani, hogy a termesztett növény gyomelnyomó képessége nagy legyen, amivel a gyompopuláció mértéke folyamatosan csökkenthető. A szalmatrágya a talaj humusztartalmára van pozitív hatással. Talajvédelem szempontjából kiemelkedően fontos még a zöldtrágya növények vetése az ökológiai gazdálkodású területen. Zöldtrágya növény vetése segíti a talajban lévő tápanyagok feltáródást, altalajlazító, talajszerkezet javító hatása is van. Ezen felül a vetésforgóba illesztéssel, őszi kalászos után pillangós zöldtrágya keverék a talaj nitrogén készletét is növelheti, valamint mivel a talajfelszín növényvel borított, az eróziós károknak is kevésbé kitéve a talajfelszín. Kiváló zöldtrágya növény a csillagfürt, fehér somkóró, olajretek, fehér mustár, repce, szöszös- és pannonbüköny (Nagy, 2004). Tápanyag-utánpótlás esetén figyelembe kell venni azokat a növényi maradványokat, melyek a termesztés során keletkeznek. Ezek a melléktermékek, mint például a növényi szár, kóró, szalma akár természetes állapotukban, akár komposzt formájában, a talajba beforgatva kiválóan alkalmasak a tápanyag-utánpótlásra (Roszík, 2020).

Az ökológiai gazdálkodás során a tápanyag-utánpótlás megvalósítása igen összetett feladat. Úgy kell megoldani az adott évben a termesztést, hogy a talaj tápanyag-egyensúlya fennmaradjon. Amennyi tápanyagot a haszonnövény elvon a talajból, annak pótlásáról mindenképpen gondoskodni kell, mert csak

így valósítható meg hosszú távon az egészséges talajállapot és a gazdaságos termesztés (Nagy, 2017).

A talajok tápanyag-szolgáltató képességének javítására használhatóak a különböző talajoltó készítmények és baktériumtrágyák. A talajbaktériumok közül vannak olyanok, melyek a légköri nitrogént kötik meg, foszfort vagy káliumot mobilizálnak, vagy esetleg poliszacharidokat (cukrok) választanak ki, melyeknek talajszerkezet építő hatásuk van. Egyes készítmények nem csak saját biológiai aktivitásukkal javítják a talajt, hanem stimuláló hatással vannak a talaj saját mikroflórájára. A talajkondicionáló készítménnyel talajba kerülő mikrobák fontos szerepet játszanak az elhalt növényi maradványok lebontásában. A mikrobáknak van olyan tulajdonsága is melyet biológiai önvédelemnek, vagy más néven biokontrollnak nevezünk. Ebben az esetben a mikroorganizmusok megvédik magukat, életterület és táplálékforrásukat a talajban élő káros szervezetektől. A talajoltásra használt anyagok pozitív tulajdonságai a következők: biztosítja a felvehető tápelemeket (nitrogén megkötés, foszfor és kálium mobilizálás); termeli a biológiailag aktív szerves anyagokat (enzimek, vitaminok, hormonok, aminosavak); biokontroll; talajszerkezet építés; cellulózbontás (Daoda, 2021).

Összességében megállapítható, hogy az ökológiai gazdálkodás során az engedélyezett készítmények használatával a talajok jó minősége megtartható vagy javítható, ami pedig javítja a termelékenységet is.

## **Redukált művelés**

A redukált művelés a talajvédelem szempontjából az ökológiai gazdálkodásban is alkalmazható. A redukált művelés lényege az, hogy szántás nélkül, a lehető legkevesebb gépi műveletet használjunk, így nem bolygatjuk a talajéletet. A művelés során az a cél, hogy minél nagyobb talajmorzsát és minél több tarlómaradványt hagyjanak a talajfelszínen. Olyan gépkapcsolatot kell létrehozni, mely egy menetben képes a növény számára a megfelelő talajállapotot kialakítani, de eközben a védőfelszínt is kialakítja. A napjainkban használatos kormánylemezes ekék és a talajfelszínt porosító (hengerek, fogas borona, tárcsás borona) művelő eszközök használata redukált művelés esetén nem ajánlott. A redukált műveléssel a talajdegradáció csökkenthető és a talajtulajdonságok javíthatóak (Zsembeli et al., 2015). A gyakorlat azt mutatja, hogy ökológia termesztés során is elterjedt a redukált művelés és a talajkondicionáló szerek együttes használata. A vizsgálat azt mutatta, hogy a redukált művelés esetén alkalmazott talajkondicionáló szer pozitív hatással volt a talaj mechanikai ellenállására, nedvességtartalmára, vízvezető- és vízáteresztő képességére (Szűcs et al., 2015). Egy másik vizsgálat szerint a redukált művelés során a talajkondicionáló készítmény növelte a talajban a könnyen mineralizálható szerves anyagok mennyiségét. Javult a talajélet, aminek

hatására javult a talaj levegőgazdálkodása és a szellőzőtsége (Nagy-Kovács, 2017).

## **IRODALOMJEGYZÉK**

1. ÁNGYÁN, J. – MENYHÉRT, Z. 1997. Alkalmazható növénytermesztés, ésszerű környezetgazdálkodás. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó. Budapest. 1997. pp. 169-170. ISBN 963-356-214-7
2. BÁRBERI, P., 2002. Weed management in organic agriculture: are we addressing the right issues? Weed Reseach. 2002 (42). pp. 177–193.
3. CZELLER, G. 2020. Agrotechnikai lehetőségek az ökológiai talajművelésben. In: Talajtan biogazdálkodóknak I. Tápanyag-gazdálkodás és talajművelés. Nemzeti Agrárgazdasági Kamara. Budapest. pp. 41-42. ISBN 978-615-5307-58-4
4. DAODA, Z. 2021. Talajoltó készítmények, baktériumtrágyák. Agronapló Különszám. Készítjük fel talajainkat. 2021. pp. 18-19.
5. FÜLEKY, GY. et al. 1999. Intenzív gazdálkodás, integrált gazdálkodás, ökológiai (bio)gazdálkodás. In: Tápanyag-gazdálkodás (Szerk.: FÜLEKI, GY.) Mezőgazda Kiadó. Budapest. 1999. pp. 143-144. ISBN 963-9239-08-9
6. HAMMERMEISTER, A. M. 2016. Organic weed management in perennial fruits. Scientia Horticulturae, 2016. (208) pp. 28-42.
7. KIRÁLY, I. et al. 2017. Ökológiai termesztésben alkalmazható talajtakarási módok gyomelnyomó hatása szamócaültetvényben. Jelenkori társadalmi és gazdasági folyamatok, (2017) XII. (3). pp. 81-87.
8. KOVÁCS-TILL, T. et al. 2011. Mikrobiológiai indikátorok alkalmazása a talajminőség értékelésében. Agrokémia és Talajtan 60. (1). 2011. pp. 273-286.
9. LOCH, J. 1999. Szerves trágyák. In: Tápanyag-gazdálkodás (Szerk.: FÜLEKI, GY.) Mezőgazda Kiadó. Budapest. 1999. pp. 220-227. ISBN 963-9239-08-9
10. LOCH, J. 2002. Tápanyaggazdálkodás és környezetvédelem. In: Az agrokémia időszerű kérdései (Szerk.: GYŐRI, Z.). Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum Mezőgazdaság-tudományi Kar. Debrecen. 2002. pp. 107-118. ISBN 963-9274-39-9
11. LOCH, J. – NOSTICZIUS, Á. 1992. Szerves trágyák. In: Agrokémia és növényvédelmi kémia (Szerk. LOCH, J. – NOSTICZIUS, Á.). Mezőgazda Kiadó. Budapest. pp. 167-178. ISBN 963-81-6001-2

12. NAGY, P. 2004. Környezetkímélő mezőgazdaság, avagy a biogazdálkodás helyzete és lehetőségei Magyarországon. *Acta Agraria Debreceniensis*. 2004. (13) pp. 150-156.
13. ÓRI, N. - KOVÁCS, G. 2017. Redukált művelés és egy talajkondicionáló szer hatása réti csernozjom talaj forróvíz-olható C-tartalmának és a CO<sub>2</sub>-emissziójának alakulására. LIX. Georgikon Napok Nemzetközi Tudományos Konferencia 2017. szeptember 28-29., PE Georgikon Kar, Keszthely. 2017. pp. 428-434. ISBN: 9789639639898
14. RADICS, P. et al. 2001a. Az ökológiai gazdálkodás általános kérdései. In: *Ökológiai gazdálkodás* (Szerk.: RADICS, L.) Diagnosztika Kiadó, Budapest, 2001. pp. 11-59, ISBN 963-657-329-8
15. RADICS, P. et al. 2001b. Ökológiai gazdálkodás a növénytermesztésben. In: *Ökológiai gazdálkodás* (Szerk.: RADICS, L.) Diagnosztika Kiadó, Budapest, 2001. pp. 11-59, ISBN 963-657-329-8
16. ROSZÍK, P. 2018. Az ökológiai gazdálkodásról gazdáknak, közérthetően. Budapest. 2018. pp. 7-119, ISBN 978-615-80288-6-8
17. ROSZÍK, P. 2020. Tápanyag-gazdálkodás lehetőségei az ökológiai gazdálkodásban In: *Talajtan biogazdálkodóknak I. Tápanyag-gazdálkodás és talajművelés*. Nemzeti Agrárgazdasági Kamara. Budapest. pp. 13-40. ISBN 978-615-5307-58-4
18. SOLTI, G. 2000. Talajjavítás és tápanyag-utánpótlás az ökogazdálkodásban. *Mezőgazda Kiadó*. Budapest. 2000. pp. 51-82. ISBN 963-286-034-9
19. STEFANOVITS, P. 1975. A tápanyag-gazdálkodása. In: *Talajtan* (Szerk. STEFANOVITS, P.). *Mezőgazda Kiadó*. Budapest. 1975. pp. 160-161. ISBN 963-230-363-6
20. STEFANOVITS, P. 1992. A talaj szerves anyaga. In: *Talajtan* (Szerk. STEFANOVITS, P.). *Mezőgazda Kiadó*. Budapest. 1992. pp. 80. ISBN 963-81-6001-2
21. STEFANOVITS, P. 1992. Talajpusztulás. In: *Talajtan* (Szerk. STEFANOVITS, P.). *Mezőgazda Kiadó*. Budapest. 1992. pp. 265-300. ISBN 963-81-6001-2
22. SZŰCS, L. et al. 2015. A PRP-SOL talajkondicionáló szer hatása a talaj hidraulikus tulajdonságaira hagyományos és redukált talajművelési rendszerekben. In: *Környezetkímélő talajművelési rendszerek Magyarországon* (Szerk.: MADARÁSZ, B.). MTA CSFK Földrajztudományi Intézet. Budapest. 2015. pp. 111-121. ISBN 978-963-9545-46-5

23. TÓTH, Z. 2006. Vetésváltás környezeti hatásai. In: Földművelés és földhasználat (Szerk.: BIRKÁS, M.) Mezőgazda Kiadó. Budapest. 2006. pp. 350-355. ISBN 978-963-286-338-2
24. ZSEMBELI, J. et al. 2015. Nedvességtakarékos talajművelési rendszer Karcagon. In: Környezetkímélő talajművelési rendszerek Magyarországon (Szerk.: MADARÁSZ, B.). MTA CSFK Földrajztudományi Intézet. Budapest. 2015. pp. 122-133. ISBN978-963-9545-46-5

**Internetes hivatkozás:**

II: <https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/stattukor/okogazd/index.html>

Levelezési cím:

Dr. Erdős Zsuzsa

Debreceni Egyetem Agrár Kutatóintézetek és Tangazdaság Nyíregyházi  
Kutatóintézet (H-4400 Nyíregyháza, Westsik Vilmos út 46.

E-mail: erdoszs@agr.unideb.hu

# TALAJTERMÉKENYSÉG NÖVELESÉNEK LEHETŐSÉGE DEGRADÁLÓDÓ TERÜLETEN BAB TERMESZTÉSSEL

## POSSIBILITY OF INCREASING SOIL FERTILITY BY BEAN GROWING IN A DEGRADABLE AREA

GYÖRGGYI Gyuláné, SIPOS Tamás, TÓTH Gabriella, HENZSEL István  
*Debreceni Egyetem AKIT Nyíregyházi Kutatóintézet*

### **Absztrakt**

Cikkünkben vizsgáltuk, hogy egy degradációnak kitett területen a bab termesztésével hogyan tudjuk növelni a talaj termékenységet. A vizsgálatokat a DE AKIT Nyíregyházi Kutatóintézetében 2015-2017 között végeztük. A talaj termékenységet a babtermés alakulásával értékeltük. A kísérletet homoktalajon, öntözés nélkül állítottuk be 3 állománysűrűséggel és 3 vetésidővel, ahol NPK műtrágyás kezeléseket alkalmaztunk a fehér, nagy magvú Hópehely fajta esetében.

Megfelelő mennyiségű és eloszlású csapadék esetében a legnagyobb termést a N 95 kg/ha, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 40 kg/ha, K<sub>2</sub>O 80 kg/ha hatóanyagú műtrágya kombináció esetében értünk el. A babtermés 2015-ben és 2017-ben a legkorábbi vetésidő, 400 ezer csira/ha állománysűrűségében volt a legnagyobb. Egy degradációnak kitett területen a szerves anyag pótlása elengedhetetlen a talaj termékenységének fenntartásához. Azokkal a kezelésekkal, melyekkel növeltük a termést, növeltük az előállított biomasszát is. A nagyobb mennyiségű biomasszával nagyobb mennyiségű szerves anyag került a talajba, mellyel nagyobb mértékben tudjuk pótolni az elvesztett szerves anyagot. A bab termesztésének utóhatása is fontos, a fejlettebb babnövény által gyűjtött több légköri N talajba juttatásával az utónövény is nagyobb biomasszát állít elő, mely szintén nagyobb mértékben járul hozzá a talaj szervesanyagának pótlásához.

**Kulcsszavak:** bab, műtrágya, állománysűrűség, vetésidő, talajdegradáció

### **Abstract**

In our article, we investigated how we can increase soil fertility by growing beans in an area subject to soil degradation. The trials were performed at the University of Debrecen IAREF Research Institute of Nyíregyháza between 2015 and 2017. Soil fertility was evaluated by the bean yield. The experiment was set up on sandy soil without irrigation with 3 plant densities and 3 sowing times, where NPK fertilizer treatments were applied at the white, large-seeded 'Hópehely' bean variety. In the case of a suitable amount and distribution of

precipitation, the highest yield was achieved in the case of the fertilizer combination N 95 kg ha<sup>-1</sup>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 40 kg ha<sup>-1</sup>, K<sub>2</sub>O 80 kg ha<sup>-1</sup>. The bean yield was the highest in the plant density of 400 000 germs ha<sup>-1</sup> of the earliest sowing time in 2015 and 2017.

In an area exposed to degradation, replacement of organic matter is essential to maintain soil fertility. With the treatments with which we increased the yield, we also increased the biomass produced. With a larger amount of biomass, a larger amount of organic matter has entered the soil compensating the lost soil organic matter to a greater extent. The aftermaths of bean cultivation are also important, because the more atmospheric N<sub>2</sub> collected by more advanced bean plant helps the post-crop plants producing higher biomass replacement into the soil.

**Keyword:** bean, fertilizer, plant density, sowing times, soil degradation

## BEVEZETÉS

A talajdegradáció minden olyan folyamatot magába foglal, amely a talaj termékenységét csökkenti, minőségét rontja, funkcióképességét korlátozza vagy esetleg teljes pusztulását okozza. A talaj termékenységét meghatározza a talajréteg vastagsága, a szerkezete, textúrája, levegő- és vízháztartása, hőmérséklete és hőháztartása, sav-bázis viszonyai, szorpciós tulajdonságai, tápanyag- és humusztartalma, a talaj élőlényei (biomassza, összetétele, gyakorisága, aktivitása) és szennyezőanyag tartalma (Káta, 2011). A talajjavítás nélküli egyoldalú N-trágyázás a talaj erős elsavanyodásához vezet (Blaskó, 2012).

A talaj termékenységének fenntartható módon való megőrzése elengedhetetlen feladatunk. Ennek érdekében célszerű olyan termesztési gyakorlatot folytatni, ami ezt elősegíti. A talaj termékenységét több módon is növelhetjük. Egyik lehetőség a biológiai úton történő javítás, melynek során a talaj biológiai aktivitását, szervesanyag-készletét növeljük, ezáltal javul fizikai és kémiai tulajdonsága.

A jól kialakított vetésforgó a kedvező talajállapot fenntartásával hozzájárul a defláció és az erózió káros hatásának csökkentéséhez, illetve a talaj termékenységének fenntartásához. A vetésforgóban célszerű 15% pillangósféléket termelni, mivel a pillangósoknak fontos szerepük van a talaj termékenységének fenntartásában. A velük szimbiózisban élő Rhizobium-baktérium fajok képesek megkötni a légköri nitrogént, ezáltal növelik a talaj tápanyagkészletét, biológiai aktivitását. A mélyreható gyökérszerű növények csökkentik a talajtömörödést (I1), illetve hozzáférnek olyan tápanyagokhoz is, amelyekhez a sekélyebben gyökerező fajok nem, így azok a későbbiek során a vetésforgó többi növénye számára is felvehetővé válnak (Gyuricza, 2014; Késmárki, 2016; I2). A



pillangósok termesztésének a talaj N-szintjét növelő hatása több éven keresztül érződik. A pillangós előveteményű növények esetében csökkenthetjük a kijuttatásra kerülő műtrágya mennyiségét, mérsékelve ezzel a környezeti szennyezést (kimosódás, elfolyás, talajsavanyodás kialakulása). Mélyen gyökerező pillangósok termesztése esetén a kialakuló kedvező mikroklíma elősegíti a talajélet növekedését (pl.: földigiliszták elszaporodása), ezáltal nő a talaj vízbefogadó- és megtartó kapacitása. Szervesanyag-maradványai kedvezően hatnak a talaj termékenységére, belőlük a N feltáródása lassan és fokozatosan megy végbe. Ezekből látható, hogy a pillangósok jó elővetemény növények (I2), a földfeletti részek és a gyökérszövet C:N aránya 13-29:1, ezáltal jó minőségű szervesanyaggal gazdagítják a talajt, növelik termőképességét (I3; I4). Nitrogénmegkötésük mértéke 50–100 kg N/ha/év mennyiségtől (borsó, bab) 300 kg N/ha/év mennyiségig (here, lucerna) terjed (Stefanovits et. al, 2011; Gyuricza, 2014), melyet a növényfajon kívül a környezeti feltételek is befolyásolnak. Ennek jelentősége a következő növénykultúrák alá kijuttatandó N mennyiségének csökkenésében mutatkozik meg: 1 éves pillangósok után átlagosan 30 kg, évelők után 40-60 kg/ha/év hatóanyaggal kevesebbet szükséges bedolgozni a talajba (Kádár, 2012).

A megtermelt hozam és a biomasz szoros kapcsolatban állnak egymással (Kátai, 2011). A nagyobb terméssel nagyobb mennyiségű szár- és gyökérmaradványt állít elő a növény, és a nagyobb mennyiségű növényi maradványok több tápanyagot is jelentenek a talajlakó szervezetek számára.

A pillangósok kedvező hatása kísérletekkel alátámasztott, a talajtermékenység növelésében betöltött szerepükről több irodalomban is olvashatunk. Massawell (2016) és társai a bab termesztésének kedvező hatásáról számol be kukorica köztesként. A talajtermékenységen túl vizsgálták a vízfelhasználás hatékonyságára gyakorolt hatását, a légköri N megkötését és az átadott N mennyiségét, a hüvelyes biomasz lebomlását és mineralizációját. Megállapították, hogy köztestermesztésben javíthatja a talaj termékenységét és védi a talajt az eróziótól. A talaj növényborítottsága babtermesztés esetén gyenge (Horváth, 2018), azonban megfelelő sortávolsággal (0,5 m), optimális tápanyag ellátottsággal és szakszerű vetéssel elérhetjük a sorok gyors záródását, mely segít a defláció és a csepperózió elleni védelemben.

## **ANYAG ÉS MÓDSZER**

A kísérletsorozat beállításával célkitűzésünk volt meghatározni, hogy milyen termesztéstechnológiai elemek alkalmazásával növelhetjük a termésmennyiséget, amely által nagyobb szerves anyag mennyiség kerül a talajba, csökkentve a degradáció során elvesztett szerves anyagot.

2015-2017 között vetésidő, műtrágyadózis és állománysűrűség kezeléseket állítottunk be, ahol vizsgáltuk a kezeléseket termésmennyiségre gyakorolt hatását.

A kísérletek a Debreceni Egyetem AKIT Nyíregyházi Kutatóintézet területén kerültek beállításra, homoktalajon, öntözetlen körülmények között. A kísérletet 10 m<sup>2</sup>-es parcellákkal, 4 ismétlésben, randomizált elhelyezésben állítottuk be. A vizsgált állománysűrűségi szintek 200, 300 és 400 ezer csíra/ha voltak. A kijuttatott műtrágya alapját Antal (1983) és Velich (1994) 1 tonna szemtermés eléréséhez javasolt 95 kg N, 40 kg P és 80 kg K mennyiségei adták. A kezeletlen mellett a javasolt dózist, illetve annak 150%-os adagját juttattuk ki. A gyakorlatban alkalmazott május 7-10-i vetésidő mellett a vizsgált 3 évben egy korábbi (április 24-25. és május 3.) és egy későbbi (május 18-19. és 23.) időpontban történt a vetés. A parcellánként mért és hektárra átszámított termésmennyiségek statisztikai kiértékelését SPSS programcsomag egytényezős varianciaanalízisével értékeltük ( $P < 0,05$ ), az átlagok összehasonlítását Tukey-teszttel végeztük.

A csapadék mennyisége és eloszlása, valamint a hőmérsékleti viszonyok jelentősen befolyásolják a bab megtermékenyülését. A kísérlet 3 évében eltérő időjárási viszonyokat figyelhattunk meg, melyek hatása a terméseredményekben is tükröződött (1-2. táblázat). 2015-ös év volt a legmelegebb és a legszárazabb, valamint a tenyészidőszak alatt a legkevesebb csapadék hullott. A virágzáskori hőmérsékleti maximumok is nagyon magasak voltak, amely a talajszárazság mellett légköri aszályt is eredményeztek. 2016-17-ben kedvezőbb volt a csapadék és hőmérséklet a bab számára. A tenyészidőszakok alatti csapadék mennyiségében és eloszlásában is hasonló volt a két év. 2017-ben az áprilisban hullott 49 mm csapadékkal kedvezően indult a tenyészidő. A különbséget 2017-ben az áprilisi csapadék mellett a virágzáskori alacsonyabb hőmérsékleti maximum jelentette, amely kedvező hatása a termésmennyiségben is megmutatkozott.

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

Hónapok \ Évek	2015	2016	2017
Április	19 (8*)	7	49 (0*)
Május	52	67	41
Június	24	83	99
Július	22	73	66
Augusztus	14	24	33
<b>Tenyészidőszakban összesen</b>	<b>120</b>	<b>254</b>	<b>239</b>

Megjegyzés: \* vetés után hullott csapadék mennyisége

**2. táblázat:** A hőmérsékleti maximumok átlagai a virágzási időszakok alatt (Nyíregyháza 2015-2017)

Vetésidők \ Évek	Hőmérsékleti maximum átlaga (°C)		
	2015	2016	2017
1.	22,6	30,0	27,5
2.	24,5	29,5	27,9
3.	30,7	28,3	26,0

## EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

### Különböző vetésidők hatása a 'Hópehely' babfajta termésére eltérő évjáratokban

A bab termése 2015 és 2017-ben mindhárom vetésidő esetében szignifikánsan különbözött egymástól. A legnagyobb termést a legkorábbi vetésű területen takarítottuk be (3. táblázat).

2016-ban a babtermés a 3. vetésidőben szignifikánsan több volt (467 kg/ha), mint az első vetésidő esetében. Ebben az évben az 1. vetésidőben vetett bab termését befolyásolta a vetés után közvetlenül bekövetkezett erős lehülési szakasz, amely a melegigényes bab fejlődésére negatív hatással volt.

**3. táblázat:** Termésmennyiségek alakulása eltérő vetésidők esetén (kg/ha)

Vetésidő \ Évek	2015	2016	2017
1	265a	284a	1667a
2	123b	n.a.	1120b
3	74c	467b	626c

Megjegyzés: A különböző betűindexet kapott értékek szignifikánsan különböznek egymástól (Tukey-teszt,  $P < 0,05$ ).

### Különböző állománysűrűségek hatása a 'Hópehely' babfajta termésére eltérő évjáratokban

A vizsgált 3 évben a 400 ezres állománysűrűsége vetett bab szignifikánsan többet termelt, mint a 200 ezres állománysűrűségű (4. táblázat).

**4. táblázat:** Termésmennyiségek alakulása eltérő állománysűrűségek esetén (kg/ha)

Állomány sűrűség (csíra/ha) \ Évek	2015	2016	2017
200 ezer	121a	280a	1076a
300 ezer	156ab	379b	1269ab
400 ezer	185b	467b	1508b

Megjegyzés: A különböző betűindexet kapott értékek szignifikánsan különböznek egymástól (Tukey-teszt,  $P < 0,05$ ).

2016-ban a 200 ezres állománysűrűsége vetett bab (280 kg/ha) mindkét állománysűrűségtől statisztikailag igazoltan kevesebbet termelt. Ebben az évben a 300 és 400 ezres állománysűrűsége vetett bab termelt többet.

### **Különböző műtrágyakezelések hatása a 'Hópehely' babfajta termésére eltérő évjáratokban**

A vizsgált 3 év alatt 2017-ben volt kimutatható szignifikáns különbség a műtrágyakezelések között, ahol a 100%-os műtrágya adagban részesült bab állomány szignifikánsan többet termelt (1558 kg/ha), mint a műtrágya nélküli (1070 kg/ha) (5. táblázat).

#### **5. táblázat: Termésmennyiségek alakulása eltérő műtrágyakezelések esetén (kg/ha)**

<b>Műtrágyakezelés \ Évek</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>
<b>0%</b>	161a	421a	<b>1070a</b>
<b>100%</b>	159a	363a	<b>1558b</b>
<b>150%</b>	141a	342a	1332ab

Megjegyzés: A különböző betűindexet kapott értékek szignifikánsan különböznek egymástól (Tukey-teszt,  $P < 0,05$ ).

### **KÖVETKEZTETÉS**

A bab termését a vetésidő, az állománysűrűség és a műtrágyakezelések befolyásolták, de hatással volt rá az évjárat is. A bab 2015 és 2017 évben a korábbi vetés esetében teremt a legtöbbet, míg a későbbi vetésidőben a legkevesebbet.

A bab termését az állománysűrűség befolyásolta. Évjáratától függetlenül a 400 ezer csíra/ha esetében többet termelt, mint a 200 ezer csíra/ha állománysűrűségű vetésnél.

A bab termését a műtrágyakezelések csak 2017-ben befolyásolták szignifikánsan. Az N 95 kg/ha, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 40 kg/ha, K<sub>2</sub>O 80 kg/ha hatóanyagú műtrágya kombináció nagyobb babtermést eredményezett a kontrollhoz viszonyítva. A kedvezőtlenebb évjáratú 2015 és 2016 években nem tapasztaltunk jelentős tápanyaghatást a bab termésére. Megállapítottuk azt is, hogy a kijuttatott legnagyobb műtrágyaadag kedvező évjáratban sem emelte tovább a termést. Eredményeink alapján a bab számára nem ajánlunk nagyadagú műtrágyázást.

Egy degradációnak kitett területen, ahol a szerves anyag pótlása elengedhetetlen a talaj termékenységének fenntartásához, a kísérletben alkalmazott természetstechnológiai elemek együttes alkalmazását javasoljuk. A legkedvezőbb hatást a korábbi vetési idő (április vége) és a 400 ezer csíra/ha állománysűrűség esetében értünk el, és ezek mellett kisadagú műtrágyázást

ajánlunk. Azokkal a kezelésekkel, melyekkel növeltük a termést, növeltük az előállított biomasszát is. A nagyobb mennyiségű biomasszával nagyobb mennyiségű szerves anyag is került a talajba, mellyel nagyobb mértékben tudjuk pótolni az elvesztett szerves anyagot. A bab nem csak az előállított szerves anyagával járul hozzá az elvesztett szerves anyag pótlásához, hanem kedvezően befolyásolja az utónövény fejlődését is. A fejlettebb babnövény által gyűjtött több légköri N talajba juttatásával az utónövény is nagyobb biomasszát állít elő, mely szintén hozzá járul a szerves anyag pótlásához.

## **IRODALOMJEGYZÉK**

1. BLASKÓ, L. 2012. Talajdegradáció, talajvédelem, talajjavítás. In: Agrokémia és Talajtan (Szerk.: Várallyay, Gy.), MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet, Budapest, 2012. pp. 219-235, ISSN 0002-1873 <http://www.aton.hu/documents/10156/b0833be9-5561-43f3-bf5a-37c88194a265>
2. GYURICZA, CS. 2014. A talaj-és környezetminőség javítása és fenntartása növénytermesztési módszerekkel <https://core.ac.uk/download/pdf/35136345.pdf>
3. HORVÁTH, J. 2018. A zöldítés szerepe az erózió elleni talajvédelem rendszerében <https://agroforum.hu/lapszam-cikk/zoldites-szerepe-az-erozio-elleni-talajvedelem-rendszerben/>
4. KÁDÁR, I. 2012. Növénytaplálás, trágyázás, elemforgalom. In: Agrokémia és Talajtan (Szerk.: Várallyay, Gy.), MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet, Budapest, 2012. pp. 147-162, ISSN 0002-1873 <http://www.aton.hu/documents/10156/b0833be9-5561-43f3-bf5a-37c88194a265>
5. KÁTAI, J. 2011. Talajökológia [https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0010\\_1A\\_Book\\_adaptalt\\_01\\_Talajokologia/ch05.html](https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0010_1A_Book_adaptalt_01_Talajokologia/ch05.html)
6. KÉSMÁRKI, I. 2016. A pillangósok csodálatos világa. In: Élet és Tudomány, Tudományos Ismeretterjesztő Társulat, Budapest, 2016. ISSN 1418-1665 (online) [https://www.eletestudomany.hu/a\\_pillangosok\\_csodalatos\\_vilaga](https://www.eletestudomany.hu/a_pillangosok_csodalatos_vilaga)
7. MASSAWEL, P. I. – MTEI, K. M. –MUNISHI, L. K. – NDAKIDEMI, P. A. 2016. Improving Soil Fertility and Crops Yield through Maize-Legumes (Common bean and Dolichos lablab) Intercropping Systems. In: Journal of Agricultural Science; 2016, (8)12: p. 148-163. DOI: 10.5539/jas.v8n12p148 [https://www.researchgate.net/publication/309747423\\_Improving\\_Soil\\_Fertility\\_and\\_Crops\\_Yield\\_through\\_Maize-Legumes\\_Common\\_bean\\_and\\_Dolichos\\_lablab\\_Intercropping\\_Systems](https://www.researchgate.net/publication/309747423_Improving_Soil_Fertility_and_Crops_Yield_through_Maize-Legumes_Common_bean_and_Dolichos_lablab_Intercropping_Systems)

8. STEFANOVITS, P. – FILEP, GY. – FÜLEKY, GY. 2011. Növényi tápanyagok a talajban. In: Talajtan [https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/2011\\_0001\\_521\\_Talajtan/ch09.html#id580362](https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/2011_0001_521_Talajtan/ch09.html#id580362)
9. VELICH, I. 1994. Bokor- és karósbab. In: Zöldségtermesztők Kézikönyve. Szerk.: Balázs S. Mezőgazda Kiadó, Budapest 375. p.

I1: Helyes Talajvédelmi Gyakorlat 2019.

<https://www.nak.hu/kiadvanyok/kiadvanyok/2646-helyes-talajvedelmi-gyakorlat/file> pp. 22; 24-25.

I2: German Agricultural Research Alliance (DAFA): The legumesexpertforum.

[http://www.dafa.de/no\\_cache/de/startseite/fachforen/leguminosen.html](http://www.dafa.de/no_cache/de/startseite/fachforen/leguminosen.html)

Pillangós növény termesztésének előnyei <https://lajtamag.hu/en/content/cikkek/pillangos-noveny-termesztesenek-elonyei-0102>

I3: Carbon to Nitrogen Ratios in Cropping Systems

[https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE\\_DOCUMENTS/nrcseprd331820.pdf](https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcseprd331820.pdf)

I4: TERBE, I. 2019. [https://www.agroinform.hu/kerteszeti\\_szoleszet/sok-szerves-anyagot-dolgoztam-a-talajba-megis-sargulnak-a-novenyek-mit-tegyek-41157-001](https://www.agroinform.hu/kerteszeti_szoleszet/sok-szerves-anyagot-dolgoztam-a-talajba-megis-sargulnak-a-novenyek-mit-tegyek-41157-001)

Levelezési cím:

Györgyi Gyuláné – Debreceni Egyetem AKIT Nyíregyházi Kutatóintézet  
4400 Nyíregyháza, Westsik V. u. 4-6.

E-mail: [gyorgyine@agr.unideb.hu](mailto:gyorgyine@agr.unideb.hu)

# A ROZS SZEREPE A HOMOKTALAJOK DEGRADÁCIÓ ELLENI VÉDELMEBEN

## RYE PLANT ROLE AGAINST THE DEGRADATION OF SANDY SOIL

HADHÁZY Ágnes<sup>1</sup>, ARANYOS Tibor József<sup>1</sup>, OROSZ Viktória<sup>1</sup>,  
GYÖRGYI Gyuláné<sup>1</sup>, TÓTH Gabriella<sup>1</sup>, SIPOS Tamás<sup>1</sup>, Waleed A E  
ABIDO<sup>2</sup>, HENZSEL István<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Debreceni Egyetem AKIT Nyíregyházi Kutatóintézet, Magyarország*  
<sup>2</sup>*Agronomy Department, Faculty of Agriculture, Mansoura University, Egypt*

### **Absztrakt**

A jelen dolgozatunkban megvizsgáltuk, hogy a rozstermesztésnek milyen jelentősége van a szervesanyag pótlásában egy degradációnak kitett homoktalajon. Elemeztük továbbá, mely trágyakezelések befolyásolták leginkább a rozs szervesanyag-termékumát. A vizsgálatainkat a Westsik-féle vetésforgó kísérlet 2020. évi rozs növény adatai alapján végeztük. A kísérlet talaja savanyú kémhatású ( $\text{pH}_{(\text{KCl})}$  3,89-5,15), laza homoktalaj (Arany-féle kötöttségi értéke 27-29.).

A Westsik-féle vetésforgó kísérletben alkalmazott trágyakezelésekkel növeltük a rozs szalma- és szemtermését. A legjobb terméseredményeket nitrogén műtrágyával erjesztett szalmatrágya + műtrágya, istállótrágya + műtrágya, csillagfürt magtermesztés és másodvetésű zöldtrágya + műtrágya, valamint fővetésű csillagfürt zöldtrágya + műtrágya kezelésekkel értük el. Ezek a kezelések, melyekkel jelentősen tudtuk növelni a szalmatermést, a leginkább alkalmasak arra, hogy rendszeres alkalmazásukkal a szervesanyagot pótoljuk a talajban. Egy degradációnak kitett területen, melyen csökken a talaj szervesanyag-tartalma, a rozs termesztését javasoljuk, mert nagy mennyiségű szerves anyagot állít elő, és jelentős mértékben képes gyarapítani a talaj humusztartalmát.

**Kulcsszavak:** rozs, szerves anyag, vetésforgó, tartamhatás

### **Abstract**

The significance of rye plant production at different organic matters input on a degraded sandy soil was carried out. The effect of different manuring systems on the biomass production was analysed on 2020, based on the rye plant data of Westsik's crop rotation experiment. The soil of this experiment is acidic ( $\text{pH}_{(\text{KCl})}$  3,89-5,15), sandy soil (soil plasticity index is 27-29 according to Arany).

With the applied manuring systems was increased the yield of rye plant seed and stem. The best results was produced by straw fermented with N fertilizer + NPK fertilizer, farmyard manure + NPK fertilizer, lupine grown for seed and lupine grown for green manure as a second crop + NPK fertilizer and lupine grown as a main crop + NPK fertilizer. These treatments increased the straw production significantly and regular application of these treatments are the most suitable for increasing the organic material content of soil. In an area exposed to degradation, where the organic matter content of the soil decreases, the rye plant cultivation is recommended, because it produces a large amount of organic matter and is able to increase significantly the humus content of the soil.

**Keywords:** rye, organic matter, crop rotation, regular application

## BEVEZETÉS

A talajdegradációt okozó folyamatoknak két kategóriája ismert; (I) talajerózió víz vagy szél hatására és (II) a talajok fizikai-, kémiai- és biológiai romlása (Oldemand, 1992). A talaj degradációját az emberi tevékenység fokozhatja vagy mérsékelheti is a megfelelő agrotechnika, tápanyagutánpótlás vagy növényi sorrend megválasztásával. A talajdegradáció kockázatát csökkentheti a talaj minőségének javítása, a talaj összes szervesanyagának (SOC) növelése, a talaj szerkezetének javítása, a biológiai, kémiai, ökológiai tényezők megváltoztatása (Rattan, 2015).

A szervesanyag mennyiségénekcsökkenése a mezőgazdaságilag művelt területeken jelentős probléma. A szervesanyag-tartalom csökkenése következtében romlik a talaj szerkezete, csökken a talaj mikrobiális aktivitása, csökken a talaj termékenysége, megbomlik az elemek egyensúlya, savanyodhat vagy szikesedhet a talaj. A rozs (*Secale cereale* L.) a kalászosok közül az egyik legnagyobb biomasszát képes előállítani. Fontos gabonánövény a homoktalajok hasznosítása szempontjából is. A rozstot humán táplálkozásra és állatok takarmányozására egyaránt használják (Bushuk, 2001). A különböző tápanyagutánpótlási módok (szerves-, és műtrágyázás) hatását világszerte vizsgálják tartamkísérletekben. A szervesstrágyázás hatására javul a talaj fizikai- és kémiai tulajdonsága, nő a talaj szerves szén tartalma, a talajban lévő mikroorganizmusok száma és aktivitása, ezáltal nő a talaj termékenysége, amely hozzájárul a talajdegradáció csökkentéséhez (Kätterer et al., 2011). A műtrágya egyedüli alkalmazásával szemben a szervesstrágyázás szignifikánsan növeli a talaj szerves C-tartalmát. A szervesstrágyázás következtében nő a talaj termékenysége, amely a termésben realizálódik (Dersh és Bohm, 2001).

Írásunkban bemutatjuk, hogy a rozs növény a különböző trágyakezelések hatására mennyi szerves anyagot képes előállítani, és a kezelések által milyen



mértékben lehet a szervesanyagot pótolni egy talajdegradációnak kitett területen.

## **ANYAG ÉS MÓDSZER**

A vizsgálatokat a Westsik-féle vetésforgó tartamkísérletben végeztük. A kísérlet 15 vetésforgót foglal magában, ahol a rozs az egyik jelzőnövény. A rozs növény mellett mind a 15 vetésforgóban termesztünk burgonyát is. 23 parcellában termesztünk rozst, melyből tizenötnek rozs, nyolcnak pedig burgonya az előveteménye. A kísérletben a tápanyagpótlás különféle szerves- és NPK műtrágyával történik (Hadházy és Henzsel, 2012). Szervestrágyaként istállótrágyát és nitrogén műtrágyával erjesztett, ill. erjesztés nélküli szalmatrágyát, valamint fő-, és másodvetésben termesztett csillagfürt zöldtrágyát alkalmazunk. A kísérletünkben a szervestrágyákat műtrágyával és műtrágya nélkül is alkalmazzuk. Van egy parlagoltatásos vetésforgónk, melyben nem adunk sem szerves-, sem műtrágyát. A kísérlet talaja gyengén humuszos (0,43–0,86%), savanyú ( $pH_{(KCl)}$  3,89-5,15), laza futóhomok és homoktalaj.

A vizsgálatokhoz a növénymintákat a rozs betakarítása előtt, 2020. 07. 13-14-én, 0,5 m<sup>2</sup> területről, vetésforgónként 4 ismétlésben szedtük. Lemértük a rozsnövények magasságát, megmértük a mintakévek tömegét, leszedtük és kicsépeeltük a kalászokat, majd megmértük a rozsszemek tömegét. A mintakévek és a szemtermés különbsége adta a szalmatömeget, majd megállapítottuk a szalmatermés és a növénymagasság arányát.

Az adatokat egytényezős varianciaanalízissel értékeltük ( $P < 0,05$ ), az átlagok összehasonlítását Tukey-tesztel végeztük. A paraméterek főtlagainak számításához a 15 vetésforgó kísérletben mért adatokat átlagoltuk. A szemtermés, a növénymagasság, a szalmatermés, valamint a szalmatermés és a növénymagasság aránya közötti összefüggés vizsgálatához Pearson-féle korrelációt alkalmaztunk.

## **EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK**

### ***A rozsnövény magassága***

A rozs növénymagassága 106-150 cm közötti volt (1-2. táblázat). A növénymagasság 130 cm alatti volt a VII. műtrágya nélküli szalmatrágyás, a XII. őszi vetésű takarmánytermesztéses + másodvetésű zöldtrágyás és a XV. műtrágya nélküli másodvetésű zöldtrágyás vetésforgókban. A növénymagasság 130-140 cm között alakult az V. és VI. szalmatrágyás, a IX. csillagfürt zöldtakarmány-termesztéses, valamint a X. és XI. istállótrágyás vetésforgókban, míg 140 cm feletti volt az I. trágyázás nélküli, a II. fővetésű zöldtrágyás, a III. csillagfürt magtermesztéses, a IV. szalmatrágyás, a VIII.

csillagfürt magtermesztéses + másodvetésű zöldtrágyás, valamint a XIII. és XIV. másodvetésű zöldtrágyás vetésforgókban. A rozs növénymagassága a burgonya előveteményű rozsparellákban 88-153 cm közötti volt. A növénymagasság a burgonya előveteményű rozsparellákban 130 cm alatti a VII. és XV., 130-140 cm közötti az V. és XIV., 140-150 cm közötti a IV., VI. és XIII., míg 150 cm feletti a VIII. vetésforgóban volt.

A rozs növények szignifikánsan is magasabbak voltak az I., II., III., IV., VIII. és XIII. vetésforgókban, mint a VII., XII. és XV. vetésforgókban.

### ***A szemtermés***

A rozs szemtermése 1,70-7,14 t/ha közötti volt (1-2. táblázat). A rozstermés 4 t/ha alatti volt a VII. műtrágya nélküli szalmatrágyás és a XV. műtrágya nélküli másodvetésű zöldtrágyás vetésforgókban. A rozstermés 4-5 t/ha között alakult az I. tápanyagpótlás nélküli, valamint a XII. és XIV. másodvetésű zöldtrágyás vetésforgókban. A szemtermés 5-6 t/ha között változott a III. csillagfürt magtermesztéses, a VI. szalmatrágyás, a IX. csillagfürt zöldtakarmánytermesztéses, a X. műtrágya nélküli istállótrágyás és a XIII. másodvetésű zöldtrágyás vetésforgókban. A rozstermés 6-7 t/ha közötti volt a II. fővetésű zöldtrágyás, a IV., V. szalmatrágyás és a VIII. csillagfürt magtermesztéses + másodvetésű zöldtrágyás vetésforgókban, míg 7 t/ha feletti a XI. istállótrágyás vetésforgóban volt. A rozstermés a burgonya előveteményű rozsparellákban 4 t/ha alatti a VII. és XV., 4-5 t/ha közötti a VI., XIII. és XIV., míg 5-6 t/ha közötti a IV., V. és VIII. vetésforgókban volt.

A rozstermés szignifikánsan alacsonyabb volt a VII. és XV. vetésforgókban, mint a többi vetésforgó esetében. Szignifikáns különbség volt még a XI. vetésforgó, valamint az I., XII. és XIV. vetésforgók termései között is.

### ***A szalmatermés***

A szalmatermés 3,60-11,57 t/ha közötti volt (1-2. táblázat). A szalmatermés 8 t/ha alatt változott a VII., XII. és XV., 8-9 t/ha között mozgott az I., VI., IX., X. és XIV., 9-10 t/ha között alakult a III. és XIII., 10-11 t/ha közötti volt a IV., míg 11 t/ha feletti a II., V., VIII. és XI. vetésforgókban volt. A szalmatermés a burgonya előveteményű rozsparellákban 2,41-10,68 t/ha között alakult. 8 t/ha alatti értéket a VII. és XV., 8-9 t/ha közötti értéket a VI., XIII. és XIV., 9-10 t/ha értéket a IV. és V., míg 10 t/ha feletti értéket a VIII. vetésforgóban mértünk. A szalmatermés szignifikánsan is alacsonyabb volt a VII. és XV. vetésforgókban, mint az I., II., III., IV., V., VI., VIII., IX., X., XI., XIII. és XIV. vetésforgókban.

1. táblázat. A rozs terméselemei (Westsik-féle vetésforgó kísérlet, 2020.), (mean±Standard Deviation, n=4).

Vetés-forgó	Növény-magasság (cm)	Szem-termés (t/ha)	Szalma-termés (t/ha)	A szalma-termés és a növény-magasság aránya (g/m <sup>2</sup> /cm)
I.	144 <sup>de</sup> ±2,50	4,66 <sup>b</sup> ±0,85	8,90 <sup>cd</sup> ±1,35	6,18 <sup>bc</sup> ±0,88
II.	149 <sup>de</sup> ±2,50	6,29 <sup>bc</sup> ±0,13	11,30 <sup>d</sup> ±0,80	7,60 <sup>bc</sup> ±0,59
III.	143 <sup>de</sup> ±6,45	5,84 <sup>bc</sup> ±0,95	9,37 <sup>cd</sup> ±1,46	6,56 <sup>bc</sup> ±0,82
IV.	143 <sup>de</sup> ±6,5	6,10 <sup>bc</sup> ±0,61	10,06 <sup>cd</sup> ±0,57	7,08 <sup>bc</sup> ±0,65
V.	139 <sup>cde</sup> ±2,50	6,44 <sup>bc</sup> ±0,37	11,57 <sup>d</sup> ±1,57	8,33 <sup>c</sup> ±1,01
VI.	134 <sup>cd</sup> ±6,29	5,33 <sup>bc</sup> ±0,56	8,51 <sup>cd</sup> ±1,28	6,36 <sup>bc</sup> ±0,87
VII.	106 <sup>a</sup> ±8,54	1,70 <sup>a</sup> ±0,25	3,60 <sup>a</sup> ±0,41	3,40 <sup>a</sup> ±0,44
VIII.	150 <sup>e</sup> ±4,08	6,14 <sup>bc</sup> ±1,08	11,35 <sup>d</sup> ±1,89	7,57 <sup>bc</sup> ±1,31
IX.	138 <sup>cde</sup> ±6,45	5,63 <sup>bc</sup> ±0,66	8,82 <sup>cd</sup> ±0,78	6,41 <sup>bc</sup> ±0,37
X.	136 <sup>cde</sup> ±12,94	5,35 <sup>bc</sup> ±1,88	8,71 <sup>cd</sup> ±2,50	6,32 <sup>bc</sup> ±1,38
XI.	139 <sup>cde</sup> ±7,50	7,14 <sup>c</sup> ±1,12	11,35 <sup>d</sup> ±2,40	8,13 <sup>c</sup> ±1,39
XII.	126 <sup>bc</sup> ±7,50	4,46 <sup>b</sup> ±0,67	6,94 <sup>bc</sup> ±1,30	5,46 <sup>b</sup> ±0,71
XIII.	144 <sup>de</sup> ±2,50	5,38 <sup>bc</sup> ±0,52	9,93 <sup>cd</sup> ±1,03	6,90 <sup>bc</sup> ±0,65
XIV.	141 <sup>cde</sup> ±2,50	4,73 <sup>b</sup> ±0,29	8,89 <sup>cd</sup> ±0,78	6,29 <sup>bc</sup> ±0,51
XV.	118 <sup>ab</sup> ±5,00	2,32 <sup>a</sup> ±0,39	4,27 <sup>ab</sup> ±0,55	3,63 <sup>a</sup> ±0,35
Átlag	<b>136±12,69</b>	<b>5,17±1,61</b>	<b>8,90 ±2,64</b>	<b>6,42±1,57</b>

A különböző betűk az átlagok közötti szignifikáns különbségeket jelölik (Tukey-teszt, P<0,05).

### *A szalmatermés és a növénymagasság aránya*

A szalmatermés és a növénymagasság aránya kifejezi a szalmatömeg (g/m<sup>2</sup>) és a növénymagasság (cm) viszonyát. Értéke nagyobb, ha a növény hasonló növénymagasság esetében nagyobb szalmatömeget állít elő, vagy ha hasonló szalmatömeget produkál alacsonyabb növénymagasság esetében.

A szalmatermés és a növénymagasság aránya 3,40-8,33 közötti volt (1-2. táblázat). A szalmatermés és a növénymagasság aránya 6 alatti volt a VII., XII. és XV., 6-7 között alakult az I., III., VI., IX., X., XIII. és XIV., 7-8 között változott a II., IV. és VIII., míg 8 feletti az V. és XI. vetésforgókban volt. A szalmatermés és a növénymagasság aránya a burgonya előveteményű rozsparcellákban 2,71-7,21 közötti volt. 6 alatti értéket a VII., XIV. és XV, 6-7 közötti értéket a IV., VI. és XIII., 7 feletti értéket pedig az V. és VIII. vetésforgókban mértünk.

A szalmatermés és a növénymagasság aránya szignifikánsan is alacsonyabb volt a VII. és XV. vetésforgókban a többi vetésforgóhoz hasonlítva.

**2. táblázat.** A rozs terméslelei a burgonya előveteményű rozsparcellákban (Westsik-féle vetésforgó kísérlet, 2020.) (mean±Standard Deviation, n=4).

Vetésforgó	Növénymagasság (cm)	Szemtermés (t/ha)	Szalma-termés (t/ha)	A szalma-termés és a növénymagasság aránya (g/m <sup>2</sup> /cm)
IV.	143 <sup>cd</sup> ±2,88	5,36 <sup>b</sup> ±0,59	9,15 <sup>b</sup> ±1,02	6,41 <sup>b</sup> ±0,67
V.	136 <sup>c</sup> ±4,78	5,29 <sup>b</sup> ±0,88	9,82 <sup>b</sup> ±1,18	7,21 <sup>b</sup> ±0,87
VI.	141 <sup>cd</sup> ±4,78	4,31 <sup>b</sup> ±0,50	8,67 <sup>b</sup> ±0,85	6,13 <sup>b</sup> ±0,47
VII.	88 <sup>a</sup> ±8,66	1,06 <sup>a</sup> ±0,41	2,41 <sup>a</sup> ±0,77	2,71 <sup>a</sup> ±0,66
VIII.	153 <sup>d</sup> ±2,88	5,69 <sup>b</sup> ±0,47	10,68 <sup>b</sup> ±0,97	7,01 <sup>b</sup> ±0,62
XIII.	141 <sup>cd</sup> ±4,18	4,91 <sup>b</sup> ±0,58	8,62 <sup>b</sup> ±0,69	6,11 <sup>b</sup> ±0,43
XIV.	139 <sup>c</sup> ±7,50	4,63 <sup>b</sup> ±1,39	8,33 <sup>b</sup> ±2,04	5,99 <sup>b</sup> ±1,30
XV.	114 <sup>b</sup> ±9,46	1,94 <sup>a</sup> ±0,34	4,24 <sup>a</sup> ±0,89	3,70 <sup>a</sup> ±0,53
<b>Átlag</b>	<b>132±20,38</b>	<b>4,15±1,72</b>	<b>7,74±2,86</b>	<b>5,66±1,63</b>

A különböző betűk az átlagok közötti szignifikáns különbségeket jelölik (Tukey-teszt, P<0,05).

A rozsnövény magasságára a trágyázási eljárások 2020-ban hatással voltak, azonban az azonos trágyafajták nem befolyásolták minden esetben azonos módon. A két legalacsonyabb rozsnövényt eredményező kezelés műtrágya nélküli volt (VII., XV.), míg a két legmagasabb rozsnövényeket eredményező kezelés a fővetésű zöldtrágyás (II.), valamint az a vetésforgó volt, melyben a vetésforgó ciklus alatt csillagfürt magtermesztés és másodvetésű zöldtrágyázás is történt (VIII.). A műtrágya nélküli kezelések között volt olyan is, ahol a rozs magassága a vetésforgók átlagához hasonló (X.), vagy éppen átlag feletti volt (I.). A műtrágyázás egyedüli alkalmazása, különösen a N műtrágya hosszútávú alkalmazásának hatására, csökken a talajban lévő mikroorganizmusok száma, az enzimaktivitás és a pH, amely negatív hatással van a növényi produktumra (Liu et al., 2010). A növénymagasság az istállótrágyás + műtrágyás vetésforgóban (XI.) valamelyest a vetésforgók átlaga feletti volt, míg a szalmatrágyás + műtrágyás és a másodvetésű zöldtrágyás + műtrágyás vetésforgók között volt átlag alatti (VI., XII.) és átlag feletti (IV., V., XIII., XIV.) is. A szerves- és műtrágyázás együttes alkalmazása növeli a trágyázás hatékonyságát, következésképpen nő a növényi produktum (Kumar és Mishra, 1992). A rozs magasságát az elővetemények nem befolyásolták azonos módon. A rozsnövények többnyire a rozs előveteményű rozsparcellákban nagyobbak voltak, mint a burgonya előveteményű rozsparcellákban, azonban két esetben (VI., VIII.) a burgonya előveteményűben voltak nagyobbak a növények a rozs

előveteményűhöz viszonyítva. A különböző előveteményű rozsnövények közötti magasságkülönbség viszonylag kicsi, 0-8 cm közötti volt, egy esetben volt viszonylag nagyobb a különbség, mely 19 cm volt (VII.).

A rozsz termését a trágyázási módok befolyásolták. A legkevesebb termés a műtrágya nélküli szalmatrágyás vetésforgóban (VII.) volt. A rozstermés a műtrágya nélküli másodvetésű zöldtrágyás (XV.), valamint a trágyázás nélküli vetésforgóban (I.) szintén alacsony, a vetésforgók átlaga alatti volt, azonban a műtrágya nélküli istállótrágyás vetésforgóban (X.) meghaladta a vetésforgók átlagát. A rozstermés az őszi leszántású másodvetésű zöldtrágyás + műtrágyás (XII., XIV.) vetésforgókban alacsonyabb, a vetésforgók átlaga alatti, míg a tavaszi leszántású másodvetésű zöldtrágyás + műtrágyás (XIII.), továbbá a szalmatrágyás + műtrágyás (IV., V., VI.) vetésforgókban magasabb, a vetésforgók átlaga feletti volt. A szemtermés a fővetésű csillagfürt termesztéses vetésforgókban (II., III., IX.) nagyobb, a vetésforgók átlaga feletti volt. A legnagyobb rozstermést az istállótrágyás + műtrágyás (XI.) vetésforgóban takarítottuk be. Az istállótrágya műtrágyával vagy műtrágya nélküli alkalmazása javítja a talaj fizikai-, és kémiai tulajdonságait, amely jó hatással van a termés mennyiségére (Rabindra et al., 1990). A hosszútávú istállótrágyázás vagy zöldtrágyázás alkalmazása növeli a talaj szerves szén tartalmát, amely hozzájárul a magasabb termések eléréséhez (Nambiar, 1994; Swarup, 1999; Kundu et. al., 2002).

A rozsz termését az elővetemények befolyásolták. A rozstermés mindegyik rozsz előveteményű rozsparcellában nagyobb volt, mint a burgonya előveteményű rozsparcellákban.

A szalmatermés a tápanyagpótlás nélküli vetésforgóban (I.) a vetésforgók átlagához hasonló volt. A szalmatermés a műtrágya nélküli szerves trágyás vetésforgókban (VII., X., XV.), a legnagyobb szalmatrágya adagú szalmatrágyás + műtrágyás (VI.), az őszi leszántású másodvetésű zöldtrágyás + műtrágyás (XIV.), valamint a csillagfürt zöldtakarmány-termesztéses + műtrágyás (IX.) vetésforgókban inkább alacsonyabb, a vetésforgók átlaga alatti volt, míg a két kisebb szalmatrágya adagú szalmatrágyás + műtrágyás (IV., V.), a fővetésű zöldtrágyás + műtrágyás (II.), a tavaszi leszántású másodvetésű zöldtrágyás + műtrágyás (XIII.), valamint a csillagfürt magtermesztéses + műtrágyás (VIII.) vetésforgókban inkább nagyobb, a vetésforgók átlaga feletti volt.

A szalmatermést az elővetemények befolyásolták. A szalmatermés a rozsz előveteményű rozsparcellákban egy esetet kivéve (VI) nagyobb volt, mint a burgonya előveteményű rozsparcellákban.

A szalmatermés és a növénymagasság arányára a trágyázási módok hatással voltak. A szalmatermés és a növénymagasság aránya a vetésforgók átlagától jelentősen kisebb volt a műtrágya nélküli szalmatrágyás (VII.), az őszi vetésű

takarmány-termesztéses (XII.) és a műtrágya nélküli másodvetésű zöldtrágyás (XV.), míg a vetésforgók átlagától lényegesen nagyobb volt a fővetésű zöldtrágyás (II.), a két kisebb szalmatrágya adagú szalmatrágyás (IV., V.), a csillagfűrt magtermesztéses + másodvetésű zöldtrágyás (VIII.), valamint a istállótrágyás + műtrágyás (XI.) vetésforgókban.

A szalmatermés és a növénymagasság arányát az elővetemények befolyásolták. A szalmatermés és a növénymagasság aránya a rozs előveteményű rozsparecellákban többnyire nagyobb volt, mint a burgonya előveteményű rozsparecellákban. Kivételt csak a XV. vetésforgó képezett.

A szalmatermés többnyire kisebb volt azokban a kezelésekből, melyekben alacsonyok voltak a növények a vetésforgók átlagaihoz viszonyítva, valamint alacsony volt a szalmatermés és a növénymagasság aránya is, míg nagyobb volt a szalmatermés azokban a kezelésekből, melyekben magasak voltak a növények, és magas volt a szalmatermés és a növénymagasság aránya is. Ez a kapcsolat azt jelenti, hogy a jobb tápanyagellátásban részesülő rozsnövények magasabbra növekedtek, de e mellett fejlődésük arányához képest nagyobb szalmatömeget is állítottak elő. E kapcsolat alól az I. trágyázás nélküli és a XIV. őszi leszántású másodvetésű zöldtrágyás vetésforgó kivételt képezett, melyekben a szalmatermés és a növénymagasság aránya alacsony volt, annak ellenére, hogy a rozsnövények magasak, a vetésforgók átlaga felettiek voltak. E vetésforgók esetében a növények ugyan magasra nőttek, azonban fejlődésük valamilyen akadályba ütközhetett, ugyanis a szalmatermés (és a szemtermés is) arányában elmaradt a többi vetésforgóhoz viszonyítva.

A szemtermés összefüggése a szalmatermésével pozitív, igen szoros ( $r=0,950$ ,  $P<1\%$ ), a növénymagassággal pozitív, szoros ( $r=0,805$ ,  $P<1\%$ ), a szalmatermés és növénymagasság arányával pozitív, igen szoros ( $r=0,954$ ,  $P<1\%$ ) volt (3. táblázat). A rozstermés nagyobb volt azokon a területeken, ahol nagyobb volt a szalmatermés, magasabbak voltak a rozsnövények, és a szalmatermés és a növénymagasság aránya nagyobb volt.

### 3. táblázat. A rozs terméselemei közötti lineáris összefüggés-vizsgálat korrelációs koefficiensei ( $r$ -értékek, $**P<1\%$ , 2020)

<b>Pearson-féle korreláció</b>	<b>Szemtermés (t/ha)</b>	<b>Szalmatermés (t/ha)</b>	<b>Növénymagasság (cm)</b>
<b>Szemtermés (t/ha)</b>	1	0,950**	0,805**
<b>Szalmatermés (t/ha)</b>	0,950**	1	0,865**
<b>Növénymagasság (cm)</b>	0,805**	0,865**	1
<b>A szalmatermés és a növénymagasság aránya (g/m<sup>2</sup>/cm)</b>	0,954**	0,987**	0,791**

A szalmatermés összefüggése a növénymagassággal pozitív, szoros ( $r=0,865$ ,  $P<1\%$ ) volt. Azokon a területeken, ahol nagyobbak voltak a rozsnövények, nagyobb volt a szalmatermés is. A növénymagasság kapcsolata a szalmatermés és a növénymagasság arányával pozitív, szoros ( $r=0,791$ ,  $P<1\%$ ) volt. A szemtermés a szalmatermés és a növénymagasság arányával szorosabb összefüggésben volt, mint a növénymagassággal.

A talaj humusztartalmát a talajba kerülő szerves anyag határozza meg. Stefanovits et al. (1999) szerint a talajba kerülő szerves maradványok C-tartalmának sorsa az átalakulás során a következő: 60-80%-a  $CO_2$  formájában a talajból a levegőbe távozik, 3-8%-a a mikroorganizmusok szervezetébe épül be, és 15-35%-a humusszá alakul. Ezek alapján, a szerves anyag 25%-os humuszosodásával számolva, kísérletünkben a rozs a kezelésektől függően, 0,90-2,89 t/ha humusszal képes gazdagítani a talajt. A szerves- és műtrágyázás együttes alkalmazása nagyon hatékony és nagyobb növényi produktumot eredményez (Naik és Ballal 1968; Yadav és Sharma 1981; Bangar et al. 1994). A zöldtrágyának, mint előveteménynek két előnye is van: egyrészt a visszamaradt szerves N csak lassan bomlik le, folyamatos tápanyagot biztosítva az utána következő növény teljes tenyészidőszaka alatt, másrészt kisebb lesz a N-kimosódás veszélye a talajból (Arlauskiene és Maiksteniene, 2008; Nemeiškiene et al, 2010).

## **KÖVETKEZTETÉSEK**

A kísérletünkben alkalmazott trágyakezelések alkalmasak arra, hogy növeljük a rozs szemtermését és szalmatömegét egyaránt. A legjobb terméseredményeket nitrogén műtrágyával erjesztett szalmatrágyás + műtrágyás, istállótrágyás + műtrágyás, csillagfűt magtermesztéses és másodvetésű zöldtrágyás + műtrágyás, valamint fővetésű csillagfűt zöldtrágyás + műtrágyás kezelésekkel értük el. A terméseredményeket befolyásolták az elővetemények is. Kísérletünkben, 2020 évben a rozs számára a rozs elővetemény kedvezőbb volt, mint a burgonya elővetemény. A szalmatermés igen szoros összefüggésben volt a szemterméssel. Azokkal a kezelésekkal, melyekkel növeltük a szemtermést, növeltük az előállított szerves anyag mennyiségét is, így ezek azok a kezelések, melyek leginkább megalapozzák a talajdegradáció elleni védelem növénytermesztési lehetőségét. Egy degradációnak kitett területen, melyen csökken a talaj szervesanyag-tartalma, a rozs termesztése előnyös, mert képes gyarapítani a talaj humusztartalmát.

## IRODALOMJEGYZÉK

1. ARLAUSKIENE, A., MAIKSTENIENE, S. 2008. The effects of cover crops and straw on soil mineral nitrogen dynamics and losses from arable land. – *Agronomijas Vēstis* 11. pp. 195-201.
2. BANGAR, KS, MAINI, A AND SHARMA, SR. 1994. Effect of fertilizer nitrogen and press mud cake on growth, yield and quality of sugarcane. *Crop Res*, 8. pp. 23–27.
3. BUSHUK W. 2001. Rye production and uses worldwide. *Cereal Chemistry*, 46(2). pp. 70–73.
4. DERSCH, G., AND K. BOHM. 2001. Effects of agronomic practices on the soil carbon storage potential in arable farming in Austria. *Nut. Cycling Agroecosystems* 60. pp. 49–55. <https://doi.org/10.1023/A:1012607112247>.
5. HADHÁZY, Á., HENZSEL, I. 2012. A talajhasználati módok hatása a talaj tulajdonságaira. In: *Využívání půdy v příhraničné oblasti Slovensko – Maďarsko Szerk. Balla, Pavol. Centrum vyskumu a rastlinnej výroby Piestany Vyskumny ustav agroekológie, Michalovce*. pp. 3-8 ISBN 978-80-89417-38-4.
6. T. KÄTTERER, M. A. BOLINDER, O. ANDRÉN, H. KIRCHMANN, L. MENICHETTI 2011. Roots contribute more to refractory soil organic matter than above-ground crop residues, as revealed by a long-term field experiment. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. Volume 141, Issues 1–2, Pages 184-192. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.02.029>
7. KUMAR V. MISHRA D. 1992. Manurial value of press mud cake (Gannakhoi) *Indian Farmers Digest* 25. pp. 33–34.
8. KUNDU, S., VED PRAKASH, GHOSH, B.N., SINGH, R.D., SHRIVASTAVA, A.K. 2002. Quantitative relationship between annual carbon inputs and soil organic carbon build-up in soybean (*Glycine max*)-wheat (*Triticum aestivum*) cropping sequence. In: *Proceedings of the 2nd International Agron. Congress, New Delhi, India, November 26–30*, pp. 108–110.
9. E. LIU, C. YAN, X. MEI, W. HE, S. H. BING, L. DING, Q. LIU, S. LIU, T. FAN 2010. Long-term effect of chemical fertilizer, straw, and manure on soil chemical and biological properties in northwest China. *Geoderma*. Volume. 158, Issues 3–4. pp. 173-180. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2010.04.029>.
10. NEMEIKŠIENE, D., ARLAUSKIENNE, A., ŠLEPETIENE, A. 2010. Mineral nitrogen content in the soil and winter wheat productivity as influenced by the pre-crop grass species and their management. – *Žemdirbyste=Agriculture* 97(4). pp. 23-36.



11. NAIK, B. N., BALLAL, D. K. 1968. Effect of association of organic matter with nitrogen fertilizer on availability and uptake of plant nutrients and the growth of the plant. II. Uptake of the nutrients and growth of the plant. *J Indian Soc Soil Sci*, 16. pp. 391–397.
12. NAMBIAR, K. K. M. 1994. Soil fertility and crop productivity under long-term fertilizer use in India. Indian Council of Agricultural Research, New Delhi, India.
13. OLDEMAN, L. R. 1992. Global extend of soil degradation. Published in ISRIC Bi-Annual Report 1991-1992, Adapted from a paper presented at the Symposium on Soil Resilience and Sustainable Land Use, Budapest, 28-30 September, 1992. pp. 19-36.
14. RABINDRA, B., GOWDA, SNS AND GOWDA, H. 1990. Effect of continuous use of nitrogenous fertilizers on soil physico-chemical properties, yield and juice quality of sugarcane. *Indian Sugar*, 9. pp. 843–845.
15. RATTAN L. 2015. Restoring soil quality to mitigate soil degradation. *Sustainability*, 2015, 7, 5875–5895; doi:10.3390/su7055875. ISSN 2071-2050. <https://www.mdpi.com/journal/sustainability>
16. STEFANOVITS, P. 1999. Talajtan. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
17. SWARUP, A. 1998. Emerging soil fertility management issues for sustainable crop production in irrigated system. In: Swarup, A., Reddy, D.D., Prasad, R.N. (Eds.), Long-term soil fertility management through integrated plant nutrient supply. Indian Institute of Soil Science, Bhopal, pp. 54–68.
18. YADAV, R. L., SHARMA, R. K. 1983. Effect of nitrogen applied to plant cane crop of sugarcane on the yield and quality of subsequent ratoon crop. *Indian J Agric Sci*, 53. pp.38–43.

Levelezési cím:

Dr. Hadházy Ágnes – Debreceni Egyetem AKIT Nyíregyházi Kutatóintézet,  
4400 Nyíregyháza, Westsik V. utca 4-6.

E-mail: [hadhazy@agr.unideb.hu](mailto:hadhazy@agr.unideb.hu)

# A HETEROTRÓF BAKTÉRIUMOK TELEPSZÁMÁNAK ALAKULÁSA EGY SZÉLERÓZIÓNAK KITETT TERÜLETEN

## THE NUMBER OF THE HETEROTROPHIC BACTERIA ON AN EROSION EXPOSED SOIL

HENZSEL István, HADHÁZY Ágnes, GYÖRGYI Gyuláné, TÓTH Gabriella,  
SIPOS Tamás, OROSZ Viktória

*Debreceni Egyetem AKIT Nyíregyházi Kutatóintézet*

### **Absztrakt**

A heterotróf baktériumok telepszámának alakulását vizsgáltuk egy szélerózióinak kitett területen. A vizsgálatokat a DE AKIT Nyíregyházi Kutatóintézet Westsik-féle vetésforgó kísérletében végeztük. A kísérlet talaja homoktalaj, melynek mechanikai összetétele a következő: a homokfrakció 94,7%, az iszapfrakció 2,5%, míg az agyagfrakció 2,8%. A trágyakezelések között szerepel 4 szalmatrágyás, 2 istállótrágyás, 1 fővetésű zöldtrágyás, 4 másodvetésű zöldtrágyás, 1 csillagfűrt zöldtakarmány-termesztéses, 1 csillagfűrt magtermesztéses, 1 csillagfűrt magtermesztéses + másodvetésű zöldtrágyás, valamint 1 trágyázás nélküli kísérlet.

A Westsik-féle vetésforgó kísérletben alkalmazott kezelésekkel a heterotróf baktériumok telepszámát befolyásoltuk. A heterotróf baktériumok aktivitása nagyobb volt az erjesztett szalmatrágyás és az istállótrágyás kezeléseknél, mint a zöldtrágyás kezeléseknél. A talajdegradációnak kitett területeken, ahol a szerves anyag-csökkenés jelentős, a trágyakezelésekkel befolyásolhatjuk a heterotróf baktériumok aktivitását, mely alapját képezi a szerves anyag átalakításának, így a humusz képzésének és visszapótlásának. Eredményeink alapján a talajdegradációnak kitett területeken az erjesztett szalmatrágyázást vagy az istállótrágyázást egyaránt javasoljuk, melyek kedvezően befolyásolták a mikrobák mennyiségét a talajban.

**Kulcsszavak:** heterotróf baktérium, szerves trágyázás, vetésforgó, talajdegradáció

### **Abstract**

The number of heterotrophic bacteria was analysed on an erosion exposed soil. Our research work was carried out in the Westsik's crop rotation experiment of the Research Institute of Nyíregyháza, IAREF, University of Debrecen, Hungary. The soil of our experiment is sandy soil, its mechanical composition is the following: sand fraction 94.7%, sludge fraction 2.5%, clay fraction 2.8%.

The applied manuring methods: 4 straw manures, 2 farmyard manures, 1 green manure as a main crop, 4 green manure as a second crop, 1 lupine grown for green forage, 1 lupine grown for seed, 1 lupine grown for seed + green manure as a second crop and 1 without any fertilizer.

The number of heterotrophic bacteria was influenced by the applied manuring systems: it was higher in the fermented straw manure- and in the farmyard manure treatments than in the green manure treatment. In areas exposed to soil degradation, where the reduction of organic matter is significant, fertilizer treatments can influence the number of heterotrophic bacteria, which forms the basis for the transformation of organic matter, thus the replenishment of humus. Based on our results, we recommend the fermented straw manure or farmyard manure in areas exposed to soil degradation, which had a positive effect on microbial activity.

**Keywords:** heterotrophic bacteria, organic fertilization, crop rotation, soil degradation

## **BEVEZETÉS**

A termékeny talaj biztosítja az élő szervezetek alapvető életfeltételeit, illetve egyidejűleg kielégíti természetett növényeink levegő-, víz- és tápanyagigényét. A szélereziónak kitett területen jelentős a talajelhordás, és ezzel együtt a szerves anyag elszállítása is. Ez a folyamat a talajtermékenység szempontjából rendkívül káros. A szerves anyag utánpótlásának fő forrását a növényi maradványok jelentik. A talajban a növényi maradványok átalakulása bonyolult lebontó és felépítő folyamatok során valósul meg. A szerves anyag átalakításának meghatározó résztvevői a mikrobák. A szerves anyag mechanikai aprítása a talaj makro- és mezofaunája által történik, azonban a szerves anyag enzimikus lebontását egyszerű vegyületekre mikroorganizmusok végzik. A szerves vegyületeket a heterotróf mikroflóra és mikrofauna energiaforrásként használja. A mikrobák a szerves vegyületek egy részét teljesen lebontják, más részét pedig kisebb-nagyobb mértékben módosítják. A növények számára a tápelemek e folyamatok eredményeként válnak felvehetővé, amikor is a szerves kötésben lévő elemek felszabadulnak, és ásványi formákká alakulnak (Stefanovits et al, 1999; Filep, 1995; Várallyai, 2016).

Cikkünkben bemutatjuk, hogy hogyan alakul a heterotróf baktériumok telepszáma egy szélereziónak kitett homoktalajú szerves trágyás kísérletben.

## **ANYAG ÉS MÓDSZER**

A vizsgálatokat a Debreceni Egyetem AKIT Nyíregyházi Kutatóintézet vetésforgó kísérletében végeztük. A kísérletet Westsik Vilmos 1929-ben hozta

létre. A kísérlet célja a talaj termékenységének növelése különféle szerves trágyázási módokkal. A trágyakezelések között szerepel 4 szalmatrágyás, 2 istállótrágyás, 1 fővetésű zöldtrágyás, 4 másodvetésű zöldtrágyás, 1 csillagfűrt zöldtakarmány-termesztéses, 1 csillagfűrt magtermesztéses, 1 csillagfűrt magtermesztéses + másodvetésű zöldtrágyás, valamint 1 trágyázás nélküli kísérlet (Hadházy és Henzsel, 2012). A kísérlet talaja homoktalaj, melynek mechanikai összetétele a következő: a homokfrakció 94,7%, az iszapfrakció 2,5%, míg az agyagfrakció 2,8%.

A heterotróf baktériumok telepszámának vizsgálatához a talajmintákat 2007. 06. 21-én, a vetésforgók burgonyaparcelláiból, a burgonya virágzásának időszakában, a 0-25 cm-es talajrétegből szedtük. Egy talajminta hat pontból szedett részmintát összekeverésével készült. A talajminták nedvességtartalmát 105 °C-on, szárítószekrényes módszerrel határoztuk meg. A heterotróf baktérium-telepszám meghatározásához a talajmintákból készített hígítási sorokat Nutrient táptalajon szélesztettük, majd a táplemezen fejlődött baktériumtelepek számát telepképző egységekben (CFU=colony forming unit) adtuk meg. Az értékek 1 g száraz talajra vonatkoznak.

Az adatokat egytényezős varianciaanalízissel értékeltük ( $P < 0,05$ ), az átlagok összehasonlítására Tukey-tesztet használtunk. A paraméterek főátlagainak számításához a 15 vetésforgó kísérletben mért adatokat átlagoltuk.

## **EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK**

A talaj nedvességtartalma 2,99-8,50% közötti volt (1. táblázat). A talaj nedvességtartalma 4% alatti volt a III., IX., X. és XI., 4-5% között alakult a II., IV., VI., XII., XIII., XIV. és XV., 5-6% között változott az I., V. és VII., míg 6% feletti volt a VIII. vetésforgóban. A kísérletben a talaj nedvességtartalma viszonylag alacsony volt, sehol sem haladta meg a 10%-ot.

A heterotróf baktériumok telepképző egységeinek száma 6,03-6,73 lg CFU/g érték közötti volt. A telepképző egységek száma 6,2 lg CFU/g alatti volt a IV. erjesztés nélküli szalmatrágyás és a XV. műtrágya nélküli másodvetésű zöldtrágyás vetésforgókban. A baktérium-telepszám 6,2-6,3 lg CFU/g közötti volt a II. fővetésű zöldtrágyás, a III. csillagfűrt magtermesztéses, a VIII. csillagfűrt magtermesztéses + másodvetésű zöldtrágyás és a XIV. őszi leszántású másodvetésű zöldtrágyás vetésforgókban. 6,3-6,4 lg CFU/g közötti baktériumtelepet számoltunk az I. trágyázás nélküli, a IX. csillagfűrt zöldtakarmány-termesztéses és a XIII. tavaszi leszántású másodvetésű zöldtrágyás vetésforgókban. A heterotróf baktériumok telepképző egységeinek száma 6,4-6,5 lg CFU/g között alakult a VI. szalmatrágyás, a X. műtrágya nélküli istállótrágyás és a XII. rozs zöldtakarmány-termesztéses + másodvetésű zöldtrágyás vetésforgókban, míg 6,5 lg CFU/g feletti volt az V. és VI. szalmatrágyás, valamint a XI. istállótrágyás vetésforgókban.

A heterotróf baktériumok telepképző egységeinek száma szignifikánsan is nagyobb volt az V., VI., VII., X. és XI. vetésforgókban, mint a IV. és XV. vetésforgókban.

A Westsik-féle vetésforgó kísérletben a trágyázási módok a heterotróf baktériumok telepképző egységeinek számát befolyásolták. A telepképző egységek száma a trágyázás nélküli (I.) vetésforgóban a vetésforgók átlagához hasonlított. A baktériumtelepek száma nagyobb volt az erjesztett szalmatrágyás (V., VI., VII.) és az istállótrágyás (X., XI.) vetésforgókban, mint az erjesztés nélküli szalmatrágyás (IV.), a fővetésű zöldtrágyás (II.) vagy a másodvetésű zöldtrágyás (VIII., XIII., XIV., XV.) vetésforgókban. A fővetésű zöldtrágyás és a másodvetésű zöldtrágyás vetésforgók telepszámai alig különböztek egymástól. A telepszám a csillagfürt zöldtakarmány-termesztéses (IX.) és a rozs zöldtakarmány-termesztéses (XII.) vetésforgókban magasabb volt, mint a csillagfürt magtermesztéses (III., VIII.) vetésforgókban. A heterotróf baktériumok telepképző egységeinek számát az NPK műtrágyázás volta vagy hiánya nem befolyásolta. A legalacsonyabb és a második legmagasabb telepszám is műtrágya nélküli kezelésben volt (XV., ill. VII.).

**1. táblázat.** A heterotróf baktériumok telepképző egységeinek száma és a talaj nedvességtartalma (Westsik-féle vetésforgó kísérlet, 2007.)

Vetésforgó	Heterotróf baktérium telepszám (lg CFU/g)	Talajnedvesség (%)
<b>I.</b>	6,33 <sup>ab</sup>	5,00
<b>II.</b>	6,27 <sup>ab</sup>	4,47
<b>III.</b>	6,21 <sup>ab</sup>	3,38
<b>IV.</b>	6,04 <sup>a</sup>	4,39
<b>V.</b>	6,73 <sup>c</sup>	5,36
<b>VI.</b>	6,45 <sup>bc</sup>	4,73
<b>VII.</b>	6,57 <sup>bc</sup>	5,36
<b>VIII.</b>	6,24 <sup>ab</sup>	8,50
<b>IX.</b>	6,38 <sup>abc</sup>	3,71
<b>X.</b>	6,45 <sup>bc</sup>	2,99
<b>XI.</b>	6,55 <sup>bc</sup>	3,83
<b>XII.</b>	6,42 <sup>abc</sup>	4,66
<b>XIII.</b>	6,30 <sup>ab</sup>	4,31
<b>XIV.</b>	6,25 <sup>ab</sup>	4,96
<b>XV.</b>	6,03 <sup>a</sup>	4,53
<b>Átlag</b>	<b>6,35</b>	<b>4,68</b>

A különböző betűindexet kapott értékek szignifikánsan különböznek egymástól (Tukey-teszt,  $P < 0,05$ ).

Olyan területeken, amelyeken jelentős a talaj degradációja (intenzív a szervesanyag-csökkenés), a mikroorganizmusok szerves anyag lebontó és humusszá alakító tevékenységének jelentősége megnő. Kísérletünk eredményei alapján a heterotróf baktériumok aktivitása magasabb volt az erjesztett szalmatrágyás és az istállótrágyás kezeléssel vetéskor, mint a zöldtrágyás kezeléssel. Azokon a területeken, ahol jelentős a szervesanyag-csökkenés, előnyösebb az erjesztett szalmatrágyázás, vagy az istállótrágyázás alkalmazása, mert a magasabb mikrobatevékenység következtében nagyobb az esély a humusztartalom pótlására, mint zöldtrágyázás esetében.

Az emelkedő baktériumszámnak lehetnek egyéb kedvező hatásai is. Kísérletünkben a vizsgálatot a burgonya virágzásának időszakában végeztük. A burgonya ekkor fejleszti a sztolókat, és ekkor alakulnak ki a gumókezdemények. A burgonya virágzásakor a növény tápanyagigénye jelentősen megnő (Bocz, 1992). A burgonya tápanyagigényes időszakában mért nagyobb mikrobaszám nagyobb mikrobiális aktivitást is eredményezhet. Ez megnövelheti a szervesanyag-bontás mértékét, ezáltal a tápanyag-feltáródást is, így a burgonya nagyobb eséllyel juthat hozzá a fejlődéséhez szükséges tápelemekhez, melyek megalapozzák a nagyobb termést.

Filep és Szili-Kovács (2005) savanyú homoktalajon vizsgálta a meszezés hatását a mikrobiális biomasz C-tartalmára. A meszezés növelte a mikrobiális biomasz C-tartalmát, azonban nagy mértékű meszezésnél az értékek visszaesését tapasztalták. Magyarórási szerint a nagy mértékű meszezésnél a mikroorganizmusok N-ellátottsága nem volt kielégítő annak következtében, hogy a talaj viszonylag kis mennyiségű gyorsan mineralizálható szerves anyagot tartalmazott. A mikrobák számára kedvezőtlen a savanyú talaj, azonban a talajjavítás során a meszezés megválasztásakor körültekintőnek kell lenni. Csitári et al. (2015) a talaj mikrobiális biomasz-tömeg és az összes szervesanyag-tartalom, valamint az aggregátumstabilitás összefüggéseit vizsgálták. Kísérletünkben NPK műtrágyás (változó N adagokkal), műtrágyás + istállótrágyás és műtrágyás + szármaradvány + zöldtrágyás kezeléseket alkalmaztak. A trágyázás során a szervesanyag-kiegészítés szignifikáns hatással volt a mikrobiális biomasz tömegére, a szervesanyag-tartalomra és az aggregátumstabilitásra. A kezelések hatására a mikrobiális biomasz tömege és a szervesanyag-tartalom hasonlóan változott.

Szili-Kovács és Török (2005) szénforrás kezeléseket vizsgálták a talajok mikrobiális aktivitására és biomaszájára. Rövidtávon jelentősen megnövelték a talaj mikrobiális biomaszát, azonban hosszabbtávon a mikroba aktivitás mértéke lecsökkent. A kezelések hatására a nitrogén hozzáférhetősége lecsökkent.

Káta et al. (2015) egy trágyázási tartamkísérletben vizsgálták a mikrobiológiai aktivitást. Megállapításaik szerint az NPK műtrágyaadagok emelésével

csökkent a talaj pH értéke, míg a talaj felvehető elemtartalma emelkedett. A trágyázás pozitív hatását bizonyították a talaj szerves-C és -N tartalmára, valamint a mikrobiális biomassza-C és -N tartalmára. A trágyázás emelte a cellulózbontó- és nitrifikáló baktériumok mennyiségét, míg csökkentette a szacharáz és az ureáz enzimaktivitást.

Az irodalmi adatok alátámasztják eredményeinket, melyek szerint trágyakezelésekkel jelentősen lehet befolyásolni a talaj mikrobaszámát, a mikrobiális biomassza mennyiségét. A mikrobiális aktivitás emelésével kedvezően befolyásolható a szerves anyagok lebontásának illetve átalakításának folyamatai, melyek eredményeként egyrészt a növények több felvehető tápelemhez jutnak, másrészt a humuszképződést segítjük. Ezek a folyamatok azok, melyek a talajtermékenység alapját képezik. Egy talajdegradációnak kitett területen, ahol jelentős a szerves anyag mennyiségének csökkenése, a talaj termékenységének növelésével részben pótolhatjuk a szerves anyagot azáltal, hogy a termékenyebb talajon nagyobb mennyiségű biomasszát állítunk elő, mely következtében nagyobb mennyiségű szerves anyag is kerül a talajba a növényi maradványok (gyökér és szár) szántóföldön hagyásával.

## **KÖVETKEZTETÉSEK**

A Westsik-féle vetésforgó kísérletben alkalmazott kezelésekkel a heterotróf baktériumok mennyiségét befolyásoltuk. A heterotróf baktériumok kitenyészhető telepszáma nagyobb volt az erjesztett szalmatrágyázás és az istállótrágyázás kezeléseknél, mint a zöldtrágyázás kezeléseknél. A talajdegradációnak kitett területeken, ahol a szervesanyag-csökkenés jelentős, a trágyakezelésekkel befolyásolhatjuk a heterotróf baktériumok mennyiségét. Ezek a baktériumok hozzájárulnak a szerves anyag átalakításához, így a humuszképződéshez is. Eredményeink alapján a talajdegradációnak kitett területeken az erjesztett szalmatrágyázást vagy az istállótrágyázást egyaránt javasoljuk, melyek kedvezően befolyásolták a heterotróf mikrobák mennyiségét.

## **IRODALOMJEGYZÉK**

1. BOCZ, E. 1992. Burgonya. In: Szántóföldi növénytermesztés. Szerk. Bocz, E. Mezőgazda Kiadó, Budapest. pp. 574-617.
2. CSITÁRI, G., DUNAI, A., TÓTH, Z., HERNÁDI, H. 2015. Mikrobiális biomasszatömeg és a talajfizikai állapot vizsgálata trágyázási tartamkísérletben. In: A talajok térbeli változatossága – elméleti és gyakorlati vonatkozások. Szerk. Hernádi, H., Sisák, I., Szabóné, K. G. Talajvédelmi Alapítvány és Magyar Talajtani Társaság, Keszthely pp. 19-28.

3. FILEP, GY. 1995. Talajtani alapismeretek I. Debreceni Agrártudományi Egyetem, Debrecen. p. 195.
4. FILEP, T., SZILI-KOVÁCS, T. 2005. A meszezés hatása a talaj mikrobiális biomaszra mennyiségére két savanyú homoktalajon. *Agrokémia és Talajtan*. 54. 1-2. pp. 139-148.
5. HADHÁZY, Á., HENZSEL, I. 2012. A talajhasználati módok hatása a talaj tulajdonságaira. In: *Využívanie pôd v prihraničnej oblasti Slovensko – Mad’arsko Szerk. Balla, P. Centrum vyskumu a rastlinnej vyroby Piestany Vyskumny ustav agroekológie, Michalovce*. pp. 3-8. ISBN 978-80-89417-38-4
6. KÁTAI, J., ZSUPOSNÉ, O. Á., SÁNDOR, ZS., TÁLLAI, M. 2015. Összefüggések a talaj kémiai tulajdonságai és mikrobiológiai aktivitása között egy trágyázási tartamkísérletben. In: *A talajok térbeli változatossága – elméleti és gyakorlati vonatkozások. Szerk. Hernádi, H., Sisák, I., Szabóné, K. G. Talajvédelmi Alapítvány és Magyar Talajtani Társaság, Keszthely*. pp. 29-38.
7. STEFANOVITS, P., FILEP, GY., FÜLEKY, GY. 1999. *Talajtan. Mezőgazda Kiadó, Budapest*. p. 415.
8. SZILI-KOVÁCS, T., TÖRÖK, K. 2005. Szénforráskezelés hatása a talaj mikrobiális aktivitására és biomaszájára felhagyott homoki szántókon. *Agrokémia és Talajtan*. 54. 1-2. pp. 149-162.
9. VÁRALLYAI, GY. 2016. A talaj multifunkcionalitása és korlátozó tényezői. In: *Magyar Tudomány*. 177. évfolyam 2016/10. pp. 1162-1174.

### **Köszönetnyilvánítás**

Levelezési cím:

Henzsel István – Debreceni Egyetem AKIT Nyíregyházi Kutatóintézet, 4400 Nyíregyháza, Westsik V. utca 4-6.

E-mail: [henzsel@agr.unideb.hu](mailto:henzsel@agr.unideb.hu).



# AZ ÖSSZES SZÉN- ÉS NITROGÉNTARTALOM ALAKULÁSA EGY SZERVES TRÁGYÁS KÍSÉRLETBEN

## CHANGES IN TOTAL CARBON AND NITROGEN CONTENT OF SOIL IN AN ORGANIC FERTILIZER EXPERIMENT

HENZSEL István, HADHÁZY Ágnes, GYÖRGYI Gyuláné, TÓTH Gabriella,  
SIPOS Tamás, DEMETER Ibolya  
*Debreceni Egyetem AKIT Nyíregyházi Kutatóintézet*

### **Absztrakt**

Az összes szén (C)- és nitrogén (N)-tartalom alakulását vizsgáltuk a Westsik-féle vetésforgó kísérlet talajában. A kísérlet talaja homoktalaj, melyben a leiszapolható részek aránya 10% alatti. A kísérlet területe szélérozióknak kitett. A szerves anyag és a tápanyag pótlása szalma-, istálló- és zöldtrágyázással, valamint NPK műtrágyázással történik.

A talaj összes széntartalmát a trágyázási módok és a vetésszerkezet együtt befolyásolták. A talaj széntartalma magasabb volt a szalmatrágyás + NPK műtrágyás és az istállótrágyás + NPK műtrágyás kezeléseknél, mint a zöldtrágyás + NPK műtrágyás kezelésű területeken. A talaj széntartalmát a természetett rozs növelte. A talaj összes nitrogéntartalma a növekvő nitrogénműtrágya adagok hatására emelkedett. A talaj nitrogéntartalmát a szerves trágyák közül az istállótrágya növelte a legnagyobb mértékben. Azokon a területeken, ahol a szerves anyag pótlása a talaj termékenységének fenntartása szempontjából kiemelkedő jelentőségű, az istállótrágyázást javasoljuk. Az istállótrágya a talajban nagyobb széntartalom mellett is kedvezőbb C/N arányt biztosított, mint a szalmatrágya vagy a másodvetésű zöldtrágya, továbbá kiemelkedő burgonyatermést is eredményezett.

**Kulcsszavak:** összes szén és nitrogén, C/N arány, vetésforgó, burgonya

### **Abstract**

The changes of soil total C and N content was analysed in the soil of the Westsik's crop rotation experiment. The soil of our experiment is sandy, in which the silt content is under 10%. The experiment is exposed to wind erosion. The replacement of organic matter and nutrients is done by straw-, farmyard- and green manure application as well as NPK fertilization.

The total carbon content of soil was influenced together by the applied manuring methods and the sowing structure. The carbon content of soil was higher in straw manure + NPK fertilizer and farmyard manure + NPK fertilizer treatments

than in the green manure + NPK fertilizer treatments. The carbon content of soil was increased by rye plant growing. The total nitrogen content of the soil increased as a result of increasing nitrogen fertilizer doses. Among the applied organic manures, the nitrogen content of the soil was increased at a highest rate by farmyard manure application. In that area, where organic matter replacement is very important for maintaining the soil fertility, we recommend the farmyard manure. The farmyard manure was able to result in more favourable C/N rate even beside higher carbon content in soil, than the straw manure or green manure as a second crop and produced high potato yield, too.

**Keywords:** total carbon and nitrogen, C/N rate, crop rotation, potato

## BEVEZETÉS

A szerves anyag a talajban folyamatos átalakuláson megy keresztül. A szerves anyag változása összetett lebontó és építő folyamatok összessége. A talajba kerülő növényi maradványok és szerves trágyák részben a mikroorganizmusok táplálékául szolgálnak, másrészt pedig növelik a talaj szervesanyag-készletét. A talaj szerves anyagainak átalakítását legnagyobb részben mikroorganizmusok végzik. Az átalakítás folyamata kétirányú. Az egyik a mineralizáció (ásványosodás), a másik pedig a szintetizáló (felépítő) folyamat. A mineralizáció folyamán a könnyen bomló szerves anyagok egyszerű vegyületekké, ásványi elemekké alakulnak, melyek a növények számára felvehetőek, és a táplálásukban részt vesznek. A felépítő folyamatok összességét humifikációnak nevezzük. A humifikáció során a nehezen bontható, kisebb vegyületek összekapcsolódnak, és N-tartalmú vegyületekkel kiegészülnek. Nagy molekulájú anyag keletkezik, mely viszonylag állandó. A keletkezett szerves anyag minőségét több tényező befolyásolja. Az átalakult szerves anyag minősége függ a kiinduló szerves anyag összetételétől, a szén és nitrogén arányától, az ásványi anyagok mennyiségétől, összetételétől. A szerves anyag minőségére hatással van a talaj tulajdonsága, a kémhatása, az ásványi sók mennyisége, a talaj levegőzöttsége, de befolyásolhatja az éghajlat is. A mineralizáció során a szerves anyag minősége, C/N aránya befolyásolja a N felvehetőségét a növények számára, amely hatással van a növények fejlődésére és termésképzésére. Az olyan szerves anyagok esetében, ahol a C/N arány tág (C/N=50-100), az elszaporodó mikroorganizmusok szervezetük felépítéséhez sok nitrogént használnak fel. A felhasznált nitrogént a természetett növénytől vonják el, mely N-hiányban fog szenvedni. Nagy mennyiségű szalma, vagy kukoricaszár leszántásakor a lekött N következtében zavar keletkezhet az őszi kalászosok termőhajtásainak differenciálódásában, mely akár termésnövekedést is eredményezhet (Stefanovits et al, 1999; Filep, 1995; Loch, 1992).

Írásunkban bemutatjuk, hogy egy olyan területen, ahol a szélerózió szerves anyag csökkentő hatását szerves trágyázással ellensúlyozzák, a kijuttatott szerves anyagok, alkalmazott szerves trágyázási módok hatására hogyan alakul a talaj összes szén és nitrogéntartalma, valamint ezek aránya. Vizsgáljuk továbbá, hogy milyen összefüggés van a talaj szén- és nitrogéntartalma, a C/N arány és a burgonya gumótermése között.

## **ANYAG ÉS MÓDSZER**

A talaj összes szén- és nitrogéntartalmának alakulását a Westsik-féle vetésforgó kísérletben vizsgáltuk. A kísérlet talaja homoktalaj, melyben a leiszapolható részek aránya 10% alatti. A talaj kémhatása savanyú, vizes oldatban mért pH értéke 4,94–6,09, a kálium-kloridban mért pH 3,89–5,15 közötti. Az AL-oldható  $P_2O_5$ -tartalom 29,39–202,00 mg/kg, az AL-oldható  $K_2O$ -tartalom 59,54–184,40 mg/kg között változik. A kísérlet területe szélerózióknak kitétt. A szerves anyag és a tápanyag pótlása szalma-, istálló- és zöldtrágyázással, valamint NPK műtrágyázással történik (Hadházy és Henzsel, 2012). A kísérletben kijuttatott szerves trágya adagok a következők: 26,1 t/ha istállótrágya (X. és XI. vetésforgó), 3,5 t/ha erjesztés nélküli szalma (IV. vetésforgó), 11,3 t/ha N-műtrágyával erjesztett szalmatrágya (V. vetésforgó), valamint 26,1 t/ha vízzel erjesztett szalmatrágya (VI. és VII. vetésforgó). Zöldtrágyázást fővetésben (II. vetésforgó) és másodvetésben is alkalmazunk (VIII., XII., XIII., XIV. és XV.). Szerves trágyázást nem alkalmazunk, de a hároméves vetésforgó egyik szakaszában csillagfürtöt termesztünk magnak (III. vetésforgó), vagy zöldtakarmánynak (IX. vetésforgó). Egy vetésforgó esetében (I. vetésforgó) trágyázást nem alkalmazunk, azonban a talaj időszakosan pihentetve van.

A talaj szén- és nitrogéntartalmának megállapításához a talajmintákat 2016. 08. 24-én, a felső 25 cm-es talajrétegből, a burgonya betakarítása előtt szedtük. A talajmintaszedés 3 ismétlésben történt, ahol egy minta hat pontból szedett rész minta összekeverésével készült. A talajmintaszedés helyeinek megfelelően 3 ismétlésben, 2,25 m<sup>2</sup> mintaterületekről burgonyagumó mintákat is szedtünk, amelyeket osztályoztunk, majd méretosztályonként megmértük a gumók tömegét. Az osztályozás során az étkezési és vetőgumó osztályozórostákat használtuk, melyek segítségével elkülönítettük az 55 mm feletti, a 35-55 mm és a 28-35 mm közötti gumókat. A talajminták összes szén- és nitrogéntartalmának mérése légszáraz állapotban, varioMAX CNS típusú elemanalizátorral (Elementar GmbH), Dumas módszerrel történt a DE AKIT Nyíregyházi Kutatóintézet Talajbiológiai Laboratóriumában.

Az adatokat egytényezős varianciaanalízissel értékeltük ( $P < 0,05$ ), az átlagok összehasonlítására Tukey-tesztet használtunk. A paraméterek főátlagainak számításához a 15 vetésforgó kísérletben mért adatokat átlagoltuk. A talaj szén-

és nitrogéntartalma, a C/N arány és az összes gumótermés, valamint a különböző méretosztályokban mért gumótömegek közötti összefüggés vizsgálatához Pearson-féle korrelációt alkalmaztunk.

## **EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK**

A talaj összes széntartalma 0,291-0,704% közötti volt (1. táblázat). A talaj széntartalma magasabb volt a szalmatrágyás + NPK műtrágyás (IV., V., VI.) és az istállótrágyás + NPK műtrágyás (XI.) kezelésekből, mint azokban, melyekben a zöldtrágyázást NPK műtrágyázással kombináltuk (II., VIII., XII., XIII., XIV.). A széntartalom a műtrágya nélküli vetésforgókban (VII., X., XV.) többnyire alacsony, a főátlag alatti volt. A műtrágya nélküli vetésforgók közül a legnagyobb széntartalmat az I. vetésforgóban mértük. A talaj széntartalma szignifikánsan nagyobb volt az I., IV., V., VI. és XI. vetésforgóban, mint a VII. és IX. vetésforgóban.

A talaj széntartalmát nemcsak a trágyázási módok, hanem a vetésszerkezet is befolyásolhatta. Azokban a vetésforgókban, melyekben a vetésforgó ciklus alatt kettő évben is termesztettünk rozsot, a széntartalom többnyire nagyobb, főátlag feletti (IV., V., VI., XIII., XIV.), míg amelyekben csak egy szakaszban volt rozs, ott többnyire kisebb, főátlag alatti volt (II., III., IX., X.).

Több szerző is megerősítette, hogy a szervestrágyás kísérleteinkben a legnagyobb szerves C-tartalom növekedés az istállótrágyás + műtrágyás kezelésekből történt. A C megkötése szempontjából is az istállótrágyázás + műtrágyázás volt a leghatékonyabb. A rendszeres istálló- és szalmatrágyázás, valamint a plusz műtrágyázás hatására a talajban több gyökérmaradvány, nagyobb szerves anyag mennyiség halmozódik fel, amely a talaj széntartalmának növekedését is eredményezi (Blair et. al., 2006; Brar et. al., 2013; Padre et al., 2007; Su et al, 2006).

A talaj összes nitrogéntartalmát a kísérletben alkalmazott N műtrágyaadagok és szerves trágyák együtt befolyásolták. A legkisebb N műtrágyaadagú (43 kg/ha/vetésforgó ciklus) vetésforgók (II., III., XII.) talajának nitrogéntartalma alacsony volt és alig különbözött a műtrágya nélküli kezelésekből többségében (VII., X., XV.) mért nitrogéntartalmaktól. A talaj nitrogéntartalma az előbb említettekhez képest emelkedett azokban a vetésforgókban, amelyekben nagyobb N műtrágyaadagot (86 kg/ha/vetésforgó ciklus) másodvetésű csillagfűrt zöldtrágyázással kombináltuk (XIII., XIV.). A legnagyobb nitrogéntartalmakat pedig a legnagyobb N műtrágyaadagú (108 kg/ha/vetésforgó ciklus) szalmatrágyás vetésforgókban (IV., V., VI.) mértük. Megállapítottuk azt is, hogy a legkisebb adagú N műtrágya istállótrágya együttes alkalmazásával (XI.) hasonlóan magas nitrogéntartalmat eredményezett a talajban, mint a legnagyobb N műtrágya dóziszú szalmatrágyás kezelésekből. A talaj nitrogéntartalma szignifikánsan is nagyobb volt az I., IV.,

V., VI. és XI. vetésforgókban, mint amely volt a III., VII., VIII., IX., XII. és XV. vetésforgókban.

**1. táblázat.** A talaj összes szén- és nitrogéntartalma (Westsik-féle vetésforgó kísérlet, 2016.)

<b>Vetésforgó</b>	<b>C% (m/m %)</b>	<b>N% (m/m %)</b>	<b>C/N arány</b>
<b>I</b>	0,529 <sup>def</sup>	0,060 <sup>def</sup>	8,87 <sup>abc</sup>
<b>II</b>	0,437 <sup>bcd</sup>	0,051 <sup>cd</sup>	8,62 <sup>a</sup>
<b>III</b>	0,403 <sup>bc</sup>	0,045 <sup>bc</sup>	8,94 <sup>abc</sup>
<b>IV</b>	0,557 <sup>ef</sup>	0,058 <sup>def</sup>	9,54 <sup>bcd</sup>
<b>V</b>	0,704 <sup>g</sup>	0,066 <sup>f</sup>	10,59 <sup>e</sup>
<b>VI</b>	0,615 <sup>fg</sup>	0,061 <sup>ef</sup>	10,04 <sup>de</sup>
<b>VII</b>	0,291 <sup>a</sup>	0,034 <sup>a</sup>	8,61 <sup>a</sup>
<b>VIII</b>	0,449 <sup>bcd</sup>	0,048 <sup>bc</sup>	9,34 <sup>abcd</sup>
<b>IX</b>	0,345 <sup>ab</sup>	0,039 <sup>ab</sup>	8,74 <sup>a</sup>
<b>X</b>	0,446 <sup>bcd</sup>	0,051 <sup>cd</sup>	8,78 <sup>ab</sup>
<b>XI</b>	0,580 <sup>ef</sup>	0,065 <sup>f</sup>	8,85 <sup>abc</sup>
<b>XII</b>	0,421 <sup>bcd</sup>	0,048 <sup>bc</sup>	8,84 <sup>abc</sup>
<b>XIII</b>	0,508 <sup>cde</sup>	0,053 <sup>cde</sup>	9,57 <sup>cd</sup>
<b>XIV</b>	0,496 <sup>cde</sup>	0,053 <sup>cde</sup>	9,32 <sup>abcd</sup>
<b>XV</b>	0,411 <sup>bc</sup>	0,045 <sup>bc</sup>	9,13 <sup>abc</sup>
<b>Főátlag</b>	0,479	0,052	9,184

A különböző betűk az átlagok közötti szignifikáns különbségeket jelölik (Tukey-teszt,  $P < 0,05$ ).

A nitrogénműtrágya adag növelésével növelhető a talajban lévő szerves anyagok stabilizációja (Swanston et al., 2004). A nitrogénnek fontos szerepe van a talajok szerves széntartalmának növelésében (Hagedorn et al., 2003, Malhi et al., 2003, Blair et al., 2006, Jagad Amma et al., 2007, Lemke, 2010). A felvehető tápanyagok növelésével kedvezően befolyásoljuk a növények fejlődését, így emelkedik a növény által előállított szerves anyag, mely a talajba forgatva a talaj széntartalmát is növeli.

A talaj szén- és nitrogén aránya (C/N) 8,61 és 10,59 közötti volt. A C/N arány 9,00 alatti volt a trágyázás nélküli (I.), a fővetésű csillagfürt termesztéses (II., III., IX.), az istállótrágyás (X., XI.), a másodvetésű zöldtrágyázásban is részesülő őszi vetésű takarmány-termesztéses (XII.) és a műtrágya nélküli szalmatrágyás (VII.) vetésforgókban. A C/N arány 9,00-10,00 közötti volt a legkisebb adagú szalmatrágyás (IV.) és a másodvetésű zöldtrágyás (VIII., XIII., XIV., XV.) vetésforgókban, míg 10,00 feletti volt a két legnagyobb adagú szalmatrágyás + NPK műtrágyás (V., VI.) vetésforgóban. A C/N arány szignifikánsan kisebb volt az I., II., III., VII., IX., X., XI., XII. és XV. vetésforgókban, mint az V. és VI. vetésforgókban.

A talajban a C/N arány kedvezőbben alakult azokban a vetésforgókban, amelyekben fővetésben természetünk csillagfürtöt (II., III., IX.), istállótrágyázást alkalmaztunk (X., XI.), a szalmatrágyázás műtrágya nélkül történt (VII.) vagy trágyázást nem végeztünk, de a talaj időszakosan pihentetve volt (I.). A legtágabb C/N arány azokban a kezelésekben volt, amelyekben nagy műtrágyaadagot nagy adagú szalmatrágyázással kombináltunk (V., VI.).

A C/N arány többnyire azokban a vetésforgókban volt kisebb, ahol a széntartalom is kisebb volt. Ettől az I. és a XI. vetésforgók példái tértek el, melyekben a széntartalom magas, a főátlag feletti volt, viszont a C/N arány kisebb volt, kedvezőbben alakult, mint a vetésforgók többségében. A kísérletben alkalmazott trágyázási módok közül az istállótrágyázás a talajban nagyobb széntartalom mellett is kedvezőbb C/N arányt tudott biztosítani, mint a szalmatrágyázás vagy a másodvetésű zöldtrágyázás.

A talaj szervesanyag-tartalma fontos szerepet játszik a talaj biológiai és kémiai folyamataiban. A szervesanyag a különböző szervestrágyázási módokkal és a növényi maradványokkal kerül a talajba, amely nagymértékben befolyásolja a talaj N forgalmát, mivel a talajban lévő szervesanyag bontása fontos a mikrobiális N-immobilizáció szempontjából. A szervestrágyázás műtrágyázással kiegészítve nemcsak a talajban lévő mikroorganizmusok aktivitását és a talaj szerves C mennyiségét növeli, hanem javítja a talaj C/N arányát is. A talaj szerves anyagában lévő nitrogén a talaj termékenységének fontos eleme, de nem mindig áll rendelkezésre a megfelelő időben és mennyiségben a növények számára. A talaj C/N aránya jelzi a szervesanyag-bontás intenzitását és a szervesanyag minőségét. A C/N arány csökkenése a stabilabb szervesanyagra jelenlétére utal (Bird et al., 2002, Paré et al., 2013).

Szili-Kovács et al. (2009) talajbiológiai és talajkémiai változók közötti összefüggéseket vizsgálták. Eredményeik alapján a talaj szerves-C és -N tartalma eltért a tavaszi és őszi mintavételek között. A talaj szerves-C és -N tartalma áprilisban kisebb volt, mint novemberben. Ezt azzal magyarázták, hogy a szervesanyag-képződés novembertől áprilisig lecsökken, ugyanakkor a lebontás folyamatosan történik. A szerves anyag minősége nem csak attól függ, hogy milyen a talajba kerülő növényi maradvány elemtartalma, C/N aránya, vagy milyen fajta szerves trágyát juttatunk ki, hanem változhat aszerint is, hogy az év mely időszakában vizsgáljuk, és hogyan alakul a mikrobiális aktivitás, milyen mértékű a N-immobilizáció

A burgonya gumótermése 7,4-20,6 t/ha között változott (2. táblázat). A három legkisebb termést az I., VII. és XV. vetésforgókban takarítottuk be (7,4-8,6 t/ha). A burgonyatermés a fővetésű (II., III., VIII., IX.) és a másodvetésű (XII., XIII., XIV.) csillagfürt termesztéses + NPK műtrágyás vetésforgókban alig különbözött egymástól: 12,5-14,8 t/ha között alakult. A gumótermés a legkisebb adagú szalmatrágyás + NPK műtrágyás vetésforgóban

(IV.) hasonló volt, mint a főátlag (13,4 t/ha), míg a két nagyobb adagú szalmatrágyás + NPK műtrágyás vetésforgóban (V., VI.) magasabb volt, mint a főátlag és megelőzte a zöldtrágyás vetésforgókban mért terméseket is (15,0-16,0 t/ha). A két legnagyobb termést az istállótrágyás vetésforgókban (X., XI.) takarítottuk be (18,8 ill. 20,6 t/ha). A X. és XI. vetésforgók burgonyatermése szignifikánsan különbözött az I., VII. és XV. vetésforgók terméseitől.

**2. táblázat.** Burgonya gumótermés (Westsik-féle vetésforgó kísérlet, 2016.)

Vetésforgó	Összes gumótermés (t/ha)	55 mm feletti gumótermés (t/ha)	35-55 mm közötti gumótermés (t/ha)	28-35 mm közötti gumótermés (t/ha)
<b>I</b>	8,35 <sup>ab</sup>	0,00 <sup>a</sup>	6,93 <sup>ab</sup>	1,42 <sup>a</sup>
<b>II</b>	12,60 <sup>abc</sup>	2,52 <sup>abc</sup>	7,83 <sup>ab</sup>	2,25 <sup>a</sup>
<b>III</b>	12,53 <sup>abc</sup>	3,35 <sup>abc</sup>	7,85 <sup>ab</sup>	1,34 <sup>a</sup>
<b>IV</b>	13,41 <sup>abc</sup>	2,58 <sup>abc</sup>	8,92 <sup>ab</sup>	1,92 <sup>a</sup>
<b>V</b>	15,24 <sup>abc</sup>	4,75 <sup>abc</sup>	9,50 <sup>ab</sup>	0,99 <sup>a</sup>
<b>VI</b>	15,70 <sup>bc</sup>	6,72 <sup>c</sup>	8,00 <sup>ab</sup>	0,98 <sup>a</sup>
<b>VII</b>	8,54 <sup>ab</sup>	1,66 <sup>abc</sup>	5,40 <sup>a</sup>	1,48 <sup>a</sup>
<b>VIII</b>	12,57 <sup>abc</sup>	2,16 <sup>abc</sup>	8,63 <sup>ab</sup>	1,78 <sup>a</sup>
<b>IX</b>	13,11 <sup>abc</sup>	1,33 <sup>ab</sup>	9,35 <sup>ab</sup>	2,44 <sup>a</sup>
<b>X</b>	18,79 <sup>c</sup>	4,72 <sup>abc</sup>	12,08 <sup>b</sup>	1,99 <sup>a</sup>
<b>XI</b>	20,57 <sup>c</sup>	6,37 <sup>bc</sup>	12,02 <sup>b</sup>	2,18 <sup>a</sup>
<b>XII</b>	14,38 <sup>abc</sup>	4,64 <sup>abc</sup>	7,85 <sup>ab</sup>	1,89 <sup>a</sup>
<b>XIII</b>	13,82 <sup>abc</sup>	4,77 <sup>abc</sup>	7,12 <sup>ab</sup>	1,94 <sup>a</sup>
<b>XIV</b>	13,26 <sup>abc</sup>	2,51 <sup>abc</sup>	9,10 <sup>ab</sup>	1,65 <sup>a</sup>
<b>XV</b>	7,36 <sup>a</sup>	0,38 <sup>a</sup>	4,91 <sup>a</sup>	2,07 <sup>a</sup>
<b>Főátlag</b>	13,35	3,23	8,37	1,75

A különböző betűk az átlagok közötti szignifikáns különbségeket jelölik (Tukey-teszt, P<0,05).

A gumótermés az 55 mm feletti méretosztályban 6 t/ha feletti a VI. és a XI., 4-6 t/ha közötti az V., X., XII., XIII., 2-4 t/ha közötti a II., III., IV., VIII., XIV. és 2 t/ha alatti pedig az I., VII., IX. és XV. vetésforgóban volt. A 35-55 mm átmérő közötti gumótermés a vetésforgók átlagában 8,4 t/ha volt. A 35-55 mm közötti méretosztályban a legalacsonyabb, 7 t/ha alatti terméseket az I., VII., XV., a 7-8 t/ha közötti terméseket a II., III., XII., XIII., a 8-9 t/ha közötti terméseket a IV., VI., VIII., a 9-10 t/ha közötti terméseket az V., IX., XIV. és a 10 t/ha feletti terméseket a X. és XI. vetésforgók adták. A 28-35 mm méretosztályban a vetésforgók gumótermése nem különbözött jelentősen egymástól: 1,0-2,5 t/ha között változott. A 28-35 mm méretosztályban a kisebb,

főátlag alatti termések az I., III., V., VI., VII. és XIV., míg a nagyobb, főátlag feletti termések a II., IV., VIII., IX., X., XI., XII., XIII. és XV. vetésforgókban voltak.

Az összes burgonyatermést a legnagyobb mértékben az istállótrágyázás növelte. Az istállótrágyázás hatása NPK műtrágya nélkül is kedvező volt, és a második legnagyobb gumótermést eredményezte. A gumótermés a vizsgált méretosztályokban a különféle trágyázási módok hatására eltérően alakult. Az 55 mm feletti méretosztályban a legnagyobb gumótermés a legnagyobb szalmatrágya adagú + NPK műtrágyás kezelésben volt, azonban ettől alig maradt el az istállótrágyás + NPK műtrágyás kezelésű vetésforgó termése. A 35-55 mm méretosztályban a két legnagyobb termést a két istállótrágyás vetésforgó adta. A legkisebb, 28-35 mm méretosztályban a legnagyobb terméseket a csillagfürt zöldtakarmány-termesztéses és a fővetésű csillagfürt zöldtrágyás vetésforgóban takarítottuk be.

A szerves trágyák kedvezően befolyásolják a burgonya fejlődését. Az istálló-, szalma- és zöldtrágyák amellet, hogy makro és mikroelemekkel látják el a burgonyát, segítik az optimális talajélet és a talajszerkezet fenntartását is (Antal, 1999; Antal et al. 2005; Bocz 1992). Baniuniene & Zekaite (2008) többéves kísérletben vizsgálta a szerves és műtrágyás kezelések hatását a burgonya termésére. Különböző variációjú műtrágyás kezeléseket (NP, NK, PK, NPK), valamint azok istállótrágyás kombinációit alkalmazták. Az istállótrágya 35-82%-kal növelte a burgonyatermést a műtrágyás kombinációktól függően.

A talaj szén- és nitrogéntartalma, a szén/nitrogén arány és a burgonyatermés közötti lineáris összefüggés vizsgálat eredményét a 3. táblázatban látjuk. A talaj összes széntartalma és az összes gumótermés közötti kapcsolat pozitív, közepes volt ( $r=0,461$ ), azonban ez nem volt statisztikailag igazolható. A talaj összes széntartalma és az 55 mm feletti gumótermés közötti összefüggés megbízható, pozitív, közepes ( $r=0,531$ ,  $P<5\%$ ) volt. Az összefüggés a talaj összes nitrogéntartalma és az összes gumótermés között pozitív, közepes ( $r=0,519$ ,  $P<5\%$ ), a talaj összes nitrogéntartalma és az 55 mm feletti gumótermés között pozitív, közepes ( $r=0,519$ ,  $P<5\%$ ), míg a C/N arány és a 28-35 mm méretosztályban mért gumótermés között negatív, közepes ( $r=-0,619$ ,  $P<5\%$ ) volt.



**3. táblázat.** A talaj összes szén- és nitrogéntartalma, a szén/nitrogén arány és a burgonyatermés összefüggése (lineáris összefüggés korrelációs koefficiensei, r-értékek, \*P<5%)

<b>Pearson-féle korreláció</b>	<b>Összes gumótermés (t/ha)</b>	<b>55 mm feletti gumótermés (t/ha)</b>	<b>35-55 mm közötti gumótermés (t/ha)</b>	<b>28-35 mm közötti gumótermés (t/ha)</b>
<b>C% (m/m %)</b>	0,461	0,531*	0,383	-0,458
<b>N% (m/m %)</b>	0,519*	0,519*	0,468	-0,320
<b>C/N aránya</b>	0,185	0,397	0,060	-0,619*

A Westsik-féle vetésforgó kísérletben a burgonyatermés többnyire nagyobb volt ott, ahol nagyobb volt a talaj összes szén- és nitrogéntartalma. A burgonyatermés a talaj összes nitrogéntartalmával szorosabb összefüggésben volt, mint a talaj összes széntartalmával. A talaj összes szén- és nitrogéntartalma az 55 mm feletti gumótermést jobban befolyásolta, mint a 35-55 mm vagy a 28-35 mm méretosztályban mért gumótermést. A talaj C/N arányának alakulása az összes gumótermésre nem volt igazolható hatással, azonban a C/N arány a méretfrakciók termései közül a 28-35 mm közötti gumóterméssel negatív kapcsolatban volt. Azokban a vetésforgókban, melyekben a C/N arány kisebb volt, ott a 28-35 mm átmérőjű gumótermés többnyire nagyobb volt.

### **KÖVETKEZTETÉSEK**

A talaj összes széntartalmát a trágyázási módok és a vetésszerkezet együttesen befolyásolták. A talaj összes széntartalma magasabb volt a szalmatrágyás + NPK műtrágyás és az istállótrágyás + NPK műtrágyás kezeléseknél, mint a zöldtrágyás + NPK műtrágyás kezelésű területeken. E mellett a talaj összes széntartalma nagyobb volt azokban a vetésforgókban is, melyekben a rozs és burgonya aránya 2:1 volt, mint amelyekben a rozs, burgonya és csillagfürt aránya 1:1:1 volt. A talaj összes széntartalmát növelte a trágyázás során kijuttatott szalma (szalmatrágya, istállótrágya) és a helyben megtermelt szalma is (nagyobb részarányban termesztett rozs). A talaj összes nitrogéntartalma a növekvő nitrogénműtrágya adagok hatására emelkedett. A talaj összes nitrogéntartalmát a szerves trágyák közül az istállótrágya növelte a legnagyobb mértékben. A C/N arány kedvezőbben alakult a nitrogénműtrágya nélküli vagy kisadagú nitrogénműtrágyás + zöld- és istállótrágyás vetésforgókban, mint a nagyadagú nitrogénműtrágyás + nagyadagú szalmatrágyás vetésforgókban. A burgonya gumótermésére a talaj összes szén- és nitrogéntartalma egyaránt hatással volt. Azokban a vetésforgókban, melyekben nagyobb volt a talaj összes

szén- és nitrogéntartalma, nagyobb volt a gumótermés is. A talaj összes szén- és nitrogéntartalma az étkezési méretű (55 mm <) gumóterméssel szorosabb összefüggésben volt, mint a vető méretű (35-55 mm, 28-35 mm) gumóterméssel.

Azokon a területeken, ahol a szerves anyag pótlása a talaj termékenységének fenntartása szempontjából kiemelkedő jelentőségű, az istállótrágyázást javasoljuk. Az istállótrágya a talajban nagyobb széntartalom mellett is kedvezőbb C/N arányt biztosított, mint a szalmatrágyázás vagy a másodvetésű zöldtrágyázás, továbbá kiemelkedő burgonyatermést is eredményezett.

## **IRODALOMJEGYZÉK**

1. ANTAL, J. 1999. A szántóföldi növények trágyázása. In: Tápanyag-gazdálkodás. Füleky, GY. (eds). Mezőgazda Kiadó, Budapest. pp. 295-366.
2. ANTAL, J., KRUPPA, J., POCSAI, K., SÁRVÁRI, M. 2005. Burgonya. In: Növénytermesztés 2. Antal, J. (eds). Mezőgazda Kiadó, Budapest. pp. 51-87.
3. BANIUNIENE, A. & ZEKAITE, V. 2008. The effect of mineral and organic fertilizers on potato tuber yield and quality. *Agronomijas Vestis (Latvian Journal of Agronomy)*. No. 11. LLU. pp. 202-206.
4. BIRD, J. A., VAN KESSEL, C. & HORWATH, W.R. 2002. Nitrogen dynamics in humic fractions under alternative straw management in temperate rice. *Soil Sci Soc Am J* **66**, pp. 478-488.
5. BLAIR, N., FAULKNER, R. D., TILL, A. R. & POULTON, P. R. 2006. Long-term management impacts on soil C, N and physical fertility: Part I: Broadbalk experiment. *Soil and Tillage Research*. **91**, pp. 30-38.
6. BOCZ, E. 1992. Burgonya. In: Szántóföldi növénytermesztés. Bocz, E. (eds). Mezőgazda Kiadó, Budapest. pp. 574-617.
7. BRAR, B. S., SINGH, K., DHERI, G. S. & BALWINDER-KUMAR 2013. Carbon sequestration and soil carbon pools in a rice-wheat cropping system: Effect of long-term use of inorganic fertilizers and organic manure. *Soil and Tillage Research*. **128**, pp. 30-36.
8. FILEP, GY. 1995. Talajtani alapismeretek I. Debreceni Agrártudományi Egyetem, Debrecen. p. 195.
9. HADHÁZY, Á., HENZSEL, I. 2012. A talajhasználati módok hatása a talaj tulajdonságaira. In: Využívanie pôd v prihraničnej oblasti Slovensko – Maďarsko Szerk. Balla, P. Centrum vyskumu a rastlinnej výroby Piestany Vyskumny ustav agroekológie, Michalovce. pp. 3-8. ISBN 978-80-89417-38-4
10. LOCH, J. 1992. Agrokémia. In: Agrokémia és növényvédelmi kémia. Szerk. Loch, J., Nosticzius, Á. Mezőgazda kiadó, Budapest. pp. 17-210.

11. PARÉ, M. C. & BEDARD-HAUGHN, A. 2013. Soil organic matter quality influences mineralization and GHG emissions in cryosols: a field-based study of sub-to high. Arctic. Global Change Biol. **19**. pp. 1126–1140.
12. PADRE, T., LADHA, J. K., REGMI, A. P., BHANDARI, A. L. & INUBUSHI, K. 2007. Organic amendments affect soil parameters in two long-term rice–wheat experiments. Soil Science Society of America Journal, **71**. pp. 442-452.
13. STEFANOVITS, P., FILEP, GY., FÜLEKY, GY. 1999. Talajtan. Mezőgazda Kiadó, Budapest. p. 415.
14. SU, Y. Z., WANG, F., SUO, D. R., ZHANG, Z. H. & DU, M. W. 2006. Long-term effect of fertilizer and manure application on soil–carbon sequestration and soil fertility under the wheat–wheat–maize cropping system in northwest China. Nutrient Cycling in Agroecosystems. **75**. pp. 285-295.

### **Köszönetnyilvánítás**

Levelezési cím:

Henzsel István – Debreceni Egyetem AKIT Nyíregyházi Kutatóintézet, 4400 Nyíregyháza, Westsik V. utca 4-6.

E-mail: [henzsel@agr.unideb.hu](mailto:henzsel@agr.unideb.hu)

# A SZERVESANYAG-GAZDÁLKODÁS SZEREPE A TALAJDEGRADÁCIÓ ELLENI VÉDEKEZÉSBN A WESTSIK-FÉLE VETÉSFORGÓ TARTAMKÍSÉRLET EREDMÉNYEI ALAPJÁN

## THE ROLE OF ORGANIC MATTER MANAGEMENT IN PROTECTION AGAINST SOIL DEGRADATION BASED ON THE RESULTS OF WESTSIK'S CROP ROTATION LONG-TERM EXPERIMENT

HENZSEL István, HADHÁZY Ágnes, GYÖRGYI Gyuláné, TÓTH Gabriella,  
SIPOS Tamás, ARANYOS Tibor József  
*Debreceni Egyetem AKIT Nyíregyházi Kutatóintézet*

### **Absztrakt**

A vizsgálatokat a DE AKIT Nyíregyházi Kutatóintézet Westsik-féle vetésforgó tartamkísérletében végeztük. A kísérlet 1929-ben lett létrehozva. Célja a talaj termékenységének fenntartása. A kísérlet 14 hároméves és egy négyéves vetésforgót foglal magába, melyekben a tápanyagpótlás szalma-, istálló- és zöldtrágyázással, valamint a szerves trágyák NPK műtrágyás kombinációival történik. A kísérlet talaja homoktalaj, melynek Arany-féle kötöttségi értéke 27-29 közötti. Cikkünkben vizsgáltuk, hogy egy laza homoktalajon hogyan lehet védekezni a talaj szervesanyag-tartalmának csökkenése ellen.

A szervesanyag-gazdálkodás egyaránt fontos elemei a talaj szervesanyag-tartalom csökkenésének megakadályozása és a szerves anyag pótlása. Egy homoktalajon a szélerózió ellen hathatósan védekezhetünk őszi vetésű növények termesztésével, vagy a tavaszi szántás alkalmazásával, ahol a szármaradványok akadályozzák a széleróziót a szántás idejéig. A szerves anyag pótlásának egyik fontos eszköze az olyan kezelések alkalmazása, mellyel a termesztett növények fejlődést segítjük, mely következtében nagyobb mennyiségű szerves anyag kerül a talajba. A szerves anyag pótlásának másik fontos eszköze a szerves trágyázás, mellyel szintén tudjuk emelni a talaj humusztartalmát. A szerves anyagpótlást befolyásolja a trágyázás módja is. Egy talajdegradációnak kitett területen az erjesztett szalmatrágyázást, vagy az istállótrágyázást jobban javasoljuk, mint a zöldtrágyázást.

**Kulcsszavak:** szerves anyag, istállótrágya, szalmatrágya, zöldtrágya

## **Abstract**

Our work was carried out in the Westsik's crop rotation long-term experiment, of the Research Institute of Nyíregyháza, IAREF, University of Debrecen, Hungary. The experiment was established in 1929. Main purpose of this experiment is to maintain the soil fertility. The experiment includes 14 three-years-long and 1 four-year-long crop rotations. The applied manuring methods are: straw-, farmyard-, and green manures with or without NPK fertilizers. The soil of this experiment is sandy soil and the plasticity index according to Arany is between 27-29.

Preventing the loss of soil organic matter and supply organic matter are both important elements of organic matter management. Sandy soil can be effectively protected against erosion by spring sown plants or by spring ploughing, where the stems residues prevent the erosion until the ploughing. An important tool for organic matter replacement is the application of treatments that help the development of cultivated plants, as a result of more organic matter input into the soil. An other important tools of organic material input is the organic manure application which can increase the organic matter content of soil. The organic matter input is influenced by the manuring methods. In an area exposed to soil degradation, the use of fermented straw manure or farmyard manure is more recommended than green manure.

**Keywords:** organic matter, farmyard manure, straw manure, green manure

## **BEVEZETÉS**

A talaj szervesanyag-készletét több tényező befolyásolhatja. A talaj szervesanyag-tartalmát csökkenti a szerves anyag ásványosodása, vagy az erózió, míg gyarapítja a természetett növények szár- és gyökérmaradványa, valamint a kijuttatott szerves trágyák. A szerves anyag átalakulása összetett folyamat. Mechanikai aprítással kezdődik, majd a szerves anyag enzimes lebontása következik. A könnyen bontható szerves anyagok megfelelő feltételek között gyorsan ásványosodnak. A lebontás során különböző végtermékek keletkeznek, mint pl. a  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{CH}_4$ . A szerves anyag átalakulása hosszabb időt igénylő, összetett folyamat. A nehezen bontható vegyületek jelentős része polimerizálódik, valamint N-tartalmú anyagokkal kapcsolódik össze. Nagy molekulájú, sötét színű, viszonylag stabil, új vegyületekké alakul át, melyeket humuszanyagoknak nevezünk. Az átalakult szerves anyag szerepe sokrétű. A stabil, tartós szerkezetű humusz inkább a talaj szerkezetének alakításában játszik szerepet, míg a könnyebben bomló humusz inkább a növények és mikrobák táplálásában vesz részt. A talajban a keletkező és az elbomló humusz

mennyisége közel állandó, ha a körülmények nem változnak (hasonló a talaj levegőzőtsége, hasonló a vegetáció). A humuszkészletnek átlagosan 3%-a újul meg évente a mérsékelt égövben. A humusztartalom-megújulás azonban csak a könnyen bomló hányadot érinti, a stabil humuszanyagok évszázadokig is megmaradnak (Stefanovits et al, 1999; Filep, 1995).

Cikkünkben bemutatjuk, hogy egy laza homoktalajon hogyan lehet védekezni a talaj szervesanyag-tartalmának csökkenése ellen. Vizsgáljuk, hogy különböző trágyázási módok hatására hogyan alakul a talaj humusztartalma, kémhatása és a leiszapolható részek aránya, valamint milyen kapcsolat van ezen paraméterek között.

## **ANYAG ÉS MÓDSZER**

A vizsgálatokat a DE AKIT Nyíregyházi Kutatóintézet Westsik-féle vetésforgó tartamkísérletében végeztük. A kísérlet 1929-ben lett létrehozva. Célja a talaj termékenységének fenntartása. A kísérlet 14 hároméves és egy négyéves vetésforgót foglal magába (1. táblázat), melyekben a tápanyagpótlás szalma-, istálló és zöldtrágyázással, valamint a szerves trágyák NPK műtrágyás kombinációival történik. A kísérlet talaja homoktalaj, melynek Arany-féle kötöttségi értéke 27-29 közötti.

A vetésforgókban alkalmazott műtrágya dózisok a következők: II., III., XI. és XII. vetésforgók 43 kg/ha, a VIII., IX., XIII. és XIV. vetésforgók 86 kg/ha, a IV., V. és VI. vetésforgók pedig 108 kg/ha N hatóanyagú műtrágyát kapnak. A 11 műtrágyás vetésforgó foszforműtrágya adagja egységesen 94 kg/ha  $P_2O_5$  és 84 kg/ha  $K_2O$  hatóanyag. Az I, VII., X. és XV. vetésforgók nem kapnak műtrágyát.

A vetésforgó kísérlet egy dombvonulaton helyezkedik el, így lehetőségünk van a kezeléseket eltérő domborzati viszonyok között is tanulmányozni. A kísérleti parcellákban 300 m<sup>2</sup>-es mintaterületeket alakítottunk ki a domborzat változásának megfelelően. A vizsgálatokhoz a talajmintákat 2011-ben, a termesztett növények (rozs, burgonya, csillagfürt, zabos bükköny) betakarítása előtt, a felső 25 cm-es talajrétegből vettük. Egy minta hat pontból szedett részminta összekeverésével készült. A talaj humusztartalmának meghatározása az MSZ 21470:1983 2., a talaj pH értékének meghatározása az MSZ-08-0206-2:1978 2.1. és a talaj leiszapolható részeinek meghatározása az MSZ-08-0205:1978 2. vizsgálati módszer szerint történt.

1. táblázat. A Westsik-féle kísérlet vetésforgó szakaszai

Vetés-forgó	1. szakasz	2. szakasz	3. szakasz	4. szakasz
I.	Parlag	Rozs	Burgonya	
II.	Csillagfürt zöldtrágya	Rozs	Burgonya	
III.	Csillagfürt	Rozs	Burgonya	
IV.	Rozs, 3,5 t/ha szalmatrágya	Burgonya	Rozs	
V.	Rozs, 11,3 t/ha szalmatrágya	Burgonya	Rozs	
VI.	Rozs, 26,1 t/ha szalmatrágya	Burgonya	Rozs	
VII.	Rozs, 26, t/ha szalmatrágya	Burgonya	Rozs	
VIII.	Csillagfürt	Rozs+csillagfürt zöldtrágya	Burgonya	Rozs
IX.	Csillagfürt zöldtakarmány	Rozs	Burgonya	
X.	Bükköny+zab, 26,1 t/ha istállótrágya	Rozs	Burgonya	
XI.	Bükköny+zab, 26,1 t/ha istállótrágya	Rozs	Burgonya	
XII.	Rozs zöldtakarmány + csillagfürt zöldtr.	Rozs	Burgonya	
XIII.	Rozs+csillagfürt zöldtrágya	Burgonya	Rozs	
XIV.	Rozs+csillagfürt zöldtrágya	Burgonya	Rozs	
XV.	Rozs+csillagfürt zöldtrágya	Burgonya	Rozs	

Az adatokat egytényezős varianciaanalízissel értékeltük ( $P < 0,05$ ), az átlagok összehasonlítására Tukey-tesztet használtunk. A paraméterek főátlagainak számításához a 15 vetésforgó kísérletben mért adatokat átlagoltuk. A talaj humusztartalma,  $pH_{(KCL)}$  értéke és a leiszapolható részek aránya közötti összefüggés vizsgálatához Pearson-féle korrelációt alkalmaztunk.

## EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

A vetésforgók parcelláiban a tengerszint feletti magasság az alacsonyabb elhelyezkedésű területen kialakított mintaterület esetében 103,56-104,97 m közötti volt, míg a dombvonulat kialakított mintaterületen 104,70-109,49 m között változott. A vetésforgók közötti tengerszint feletti magasság-különbség az alacsonyabb fekvésű területen viszonylag kicsi volt, azonban a dombvonulat jelentősebb eltérések is voltak. A szintmagasság-különbség a két vizsgált mintaterület között egy-egy vetésforgón belül 0,57-4,83 m közötti volt.

A talaj  $pH_{(KCL)}$  értéke az alacsonyabb fekvésű területen 3,87-5,48 közötti volt (2. táblázat). A talaj  $pH_{(KCL)}$  értéke 4,0 alatti volt a II., IX. és XIV., 4,0-4,5 közötti volt a III., IV., VI., VIII., XII., XIII. és XV., 4,5-5,0 közötti volt a X. és

XI. és 5,0 felett volt az V. és VII. vetésforgókban. A talaj pH<sub>(KCl)</sub> értéke szignifikánsan is nagyobb volt az V. és VII. vetésforgóban, mint a XIV. vetésforgóban. A talaj kémhatása a kísérleti parcellákban savanyú volt, egyikben sem haladta meg az 5,5 értéket.

A leiszapolható részek aránya az alacsonyabb fekvésű területen 4,23-10,37% között változott. 6% alatti értéket a VI., IX., X. és XI., 6-8% közötti értéket a II., IV., V., VII., VIII., XII., XIII. és 8% feletti értéket az I., III., XIV. és XV. vetésforgókban mértünk. A leiszapolható részek aránya a Tukey-teszt alapján a vetésforgók között szignifikánsan nem különbözött. A kísérletben az agyag és az iszap aránya a vetésforgók többségében 10% alatti, míg egy esetben 10% körüli volt. Az alacsony, 10% alatti leiszapolható részarány kedvezőtlen, mert az ilyen talajt a szél képes mozgatni, és olyan időszakokban, amikor nem borítja növényzet a talajt, jelentős lehet a szélerezózió.

**2. táblázat.** A tengerszint feletti magasság és a talajvizsgálati adatok az alacsonyabb fekvésű területen (Westsik-féle vetésforgó kísérlet, 2011.)

Vetés-forgó	Tengerszint feletti magasság (m)	pH <sub>(KCl)</sub>	A leiszapolható részek aránya (%)	Humusztartalom (%)
<b>I.</b>	104,41	4,47 <sup>abc</sup>	8,80 <sup>a</sup>	0,72 <sup>bc</sup>
<b>II.</b>	104,64	3,95 <sup>ab</sup>	7,55 <sup>a</sup>	0,71 <sup>abc</sup>
<b>III.</b>	104,66	4,27 <sup>ab</sup>	10,37 <sup>a</sup>	0,74 <sup>bc</sup>
<b>IV.</b>	104,52	4,33 <sup>abc</sup>	6,05 <sup>a</sup>	0,82 <sup>bc</sup>
<b>V.</b>	104,04	5,48 <sup>c</sup>	6,59 <sup>a</sup>	0,91 <sup>c</sup>
<b>VI.</b>	103,56	4,44 <sup>abc</sup>	5,50 <sup>a</sup>	0,77 <sup>bc</sup>
<b>VII.</b>	103,77	5,11 <sup>bc</sup>	6,53 <sup>a</sup>	0,61 <sup>ab</sup>
<b>VIII.</b>	104,41	4,34 <sup>abc</sup>	7,75 <sup>a</sup>	0,63 <sup>ab</sup>
<b>IX.</b>	104,97	3,99 <sup>ab</sup>	4,23 <sup>a</sup>	0,46 <sup>a</sup>
<b>X.</b>	104,97	4,88 <sup>abc</sup>	4,52 <sup>a</sup>	0,62 <sup>ab</sup>
<b>XI.</b>	104,14	4,79 <sup>abc</sup>	5,57 <sup>a</sup>	0,74 <sup>bc</sup>
<b>XII.</b>	104,01	4,19 <sup>ab</sup>	6,91 <sup>a</sup>	0,69 <sup>abc</sup>
<b>XIII.</b>	104,00	4,08 <sup>ab</sup>	6,99 <sup>a</sup>	0,74 <sup>bc</sup>
<b>XIV.</b>	104,50	3,87 <sup>a</sup>	8,79 <sup>a</sup>	0,73 <sup>bc</sup>
<b>XV.</b>	104,38	4,13 <sup>ab</sup>	8,09 <sup>a</sup>	0,64 <sup>ab</sup>
<b>Átlag</b>	<b>104,33</b>	<b>4,42</b>	<b>6,95</b>	<b>0,70</b>

A különböző betűk az átlagok közötti szignifikáns különbségeket jelölik (Tukey-teszt, P<0,05).

A talaj humusztartalma az alacsonyabb fekvésű területen 0,46-0,91% között alakult. A humusztartalom 0,65% alatti volt a VII. műtrágya nélküli szalmatrágyás, a VIII. csillagfürt magtermesztéses + másodvetésű zöldtrágyás, a IX. csillagfürt zöldtakarmány-termesztéses, a X. műtrágya nélküli



istállótrágyás és a XV. műtrágya nélküli másodvetésű zöldtrágyás vetésforgókban. A talaj humusztartalma 0,65-0,70% közötti volt a XII. rozszöldtakarmány-termesztéses + másodvetésű zöldtrágyás vetésforgóban, 0,70-0,75% között mozgott az I. trágyázás nélküli, a II. fővetésű zöldtrágyás, a III. csillagfűrt magtermesztéses, a XI. istállótrágyás, továbbá a XIII. és XIV. másodvetésű zöldtrágyás vetésforgókban, míg 0,75% feletti volt a IV., V. és VI. szalmatrágyás vetésforgókban. A talaj humusztartalma az alacsonyabb fekvésű területen szignifikánsan is nagyobb volt az I., III., IV., V., VI., XI., XIII. és XIV. vetésforgókban, mint a IX. vetésforgóban. A talaj humusztartalma mindegyik vetésforgó kísérletben alacsony volt, sehol sem haladta meg az 1%-ot.

A talaj  $pH_{(KCl)}$  értéke a dombon 3,92-5,13 között alakult (3. táblázat). Alacsony, 4,0 alatti értéket a IV. és XIV. vetésforgókban mértünk. A  $pH_{(KCl)}$  érték a dombon a vetésforgók többségében 4,0-4,5 közötti volt (I., II., III., V., VI., VIII., IX., XII., XIII., XV.) és három vetésforgó esetében (VII., X., XI.) haladta meg a 4,5 értéket. A talaj  $pH_{(KCl)}$  értéke a dombon szignifikánsan nagyobb volt a VII., X. és XI. vetésforgókban, mint a többi vetésforgóban.

A leiszapolható részek aránya a dombvonulaton 3,55-7,67% között mozgott. A leiszapolható részek aránya 5% alatti volt az I., II., III., IV., V. és VI. vetésforgókban. 5-6% között változott a VII. és XIII., 6-7% között alakult a IX., X. és XI., míg 7% feletti volt a VIII., XII., XIV. és XV. vetésforgókban. A leiszapolható részek aránya a dombvonulaton szignifikánsan nagyobb volt a VIII., XII., XIV. és XV. vetésforgókban, mint az I., II., III., IV., V., VI. és XIII. vetésforgókban.

A talaj humusztartalma a dombvonulaton 0,31-0,77% közötti volt. A humusztartalom a dombvonulaton 0,4% alatti volt az I., II., III., IX. és XII. vetésforgókban. 0,4-0,5% közötti értéket a XIII., XIV. és XV., 0,5-0,6% közötti értéket a IV. és XI., 0,6-0,7% közötti értéket az V. és X., míg 0,7% feletti értéket a VI., VII. és VIII. vetésforgókban mértünk. A talaj humusztartalma a dombvonulaton szignifikánsan nagyobb volt az V., VI., VII., VIII., X. és XI. vetésforgókban, mint az I., III. és XII. vetésforgókban.

A talajok kémhatása meghatározza a növények fejlődését. A tápelemek oldódásához a semleges - enyhén savanyú kémhatás a legmegfelelőbb. Az erősen savanyú kémhatás toxikus mikrotápelem oldódáshoz és felvételhez vezethet. A savanyú kémhatású talajban csökken a mikroszervezetek tevékenysége, a nitrifikáció pedig akadályozva van. Erősen savanyú talajokban csökken a talajkolloidok stabilitása, mely következtében romlik a talaj szerkezete, és megnő a talajdegradáció veszélye (Loch, 1992).

**3. táblázat.** A tengerszint feletti magasság és a talajvizsgálati adatok a dombvonulat tetején (Westsik-féle vetésforgó kísérlet, 2011.)

Vetés-forgó	Tengerszint feletti magasság (m)	pH <sub>(KCl)</sub>	A leiszapolható részek aránya (%)	Humusz-tartalom (%)
I.	107,69	4,23 <sup>a</sup>	4,19 <sup>ab</sup>	0,31 <sup>a</sup>
II.	109,22	4,20 <sup>a</sup>	4,15 <sup>ab</sup>	0,38 <sup>ab</sup>
III.	109,49	4,14 <sup>a</sup>	4,37 <sup>ab</sup>	0,33 <sup>a</sup>
IV.	108,03	3,92 <sup>a</sup>	3,55 <sup>a</sup>	0,52 <sup>abcd</sup>
V.	107,01	4,06 <sup>a</sup>	4,22 <sup>ab</sup>	0,61 <sup>bcd</sup>
VI.	105,33	4,16 <sup>a</sup>	4,85 <sup>abc</sup>	0,77 <sup>e</sup>
VII.	104,70	5,13 <sup>c</sup>	5,74 <sup>abcd</sup>	0,77 <sup>e</sup>
VIII.	104,98	4,01 <sup>a</sup>	7,37 <sup>d</sup>	0,72 <sup>de</sup>
IX.	106,62	4,05 <sup>a</sup>	6,97 <sup>cd</sup>	0,38 <sup>ab</sup>
X.	107,48	4,96 <sup>c</sup>	6,41 <sup>bcd</sup>	0,62 <sup>cde</sup>
XI.	107,14	4,65 <sup>b</sup>	6,06 <sup>bcd</sup>	0,58 <sup>bcd</sup>
XII.	107,36	4,14 <sup>a</sup>	7,57 <sup>d</sup>	0,35 <sup>a</sup>
XIII.	107,38	4,01 <sup>a</sup>	5,03 <sup>abc</sup>	0,45 <sup>abc</sup>
XIV.	107,66	3,98 <sup>a</sup>	7,30 <sup>d</sup>	0,44 <sup>abc</sup>
XV.	107,49	4,16 <sup>a</sup>	7,67 <sup>d</sup>	0,45 <sup>abc</sup>
<b>Átlag</b>	<b>107,17</b>	<b>4,25</b>	<b>5,70</b>	<b>0,51</b>

A különböző betűk az átlagok közötti szignifikáns különbségeket jelölik (Tukey-teszt, P<0,05).

A Westsik-féle vetésforgó kísérletben a trágyázási módok a talaj kémhatását befolyásolták. Kevésbé volt savanyú a talaj az erjesztett szalmatrágyás (V., VI., VII.) és az istállótrágyás (X., XI.) vetésforgókban, mint a zöldtrágyás vetésforgókban (II., VIII., XII., XIII., XIV., XV.). A szalmatrágya adagja befolyásolhatta a talaj kémhatását. A talaj pH<sub>(KCl)</sub> értéke a legkisebb szalmatrágya adagú (3,5 t/ha) vetésforgóban (IV.) alacsonyabb volt, mint a két nagyobb szalmatrágya adagú (11,3 t/ha, ill. 26,1 t/ha) szalmatrágyás vetésforgókban (V., VI.). A talaj kémhatását a műtrágyázás is befolyásolta. Az azonos szerves trágyázású vetésforgók műtrágyás és műtrágya nélküli kontrolljait összehasonlítva, minden esetben magasabb volt a talaj pH<sub>(KCl)</sub> értéke a műtrágya nélküli kezeléseken a műtrágyás kezeléseikhez viszonyítva (XIII.-XV., VI.-VII., ill. XI.-X.).

Kísérletünkben, a szél alakította dombvonulat talajában, nagyon kicsi, 8% alatti volt a leiszapolható részek aránya, de az alacsonyabban fekvő területen is a vetésforgók többségében 10% alatti volt. Azokban a talajokban, ahol zömében nagy a talajszemcsék átmérője, nagy a homokfrakció aránya, és kevés a humusz- és agyagkolloidok mennyisége, ott kicsi a szemcséket összetapasztó

erő (Stefanovits, 1999). Az ilyen talajok esetében nagy a talajpusztulás veszélye. Ezeken a területeken a talajdegradáció elleni védelem kiemelkedő jelentőségű. Kísérletünkben a szélerezózió elleni védelemre több példa is van. Kísérletünk területén az uralkodó szélirány az északi, ezért a parcellákban a talajművelés és a növények vetésének iránya keleti-nyugati. A kísérletben őszi vetésű növényt is termesztünk, mely már a tavaszi időszakban biztosítja a talaj takarását. Néhány vetésforgó esetében a másodvetésű csillagfürtöt nem ősszel szántjuk le, hanem tavasszal, ez egy további lehetőség a talaj takarására.

A Westsik-féle vetésforgó kísérletben a talaj humusztartalmát a trágyázási módok befolyásolták. Az alacsonyabb fekvésű területen a három legmagasabb humusztartalmat a szalmatrágyás + NPK műtrágyás vetésforgók (IV., V., VI.) esetében mértük. A vetésforgók talajának humusztartalma nem különbözött minden esetben jelentősen, azonban megfigyeltük, hogy a humusztartalom a vetésforgók átlaga feletti volt az időszakos pihentetésben részesülő, trágyázás nélküli (I.), a fővetésű zöldtrágyás + műtrágyás (II.), az istállótrágyás + műtrágyás (XI.), a másodvetésű zöldtrágyás + műtrágyás (XIII., XIV.) és a csillagfürt magtermesztéses + műtrágyás (III.) vetésforgókban, míg alacsonyabb, a vetésforgók átlaga alatti volt a műtrágya nélküli vetésforgók többségében (VII., X., XV.), a műtrágyázásban is részesülő csillagfürt magtermesztéses + másodvetésű zöldtrágyás (VIII.), a csillagfürt zöldtakarmány-termesztéses + műtrágyás (IX.) és a másodvetésű zöldtrágyásban is részesülő rozs zöldtakarmány-termesztéses + műtrágyás (XII.) vetésforgókban.

A talaj humusztartalma a dombon nagyobb, a vetésforgók átlaga feletti volt a szalmatrágyás (IV., V., VI., VII.), az istállótrágyás (X., XI.) és a csillagfürt magtermesztéses + másodvetésű zöldtrágyás (VIII.) vetésforgókban, míg alacsonyabb, a vetésforgók átlaga alatti volt a trágyázás nélküli (I.), a fővetésű csillagfürt termesztéses (II., III., IX.) és a másodvetésű zöldtrágyás (XII., XIII., XIV., XV.) vetésforgókban.

A talaj humusztartalmát a két eltérő tengerszint feletti-magasságú területen a kezelések nem befolyásolták minden esetben azonos módon, azonban megállapítottuk, hogy a talaj humusztartalmát mindkét területen jobban emelték a szalmatrágyás + műtrágyás és az istállótrágyás + műtrágyás kezelések, mint a fővetésű zöldtrágyás + műtrágyás kezelés.

A két mintaterületen mért humusztartalmat vetésforgónként összehasonlítva a következőket állapítottuk meg. A vetésforgók többségében a humusztartalom magasabb volt az alacsonyabb fekvésű területen, mint a dombtetőn. A két mintaterület humusztartalmai közötti különbségek az egyes vetésforgók esetében eltértek. Az alacsonyabb fekvésű terület humusztartalma és a dombtető humusztartalma közötti különbségek többnyire nagyobbak voltak a zöldtrágyás vetésforgókban, mint a két legnagyobb szalmatrágya adagú erjesztett

szalmatrágyás, vagy az istállótrágyás vetésforgókban. Ennek oka a következő lehet: az alacsonyabb fekvésű területen a növények fejlődése számára kedvezőbbek a körülmények (jobb a talaj vízgazdálkodása, nagyobb az oldható tápelemek mennyisége), mint a dombtetőn. Az alacsonyabb fekvésű területen a növények több vizet és tápanyagot tudtak felvenni, mint a dombtetőn, mely következtében nagyobb lett a biomasszájuk, és ez által több gyökér- és szármagmaradvány került a talajba. A nagyobb mennyiségű szerves anyagból pedig nagyobb mennyiségű humusz keletkezett. Az eltérő körülmények nemcsak a gazdasági növények fejlődését befolyásolták, hanem a zöldtrágya növények fejlődését is, amely a két terület közötti humusztartalom-különbséget eredményezte. Azokon a területeken azonban, ahol szerves anyagot juttattunk ki szalmatrágya, vagy istállótrágya formájában, ugyanakkora trágyamennyiség került az alacsonyabb és a magasabb fekvésű területekre is. A két mintaterület humusztartalma közötti különbség többnyire a szalma- és istállótrágyás kezelések esetében is megfigyelhető, azonban a különbségek kisebbek voltak, mint a zöldtrágyás területeken. A növények fejlődését a domborzati eltérés a szalma- és istállótrágyás területeken is befolyásolta, azonban a dombon a kijuttatott szerves anyag viszonylagosan jobb körülményeket (plusz tápanyag, vízmegőrzés, talajszerkezet javítás) biztosított a növények számára, mint a helyben megtermelt zöldtrágya. A két mintaterület közötti humusztartalom-különbség másik oka pedig maga a kijuttatott (és nemcsak a helyben termelt) szervesanyag-mennyiség, amely átalakult humusszá. A két eltérő szintkülönbségű területen mért humusztartalom-különbség tulajdonképpen a kezelések alkalmazhatóságát jelzi egy degradálódó területen. Azok a kezelések, melyek esetében kisebbek a mintaterületek közötti humusztartalom-különbségek, alkalmasabbak az elvesztett szervesanyag-tartalom pótlására, mint amelyek esetében nagyok a különbségek.

Arra vonatkozó adatokkal nem rendelkezünk, hogy a két eltérő szintmagasságú területen hogyan alakult a szerves anyag ásványosodása, vagy a szélerózió által elszállított talaj milyen mennyiségű szervesanyag-csökkenést eredményezett. Az alacsonyabb és a magasabb elhelyezkedésű területek humusztartalma közötti eltéréseket azonban véleményünk szerint a termesztett növények produkciója, valamint az alkalmazott trágyázási módok jelentősen befolyásolták. Azokkal a kezelésekkel, melyekkel az előállított növényi biomassza mennyiségét növeltük, egyben növeltük a talajba kerülő szerves anyag mennyiségét is, mely alapja a keletkező humusznak. Az alkalmazható trágyázási mód megválasztása egy degradálódó területen fontos. Adataink szerint egy szélerózióknak kitett területen a humusz pótlására az erjesztett szalmatrágyázás, vagy az istállótrágyázás alkalmasabb, mint a fővetésű zöldtrágyázás.

A talaj humusztartalma, a talaj kémhatása és a leiszapolható részek aránya között csak laza kapcsolatot találtunk (4. táblázat). Az alacsonyabb fekvésű területen a talaj humusztartalma és a leiszapolható részek aránya közötti kapcsolat megbízható volt ( $r=0,316$ ;  $P<5\%$ ), valamint a dombtetőn szintén igazolt volt az összefüggés a talaj humusztartalma és a talaj kémhatása között ( $r=0,353$ ,  $P<5\%$ ), azonban a kapcsolatok szorossága mindkét esetben laza volt.

**4. táblázat.** A talajvizsgálati adatok közötti lineáris összefüggés-vizsgálat korrelációs koefficiensei (r-értékek, \* $P<5\%$ , 2020)

<b>Pearson-féle korreláció</b>	<b>pH<sub>(KCl)</sub></b>	<b>A leiszapolható részek aránya (%)</b>
<b>Humusztartalom az alacsonyabb fekvésű területen (%)</b>	0,244	0,316*
<b>Humusztartalom a dombtetőn (%)</b>	0,353*	0,103

A talaj humusztartalma, a talaj kémhatása és a leiszapolható részek aránya közötti kapcsolatot lineáris összefüggés-vizsgálattal nem tudtuk igazolni, azonban a következőket figyeltük meg. A vetésforgók átlagában, az alacsonyabb fekvésű területen, ahol nagyobb volt a leiszapolható részek aránya, nagyobb volt a talaj humusztartalma és kevésbé volt savanyú a talaj, mint a dombvonulaton, ahol kisebb volt a leiszapolható részek aránya. A vetésforgókat egyenként vizsgálva, a talaj humusztartalma és a talaj pH<sub>(KCl)</sub> értéke is többnyire egyaránt magasabb a szalmatrágyás és az istállótrágyás vetésforgókban, mint a zöldtrágyás vetésforgókban, azonban mégsem volt igazolható kapcsolat a paraméterek között. A két mutató kapcsolatát befolyásolhatta egyéb tényező is, pl. a műtrágyázás. A műtrágya nélküli szalma- és istállótrágyás vetésforgók esetében magas volt a pH érték, azonban a humusztartalom alacsony volt, mely a műtrágyázásban is részesülő szalma- és istállótrágyás vetésforgók esetében viszont magas volt, és ez az eltérés is szerepet játszhatott a lineáris kapcsolat hiányában. A humusztartalom és a leiszapolható részek aránya közötti kapcsolat hiányának véleményünk szerint az az oka, hogy az alkalmazott kezelések tartamhatása nagyobb volt a humusztartalom alakulására, mint a mechanikai összetétel eltérése.

Kádár et al. (1994) műtrágyás kísérletükben a talaj humusztartalmát emelték ugyan NPK műtrágyázással, azonban a talaj pH<sub>(KCl)</sub> értéke lecsökkent 4,0 érték alá. Szervestrágyázás hiányában a talaj savanyúságát csak meszezéssel tudták csökkenteni.

Tóth et al. (2006) is vizsgálták a trágyakezelések hatásait vetésforgó kísérletekben. Megállapításaik szerint a lucernás vetésforgóban a talaj felső rétegeiben magasabb volt a szervesanyag-tartalom, mint a lucernát nem tartalmazó vetésforgókban. A legmagasabb szervesanyag-tartalmat a műtrágya

+ istállótrágyázott parcellákban mérték, míg a legalacsonyabbat a kontroll parcellában. Eredményeik szerint továbbá a lucernás parcellákban alacsonyabb volt a talaj pH, mint a lucerna nélküli parcellákban. Magyarozatuk szerint ez annak az eredménye, hogy a lucernás parcellákban csökkent a mésztartalom a lucerna  $\text{Ca}^{2+}$  kivonása következtében. Eredményeik egybeesnek a Westsik-féle vetésforgó kísérlet eredményeivel, mely szerint a természetett növények és a trágyakezelések együtt befolyásolják a talaj szervesanyag-tartalmát. Megállapítottuk azt is, hogy a szervesanyag-tartalom változása a talaj kémhatását nemcsak az által befolyásolja, hogy tompítja a savhatást, hanem közvetve csökkentheti is, mert a növénytermesztés jelentős mennyiségű mész kivonásával jár.

### **KÖVETKEZTETÉSEK**

A Westsik féle vetésforgó kísérletben alkalmazott kezelésekkel befolyásoltuk a talaj humusztartalmát. A talaj humusztartalma jobban emelkedett a szalmatrágyás + műtrágyás és az istállótrágyás + műtrágyás vetésforgókban, mint a fővetésű zöldtrágyás + műtrágyás vetésforgó esetében. A szervesanyag-gazdálkodás egyaránt fontos elemei a talaj szervesanyag-tartalom csökkenésének megakadályozása és a szerves anyag pótlása. Egy homoktalajon a szélerózió ellen hathatósan védekezhetünk őszi vetésű növények termesztésével és a talaj takarásával. A talaj takarására alkalmas a másodvetésű növény szármaradványa, mely tavaszi leszántással a leszántás idejéig védi a talajt. A szerves anyag pótlásának egyik fontos eszköze az olyan kezelések alkalmazása, mellyel a természetett növények fejlődését segítjük. A gazdasági termés növelésével elérjük azt is, hogy nagyobb mennyiségű szár- és gyökérmaradvány keletkezik, mely a talajba kerülve, a talaj humusztartalmát is növeli. A szerves anyag pótlásának másik fontos eszköze a szervestrágyázás, mellyel szintén tudjuk emelni a talaj humusztartalmát. A szervesanyag-pótlást befolyásolja a trágyázás módja is. Egy talajdegradációnak kitett területen az erjesztett szalmatrágyázást, vagy az istállótrágyázást hatékonyabbnak tartjuk, mint a zöldtrágyázást.

### **IRODALOMJEGYZÉK**

1. FILEP, GY. 1995. Talajtani alapismeretek I. Debreceni Agrártudományi Egyetem, Debrecen. p. 195.
2. KÁDÁR, I., VASS, E., GONDOLA, I. 1994. A műtrágyázás és meszezés hatása a dohányra 1988-ban. A Nyírlugosi tartamkísérlet 30 éve. Szerk. Kádár, I., Szemes, I. Magyar Tudományos Akadémia Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézet, Budapest. pp. 100-131.
3. LOCH, J. 1992. Agrokémia. In: Agrokémia és növényvédelmi kémia. Szerk. Loch, J., Nosticzius, Á. Mezőgazda kiadó, Budapest. pp. 17-210.

4. STEFANOVITS, P., FILEP, GY., FÜLEKY, GY. 1999. Talajtan. Mezőgazda Kiadó, Budapest. p. 415.
5. TÓTH, Z., HERMANN, T., KISMÁNYOKY, T. 2006. A vetésszerkezet és a talajtermékenység összefüggése. In: Talajtani Vándorgyűlés 2006. Szerk. Bidló, A., Szücs, P., Varga, B. Talajvédelmi Alapítvány, Budapest. pp. 269-278.

Levelezési cím:

Henzsel István – Debreceni Egyetem AKIT Nyíregyházi Kutatóintézet, 4400 Nyíregyháza, Westsik V. utca 4-6.

E-mail: [henzsel@agr.unideb.hu](mailto:henzsel@agr.unideb.hu)

# A TALAJTÖMÖRÖDÉS ELLENI VÉDEKEZÉS LEHETŐSÉGEI EGY VETÉSFORGÓ KÍSÉRLET EREDMÉNYEI ALAPJÁN

## PROTECTION POSSIBILITIES AGAINST THE SOIL COMPACTION, BASED ON THE RESULTS OF A CROP ROTATION EXPERIMENT

HENZSEL István, ERDŐS Zsuzsa, PÁL Vivien, GYÖRGYI Gyuláné, TÓTH Gabriella, SIPOS Tamás, HADHÁZY Ágnes  
*Debreceni Egyetem AKIT Nyíregyházi Kutatóintézet*

### **Absztrakt**

A talaj tömörségét a talajmechanikai ellenállás alapján vizsgáltuk. A talajpenetrációs méréseket a DE AKIT Nyíregyházi Kutatóintézet Westsik-féle vetésforgó kísérletében végeztük. A kísérlet 15 vetésforgót foglal magába. A kísérlet talaja alacsony humusztartalmú (0,4-1,0%), savanyú kémhatású ( $pH_{(KCl)}=3,89-5,15$ ), laza homoktalaj (Arany-féle kötöttségi értéke 27-29 közötti). A tápanyag pótlása szerves és NPK műtrágyákkal történik. A talajellenállást és talajnedvesség-tartalmat a vetésforgók burgonya parcelláiban mértük.

Homoktalajú vetésforgó kísérletünkben a talaj nedvességtartalma alacsony volt, azonban azt a trágyakezelések befolyásolták. A szántott talajrétegben a legmagasabb nedvességtartalmat az erjesztett szalmatrágyás+ műtrágyás kezelések biztosították. A talaj tömörödésének mérséklése végett olyan kezelések alkalmazását javasoljuk, melyekkel a talaj nedvességtartalmát megőrizzük és emeljük a növények tápanyag-ellátását, mely által fokozzuk a gyökérképződést is. A talajt lazítja egy erőteljes gyökérszerű növény is. Eredményeink alapján a talaj tömörödését mérsékeljük az istállótrágyázással és a műtrágyával kiegészített szalmatrágyázással, de az alsóbb talajrétegek tömörségét csökkentettük a vetésforgóba illesztett csillagfűrt termesztésével is.

**Kulcsszavak:** talajtömörödés, vetésforgó, szerves trágyázás, csillagfűrt

### **Abstract**

Soil compaction was analysed based on the soil mechanical resistance data. Our work was carried out in the Westsik's crop rotation experiment of the Research Institute of Nyíregyháza, IAREF, University of Debrecen, Hungary. The experiment includes 15 crop rotations. The soil of this experiment is acidic ( $pH_{(KCl)}=3,89-5,15$ ) sandy soil with low humus content (0,4-1,0%) and the



plasticity index according to Arany is between 27-29. The experiment is maintained with different organic manures and NPK fertilizer. Soil compaction and soil moisture was measured in the potato parcels.

Soil moisture was low and influenced by the applied manuring systems. The highest soil moisture was measured in the ploughed layer of the fermented straw manure + NPK fertilizer treatment. In order to reduce soil compaction, we recommend using of treatments that preserve the soil moisture content and increase the nutrient supply of plants. The soil is also loosened by growing a plant with strong roots. The soil compaction was decreased by the applied farmyard manure and straw manure + NPK fertilizer, but in the deeper layer of soil by lupine growing caused similar results, according to our data.

**Keywords:** soil compaction, crop rotation, organic fertilization, lupine

## **BEVEZETÉS**

A talajtömörödés az egyik legsúlyosabb talajdegradációs probléma. A tömörödött talaj akadályozza a csapadék talajba szivárgását. Egy lezúduló nagyobb csapadék, ha nem képes a talaj mélyebb rétegeibe lejutni, akkor a felszínen elfolyik, eróziós folyamatokat indít el, míg a mélyebb területeken összefolyik és belvizek alakulnak ki. A tömörödött talajban kedvezőtlené válik a talaj tápanyag-, hő- és vízgazdálkodása. A tömörödött talajréteg meggátolja a talajnedvesség áramlását a felső talajrétegekbe. A tömörödött talajban a víz mozgásának korlátozása miatt a tápelemek nem tudnak oldódni és mozogni, így romlik a növények tápanyag-ellátása. A tömörödött talajban a gázcsere nem kielégítő, mely anaerob állapothoz vezethet. Akadályozva van a gyökerek növekedése, lelassul a növények fejlődése, csökken a termés. Levegőtlen, tömörödött talajban csökken a mikroorganizmusok tevékenysége, lassul a szerves anyag bontása és átalakítása, csökken a talaj termékenysége. A tömörödött talajban nő a gépi művelés energiaigénye. A tömörödés veszélyét növeli a túl nedves talajállapotban végzett gépi művelés. Tömörödött réteg alakulhat ki a talajban, ha rendszeresen azonos mélységben történik a szántás (Birkás, 1994; Várallyay, 1996; Kemenesy, 1972).

## **ANYAG ÉS MÓDSZER**

A talaj tömörödöttségének megítélése a talaj mechanikai ellenállása alapján történt. A talajpenetrációs méréseket a DE AKIT Nyiregyházi Kutatóintézet Westsik-féle vetésforgó kísérletében végeztük. A kísérlet 15 vetésforgót foglal magába, melyek közül 14 hároméves és 1 négyéves. A vetésforgó kísérletek mindegyikében természetünk burgonyát és rozst. A vetésforgók egy részében csillagfürt (8) és zabos bükköny (2) is elhelyezésre került. A kísérlet talaja alacsony humusztartalmú (0,4-1,0%), savanyú kémhatású ( $\text{pH}_{(\text{KCl})}=3,89-5,15$ ),

laza homoktalaj (Arany-féle kötöttségi értéke 27-29 közötti). A tápanyag pótlása szerves és NPK műtrágyákkal történik. Az I. vetésforgó kontrollnak tekinthető, itt sem szerves, sem műtrágyázás nem történik. Az első szakaszban pihentetve van a talaj, ekkor kultúrnövényt nem vetünk. A II. vetésforgóban zöldtrágyázás történik fővetésben. A III. vetésforgó első szakaszában csillagfürtöt vetünk magtermesztés céljából. A IV., V., VI. és VII. vetésforgókban szalmatrágyázást alkalmazunk. A IV. vetésforgó kezelése nyersszalmával történik (3,5 t/ha), az V. vetésforgóban nitrogén műtrágyával erjesztett szalmatrágya (11,3 t/ha) kerül kijuttatásra, a VI. és VII. vetésforgókban a szalmatrágya erjesztése műtrágya nélkül történik (26,1 t/ha). A VIII. vetésforgóban a csillagfürt a vetésforgóciklus alatt kétszer is megtalálható: fővetésben magtermesztés céljából, és egy másik szakaszában másodvetésben zöldtrágyának. A IX. vetésforgóban a csillagfürtöt zöldtakarmánynak vetjük. A X. és XI. vetésforgókban istállótrágyázást alkalmazunk (26,1 t/ha). A XII. vetésforgóban őszi vetésű takarmánytermesztés történik. Itt a takarmánynövény betakarítását követően csillagfürtöt vetünk zöldtrágyának. Ez későbbi vetésű, mint a fővetésű zöldtrágyázás esetén, de korábbi, mint a másodvetésű zöldtrágyás vetésforgókban. A XIII., XIV. és XV. vetésforgókban másodvetésű zöldtrágyázás valósul meg. A XIV. vetésforgóban ősszel szántjuk le a zöldtrágyanövényt, míg a XIII. és XV. vetésforgóban tavasszal. A kísérletekben a zöldtrágyanövény minden esetben fehérvirágú csillagfürt volt. A vetésforgókban alkalmazott műtrágya dózisok a következők: II., III., XI. és XII. vetésforgók 43 kg/ha, a VIII., IX., XIII. és XIV. vetésforgók 86 kg/ha, a IV., V. és VI. vetésforgók pedig 108 kg/ha N hatóanyagú műtrágyát kapnak. A 11 műtrágyás vetésforgó foszforműtrágya adagja egységesen 94 kg/ha  $P_2O_5$  és 84 kg/ha  $K_2O$  hatóanyag. Az I, VII., X. és XV. vetésforgók nem részesülnek műtrágyázásban (Hadházy és Henzsel, 2012).

A talajmechanikai ellenállás mérése PEN100M500 típusú penetrométerrel történt. A talajellenállás mérése 2013. június 19-én, a vetésforgók burgonyaparcelláiban, a burgonya virágzásának időszakában történt. A méréseket parcellánként 3 ismétlésben végeztük. A műszer a talajellenállás értékét a 60°-os kúpban végződő szonda talajba juttatásához szükséges erő alapján méri. A talajellenállás érték mellett rögzíti a talaj aktuális nedvességtartalmát is, melyet tömeg %-ban mér (m/m%). Az adatokat 1 cm-ként tárolja el 0-100 cm-es talajmélységig.

Az adatok elemzését 3 talajrétegben végeztük: a szántott rétegben (0-25 cm), a szántott réteg alatti rétegben (26-45 cm) és a mélyebb talajrétegben (46-100 cm). Az adatokat egytényezős varianciaanalízissel értékeltük ( $P < 0,05$ ), az átlagok összehasonlítására Tukey-tesztet használtunk. A paraméterek főátlagainak számításához a 15 vetésforgó kísérletben mért adatokat átlagoltuk.

## EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

A talaj nedvességtartalma a 0-25 cm-es talajrétegben 0,46-4,16% közötti volt (1. táblázat). A talaj nedvességtartalma 1% alatt változott a II., IX., X. és XIV., 1-3% közötti volt az I., III., IV., VII., XI., XIII. és XV., míg 3% felett alakult az V., VI., VIII. és XII. vetésforgókban.

A talaj nedvességtartalma a 26-45 cm-es talajrétegben 3,99-9,10% között mozgott. A 26-45cm-es talajrétegben 7% alatti értéket a II., IV., X. és XIV., 7-9% közötti értéket az I., III., VII., VIII., IX., XI., XIII. és XV., míg 9% feletti értéket az V., VI. és XII. vetésforgókban mértünk.

A talajnedvesség a 46-100 cm-es talajrétegben 7,23-9,56% között alakult. A talajnedvesség 8% alatti volt a VII., IX. és X., 8-9% között mozgott a II., IV., VIII. és XV. vetésforgókban, és meghaladta a 9%-ot az I., III., V., VI., XI., XII., XIII. és XIV. vetésforgókban.

**1. táblázat.** A talaj nedvességtartalma, tömeg % (Westsik-féle vetésforgó kísérlet, 2013. 06. 19.)

Vetésforgó	0-25 cm	26-45 cm	46-100 cm
<b>I.</b>	1,75 <sup>abcd</sup>	8,64 <sup>de</sup>	9,05 <sup>cd</sup>
<b>II.</b>	0,57 <sup>a</sup>	3,99 <sup>a</sup>	8,93 <sup>cd</sup>
<b>III.</b>	1,45 <sup>abc</sup>	7,06 <sup>b<sup>cde</sup></sup>	9,45 <sup>e</sup>
<b>IV.</b>	1,27 <sup>ab</sup>	5,92 <sup>abc</sup>	8,84 <sup>cd</sup>
<b>V.</b>	4,16 <sup>e</sup>	9,10 <sup>e</sup>	9,53 <sup>e</sup>
<b>VI.</b>	3,65 <sup>de</sup>	9,07 <sup>e</sup>	9,56 <sup>e</sup>
<b>VII.</b>	2,04 <sup>abcd</sup>	7,59 <sup>b<sup>cde</sup></sup>	7,23 <sup>a</sup>
<b>VIII.</b>	3,19 <sup>b<sup>cde</sup></sup>	8,00 <sup>cde</sup>	8,57 <sup>bc</sup>
<b>IX.</b>	0,62 <sup>a</sup>	7,02 <sup>b<sup>cde</sup></sup>	7,96 <sup>b</sup>
<b>X.</b>	0,46 <sup>a</sup>	5,31 <sup>ab</sup>	7,93 <sup>b</sup>
<b>XI.</b>	1,18 <sup>ab</sup>	8,28 <sup>cde</sup>	9,12 <sup>cd</sup>
<b>XII.</b>	3,44 <sup>cde</sup>	9,06 <sup>e</sup>	9,55 <sup>e</sup>
<b>XIII.</b>	1,63 <sup>abcd</sup>	8,66 <sup>de</sup>	9,52 <sup>e</sup>
<b>XIV.</b>	0,46 <sup>a</sup>	6,22 <sup>abcd</sup>	9,06 <sup>cd</sup>
<b>XV.</b>	1,99 <sup>abcd</sup>	7,70 <sup>b<sup>cde</sup></sup>	8,95 <sup>cd</sup>
<b>Átlag</b>	<b>1,86</b>	<b>7,44</b>	<b>8,88</b>

A különböző betűk az átlagok közötti szignifikáns különbségeket jelölik (Tukey-teszt, P<0,05).

A talajban található nedvesség mennyisége, annak felvehetősége meghatározza a növények fejlődését, jelentősen befolyásolja a termés mennyiségét és minőségét. Hatással van a talaj biológiai aktivitására is. A növények számára felvehető víz mennyiségét meghatározza a talaj szemcseösszetétele, szervesanyag-tartalma, a kolloidtartalma, a kolloidok minősége, a pórusok mérete, a talaj szerkezete, tömödöttsége. A talaj egy adott rétegének

nedvességtartalma függ a talaj mozgékony vízkészletétől és a kapilláris vezetőképességétől. A talajnedvességet befolyásolja a növények fejlettségi állapota, állománysűrűsége, de hatással van rá a légmozgás, vagy a felszint erő hőszugárzás is. A homoktalaj vízvezető képessége jó, de vízmegtartó és vízemelő képessége gyenge (Antal et al., 1966; Stefanovits et al., 1999).

A homoktalajú kísérletünkben magas talajnedvességre nem számíthatunk, mert a kicsi iszap- és agyagfrakció következtében kicsi a talaj víztartó képessége, de kicsi a kapilláris vízemelő képessége is, így az alsóbb talajrétegekben, ha van is víz, mégsem jut el a felsőbb szintekre. A talaj nedvességtartalma a szántott talajrétegben (0-25 cm) alacsony volt minden vetésforgó esetében. A mélyebb talajrétegek felé haladva emelkedett, azonban a 10 %-ot egyik talajrétegben sem haladta meg. A vetésforgókat egymással összehasonlítva, a szántott talajrétegben a két legnagyobb nedvességtartalmat az erjesztett szalmatrágyás+ műtrágyás (V., VI.) vetésforgókban mértük. A talaj nedvességtartalma a vetésforgókban is alacsony volt, azonban a kijuttatott szerves trágya mégis kedvezőbb nedvességállapotot teremtett a szántott talajrétegben, mint a kezelések többsége.

A talajmechanikai ellenállás a 0-25 cm-es talajrétegben 49-152 N/cm<sup>2</sup> közötti volt. A talajellenállás 80 N/cm<sup>2</sup> alatti volt a IV., VI., és VII. szalmatrágyás, a VIII. csillagfürt magtermesztéses+ másodvetésű zöldtrágyás, a X. műtrágya nélküli istállótrágyás és a XV. műtrágya nélküli másodvetésű zöldtrágyás vetésforgókban. A talajellenállás 80-120 N/cm<sup>2</sup> közötti alakult az I. trágyázás nélküli, a II., III. és IX. fővetésű csillagfürt termesztéses, valamint az V. szalmatrágyás vetésforgókban, míg meghaladta a 120 N/cm<sup>2</sup> értéket a XI. istállótrágyás és a XII., XIII. és XIV. másodvetésű zöldtrágyás vetésforgókban. A talajellenállás a 0-25 cm-es talajrétegben a Tukey-teszt alapján a vetésforgók között szignifikánsan nem különbözött.

A talajellenállás a 26-45 cm-es talajrétegben 311-595 N/cm<sup>2</sup> között alakult. A talajellenállás 400 N/cm<sup>2</sup> alatti volt az I. trágyázás nélküli, a III. és VIII. csillagfürt magtermesztéses, az V. és VI. erjesztett szalmatrágyás, a XI. istállótrágyás, valamint a XIII. és XV. másodvetésű zöldtrágyás vetésforgókban. A talajellenállás 400-500 N/cm<sup>2</sup> között változott a II. fővetésű zöldtrágyás, a IV. erjesztés nélküli szalmatrágyás, a IX. csillagfürt zöldtakarmány-termesztéses és a XII. rozs zöldtakarmány-termesztéses vetésforgókban. A talajmechanikai ellenállás 500 N/cm<sup>2</sup> feletti volt a VII. műtrágya nélküli szalmatrágyás, a X. műtrágya nélküli istállótrágyás és a XIV. másodvetésű zöldtrágyás vetésforgókban. A talajellenállás a 26-45 cm-es talajrétegben szignifikánsan nem különbözött.

A talajmechanikai ellenállás a 46-100 cm-es talajrétegben 149-622 N/cm<sup>2</sup> között változott. A talajellenállás 200 N/cm<sup>2</sup> alatti volt az I., II., III., IV., VI. és XV., 200-300 N/cm<sup>2</sup> közötti volt az V., XI., XII., XIII. és XIV., míg 300 N/cm<sup>2</sup>

feletti volt a VII., VIII., IX. és X. vetésforgókban. A talajellenállás a 46-100 cm-es talajrétegben szignifikánsan alacsonyabb volt az I., II., III., IV., V., VI., VIII., IX., XI., XII., XIII., XIV. és XV. vetésforgókban, mint a VII. és X. vetésforgókban.

Kísérletünkben a talajellenállás profilja a vetésforgók átlagában úgy alakult, hogy a legkisebb mechanikai ellenállás a művelt talajrétegben volt, a művelt réteg alatt jelentősen megnőtt a talajellenállás, majd az alsóbb talajrétegben ismét lazább volt a talaj, azonban a művelt talajréteghez viszonyítva itt nagyobb volt a mechanikai ellenállás. A talajművelés lazító hatását jól ki tudtuk mutatni a művelt talajrétegben, azonban a művelt talajréteg alatt megállapítottunk egy tömörödött réteget is, melyet szintén a talajművelő eszközök használata eredményezett.

**2. táblázat.** A talajmechanikai ellenállás, N/cm<sup>2</sup> (Westsik-féle vetésforgó kísérlet, 2013. 06. 19.)

<b>Vetésforgó</b>	<b>0-25 cm</b>	<b>26-45 cm</b>	<b>46-100 cm</b>
<b>I.</b>	93 <sup>a</sup>	325 <sup>a</sup>	161 <sup>ab</sup>
<b>II.</b>	99 <sup>a</sup>	471 <sup>a</sup>	153 <sup>a</sup>
<b>III.</b>	85 <sup>a</sup>	337 <sup>a</sup>	158 <sup>ab</sup>
<b>IV.</b>	49 <sup>a</sup>	447 <sup>a</sup>	149 <sup>a</sup>
<b>V.</b>	80 <sup>a</sup>	311 <sup>a</sup>	207 <sup>abc</sup>
<b>VI.</b>	50 <sup>a</sup>	328 <sup>a</sup>	196 <sup>abc</sup>
<b>VII.</b>	77 <sup>a</sup>	595 <sup>a</sup>	622 <sup>d</sup>
<b>VIII.</b>	79 <sup>a</sup>	398 <sup>a</sup>	331 <sup>c</sup>
<b>IX.</b>	119 <sup>a</sup>	442 <sup>a</sup>	311 <sup>bc</sup>
<b>X.</b>	75 <sup>a</sup>	574 <sup>a</sup>	603 <sup>d</sup>
<b>XI.</b>	136 <sup>a</sup>	334 <sup>a</sup>	234 <sup>abc</sup>
<b>XII.</b>	137 <sup>a</sup>	425 <sup>a</sup>	272 <sup>abc</sup>
<b>XIII.</b>	152 <sup>a</sup>	395 <sup>a</sup>	295 <sup>abc</sup>
<b>XIV.</b>	139 <sup>a</sup>	516 <sup>a</sup>	245 <sup>abc</sup>
<b>XV.</b>	72 <sup>a</sup>	343 <sup>a</sup>	198 <sup>abc</sup>
<b>Átlag</b>	<b>96</b>	<b>416</b>	<b>276</b>

A különböző betűk az átlagok közötti szignifikáns különbségeket jelölik (Tukey-teszt, P<0,05).

A talajmechanikai ellenállást a kísérletben alkalmazott trágyakezelések befolyásolták, azonban a különbségek nem voltak minden esetben jelentősek. A szántott talajrétegben (0-25 cm) lazább volt a talaj a műtrágya nélküli (I., VII., X., XV.), a szalmatrágyás+ műtrágyás (IV., V., VI.), a csillagfürt magtermesztéses+ műtrágyás (III., VIII.) vetésforgókban, mint a fővetésű zöldtrágyás+ műtrágyás (II.), a másodvetésű zöldtrágyás+ műtrágyás (XII.),

XIII., XIV.) és az istállótrágyás+ műtrágyás (XI.) vetésforgókban. Adataink szerint a talaj lazább volt azokban a kezelésekben, melyekben máshonnan származó szerves trágyát (pl. istállótrágya, szalmatrágya) juttatunk ki, mint amelyekben a termesztett zöldtrágya növények maradványát juttattuk vissza a talajba. Megfigyeléseink szerint a talajjellenállás többnyire kisebb volt ott, ahol a talaj nedvességtartalma nagyobb volt, vagy a talajjellenállás nagyobb volt azokon a területeken, ahol a talaj nedvességtartalma alacsonyabb volt. Ezen összefüggéstől azonban volt eltérés is. A műtrágya nélküli istállótrágyás vetésforgó esetében (X.) tapasztaltuk azt, hogy alacsony talajnedvesség esetében is alacsony volt a talajjellenállás a vetésforgók átlagához viszonyítva. Véleményünk szerint ebben szerepe lehetett a talajba forgatott istállótrágyának is azáltal, hogy megnövekedhetett a szerves kolloidok részaránya.

A talajmechanikai ellenállás a művelt talajréteg alatti rétegben (26-45 cm) magas, 300 N/cm<sup>2</sup> feletti volt minden vetésforgó esetében. Az eke szántott réteg alatti tömörítő hatását minden kezelés esetében tapasztaltuk, azonban a tömörödés mértéke különbözött a vetésforgók között. A talaj kevésbé volt tömörödött, a talajjellenállás a vetésforgók átlaga alatti volt a trágyázás nélküli (I.), a műtrágya nélküli másodvetésű zöldtrágyás (XV.), a tavaszi leszántású másodvetésű zöldtrágyás+ műtrágyás (XIII), a csillagfürt magtermesztéses+ műtrágyás (III., VIII.), az erjesztett szalmatrágyás+ műtrágyás (V., VI.) és az istállótrágyás+ műtrágyás (XI.) vetésforgókban, míg inkább tömörödöttebb volt, a talajjellenállás a vetésforgók átlaga feletti volt a műtrágya nélküli szalmatrágyás (VII.), a műtrágya nélküli istállótrágyás (X.), a fővetésű zöldtrágyás+ műtrágyás (II.), a csillagfürt zöldtakarmány-termesztéses+ műtrágyás (IX.), az őszi leszántású másodvetésű zöldtrágyás+ műtrágyás (XII., XIV.) és az erjesztés nélküli szalmatrágyás+ műtrágyás (IV.) vetésforgókban. A tömörödés mértékét befolyásolhatja a tápanyag-ellátás. Kísérletünkben a legnagyobb szintű tápellátásban részesülő, erjesztett szalmatrágyás+ legnagyobb N műtrágyaadagú, valamint istállótrágyás+ műtrágyás kezelésekben kevésbé volt tömörödött a talaj, mint a műtrágya nélküli szalma- és istállótrágyás vetésforgókban. Ennek oka az lehet, hogy a jobb tápanyag-ellátásban részesülő növények nemcsak nagyobb termést adnak, hanem jobban fejlődnek, nagyobb gyökérzetet hoznak létre, melyek a talaj alsóbb rétegeibe is le tudnak hatolni, és ezáltal lazítják a talaj mélyebb rétegeit is. Megfigyeltük, hogy a csillagfürt magtermesztéses vetésforgókban kisebb volt a szántott réteg alatti réteg tömörsége, mint a fővetésű csillagfürt zöldtrágyás vetésforgóban. A két termesztési mód között a különbség az, hogy a zöldtrágyás vetésforgóban a csillagfürt sokkal hamarabb (július közepe) kerül leszántásra, mint ahogy a csillagfürt magként kerül betakarításra (augusztus közepe-vége). Lehetséges, hogy a hosszabb ideig fejlődő magcsillagfürt talajlazító hatása kedvezőbb, mint a zöldtrágya csillagfürté.

A talajjellenállás a mélyebb talajrétegben (46-100 cm) alacsonyabb volt a fővetésű zöldtrágyás (II.), a csillagfürt magtermesztésű (III.), a trágyázás nélküli (I), a műtrágya nélküli másodvetésű zöldtrágyás (XV.), a szalmatrágyás+ műtrágyás (IV., V., VI.) és az istállótrágyás+ műtrágyás (XI.) vetésforgókban, mint a másodvetésű zöldtrágyás+ műtrágyás (XII., XIII. XIV.), a csillagfürt magtermesztésű+ másodvetésű zöldtrágyás (VIII.), a csillagfürt zöldtakarmány-termesztésű+ műtrágyás (IX.), valamint a műtrágya nélküli szalma- és istállótrágyás (VII., X.) vetésforgókban. A talajjellenállás-értékeket a talaj nedvességtartalma a 46-100 cm-es talajrétegben is befolyásolhatta. A II. vetésforgó példáján azonban megállapítottuk, hogy a mélyebb talajrétegben a csillagfürt gyökérzetének lazító hatása érvényesült, ugyanis viszonylag alacsony nedvességtartalom mellett az egyik legkisebb talajjellenállást a II. fővetésű csillagfürt zöldtrágyás vetésforgó kísérletben mértük.

Mikó és Gyuricza (2012) facélia, mustár és olajretek zöldtrágyanövények hatását vizsgálták a talajjellenállásra. Átlagos évjáratban minden zöldtrágyanövényenél szignifikánsan nagyobb talajjellenállást mértek, mint a kontrollnál. Ezt azzal magyarázták, hogy a gyökérzet oldalirányú növekedésével nyomást gyakorolt a talajra.

László és Gyuricza (2008) talajművelési rendszerek hatását vizsgálták. Többéves eredményeik alapján a direktvetés enyhén tömör talajállapotot, míg a hagyományos és bakhátas művelés kellően laza talajállapotot eredményezett. Vizsgálataik során néhány alkalommal a direktvetésben a talajjellenállás megközelítette a talajtömörödés szempontjából kritikusnak számító értéket, azonban termésnövekedést nem tapasztaltak, mert a növények számára könnyen felvehető vízkészlet kedvezően alakult.

A talaj tömörségét, szerkezetét a termesztett növények többféle módon befolyásolják. A különböző igényű, eltérő habitusú növények mellett, hogy nem egyoldalúan használják a talaj tápanyag- és vízkészletét, a talaj szerkezetét eltérően befolyásolják. Egyes növények széles levélzete mérsékeli az esőcseppek bevágódásának erejét, így mérsékeli a talajszerkezet leromlását, míg a talaj beárnyékolásával csökkentik a talaj párologását, mely kedvezően hat a talaj porhanyósságára, de kedvező hatással van a mikroorganizmusok tevékenységére is. A különböző gyökerezési erélyű növények váltásával a mélyre hatoló gyökérzetű növény után következő gyengébb gyökerezési erélyű növény gyökere is képes lehet az elővetemény gyökércsatornáit által a mélyebb rétegekbe lehatolni, és hozzájut az alsóbb rétegekben lévő vízhez és tápanyagokhoz (Radics, 2001; Ángyán-Menyhért, 1997).

Rátónyi et al. (2007) a talajművelés hatását vizsgálták a talaj fizikai állapotára. Kísérletükben őszi szántás, tavaszi szántás és tavaszi tárcsás művelés volt. A talajjellenállás mindhárom kezelés esetében a művelt mélységben a mélységgel növekedett. Maximumát az azonos mélységben végzett művelés hatására

kialakult tömör rétegben, az eketalp, illetve tárcsatalp rétegben érte el. Megállapították, hogy a talajellenállást a talajnedvesség befolyásolta. Száraz talajon egységnyi térfogattömeg növekedés lényegesen nagyobb talajellenállás növekedést okozott, mint nedves talajon.

A tömörödött talajréteg kialakulását elkerülhetjük, illetve a tömörödés mértékét csökkenthetjük az által, hogy a szántás mélységét változtatjuk. Az időszakosan mélyebb műveléssel nemcsak mechanikailag lazítjuk a talaj e részét, hanem szerves anyagot és tápanyagot is juttatunk a mélyebb talajrétegbe. Ennek következtében a mikroorganizmusok tevékenysége kiterjed az alsóbb talajrétegbe is, így a termékeny talajréteg vastagsága növekszik. A mélyebben lazább szerkezetű, tápanyagban gazdagabb, termékeny talajréteg növekedése maga után vonja a gyökerezési mélység növekedését is, mely a visszatömörödést igen jelentősen képes gátolni (Antal et al., 1966).

Az irodalmi adatok alátámasztják eredményeinket, mely szerint a talajművelés jelentősen befolyásolja a talaj szerkezetét. Kedvező az a hatás, mellyel kellően laza talajállapotot teremtünk a természetett növényeink fejlődéséhez, de a talajművelésnek lehetnek káros következményei, mely a talaj tömörödéséhez vezethet. A talaj tömörségének megszüntetése energiaigényes talajlazítással megoldható, azonban a növénytermesztő számára több lehetőség is van, mellyel mérsékelheti a talaj tömörségét, vagy csökkentheti a tömör réteg kialakulásának veszélyét.

## **KÖVETKEZTETÉSEK**

Homoktalajú vetésforgó kísérletünkben a talaj nedvességtartalma alacsony volt, azonban azt az alkalmazott trágyakezelések befolyásolták. A szántott talajrétegben a legmagasabb nedvességtartalmat az erjesztett szalmatrágyás+ műtrágyás kezelések biztosították.

A vetésforgó kísérletben a művelt talajréteg laza volt, a talajellenállás sehol sem haladta meg a tömörnek számító  $300 \text{ N/cm}^2$  értéket, azonban a művelt talajréteg alatt kimutattunk egy tömörödött réteget. A talajmechanikai ellenállás a vetésforgók talajában különbözött. A talajellenállást az alkalmazott trágyakezelések és a talaj nedvességtartalma egyaránt befolyásolta. A talajellenállás többnyire kisebb volt, ha a talajnedvesség nagyobb volt. A kezelések ezt a kapcsolatot azonban módosíthatták. A szántott talajrétegben a kijuttatott istállótrágya alacsonyabb nedvességtartalom mellett is alacsony talajellenállást eredményezett, míg az alsóbb talajrétegben a fővetésű csillagfűrt zöldtrágyanövény esetében tapasztaltuk azt, hogy a vetésforgók átlagához viszonyítva alacsonyabb nedvességtartalom mellett is laza volt a talaj.

A talaj tömörödésének mérséklése céljából olyan kezelések alkalmazását javasoljuk, melyekkel a talaj nedvességtartalmát megőrizzük és növeljük a növények tápanyag-ellátását, mely által fokozzuk a gyökérvégződést is. A talajt



lazítja egy erőteljes gyökérzetű növény is. Eredményeink alapján a talaj tömörödését mérsékeljük az istállótrágyázással és a műtrágyával kiegészített szalmatrágyázással, de az alsóbb talajrétegek tömörségét csökkentettük a vetésforgóba illesztett csillagfűrt termesztésével is.

## **IRODALOMJEGYZÉK**

1. ANTAL, J., EGERSEGI, S., PENYIGEI, D. 1966. Növénytermesztés homokon. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. p. 249.
2. ÁNGYÁN, J., MENYHÉRT, Z. 1997. Alkalmazkodó növénytermesztés, ésszerű környezetgazdálkodás. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest. p. 414.
3. BIRKÁS, M. 1994. A talajlazítás fontosságáról. Agroforum. VI/5. pp. 13-15.
4. HADHÁZY, Á., HENZSEL, I. 2012. A talajhasználati módok hatása a talaj tulajdonságaira. In: Využívanie pôd v prihraničnej oblasti Slovensko – Mad’arsko Szerk. Balla, P. Centrum vyskumu a rastlinnej výroby Piestany Vyskumny ustav agroekológie, Michalovce. pp. 3-8. ISBN 978-80-89417-38-4
5. KEMENESY, E. 1972. Földművelés – Talajerőgazdálkodás. Akadémiai Kiadó, Budapest. p. 427.
6. LÁSZLÓ, P., GYURICZA, CS. 2008. Talajvédő művelési rendszerek hatása a talaj vízgazdálkodására. In: Talajtani Vándorgyűlés 2008. Szerk. Simon, L. Talajvédelmi Alapítvány, Bessenyei György Könyvkiadó, Nyíregyháza. pp. 131-140.
7. MIKÓ, P., GYURICZA, CS. 2012. Másodvetésű zöldtrágyanövények hatása egyes talajállapot jellemzőkre kedvezőtlen adottságú termőhelyen. Agrokémia és Talajtan. 61. 1. pp. 93-106.
8. RADICS, L. 2001. Ökológiai gazdálkodás a növénytermesztésben. In: Ökológiai gazdálkodás. Szerk. Radics, L. Dinasztia Kiadó, Budapest. pp. 65-240.
9. RÁTONYI, T., MEGYES, A., SÜLYOK, D. 2007. A talaj tömődöttségének penetrométeres vizsgálata. Acta Agronomica Óváriensis 49. 2. pp. 445-449.
10. STEFANOVITS, P., FILEP, GY., FÜLEKY, GY. 1999. Talajtan. Mezőgazda Kiadó, Budapest. p. 415.
11. VÁRALLYAY, GY. 1996. Magyarország talajainak érzékenysége szerkezetromlásra és tömörödéssel. Környezet- és tájgazdálkodási füzetek. II/1. pp. 15-30.

## **Köszönetnyilvánítás**

Levelezési cím:

Henzsel István – Debreceni Egyetem AKIT Nyíregyházi Kutatóintézet, 4400  
Nyíregyháza, Westsik V. utca 4-6.

E-mail: [henzsel@agr.unideb.hu](mailto:henzsel@agr.unideb.hu)

# A TALAJDEGRADÁCIÓ MIKROBIOLÓGIAI VONATKOZÁSAI

## MICROBIOLOGICAL ASPECTS OF SOIL DEGRADATION

MAKÁDI Marianna, ARANYOS Tibor József, HENZSEL István,  
HADHÁZY Ágnes, DEMETER Ibolya, OROSZ Viktória  
*Debreceni Egyetem AKIT Nyíregyházi Kutatóintézet*

### **Absztrakt**

A Föld egyre növekvő emberi populációjának élelmiszer és nyersanyagok iránti igényének kielégítéséhez egyre nagyobb területek mezőgazdasági művelés alá vonása szükséges. A nem megfelelő mezőgazdasági gyakorlat a talajdegradáció egyre nagyobb területre, növekvő intenzitással való kiterjedését eredményezi. A talaj fizikai és kémiai folyamatait, ökológiai funkcióit érintő degradációja hosszú távon a megnövekvő igények kielégítését ellehetetlenítik. A degradációs folyamatok a talaj megújulóképessége („resilience”) eredményeként visszafordíthatók, a talaj egészsége helyreállítható, azonban a negatív folyamatok mindig gyorsabban lezajlanak, vagyis a rehabilitáció több időt vesz igénybe, mint a minőség romlása. Az Európai Unió „Egészséges talaj és élelmiszer missziója” 2030-ra célként határozta meg az európai talajok 75%-án a „talajok egészségének visszaállítását és meghatározó, mérhető minőségváltozás” elérését.

A talajdegradációs folyamatok kulcs tényezője a talajok szervesanyag-tartalma és mikrobaközösségének diverzitása, aktivitása. A cikkünkben ismertetjük a Magyarország területét leginkább érintő talajdegradációs folyamatokat, valamint azok hatását a talaj mikrobaközösségére.

**Kulcsszavak:** talaj szervesanyag, mikrobaközösség és aktivitás, fizikai, kémiai és biológiai talajdegradáció

### **Abstract**

The demand of the human population of the Earth for foods and feeds are continuously increasing which needs more and more lands to cultivate. The non-appropriate agricultural practices increase the intensity of soil degradation and area of degraded soils. The degradation of soil physical and chemical properties and, ecological functions is hampering to meet these demands. Soil degradation processes could be turned back based on soil resilience but the speed of negative processes are quicker than that of improving processes. The planned goal of

„Soil Health and Food Mission“ of European Union is to reach the soil health and defined, measurable changes on 75% of European soils.

The key factors in soil degradation processes are the soil organic matter content and the diversity and activity of soil microbial community. In our work we summarised the main soil degradation processes of Hungary and their effects on soil microbial community.

**Keywords:** soil organic matter, microbial community and activity, physical, chemical and biological soil degradation

## BEVEZETÉS

A talajdegradáció a Föld termékeny külső rétegét alkotó talaj állapotának kedvezőtlen változása. Régről ismert folyamat, melyet többféle módon határoztak már meg. A definíció „fejlődésére” jellemző, hogy korábban elsősorban olyan, ember által okozott folyamatnak tekintették, mely csökkenti a talaj jelen és/vagy jövőbeli képességét az élelmiszer és egyéb alapanyagok megtermelésére (OLDEMAN, 1992). Ez a meghatározás még leginkább mint élettelen eszközt tekinti a talajt. A FAO későbbi meghatározása szerint a talajdegradációt közvetlen vagy közvetett emberi tevékenység okozza, mely(ek) hatására a talaj biológiai produktivitása (termékenysége), az ökológiai integritása (fizikai-kémiai-biológiai tulajdonságai) és/vagy értéke az emberek számára tartósan csökken (OLSSON et al., 2019), vagyis ez már egy rendszerszemléletű definíció, amiben a biológiai tulajdonságok is említésre kerülnek. Mindezek ellenére Oldeman összefoglaló munkája az ENSZ UNEP felméréséről a talajdegradáció globális mértékéről (Global Assessment of Soil Degradation – GLASOD) alapvető fontosságú. Degradációval érintettek tekintették azt a talajt, ahol a talaj és a rajta lévő növényzet természetes megújulóképessége és a klimatikus hatások közötti egyensúlyt az emberi tevékenység megzavarta. Elkülönítették a talajanyag elhordásával járó szél- és vízeróziós folyamatokat, valamint a talaj leromlásának folyamatait. Később ezeket egyéb folyamatokkal is kiegészítették, pl. Magyarország területén VÁRALLYAY (2004) szerint a legfontosabb talajdegradációs folyamatok a következők: víz és szélerózió; savanyodás; sófelhalmozódás, szikesedés; fizikai degradáció (pl. tömörödés); szélsőségesse váló vízgazdálkodás; biológiai degradáció; a talaj biogeokémiai körforgalmának kedvezőtlen változása; a talaj pufferképességének csökkenése, talajszennyeződés. A talaj szervesanyag-tartalmának csökkenése szinte minden, a fenti felsorolásban említett degradációs folyamatban megfigyelhető.

A továbbiakban bemutatjuk a talajmikróbák szerepét a talajban zajló folyamatokban, majd összefoglaljuk, hogy a talajdegradációs folyamatok során milyen változások mennek végbe a talaj mikrobaközösségében, illetve

bemutatjuk a mikrobaközösség jelentőségét a talajdegradációs folyamatok kialakulásának megelőzésében, káros hatásainak csökkentésében.

### **A TALAJ MIKROBAKÖZÖSSÉGÉNEK JELENTŐSÉGE/SZEREPE**

A talaj élő és élettelen részek egysége, teljes tömegének kb. 43-45%-a a talaj vázát alkotó ásványi rész, 30-43%-a víz, 5-20%-a levegő, míg mindössze 5-7%-a szerves anyag. A szervesanyag tovább bontható a legnagyobb részét (85%) kitevő elbomlott szervesanyagra, az élő növényi gyökerekre (10%), míg a makro-, mezo- és mikrofauna, a baktériumok, gombák és algák együttese csak a szervesanyag 5%-át teszi ki. A mikroorganizmusok legnagyobb mennyiségben a talaj 2-25 cm-es rétegében élnek, mennyiségük (egyed- és fajszámuk) a talajmélységgel párhuzamosan csökken. A legfelső néhány centiméteres rétegben a Nappól érkező UV sugarak hatására vannak jelen kis mennyiségben. Vagyis legnagyobb mennyiségben a gyökerek által leginkább átszított talajrétegben vannak jelen, életfolyamataik szorosan összekapcsolódnak a növények életével, kialakítva a talaj-növény-mikróba rendszert.

A talaj mikroorganizmusai részt vesznek a biogeokémiai ciklusokban. A talaj tömegéhez képest elenyésző mennyiségük ellenére szerepük igen jelentős, JENKINSON (1966) megfogalmazása szerint „a talaj mikrobiális biomasszája jelenti a tő fokát, amin minden szervesanyagnak át kell mennie”, vagyis a talajba kerülő szervesanyagot nagyobb méretű szervezetek aprító munkája után a talaj mikrobái tápanyag-, illetve energiaforrásként használják fel, majd a „tő fokán átment anyag” részben bekerül a táplálékláncba, részben a humuszsintézis folyamatába, részben CO<sub>2</sub> formájában távozik a rendszerből (STEFANOVITS et al., 1999).

VÁRALLYAY (2004) szerint az egészséges talaj az alábbi funkciókat látja el:

- feltételesen megújuló (megújítható) erőforrás,
- a többi természeti erőforrás integrátora, transzformátora,
- a primer biomasszatermelés alapvető közege, az élővilág primer tápanyagforrása,
- hő, víz és növényi tápanyagok raktára,
- a talajt érő különböző stressz-hatások puffer közege,
- a természet hatalmas szűrő és detoxikáló rendszere,
- a bioszféra jelentős részének élőhelye, gén-rezervoárja, a biodiverzitás nélkülözhetetlen eleme,
- világörökségek hordozója.

Ha a talaj funkciói után átgondoljuk a mikroorganizmusok szerepét a talajban (SZABÓ, 2008):

- részt vesznek a biogeológiai ciklusokban,
- részt vesznek a talaj szerkezetének stabilizálásában,
- részt vesznek a talaj vízháztartásának szabályozásában,

- képesek a kórokozók elnyomására,
- részt vesznek a növények növekedésének szabályozásában,
- képesek a talajba kerülő szennyező- és mérgező anyagok semlegesítésére, lebontására (detoxifikáció),

akkor láthatjuk, hogy a talaj funkciói nagymértékben összekapcsolódnak a mikroorganizmusok tevékenységével.



**1. kép. Erózió nyomai a Nyírségben. A világos sávok a mikrodomborzat kiemelkedésein megfigyelhető talajeróziót jelzik (a humuszos felső réteg hiánya a környezeti tényezők és a talajművelés hatására).**

Mivel a degradációs folyamatok elsősorban a talaj felső rétegét érinti (1. kép), ezért hatásuk a mikroorganizmusok mennyiségére és aktivitására erőteljes. Mindemellett, a mikroorganizmusok a többi élőlény számára használhatatlan energetikai és anyagcsere útvonalakat képesek igénybe venni, aminek a feltérképezése még ma is folyamatos (LEHMAN et al., 2015), és egyre több lehetőséget rejtenek elsősorban a detoxifikációs célok elérésére. A továbbiakban ismertetjük az egyes degradációs típusok mikrobiológiai hatásait, valamint a mikrobák szerepét a degradációs folyamatok visszafordításában/megállításában.

## **A BIOLÓGIAI DEGRADÁCIÓ ÉS A TÖBBI DEGRADÁCIÓS FOLYAMAT ÖSSZEFÜGGÉSEI**

A **biológiai degradáció** során csökken a talajban lévő táplálékhálózatot alkotó fajok száma (biodiverzitás csökkenése) és az egyes fajok egyedszáma (abundancia csökkenése), ennek következtében csökken a mikrobiális aktivitás is. A biológiai degradációt okozhatja a talaj szervesanyag-tartalmának csökkenése, a műtrágyahasználat, a növényi maradványok elszállítása a termőföldről, a peszticidek használata, a rendszeres, azonos mélységben történő talajművelés (KUZJAKOV & ZAMANIAN, 2019). A folyamat során a talaj kevésbé képes tápanyagokkal ellátni a termesztett növényeket, pl. csökken a szabadon élő és a növényekkel szimbiózisban élő nitrogénkötők mennyisége, a foszformobilizálást végző gombák mennyisége, aktivitása, de zavar támadhat a növények mikroelem-felvételében is. A biológiai degradáció következtében megnőhet a növényi patogén baktériumok, gombák mennyisége, aktivitása a talajban, ami megnehezíti az ellenük való védekezést, nő a károsítások aránya a termesztett növényekben (SZABÓ, 2008). A biológiai degradáció során csökken a talaj szerves szén készlete (ennek jelentős részét képezi a mikrobák sejtanyaga) is, és nő az üvegházhatású gázok kibocsátása a légkörbe (LAL, 2015).

A **szervesanyag-tartalom csökkenése** az egyik legáltalánosabb talajdegradációs probléma (OLSSON et al., 2019), és alapvető oka a talajdegradációnak (DIACONO & MONTEMURRO, 2010). A gyakori, rendszeres talajművelés fokozza az oxigén-ellátottságot a művelt rétegben, ami növeli az aerob mikrobiológiai aktivitást, felgyorsítva ezáltal a szervesanyag bomlását (SZABÓ, 2008). A csökkenő szervesanyag-tartalom a felsorolt összes degradációs probléma felerősödésével jár, ezért a talajok termékenységének megőrzésében kiemelten kell kezelni a szervesanyag csökkenésének megakadályozását, lehetőleg a mennyiségének a növelését. A lassan bomló szervesanyag folyamatosan ellátja tápanyaggal a növényeket, tápanyag- és energiaforrást jelent a talaj mikroorganizmusainak. A szervesanyag-tartalom csökkenése az egyik fontos oka a fentebb összefoglalt biológiai degradációnak. A **fizikai degradáció** során a talaj szerkezete változik meg, pl. az azonos mélységben történő rendszeres talajművelés tömörödött réteget („eketalp réteg”) hoz létre, melynek hatására a talajban zajló függőleges irányú anyagmozgások (víz, levegő) nehezítetté válnak, vagy gátlódnak, de a növényi gyökök mélybe való lejutása is gátlódhat. A tömörödés során a pórusok eltömődnek, a talaj összporozitása csökken, térfogatnövekedése nő, a talajban anaerob viszonyok alakulhatnak ki.

Szintén gyakran előforduló fizikai degradációs folyamat a porosodás, ami leginkább a talaj felszíni rétegét érinti, és a szerkezet szétesése jellemzi.

A talajmikróbák szerepe igen jelentős a fizikai degradáció elleni védelemben. Egyrészt a mikroorganizmusok sejtanyaga a talaj szervesanyagának része, ami hozzájárul a megfelelő talajszerkezet kialakításához is. Másrészt jelentős szerepük van az összetapadó talajszemcsék (aggregátumok) kialakításában és stabilizálásában. A baktériumtelepek alkotta mikrofilm réteg a szemcsék felületén, ill. a sejtek által szintetizált poliszacharidok részt vesznek az aggregátumok stabilizálásában. Hasonló szerepe van az arbuskuláris mikorrhiza gombák által termelt glomalinnak és glükoproteineknek. A fonalas gombák mechanikailag kapcsolják össze a talajrészecskéket (PAUL, 2007; WRIGHT & UPADHYAYA, 1998).

A **szél- és vízerózió** hatására a talaj felszíni rétege az eredeti helyéről átrendeződik egy másik területre (2. kép). A Nyírség homokterületei erőteljesen kitétek e két eróziótípusnak, mert a szerkezet nélküli homoktalaj (az alacsony szervesanyag- és agyagtartalom miatt, ami a részecskéket összeragaszthatná) a szél és/vagy víz hatására könnyen elmozdul. Az eróziós hatások felerősödnek a fizikai degradáció következtében.



## 2. kép. Szél-erózió (A) és vízerózió (B) nyomai a Nyírségben.

Mivel ebben az esetben a felső talajréteg érintett, ez azt eredményezi, hogy a mikrobiológiailag legaktívabb talajréteg szállítódik el az eredeti helyéről, vagyis az erózióval érintett területen a talaj biológiai aktivitása lecsökken. Ezzel párhuzamosan csökken a növények számára felvehető tápanyagok és a szervesanyag mennyisége, végső soron a talaj termékenysége is.

A szél- és vízerózió hatása csökkenthető a talajszerkezet javításával, a szervesanyag-tartalom növelésével, a talajfelszín folyamatos takarásával, és egyre több kísérlet zajlik a mikrobiológiai talajoltó készítmények alkalmazásával is, ahol pl. a fonalas algáknak is jelentős szerepük lehet egy talajfelszíni kéreg kialakításával.

A **talajsavanyodás** során a csökkenő kémhatással (pH) párhuzamosan nő a kicserélhető  $Al^{3+}$  ionok mennyisége, illetve csökken a kationcserre-kapacitás (CEC) értéke. A talajsavanyodás kialakulásában a savanyító hatású nitrogén műtrágyáknak jelentős szerepük van, de a szervesanyag-tartalom csökkenése is



elősegíti a pH csökkenését. Mivel a mikroorganizmusok által katalizált folyamatok általában pH-függők és az optimális tartomány a semleges körüli értékeknél van (pl. a légköri N<sub>2</sub> megkötése pH 5 alatt erősen lecsökken), ezért a talaj savanyodása mind mennyiségi, mind aktivitásbeli csökkenést eredményez a mikrobaközösségen.

A **sófelhalmozódással** (szikesedéssel) érintett talajokban megváltozik a talaj szerkezete, a növények számára a tápanyagok felvehetősége, vízhez való hozzáférése. A sófelhalmozódás hatására a mikrobiális közösség is átalakul, előtérbe kerülnek a sótűrő mikrobák, és jellemző módon a mikrobaközösség mérete és aktivitása is lecsökken (GANGWAR et al., 2019), a szikes talajban zajló anyag- és energiaáramok eltérnek az egészséges talajban zajló folyamatoktól. A sófelhalmozódás káros hatásait a talaj kémhatásának csökkentésével, a szervesanyag-tartalom növelésével lehet csökkenteni, amivel párhuzamosan a talaj eredeti mikrobaközössége is helyreállítható.

A **szélsőségesse váló vízgazdálkodás** eredményeként megnő a száraz vagy a túl nedves periódusok száma, időtartama. A száraz időszakokban a baktériumsejtek elpusztulnak, sejtanyagaik a környezetbe jutnak, a spórás baktériumok spóra formában vészelik át ezt az időszakot (SZABÓ, 2008). Eredménye tehát szintén a mikrobiológiai diverzitás és aktivitás csökkenése.

A túl nedves környezet (pl. a hirtelen lezúduló nagy mennyiségű csapadék nem tud leszivárogni a talaj mélyebb rétegeibe a kialakult tömörödött réteg miatt) oxigénmentes (anaerob) viszonyokat teremt, amit az egészséges talaj mikrobaközösségének legtöbb képviselője nem tud elviselni. Mindkét folyamat eredménye tehát a mikrobaközösség átalakulása, diverzitásának és egyedszámának csökkenése, mert a speciális környezetet (túl száraz vagy nedves) csak kevés faj képes elviselni.

A mikrobaközösség megváltozása a természetett növényállomány számára sem kedvező, mert a megváltozó mikrobiális anyagcsereutak nem tudják megfelelően biztosítani a növények tápanyag-ellátását.

A **talajszennyeződést** a kémiai szennyezőanyagok eredményezik, pontszerű vagy diffúz szennyezés eredményeként. A diffúz szennyezés több forrásból származik, pl. a mezőgazdasági tevékenység hatására, de a nem megfelelő hulladék- és szennyvízkezelés, a szennyezőanyagok légköri kiülepedése is okozhat diffúz szennyezést (KAVVADIAS, 2014). A pontszerű szennyezés elsősorban települések, ipari és katonai létesítmények közelében történik, aminek következtében a talajba kerülő szerves és szervetlen szennyezőanyagok a talajfunkciókat gátolják. A kémiai degradáció nemcsak a növények növekedését, a szennyezőanyag táplálékláncba történő bejutását eredményezi, de a mikroorganizmusokra is káros, illetve gátló hatással vannak. A szennyezőanyagok hatására azonban a szennyezett területen kiszelektálódhat olyan, kevésbé diverz mikrobaközösség, ami képes a szennyezőanyagok

lebontására, semlegesítésére. A mikroba ezen képességét a szennyezett területek rehabilitációjában irányítottan is felhasználják.

## **KÖVETKEZTETÉSEK**

Amint az előző fejezetekben is jeleztük, a degradációs folyamatok több ponton összekapcsolódnak, egymást erősíthetik, és negatív hatásai minden esetben érintik a talaj mikrobaközösségét, illetve az egész táplálékhálózatot. A talaj, mint élő rendszer rehabilitációja nem valósítható meg a táplálékhálózat alapját képező mikrobaközösség megfelelő működésének az elősegítése nélkül.

A talajdegradációs folyamatok egymásra épülnek, a rendszer „beindulása” után egyik folyamat hozza magával a következőt. A folyamatot általában a nem megfelelő agrotechnika indítja el, csökkentve a talaj szervesanyag-készletét, eltávolítva a növényi maradványokat, túlhasználva a talaj tápanyagkészletét. Ezek eredményeként beindul a szerkezetromlás, csökken a szervesanyag-készlet és a talaj biodiverzitása, megkezdődik a tömörödés, amit követ a csapadékvíz elfolyása a beszivárgás helyett és az eróziós folyamatok. A lezajló folyamatok hatására a talaj ökológiai funkciói is csökkenő szinten jelennek meg, végső soron pedig csökken a talaj megújulóképesége (LAL, 2015). A talajdegradációs folyamatot, a talajt mint élő rendszert kezelő, a talaj hosszú távú fenntartását célzó agrotechnika alkalmazásával lehet megállítani és visszafordítani.

A talajok szerepét az emberi populáció fennmaradásában tömören megfogalmazta Stefanovits Pál: „A talajon nem csak állsz, hanem élsz is.”

## **IRODALOMJEGYZÉK**

1. DIACONO, M., MONTEMURRO, F. 2010. Long-term effects of organic amendments on soil fertility: A review. *Agron. Sustain. Dev.* 30, 401–422.
2. GANGWAR, R.K., MAKÁDI, M., FUCHS, M., CSORBA, Á., MICHÉLI, E., DEMETER, I., TÁNCICS, A., SZEGI, T. 2019. Talajmikrobiológiai paraméterek változása szántóként és rétként hasznosított réti szolonyec talajokban. *Agrokémia és Talajtan* 68 (1), 155-175. DOI: 10.1556/0088.2019.00024
3. HUBER, S., PROKOP, G., ARROUAYS, D., BANKO, G., BISPO, A., JONES, R.J.A., KIBBLEWHITE, M.G., LEXER, W., MÖLLER, A., RICKSON, R.J., SHISHKOV, T., STEPHENS, M., TOTH, G. VAN DEN AKKER, J.J.H., VARALLYAY, G., VERHEIJEN, F.G.A., JONES, A.R. (eds) (2008). *Environmental Assessment of Soil for Monitoring: Volume I Indicators & Criteria.* EUR 23490 EN/1, Office for the Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 339 pp.

4. JENKINSON, D. S. (1966). Studies on the decomposition of plant material in soil. II. Partial sterilization of soil and the soil microbial biomass. *J. Soil Sci.* 17, 280–302.
5. KAVVADIAS V (2014). Soil degradation. Soil science institute of Athens-National Agricultural Research Foundation. [www.prosodol.gr/sites/](http://www.prosodol.gr/sites/)
6. KUZUYAKOV, Y., ZAMANIAN, K. 2019. Reviews and syntheses: Agropedogenesis – humankind as the sixth soil-forming factor and attractors of agricultural soil degradation. *Biogeosciences*, 16, 4783–4803.
7. OLDEMAN, L. R. 1992. Global extend of soil degradation. Published in ISRIC Bi-Annual Report 1991-1992, pp. 19-36.
8. OLSSON, L., H. BARBOSA, S. BHADWAL, A. COWIE, K. DELUSCA, D. FLORES-RENTERIA, K. HERMANS, E. JOBBAGY, W. KURZ, D. LI, D.J. SONWA, L. STRINGER. 2019. Land Degradation. In: *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems* [P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley, (eds.)]. In press.
9. PAUL, E.A. (Ed.). 2007. *Soil microbiology, Ecology, and Biochemistry*. Elsevier.
10. STEFANOVITS, P., FILEP, GY., FÜLEKY, GY. 1999. Talajtan. *Mezőgazda Kiadó, Budapest*. pp. 71-76.
11. SZABÓ I.M. 2008. *Az általános talajtan biológiai alapjai*. *Mundus Magyar Egyetemi Kiadó, Budapest*.
12. VÁRALLYAY, GY. 2004. Talaj az agro-ökoszisztémák alap-eleme. *Agro-21 Füzetek*, 37: 33-49.
13. WRIGHT, S., UPADHYAYA, A. 1998. A survey of soils for aggregate stability and glomalin, a glycoprotein produced by hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi. *Plant Soil*, 198: 97–107.

Levelezési cím:

Makádi Marianna, PhD. – DE AKIT Nyíregyházi Kutatóintézet

E-mail: [makadim@agr.unideb.hu](mailto:makadim@agr.unideb.hu)

# A ZÖLDÍTÉS SZEREPE A TALAJDEGRADÁCIÓ ELLENI VÉDELEMBEN HOMOKTALAJON

## THE ROLE OF GREENING IN PROTECTION AGAINST SOIL DEGRADATION ON SANDY SOIL

PÁL Vivien, ERDŐS Zsuzsa, HENZSEL István, ZSOMBIK László  
*Debreceni Egyetem AKIT Nyíregyházi Kutatóintézet*

### **Absztrakt**

Hazánkat az elmúlt évtizedekben egyoldalú vetésszerkezet jellemzi, a szántóterület több, mint 70%-án öt növényfaj (búza, árpa, kukorica, napraforgó, repce) termesztése történik. Az alacsony mértékű szervesanyag-visszapótlás, illetve a nem megfelelő nedvességi állapotban végzett talajmunkák a talajok szerkezetromlásához vezetnek. A vetésforgóba illesztett zöldtrágyanövények hozzájárulnak a talajok biológiai és fizikai állapotának javításához, csökkenthetik a felszíni elfolyás mértékét, a belvizek kialakulásának esélyét, illetve az eróziós és deflációs károkat. Kísérletünket a DE AKIT Nyíregyházi Kutatóintézet területén állítottuk be humuszos homoktalajon, mely során négy zöldtrágyanövényként alkalmazható faj (csillagfűrt, tavaszi bükköny, olajretek, pohánka) komplex hatásait vizsgáltuk vetésforgóban, tekintettel azok előveteményértékére, illetve a hatására a talaj tömörödöttségére és nedvességtartalmára. A kísérlet során talajmintákat vettünk a talaj 0-100 cm-es rétegeből a nedvességtartalom meghatározása érdekében, továbbá szintén 100 cm-es rétegben penetrációs ellenállási vizsgálatokat végeztünk. Megállapítottuk, hogy a zöldtrágyanövények vetésforgóba illesztése – összevetve a tarlón mért értékekkel – nem okozott negatív hatást a talaj nedvességtartalma és penetrációs ellenállása tekintetében. Zab elővetemény esetében a zöldtrágyakezelés alkalmazása növelte a nedvességtartalmat a talaj mélyebb rétegeiben, illetve csökkentette a talaj tömörödöttségét. A zöldtrágyanövények vízfelhasználása nem volt negatív hatással a vetésforgóban következő őszi vetésű kultúrára, a talaj nedvességtartalma, illetve penetrációs ellenállása hasonló, vagy kedvezőbb volt, mint a zöldtrágyával nem kezelt területeké.

**Kulcsszavak:** zöldtrágya, talajnedvesség, talaj tömörödöttség, vetésforgó

### **Abstract**

In Hungary, the sowing structure has been one-sided in recent decades, more than 70% of the arable land is cultivated with five plant species (wheat, barley,

corn, sunflower and rapeseed). Low organic matter replenishment as well as tillage works in inadequate moisture conditions lead to soil degradation. Green manure crops placed in crop rotation contribute to the improvement of the biological and physical condition of soils, green manure can reduce the rate of surface runoff, the chance of inland water formation, and erosion and deflationary damage. Our experiment was set up on the site of the DE AKIT Nyíregyháza Research Institute on humic-sandy soil, we investigated the complex effects of four species that can be used as green manure plants (lupine, common vetch, oil radish, buckwheat) in crop rotation taking into account their forecrop value and their effect on soil compaction and moisture content. During the experiment, soil samples were taken from the 0-100 cm depth of the soil to determine the moisture content, and penetration resistance tests were also performed at a depth of 100 cm. We found that the application of green manure crops to crop rotation did not cause a negative effect on soil moisture content and penetration resistance compared to stubble treatment. In the case of using green manure after oat, the treatment increased the moisture content in the deeper layers of the soil and reduced the soil compaction. The water use of green manure crops did not have a negative effect on the crop following the crop rotation, the soil moisture content and penetration resistance were similar or more favourable than those of areas not treated with green manure.

**Keywords:** green manure, soil moisture, soil compaction, crop rotation

## BEVEZETÉS

A talajok nagymértékű szervesanyag-csökkenése a szervesanyag-bevitel és a talaj biológiai aktivitásának csökkenésével, az egyre kevesebb növényfajt tartalmazó vetésforgóval, az eróziós és deflációs veszteségekkel magyarázható (Kemenessy, 1959). A világ számos régiójában a talajt az év egy bizonyos időszakában művelik intenzíven az adott növénykultúra termesztése céljából, azonban a kultúra betakarítása után a talajállapot optimalizálása érdekében tett eljárások gyakran nem elégségesek. Problémát jelent, hogy a jelentős degradációs folyamatok, mint például az erózió, a kimosódás és a talaj tömörödés azon periódusban jelentkeznek, amikor a talajt nem borítja növényzet. A 21. századi növénytermesztés fenntarthatóságának kulcskérdése az lehet, hogy a mezőgazdaság milyen speciális agronómiai gyakorlatokat dolgoz ki ezen periódus alatt végbemenő negatív hatások mérséklése érdekében, hogy minimalizálja az agroökoszisztémából származó nemkívánatos anyagáramot (Lal és Pierce, 1991). Az eróziós és deflációs veszteségek, a nem megfelelő nedvességi állapotban elvégzett gépi munkák a talajok szerkezetromlását eredményezik. A szerkezetromlás a talaj degradációjának igen fontos kísérőjelensége, melynek során a talajok térfogatnövekedése 10-20 év alatt

jellemzően 1,1-1,3 g/cm<sup>3</sup> értékről 1,5-1,7 g/cm<sup>3</sup> értékre nőtt (Láng, 1983; Birkás, 1987). A tendencia a talajok biológiai aktivitásának csökkenésére, szervesanyag-hiányára, illetve a nem megfelelő nedvességi állapotban történő gépi munkák talajkárosító hatására vezethető vissza (Angyán és Menyhért, 1989). A vetésforgókba illesztett zöldtrágyanövények jótékony hatással vannak a talaj biológiai és fizikai állapotára, alkalmazásuk javítja a vízgazdálkodását, növelik szervesanyag tartalmát, csökkentik az eróziós és a deflációs károkat (Lazányi, 2000). A gyökereik dúsán átszövik a talómaradványokat, elősegítve azok bomlását, gyors növekedésükkel jelentős mennyiségű nitrogént vesznek fel a talajból, megakadályozva annak kimosódását, biztosítva ezzel az utónövény számára a nitrogén felvehetőségét (Hansen és Djuruus 1997). Az állatállomány jelentős csökkenéséből adódó szervestrágya hiány, illetve a talajok fizikai, biológiai állapotromlása miatt szükséges a zöldtrágyanövények újbóli fő- és másodvetésű termesztésbe vonása (Németh et al., 2003). A talaj nedvességtartalmának hiánya és az időjárás kiszámíthatatlansága a legfőbb limitáló tényező a növénykultúrák megválasztása szempontjából, ebből kifolyólag a nyári ugaroltatás még mindig az egyik legelterjedtebb gyakorlatnak számít. A nyári ugaroltatás hátránya a talajtípustól függő gyenge víztároló kapacitás, illetve a fokozott kitétség a talajerózióknak (Tanaka és Aase, 1987; Black és Bauer, 1988; Steiner, 1988), mely a műtrágyázott talaj degradációja esetében veszélyezteti a termelés fenntarthatóságát. Számos szerző javasolja a zöldtrágyázás alkalmazását nitrogénkötő növényfajokkal ugaroltatás helyett a degradált talajok javításának alternatívájaként (Biederbeck, 1990; Wright, 1990; Campbell et al., 1991). Zöldtrágya növénynek a még el nem halt, fehérjében, cukorban, keményítőben, és nitrogénben gazdag lédús, zöld növényeket tekintjük, amelyeket trágyázási céllal fejlődésük vegetatív szakaszában dolgozunk a talajba (Kismányoky, 2005). Nagy és Seiwert (2005) megfigyelései szerint a zöldtrágyanövények gyökérzetének már fejlődésük során is nagy hatásuk van a talaj szerkezetére, annak biológiai aktivitására, emellett erózió- és deflációsökkentő szerepet is ellátnak. Több szerző véleménye alapján (Martens és Frankenberger, 1992; Bresson et al., 2001; Edmeades, 2003; Haynes és Naidu, 1998) a talajba forgatott zöldtrágyanövények növelik a talaj szerves szénttartalmát, az aggregátumok stabilitását, javítják a beszivárgási tényezőket és a hidraulikus vezetőképességet, továbbá csökkentheti a talaj tömörödöttségét, befolyásolják a talaj pórusméreteinek eloszlását, csökkenthetik a talaj erózióknak való kitéttőségét, lassítják a felületi tömör rétegek kialakulását, ezáltal fenntartva az optimális beszivárgási tényezőket és csökkentik az elfolyás valószínűségét. Hababi et al., (2013) által végzett kísérletben azt tapasztalták, hogy a zöldtrágya használatával csökken a talaj tömörödöttsége, illetve nő a szervesanyag tartalma, amely elősegíti az aggregátumok képződését, így növelve a talaj

porozitását és nedvességtartalmát. Különböző módosítások alkalmazása indokolt a növénytermesztésben annak érdekében, hogy diverzifikálják a döntően monokultúrára, illetve igen alacsony számú növényfajra alapozott termelési rendszer vetésforgóit, melyben a nyári ugar periódus kiváltására különböző zöldtrágyanövények alkalmazása jelenthet megoldást.

Itt két mondatban le kellene írni a célt, hipotézist (az anyag és módszerből áttenni ide).

## ANYAG ÉS MÓDSZER

Kísérletünket 2019-ben állítottuk be a DE AKIT Nyíregyházi Kutatóintézet területén humuszos homoktalajon. A kísérlet célja a zöldtrágyanövények alkalmazásának komplex vizsgálata vetésforgóban, mely során vizsgáljuk azok előveteményértékét, illetve a hatását a talaj tömörödöttségére és nedvességtartalmára. A kísérletben alkalmazott zöldtrágyanövény fajok az Intézet által nemesített alternatív növények, úgy mint a fehérvirágú édes csillagfürt (*Lupinus albus* cv. Nelly), a tavaszi bükköny (*Vicia sativa* cv. Emma), az olajretek (*Raphanus sativus* cv. Litinia) és a pohánka (*Fagopyrum esculentum* cv. Hajnalka). A zöldtrágyanövényeket gazdaságilag hasznos növényfajokkal vizsgáljuk vetésforgóban, amelyek a tritikálé, tavaszi zab és kukorica. A kísérleti terület talajvizsgálati eredményeit az 1. táblázat szemlélteti.

**1. táblázat.** A kísérleti terület talajának talajvizsgálati eredményei (Nyíregyháza, 2020)

pH érték (KCL)	6,15
Arany-féle kötöttségi szám ( $K_A$ )	33
Vízben oldható összes só (m/m) %	0,02
Szénsavas mész (m/m) %	0,97
Szerves szén (humusz tartalom) (m/m)%	1,21
Foszfor-pentoxid (mg/kg) (AL-kivonat)	371
Kálium-oxid (mg/kg) (AL-kivonat)	416
Nitrát (mg/kg) (KCl-oldható)	9,89

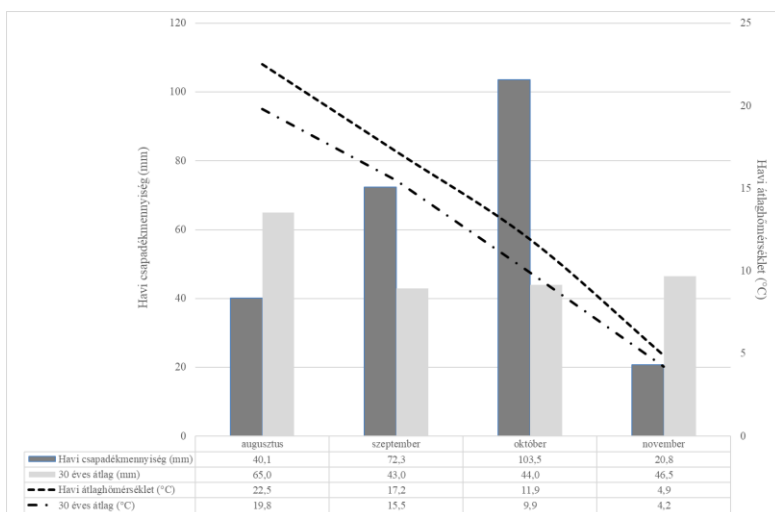
A terület talajának kultúrállapota jó, a termőréteg vastagsága 40-50 cm közé tehető. A terület talajtípusa humuszos homok, melynek humusztartalma az 1,2 % érték körül alakul, kötöttsége 33  $K_A$ . Az AL-oldható foszfor ellátottsága magas, a kálium ellátottsága jó. Vízartó képessége és vízkapacitása közepes.

A kísérlet első vizsgálati évében tritikálé és zab után alkalmaztuk a négy zöldtrágyanövényt. A tritikálé betakarítása 2020. 07. 30-án, a zab betakarítása 2020. 08. 07-én történt, a szármadarvány nem került elhordásra a területről,

felaprítva a talajba dolgoztuk. Tárcsázást és magágykészítést (ásóborona) követően a zöldtrágyanövények vetésére 2020. 08. 11-én került sor. A zöldtrágyanövények fejlődése során az első talajmintavétel 2020. 09. 04-én, a második 2020. 10. 22-én történt. A mintavétel a nedvességtartalom gravimetriás megállapítása céljából a talaj 0-25, 25-50, 50-75 és 75-100 cm-es mélységében 5 cm átmérőjű mintavevő csővel történt, ütőkalapácsos rendszerű gép alkalmazásával. A talajtömörödöttség megállapítása penetrációs ellenállás mérésével 1 m mélységig PEN 100M500 típusú műszerrel történt 2020. 09. 09-én és 2020. 11. 24-én. A zöldtrágyanövényeket virágzás előtti fenofázisban forgattuk a talajba, szántásos alapművelést alkalmaztunk, a magágykészítés kombinátorral történt a vetésforgóban következő tritikálé számára. A vetésforgó kísérlet négy blokkot foglal magába, melyeken belül egyaránt négy ismétlésben vizsgáltuk a négy különböző zöldtrágyanövény fajt (csillagfűrt, tavaszi bükköny, olajretek, pohánka). A vetésforgó elemei a különböző blokkokban az alábbiak szerint alakult:

- I. blokk: tritikálé – zöldtrágya – tarló
- II. blokk: tavaszi zab – zöldtrágya – tritikálé
- III. blokk: tritikálé – zöldtrágya – tarló
- IV. blokk: kukorica – tarló – tritikálé.

A vizsgált periódus időjárás adatait az 1. ábra tartalmazza:



**1. ábra:** A kísérletben vizsgált periódus havi csapadékmennyiségének és átlaghőmérsékletének alakulása (Nyíregyháza, 2020)



A havi csapadékmennyiség tekintetében augusztusban 38%-kal kevesebb csapadék hullott a 30 éves átlaghoz képest, azonban szeptemberben ez az érték 68%-kal, októberben 135%-kal magasabb volt, mint az átlag. Novemberben kevesebb, mint fele annyi csapadék hullott, mint az elmúlt évtizedek átlaga, azonban a megelőző hónapok bőséges csapadékmennyisége feltöltötte a talajok vízkészleteit. Az igen csapadékos október miatt ebben az évjáratban a talajmunkák és a vetés kivitelezése időben kitolódott.

## EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

A szeptember 4-ei talajmintavétel alkalmával szembevető a különböző elővetemények hatása a talaj nedvességtartalmának alakulására (2. táblázat).

**2. táblázat:** Talajnedvesség eredmények átlagértékei a különböző kezelések hatására a szeptember 4-ei talajmintavétel alkalmával (Nyíregyháza, 2020)

Kezelés	Talajmélység (cm)			
	0-25	25-50	50-75	75-100
Csillagfürt (tritikálé e.v.)	17,7%	17,6%	17,3%	15,0%
Tavaszi bükköny (tritikálé e.v.)	17,4%	16,6%	16,4%	15,5%
Olajretek (tritikálé e.v.)	16,3%	16,5%	16,5%	14,6%
Pohánka (tritikálé e.v.)	15,6%	14,8%	13,6%	9,8%
Tarló (tritikálé e.v.)	17,1%	17,3%	16,1%	12,2%
Csillagfürt (zab e.v.)	12,6%	10,7%	10,0%	8,6%
Tavaszi bükköny (zab e.v.)	11,6%	10,4%	9,7%	9,5%
Olajretek (zab e.v.)	11,3%	10,6%	10,4%	9,4%
Pohánka (zab e.v.)	10,3%	9,0%	8,1%	6,9%
Tarló (zab e.v.)	11,6%	7,9%	7,2%	7,1%

A tritikálét követő zöldtrágyanövények esetében a kezelések között nem tapasztaltunk számottevő különbséget, a tarló, illetve a zöldtrágyanövénnyel kezelt területek talajának nedvességtartalma közel azonos volt a talaj 1 m-es mélységű profiljában. Kivételt képez ez alól a pohánka talaja 50-100 cm-ig, illetve a tarló talaja 75-100 cm-ig, ahol alacsonyabb nedvességtartalom értékeket mértünk a többi kezeléshez képest. A zab előveteményt követő kezelések tekintetében mind a zöldtrágyanövénnyel kezelt, mind a kezeletlen területek talajának nedvességtartalma alacsonyabb értékeket mutatott, mint a tritikálét követő kezelések esetében (átlagosan 40%-kal). Legalacsonyabb

értékeket a zöldtrágyanövény nélküli kezelés mutatta, ahol a talaj 25 cm-es mélységétől kezdve a nedvességtartalom értékek alulmaradtak a kezelt területekhez képest. Kivételt képez ez alól a pohánkával kezelt terület, ahol a talaj nedvességtartalma – hasonlóan a tritikálét követő kezelés esetével – az 50-100 cm-es mélységben elmarad a többi zöldtrágyakezeléstől.

Az október 22-ei talajmintavétel nedvességtartalmának eredményeit a 3. táblázat szemlélteti.

**3. táblázat:** Talajnedvesség eredmények átlagértékei a különböző kezelésekek hatására az október 22-ei talajmintavétel alkalmával (Nyíregyháza, 2020)

Kezelés	Talajmélység (cm)			
	0-25	25-50	50-75	75-100
Csillagfürt (tritikálé e.v.)	19,4%	18,6%	19,9%	17,0%
Tavaszi bükköny (tritikálé e.v.)	18,8%	18,4%	18,6%	18,7%
Olajretek (tritikálé e.v.)	20,2%	17,4%	18,8%	17,7%
Pohánka (tritikálé e.v.)	19,6%	18,1%	16,8%	15,7%
Tarló (tritikálé e.v.)	21,4%	20,1%	19,2%	14,3%
Csillagfürt (zab e.v.)	17,4%	17,7%	17,7%	13,9%
Tavaszi bükköny (zab e.v.)	18,4%	16,9%	17,1%	13,6%
Olajretek (zab e.v.)	18,3%	17,1%	15,8%	11,6%
Pohánka (zab e.v.)	17,5%	16,6%	15,9%	13,7%
Tarló (zab e.v.)	19,0%	17,8%	13,7%	11,1%

Az októberi mintavétel alkalmával mindkét elővetemény esetében nőtt a talajnedvesség értéke, köszönhetően a jelentős mennyiségű lehullott csapadéknak. A különböző zöldtrágyanövények között nem tapasztaltunk jelentős kezeléshatást a talaj nedvességtartalmára. A tarlón mért talaj nedvességtartalom értékek tritikálé elővetemény esetében a 75-100 cm-es mélységben, zab elővetemény esetében az 50-100 cm-es mélységben elmaradnak a zöldtrágyával kezelt területeken mért értékektől. A felszín közeli rétegben tritikálé elővetemény esetén a 0-25 cm-es és 25-50 cm-es rétegben a zöldtrágyázott területek talajának nedvességtartalma alacsonyabb, mint a zöldtrágyázás nélküli talaj esetében, azonban ez a különbség minimális. Zab elővetemény esetén ez a tendencia csak a talaj felső 0-25 cm-es rétegében jelentkezik, 25-50 cm-es rétegben az értékek közel azonosak, mélyebb rétegekben a zöldtrágyázott területek talaja rendelkezik magasabb

nedvességtartalommal, köszönhetően annak, hogy a zöldtrágyanövények javították a talaj vízáteresztő képességét.

A szeptember 4-ei talajtömörödöttségi értékek hasonló tendencia alapján alakultak, mint a talajnedvesség értékek, az elővetemény hatása jelentős (4. táblázat). Tritikálé elővetemény esetén legmagasabb talajellenállási értékeket olajretek és pohánka esetében tapasztaltunk a zöldtrágyával kezelt területek közül, legalacsonyabb értékeket a tavaszi búkkönnyel vetett parcellák esetében mértük. A tarlón mért ellenállási értékek 50-100 cm-es mélységben jelentősen magasabbak voltak, mint a zöldtrágyával kezelt talajok esetén. Zab elővetemény esetében az értékek jóval magasabbnak bizonyultak, mint a tritikálé elővetemény esetén. A zöldtrágyanövény kezelések közül a legnagyobb ellenállást az olajretek kezelés talajában mértük, amellyel hasonló értékeket vettek fel a tarlón mért talaj tömörödöttségi értékek.

**4. táblázat:** Talajellenállás átlagértékei a különböző kezelések hatására a szeptember 4-ei penetrációs mérés alkalmával (Nyíregyháza, 2020)

Kezelés	Talajellenállás (kPa)			
	0-25	25-50	50-75	75-100
Csillagfűrt (tritikálé e.v.)	15,2	26,0	23,7	40,6
Tavaszi búkköny (tritikálé e.v.)	14,4	24,3	23,8	36,3
Olajretek (tritikálé e.v.)	24,4	45,6	32,4	43,5
Pohánka (tritikálé e.v.)	22,4	32,3	22,3	45,8
Tarló (tritikálé e.v.)	18,8	30,7	54,7	72,9
Csillagfűrt (zab e.v.)	48,2	78,7	74,6	81,9
Tavaszi búkköny (zab e.v.)	45,7	78,5	79,8	92,3
Olajretek (zab e.v.)	43,6	87,2	93,9	100,0
Pohánka (zab e.v.)	57,5	84,3	78,6	94,2
Tarló (zab e.v.)	51,7	90,9	93,9	94,1

A talajtömörödöttségi értékek a november 24-ei mérés alkalmával jelentősen csökkentek. November 18-án elvetésre került a tritikálé, a parcellákban mért talajellenállás értékeket az 5. táblázat tartalmazza.

**5. táblázat:** Talajjellenállás átlagértékei a különböző kezelések hatására a november 24-ei penetrációs mérés alkalmával (Nyíregyháza, 2020)

Növényi sorrend	Talajjellenállás (kPa)			
	0-25	25-50	50-75	75-100
Zab - Csillagfürt - Triticálé	3,2	20,2	25,7	36,8
Zab - Tavasz bükköny - Triticálé	6,5	20,0	19,2	29,4
Zab - Olajretek - Triticálé	6,6	26,3	33,1	49,8
Zab - Pohánka - Triticálé	5,9	22,3	14,0	30,6
Zab - Tarló - Triticálé	4,9	18,6	26,6	40,5

A mélyebb talajrétegben (az olajretek kivételével) a legmagasabb tömörödöttségi értékeket a zöldtrágyával kezeletlen területek talaján mértük. Legalacsonyabb talajjellenállási értéket a tavasz bükköny zöldtrágyanövénnyel kezelt terület eredményezte a 25-100 cm-es mélységben, melyhez közel azonos eredményeket tapasztaltunk pohánka elővetemény esetén.

### **KÖVETKEZTETÉSEK**

Eredményeink alapján megállapítható, hogy a vetésforgóba illesztett zöldtrágyanövények nem voltak negatív hatással a talaj nedvességtartalmára és tömörödöttségére sem a talajba forgatás előtt, sem a talajba forgatást követően. A kísérletben vizsgált elővetemények esetében a zöldtrágyanövények csökkentették a zab által kiváltott negatív tényezőket, úgy mint a fokozott vízfelhasználásból eredő nedvességhiány a talajban, illetve az alacsonyabb talajnedvességi értékekből adódó magasabb talajjellenállás értékek. Zab elővetemény esetében már egy hónapnyi zöldtrágyanövény borítottság is lehetővé tette a nedvességtartalom mélyebb szintekre történő szivárgását, összevetve a tarlón mért értékekkel. A zöldtrágyanövények vetésforgóba iktatása nem ront a talajállapoton, az utónövény számára kedvezőbb talajszerkezetet biztosít, továbbá a tarlóval ellentétben biztosítja a talajborítottságot az eróziós és deflációs károk megelőzése érdekében. További előnye, hogy a hüvelyes zöldtrágyanövények jelentős mennyiségű nitrogént kötnek meg, melyet felvehető formában biztosítanak a következő kultúra számára, ezáltal csökkentve a kijuttatandó műtrágya mennyiségét. A mélyen gyökerező zöldtrágyanövényfajok megelőzik a nitrát kimosódását a talajvízzel, továbbá speciális gyökérsavak kibocsátásával csökkentik a kártevők, illetve egyes gyomfajok jelenlétét a szántóföldön.

## **IRODALOMJEGYZÉK**

1. ÁNGYÁN J. – MENYHÉRT Z. 1989. Integrált alkalmazkodó növénytermesztés. GATE-KSZE, Gödöllő-Szekszárd.
2. BIRKÁS M. 1987. A talajművelés minőségét befolyásoló agronómiai tényezők értékelése. Kandidátusi értekezés. Gödöllő.
3. BLACK, A. L. – BAUER, A. 1988. Strategies for storing and conserving soil water in the northern Great Plains. In: UNGER, P. W., JORDAN, W. R., SNEED, T. V. (Eds.), Challenges in Dryland Agriculture: A Global Perspective. Proceedings of the International Conference on Dryland Agriculture, Amarillo, TX, August 1988. Texas Agric. Exp. Stn., College Station. 137-139.
4. BRESSON, L. M. – KOCH, C. – LE BISSONNAIS, Y. – BARRIUSO, E. – LECOMTE, V. 2001. Soil surface structure stabilization by municipal waste compost application. Soil Sci. Soc. Am. J. 65. 1804-1811.
5. CAMPBELL, C. A. – SCHNITZER, M. – LAFOND, G. P. – ZENTNER, R. P. AND KNIPFEL, J. E. 1991. Thirty-year crop rotations and management practices effects on soil and amino nitrogen. Soil Science Society of America Journal. 55. 739-745.
6. EDMEADES, D. C. 2003. The long-term effects of manures and fertilisers on soil productivity and quality: a review. Nutr. Cycl. Agroecosyst. 66. 165-180.
7. HABABI, A. – JAVANMARD, A. – MOSAVI, S. B. – REZAEI, M. – SABAGHINA, N. 2013. Effect of green manure on some soil physicochemical characteristics. International Journal of Agronomy and Plant Production. 4. 11. 3089-3095.
8. HANSEN, E. – DJURHUUS, J. 1997. Yield and N uptake as affected by soil tillage and catch crop. Soil and Till. Research. Elsevier Sci. 4. 241–252.
9. HAYNES, R. J. – NAIDU, R. 1998. Influence of lime, fertilizer and manure applications on soil organic matter content and soil physical conditions: a review. Nutr. Cycl. Agroecosyst. 51. 123-137.
10. KEMENESSY E. 1959. Talajérőgazdálkodás. Akadémiai Kiadó, Budapest
11. KISMÁNYOKY T. 2005. Tápanyagellátás, trágyázás. In: ANTAL J. Növénytermesztés 1. A növénytermesztés alapjai, gabonafélék. Mezőgazda Kiadó. Budapest
12. LAL, R. – PIERCE, F. J. 1991. Soil management for sustainability. SWCS and SSS of America. Iowa.
13. LÁNG I. (1983): Biológiai erőforrások. Kossuth Kiadó, Budapest, 122.

14. LAZÁNYI J. 2000. Sustainable rye production in the Westsik crop rotation experiment. *Acta Agronomica Hungarica*. Akadémiai Kiadó 48. 3. 271–277.
15. MARTENS, D. A. – FRANKENBERGER, JR. W. T. 1992. Modification of infiltration rates in an organic-amended irrigated soil. *Agron. J.* 84. 707-717.
16. NAGY Z. – SEIWERTH G. 2005. Zöldtrágyázással a talajtermékenység javításáért. *Gyakorlati Agroforum*. 16. 8. 32-34.
17. NÉMETH I. – NAGY B. – DORNER Z. 2003. A zöldtrágyanövények hatása a gyomosodásra. *Növénytermelés* 52. 5. 495–505.
18. STEINER, J. L. 1988. Simulation of evaporation and water use efficiency of fallow-based cropping systems. In: UNGER, P. W., JORDAN, W. R., SNEED, T. V. (Eds.), *Challenges in Dryland Agriculture: A Global Perspective*. Proceedings of the International Conference on Dryland Agriculture. Amarillo, TX, August 1988. Texas Agric. Exp. Stn., College Station. 176-178.
19. TANAKA, D. L. – AASE, J. K. 1987. Fallow method influences on soil water and precipitation storage efficiency. *Soil Tillage Res.* 9. 307-316.
20. WRIGHT A. T. 1990. Yield effect of pulses on subsequent cereal crops in the northern prairies. *Canadian Journal of Plant Science* 70, 1023-1032.

Levelezési cím: Pál Vivien – Debreceni Egyetem AKIT Nyíregyházi Kutatóintézet, 4400 Nyíregyháza, Westsik V. utca 4-6.

E-mail: [pal.vivien@agr.unideb.hu](mailto:pal.vivien@agr.unideb.hu)

# TALAJTERMÉKENYSÉG – TALAJDEGRADÁCIÓ – FENNTARTHATÓSÁG

## SOIL FERTILITY– SOIL DEGRADATION – SUSTAINABILITY

TÓTH Gabriella, HENZSEL István, GYÖRGYI Gyuláné, SIPOS Tamás  
*Debreceni Egyetem AKIT Nyíregyházi Kutatóintézet*

### **Absztrakt**

A mezőgazdaság célkitűzése az élelem, az élelmiszerek, illetve ezek alapanyagainak előállítása, felhasználva elsősorban a természeti erőforrásokat, ugyanakkor akár a nagyobb, akár az egészségesebb termés elérése érdekében jelentős környezeti terhelést ró a világra. A tápanyagellátás, a trágyázás, az öntözés, a növényvédelem és a talajhasználat módja, időpontja, mértéke jelentősen befolyásolja a növényállomány egészségi állapotát, ezáltal a termés mennyiségét. Jelen közleményben néhány szakirodalom segítségével szeretnénk röviden felvázolni a talajdegradációt, – különös tekintettel a talajtömörödéssel – és a megoldási lehetőségeket.

**Kulcsszavak:** talajdegradáció, talajtömörödés, penetráció, földművelés, csillagfürt

### **Abstract**

The objective of the agriculture is to produce food and feeds especially using natural resources, but at the same time it imposes a significant environmental damage on our world in order to achieve a higher or healthier crop. The method, the application time and the rate of the nutrient supply, the fertilization, the irrigation, the plant protection and the land use have a great influence on the health status of the plants, and thus on the amount of the crop. In this paper, we would like to present the topic of soil degradation especially with regard to soil compaction, and the possible solutions to reduce these processes, based on literature background.

**Keywords:** soil degradation, soil compaction, penetration, agriculture, lupine

### **BEVEZETÉS**

A természeti erőforrások közül az egyik legfontosabb a talaj és annak minősége. A mezőgazdaság elsődleges célkitűzése az élelem, illetve alapanyag előállítása, azonban ezzel jelentős terhelést ró a környezetre, így a talajra is. A talajdegradáció, mint a talaj fizikai, kémiai, biológiai romlása a világon

mindenhol jelen van. Közös érdekünk a káros folyamatok mérséklése. A feladat szerteágazó, ezért jelen publikációban mindössze a fizikai degradáció egyik formáját, a talajtömörödést és annak hatását elemezzük néhány szakirodalom segítségével.

## **FÖLDMŰVELÉS, A TALAJOK VÍZHÁZTARTÁSA**

A talajok fizikai-kémiai degradációja világjelenség, ezen belül a fizikai degradáció egyik megjelenési formája, a talajtömörödés a legnehezebben kivédhető (Várallyay, 1999). A mezőgazdasági területeinken fokozódik a talajtömörödés, melynek hatására mind növénytermesztési (hozamcsökkenés), mind környezetvédelmi (erózió, defláció, talajvízszennyezés) szempontból egyre nagyobb kártételre számíthatunk.

E kártételek megelőzésének legkézenfekvőbb, elsődleges módja a helyes föld-, illetve talajművelés.

Kemenesy (1972) a földművelés fő céljának a talaj termékenységének fenntartását, illetve fokozását tartja, figyelembe véve a talaj- és éghajlati adottságokat, a gazdaságok üzemi helyzetét, és további lehetőségeit.

Birkás (1993) véleménye szerint a talajművelés többcélú. Feladata a növények számára a megfelelő talajszerkezet kialakítása és fenntartása (lazultság, aprózottság), azaz a talajdegradáció csökkentése a kémiai vagy mechanikai talajjavítás eszközeivel, ugyanakkor célja a vízforgalom (akár az öntözés hatékonyságának növelése által is), a levegő-, és hőforgalom javítása, valamint elősegíteni a tápanyagellátást, illetve a tápanyag hasznosulását. A fenntarthatóság elvének megvalósításhoz Birkás (2009) a mulcshagyó sekély tarlóművelést, víz- és szénkímélő, a talaj állapotához alkalmazkodó alapozó művelést, annak elmunkálását, valamint a magágykészítés folyamatait emeli ki, illetve ezek szakmailag megalapozott, megfelelő minőségben való végrehajtását. A talajművelés célja talaj fizikai, kémia tulajdonságainak fenntartása, valamint javítása, illetve a biológiai tevékenységek fokozása.

Manninger (1957) a nagy termések eléréséhez a talajművelés mellett a megfelelő tápanyag- (istállótrágya, műtrágya, másodvetésű zöldtrágyázás) és vízgazdálkodásra, a vetés- és gyökérforgóra, a fűvesherék, pillangósok, illetve hüvelyesek nagy területen való termesztésére helyezi a hangsúlyt, kiemelve még az intenzív növényápolást és az adott, azaz helyi viszonyokhoz legjobban alkalmazkodott nemesített növényfajtákat, illetve azok jó minőségű vetőmagjait.

A talaj nedvességtartalmát számos agrotechnikai elem befolyásolja. Így a növényi sorrend (vetésváltás vagy monokultúra) és a növényápolás (elsősorban a gyomirtás). A magágykészítés és a vetés közti időtartam, valamint az állománysűrűség jelentősen módosíthatja a talaj vízgazdálkodását, hasonlóképpen, mint a lazító-, porhanyító tömörítés (kímélő földművelés),



illetve a tömör réteg csökkentése, vagy a talajtakarás (tarló, mulcs) (Birkás-Jolánkai, 2008; Schmidt, 2011).

## **TALAJTÖMÖRÖDÉS**

A talajtömörödöttség elleni védekezésnek, megelőzésének egyik módja a lazítás, ugyanakkor érdemes felhasználni a vetésszerkezetben rejülő lehetőségeket a talaj szerkezetét javító és egyben tápanyagszolgáltató növények, jelesen a pillangósvirágú élelmiszer és takarmánynövények vetésszerkezetbe iktatásával és rendszeres természetével.

Birkás (1993) szerint: „A talajművelés hatása a növények termésére a különböző szerzők véleménye szerint önmagában mintegy 15-25%. A kémiai anyagokat mellőző gazdálkodási rendszerekben a művelés befolyása a termésre ennél nagyobb arányú. Az elővetemény hatással együtt elérheti az 50-60%-ot.”, Györfly (1975) véleménye az, hogy „a talaj humusztartalmának alakulására elsősorban a talajművelés rendszerének, másodsorban a trágyázásnak, míg a vetésszerkezetnek csak harmadsorban van jelentősége”. Kemenes (1956) véleménye szerint azonban a talajjavító növények megfelelő arányú termesztésének, a szervezett talajhasználatnak, Vetter (1959) szerint a vetésszerkezet szerkezeti összetételének hatása bizonyos körülmények között nagyobb a talaj humusztartalmára, mint az istállótrágyázás

Homoktalajon parlag, szalmatrágyás és zöldtrágyás kezeléseket végzett talajellenállás mérések eredményeit Kocsis (1996) közli és megállapítja, hogy a penetrációs görbe és maximuma közel azonos az ugar, a rozs és a csillagfű területen. Ugyanakkor megfigyelhető, hogy a talajellenállás fokozódása a parlagoltatásos vetésszerkezetben a 30–40 cm-es talajmélységtől, a szalmatrágyázásosban 20–30 cm-től, a csillagfű zöldtrágyázásos szerkezetben 10–20 cm-től erőteljesebb.

## **NYÍREGYHÁZI KUTATÁSI EREDMÉNYEK ÉS SZEREPÜK A TALAJDEGRADÁCIÓ ELLENI VÉDELEMBEN**

Homoktalajon, a Nyíregyházán található Westsik vetésszerkezetben mért penetrométeres mérések eredményeiről Henszel (2002), valamint Henszel és Csáki (2002) számolt be. A szerzők a vetésszerkezet szalma-, istálló- és csillagfű zöldtrágyás kezeléseiben, burgonya, rozs és csillagfű növényállományban végzett talajellenállás mérések adatai alapján megállapították, hogy a szalma- és istállótrágyás vetésszerkezetekhez viszonyítva a csillagfű vetésszerkezetben a legkisebb mértékű a talajtömörödés. Mindemellett a csillagfű termesztési célja, módja (magtermesztés, zöldtakarmány vagy zöldtrágya) a penetrációs ellenállás értékét nem befolyásolta.

Borbély et al. (2010) több termőhelyen, különféle növényállományokban (csillagfűben is) a csillagfű elővetemény talajtömörödésre való hatását

vizsgálták. Megállapították, hogy homogénnek tűnő, kis mintatereken belül is jelentős a talajjellenállásbeli különbség. A tenyésztidőszak elején kisebb penetrációs értékeket mértek, mint a tenyésztidőszak második felében. A vizsgálatok során, a legtöbb esetben a szántóföldi kultúrák fejlődésére kedvezőtlen talajjellenállás értékeket regisztráltak. A szerzők cikkükben kiemelik, hogy a vizsgálatban szereplő növényfajok közül a vizsgált talajszelvényben (0-70 cm) a legkisebb mechanikai ellenállást csillagfürt területen mérték, mely hatás fellelhető volt a csillagfürt után akár 2-3 évvel is. A fenti penetrométeres vizsgálatok a csillagfürt talajjellenállást befolyásoló hatásának tanulmányozására irányultak, és számos esetben igazolódott a csillagfürt mélyre hatoló gyökérzetének akár több évig is kimutatható talajlazító hatása (Borbély et al., 2010), ugyanakkor közismert a pillangósok, hüvelyesek tápanyagfeltáródást, tápanyagszolgáltatást elősegítő szerepe is, de mindezek ellenére, sok esetben a vetésforgó, mint a (részleges) tápanyagutánpótlás egyik természetes eszköze, feledésbe merül.

A fenti elvek, lehetőségek ma, a mennyiségközpontú gondolkodásnak köszönhetően sok esetben csorbát szenvednek, és a nem megfelelő gazdálkodás hatására minőségi romlás (akár talajdegradáció, tömörödés, tápanyaghiány, talaj vízháztartási problémák stb.) léphet fel.

## **ÖSSZEFOGLALÁS**

A talaj, mint feltételesen megújuló természeti erőforrás, a mezőgazdasági, főként növénytermesztési tevékenységek alapja, azonban számos esetben kárt szenved, minősége romlik. A talajdegradáció folyamatát nehéz visszafordítani. Ahogy Birkás és Gyuricza (2004), valamint Várallyay és Láng (2009, cit. Várallyay, 2012) kifejti, a természeti (termőhelyi) adottságokhoz alkalmazkodó talajhasználat, művelési ág, vetésszerkezet és agrotechnika a fenntarthatóság alappillére, mindemellett esetenként indokolt és ésszerű lehet a melioráció, talajjavítás, talajvédelem és vízrendezés is.

Laczó (1998) szerint a fenntartható fejlődés érdekében csak olyan termelésnövelést szabad alkalmazni, mely fenntartja a talaj termőképességét, a felszín alatti vizek minőségét, megőrzi a genetikai erőforrásokat, biodiverzitást biztosít, megfelelő beltartalmi paraméterekkel bíró, jó minőségű terméket állít elő úgy, hogy melléktermékeivel és hulladékaival a legkisebb mértékben szennyezi a környezetet és a vidék számára munkaalkalmat, illetve megélhetést biztosít.

Végül legfőbb iránymutatóként álljon itt Stefanovits Páltól a Talajvédelem tizparancsolatának” (Várallyay, 2016) egy gondolata: „Ne feledd: a talajon nem csak állsz, hanem élsz is.”

## IRODALOMJEGYZÉK

1. BIRKÁS, M. 1993. Talajművelés. In Nyíri, L. (szerk.): Földműveléstan. Mezőgazda Kiadó, Budapest, pp. 96-191.
2. BIRKÁS, M. – GYURICZA CS. (szerk.) 2004. Talajhasználat – Műveléshatás – Talajnedvesség. SzIE MKK. Quality-Press Nyomda & Kiadó Kft. Gödöllő
3. BIRKÁS, M. – JOLÁNKAI, M. 2008. A növénytermesztés és a klímaváltozás összefüggése. In: Klímaváltozás: környezet-kockázattársadalom. Kutatási eredmények. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest, pp. 131-151.
4. BIRKÁS, M. 2009. Fenntartható szántóföldi talajművelés szélsőséges klímában (2). Biokultúra. 2009/4. [www.biokontroll.hu](http://www.biokontroll.hu)
5. BORBÉLY, F. – HENZSEL, I. – TÓTH, G. 2010. Biológiai talajjavítás lehetősége fehérvirágú csillagfürttel gyenge termékenységű, savanyú barna erdőtalajokon, Kovács Gy.– Gelencsér G. (szerk.): Az Élhető Vidékért Környezetgazdálkodási Konferencia Kötet, Koppányvölgyi Vidékfejlesztési Közhasznú Egyesület, Siófok, pp. 170-179.
6. HENZSEL, I. – CSÁKI, I. 2002: A talajellenállás vizsgálata különböző tápanyag-gazdálkodási rendszerekben. Tartamkísérletek, Tájtermesztés, Vidékfejlesztés, Nemzetközi Konferencia. Debrecen, Nyírlugos, Nyíregyháza, Livada, 2002. június 6-8. pp. 376-382.
7. HENZSEL, I. 2002: Penetrométeres vizsgálatok a Westsik vetésforgó kísérletben. In: EU konform mezőgazdaság és élelmiszerbiztonság. Szerk.: Nagy J. Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum, Debrecen, pp. 140-145.
8. KEMENESY, E. 1956. Talajerőgazdálkodás. Akadémiai Kiadó, Budapest, p. 370.
9. KEMENESY, E. 1972. Földművelés- Talajerőgazdálkodás, Akadémiai Kiadó, p. 428.
10. KOCSIS I. 1996. Talajvédelmi és agrotechnikai eljárások vízgazdálkodási hatékonyságának tanulmányozása homoktalajon. Zárójelentés az MKM által támogatott kutatásról. (Kézirat)
11. LACZÓ, F. 1998. A Környezettudományi Központ állásfoglalása a fenntartható mezőgazdasági fejlődésről. <http://www.ktk-ces.hu/341.html>
12. MANNINGER, G. A. 1957. A talaj sekély művelése. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, p. 168.
13. SCHMIDT, R. 2011. Földműveléstan. (Digitális tankönyvtár)
14. VÁRALLYAY GY. 1999. A talajfizika és a talaj vízgazdálkodásának kérdései a kongresszuson. Agrokémia és talajtan 48 (1-2): pp. 267- 270.
15. VÁRALLYAY GY. – LÁNG I. 2009. A hazai környezetállapot vizsgálata, különös tekintettel a klímaváltozásra. In: Stratégiai kutatások 2008-2009.

Miniszterelnöki Hivatal, Magyar Tudományos Akadémia, Budapest. pp. 281–302.

16. VÁRALLYAY, GY. 2012. Talaj és környezet. In (szerk: Kátai, J. – Fürjné, Rádi, K. – Sándor, Zs.): Talaj, növény és környezet. LOCH JAKAB professzor emeritus 80. születésnapja tiszteletére. pp. 21-36.
17. VÁRALLYAY, GY. 2016. Stefanovits Pál (1920-2016). Agrokémia és Talajtan 65 (2). pp. 187-191
18. VETTER, H. 1959. Einfluss der Strohdüngung auf Boden und Pflanze. Mittl. DLG. Frankfurt, 74 (4): pp. 110-112.

Levelezési cím:

Tóth Gabriella, DE AKIT Nyíregyházi Kutatóintézet,

4400 Nyíregyháza, Westsik V. u. 4-6.

E-mail: [toga@agr.unideb.hu](mailto:toga@agr.unideb.hu)

# HOMOKI GAZDÁLKODÁS A TALAJVÉDELEM TÜKRÉBEN

## CULTIVATION ON SANDY SOILS FOR SOIL PROTECTION

ZSOMBIK László, ERDŐS Zsuzsa

*Debreceni Egyetem AKIT Nyíregyházi Kutatóintézet*

### **Absztrakt**

Az emberiség számának folyamatos növekedésével szükség van a homoktalajok termesztésbe vonására. Ezek a gyengébb adottságú termőterületeken a talajművelés nagyobb odafigyelést igényel. A növénytermesztési tevékenységet úgy kell megválasztani, hogy a homoktalaj védelme maximális legyen. Lehetőség szerint az eróziós és a deflációs károkat, valamint a szerkezetben és a termőképességben bekövetkező romlást csökkenteni kell. A homoktalajok védelmére szolgálnak a különböző mélyművelési technológiák. A lazított és szántott talajnak jobb a vízelvezető képessége. A mélyebb rétegekben a talajt lazítani, míg a felszín tömöríteni szükséges, hogy az erózióknak kisebb mértékben legyen kitéve a talaj. A talajvédelemben jelentős szerepe van a termesztett növény fajának is. A szerves- és zöldtrágyázás hatására a homoktalajban nem csak a tápelem tartalom növekszik, hanem a szerves anyag hatására a szerkezet is javul, így ellenállóbb a szél és víz romboló tevékenységével szemben.

**Kulcsszavak:** homoktalaj, mélyművelés, erózió, defláció, homokkötő növény

### **Abstract**

As the number of humanity is constantly increasing, there is a need to turn sandy soils into cultivation. In these less productive areas tillage requires more attention. Crop production should be chosen to maximize the protection of sandy soils. Where possible, erosion and deflationary damage, as well as deterioration in structure and productivity, should be reduced. Various deep cultivation technologies are used to protect the sandy soil. Loosed and ploughed sandy soil has better soil permeability. In the deeper soil layers, the soil should be loosened, while surface of the soil compaction is required, so that the soil is less exposed to erosion. The cultivated plant species also plays an important role in soil protection. As a result of organic and green manuring, not only the nutrient content in the sandy soil increases, but also organic matter improves the structure, thus soil becomes more resistant to the destructive activity of wind and water.

**Keywords:** sandy soil, deep cultivation, erosion, deflation, psammophyte

### **Talajművelés homokon**

Az emberiség folyamatos növekedésével olyan területek termesztésbe vonása is megtörténik, melyek termőképessége alacsonyabb. Ilyen talajok például váztalajok főtípusába tartozó homoktalajok (futóhomok, humuszos homok). Ezek a talajokon azonban a földművelés és a növénytermesztés sokkal nagyobb odafigyelést igényel. A növénytermesztés során olyan talajművelést kell alkalmazni, mely megvédi a homoktalajt a különböző eróziós károktól (vízerózió, defláció, termőképesség csökkenés, szerkezetromlás) (Stefanovits, 1966).

A földművelés a vetés előkészítésétől a tarlóhántásig magába foglalja az össze talajt érintő műveletet. A talajművelés megválasztását befolyásoló két legmeghatározóbb tényező a talajtípus, valamint a természeteni kívánt növény faja. A vetéshez a talaj előkészítéséhez alapművelést és kiegészítő művelési formát kell megválasztani, mely illeszkedik az előzőekben említett két tényezőhöz (talajtípus, növényfaj). A homoktalajok alapvetően a rugalmatlan talajok csoportjába tartoznak. Ennek következtében a növények gyökérrendszerének megfelelő kialakulásához szükség van a mélyművelésre. Tanulmányok bebizonyították, hogy azokon a homoktalajokon, amelyeknél mélyművelést alkalmaznak, ott a növények gyökérzete gyorsabban és nagyobbra nő, mint ahol nem alkalmaznak mélyművelést. Ennek az oka az, hogy a mélyművelés során a fellazított homokszemcsék között a növénynek sokkal kisebb energiára van szüksége a növekedéshez, mint tömött altalaj esetén, mivel kisebb a talajellenállás. Abban az esetben, ha a megfelelő gyökérrendszer a laza homoktalajban könnyen kifejlődik, nagyobb termésmennyiség várható a tenyészidőszak végén. Mindez összefüggésben van a talaj tápelem tartalmával is. A nagyobb gyökérrendszer nagyobb mennyiségű tápanyaghoz és vízhez képes juttatni a növényt, így jó eséllyel nagyobb termésmennyiség realizálható a tenyészidőszak végén (Egerszegi, 1966a).

A mélyművelő alapművelés lehet forgatásos és lazításos rendszerű. Az ekével végzett forgatásos művelés a homoktalaj 30-50 cm-es rétegében valósul meg, míg a lazítóval végzett lazításos mélyművelés 50-100 cm-es mélységben történik. Homoktalajok esetén a megfelelő színvonalú termesztéshez elengedhetetlen a tömörödött réteg megszüntetése. A lazább szerkező talajban a tápanyagok feltáródása gyorsabb, valamint a talaj vízháztartása is javul a térfogattömeg csökkentésével. Az, hogy forgatásos vagy forgatás nélküli mélyművelést alkalmazunk, a talaj fizikai és kémiai tulajdonságától függ. Abban az esetben, ha a homok altalaja vízzáró réteget tartalmaz, vagy meszes, vasas, glejes, szikes réteget tartalmaz, a forgatásos művelést kerülni kell, a lazításos módszert kell alkalmazni. A forgatásos mélyművelés, vagyis a

mélyszántás alkalmazása akkor ajánlott, amikor a szántott réteget egyneművé kívánjuk tenni, ezzel egyenletesebb lehet a humuszos réteg kialakítása. A típusos homoktalajok esetén a mélyművelésnél mind a forgatásos, mind pedig a lazításos művelés alkalmazása ajánlott. A homoktalaj típusától függően mélyművelést 5-6 évente legalább egyszer, míg tömörödéssé hajlamos agyagbemosódásos barna erdőtalajoknál legalább 3 évente ajánlott elvégezni (Egerszegi, 1966a).

A mélyművelések között minden évben szükség van kiegészítő művelésre. A kiegészítő művelés mélysége általában 20-30 cm között valósul meg. A felszínközeli talajművelés lehet lazítás, forgatás, keverés, tömörítés és felszínalakítás. Kiegészítő művelés során szükséges a feltalaj lazítása, ha csapadékvíz hatására vagy hónyomásra a talajfelszín összetömörödik. Homokos vályog talajoknál ez a folyamat gyakorta előfordul. A lazítással pedig javítani tudjuk a talaj vízbefogadó képességét, így kisebb az esélye annak, hogy a területen víztócsák vagy vízfolyások alakulnak ki. A talajfelszín lazításával a vízeróziós károk is nagymértékben csökkenthetőek. Azonban nem megfelelő művelés az, ha a talajfelszín nagyon poros, mert akkor a deflációnak fokozottan kitett a talaj felső rétege. Ezen okból és az ülepedett magágy miatt a talaj felső rétegét indokolt talajművelő eszközzel (henger, gyűrűshenger) tömöríteni (Egerszegi, 1966a). Őszi és másodvetésű növények esetén alkalmazható a tárcsás alapművelési rendszer. Ennek a rendszernek az a lényege, hogy a tarlóhántás, a tarlóápolás és az alapművelés tárcsával történik, a tárcsázást gyűrűshengerrel zárjuk le. Azonban ennél a művelési formánál alkalmazkodni kell a talaj nedvességtartalmához, nedves talajnál nagymértékű tömörödöttség alakulhat ki (Rátonyi, 2000).

A homokon történő szántást úgy érdemes elvégezni, hogy az erőgép kereke ne a barázdában haladjon. A 30-35 cm-es barázdában a traktorkerék által kifejtett nyomás épp a gyökérszónában okozna tömörödést, így biztosan kialakulna az úgynevezett „eketalp-réteg”. A tárcsa nem a legjobb művelő eszköz futóhomokra, mivel túlzott mértékben lazít. A szántóföldi kultivátor már megfelelő talajművelő eszköz lehet homokon. A középnehéz fogasborona alkalmazható művelő eszköz az eső és a hó által okozott talajfelszín tömörödés megszüntetésére. A henger nélkülözhetetlen eszköz homokon és a leginkább a gyűrűshenger használata ajánlott (Egerszegi, 1966a).

Nem csak homoktalajon, de más talajon is megfigyelhető probléma a mezőgazdasági erő-, és munkagépek által okozott talajtömörödés. Ahogy növekszik az erő- és munkagép teljesítménye, úgy növekszik az eszköz tömege is. Homoktalajok esetében is kiemelten fontos, hogy a talajszerkezet romlását és a káros tömörödést lehetőség szerint elkerüljük. Erre megoldás lehet a műveletek menetszámának csökkentése, a talajkímélő járószerkezet (tandem futómű, dupla vagy tripla kerék, alacsony nyomású és alacsony profilú

gumia broncs) és a talajtapadás, valamint a sűrűlódás csökkentésére alkalmas művelőelemek (Rátonyi, 2000).

Homoktalajok talajvédő művelése esetén mindenképpen érdemes megemlíteni a csökkentett menetszámú technológiákat, valamint a direktvetéssel szembe fordított technológiát. Csökkentett menetszámú technológia lényege, hogy a talaj vetés előtti megmunkálását kevesebb menetszámban, ezzel kisebb talajtapadással végezzük. A másik lehetséges módszer a direktvetés, melynek előnyei:

- a talajerózió csökken,
- talajba beszivárgó víz mennyisége nő,
- mechanikai talajkárosodás csökken,
- a talaj szervesanyag tartalma növekedhet.

A sávok direktvetés során csak a talaj azon része megmunkált, amely a növény közvetlen környezetében van. Ennél a művelési módnál általában terület 1/3-a kerül művelésre. A terület többi része általában tarlómaradvánnyal borított (Rátonyi, 2000).

### **Homokon termesztendő növényfajok**

Homoktalajon a talaj fizikai és kémiai tulajdonsága meghatározzák, hogy milyen művelési ágat választhatunk. A szántóföldi növények mellett zöldség, szőlő- és gyümölcsstermesztésre is egyaránt alkalmas a homoktalaj. Szántóföldi növények esetében homoktalajon termesztendő gabonanövény, egyéves és évelő pillangós, alternatív növények, valamint különböző zöldségfélék.

A homoktalajon őszi és tavaszi vetésű gabonanövény is gazdaságosan termesztendő. Homokon a legfőbb kalászos gabona az őszi vetésű rozs (*Secale cereale* L.). Kiváló alkalmazkodó képessége miatt, télállósága illetve nagyon jó gyomelnyomó képessége miatt jól termesztendő homokon. Fajtától függően humán és takarmányozási célra is kiválóan alkalmas lehet. Ökológiai területeken is gazdaságosan termesztendő. Mind az őszi vetésű, mind pedig az évelő rozs kiválóan alkalmas homoktalajok eróziós és deflációs kárainak csökkentésére. A rozs kiemelten fontos a takarmányozásban is, emiatt őszi takarmánykeverékekben is jelen van. Gyakorlatban elterjedt, hogy szöszös bükkönnyel (*Vicia villosa* L.) együtt vetik, mint támasztó növény (Bauer, 1966; Sipos, 2012). A szintén őszi vetésű tritikálé (*xTriticosecale* Wittmann) a talaj minőségére már érzékenyebb, csak jobb adottságú humuszos homoktalajokon termesztendő. Kiváló aminosav összetétele miatt nem csak takarmányozási célra, hanem humán fogyasztásra is alkalmas. Jó télállósága és állóképessége miatt az erózió elleni védelemben is jelentős szerepe van. Tavaszi vetésű kalászos gabona a zab (*Avena sativa* L.). A kora tavaszi, március elején történő vetéssel jelentős talajvédő szereppel rendelkező takarmánynövény. A korai kelés lehetőséget ad, hogy a területen történő eróziós károk csökkennek.



Tavaszi bükkönnyel (*Vicia sativa* L.) együtt vetve támasztónövényként funkcionál (Sipos, 2012).

Hüvelyes növények termesztése a homoktalaj tulajdonságaira is jó hatással van. Zöld- és vetőmagborsó termesztése jobb minőségű homoktalajokon ajánlott. Gyengébb adottságú homokon csak száraz takarmányborsó vagy szálás takarmányborsó termesztése ajánlott. Pillangós növényként gazdagítja a talaj nitrogén készletét. Emellett az eróziós károk ellen is védi a talajt a talajfelszín nagyfokú borítása miatt (Vezekényi, 1966; Mendlerné, 2012). A tavaszi és szősős bükköny termesztése szintén jó hatással van a homoktalajra. Hüvelyes növények között a csillagfürt (*Lupinus albus* L.) termesztése kifejezetten ajánlott. Karógyökere van, mely akár 2,5 m mélyre is képes lehatolni a talajban. Emellett a gyökerén *Bradyrhizobium lupini* nitrogényűjtő baktérium él, mely a gyökérgümőkben a virágzásig fejlődik. Ezt követően a gümők fokozatosan lebomlanak és nitrogénnel látják el talajt. Így a csillagfürt nem csak takarmánynövényként, de talajjavító hatása miatt zöldtrágya növényként is termesztendő (Antal, 1966; Tóth, 2012; Kruppa et al. 2012; Nagy, 2017).

Az egyéves pillangósok mellett az évelő pillangósok termesztése is javító hatással van a homoktalajok fizikai és kémiai tulajdonságaira egyaránt. Évelő pillangós lehet a lucerna és a különböző herefélék, mint például a bíborhere.

Különböző alternatív növények termesztése is hatékony lehet. A köles (*Panicum miliaceum* L.) és mohar (*Setaria italica* L.) növényzete jól fedi a talajfelszínt, így erózióknak és deflációnak kevésbé kitétt a talajfelszín. Emellett a pohánka (*Fagopyrum esculentum* L.) és az olajretek (*Raphanus sativus* L.) is megterem a jobb adottságú homoktalajokon. Az olajreteknek karógyökere van, ami a csillagfürtökhöz hasonlóan mélyre hatol és lazítja a talajt. Így zöldtrágya növényként, zöldítő keverékekben kiváló talajlazító növény.

Szántóföldi művelési ágban különböző zöldség kultúrák termesztése is lehetséges homoktalajon. Azonban talajvédelmi szempontból ezek termesztése nem a legalkalmasabb, mivel ritka sortávú növények révén a talajfelszín fedettsége csak közepes vagy alacsony kategóriába sorolható. Ilyen homokon termesztendő zöldségnövény lehet a burgonya, hagyma, bab vagy a spárga.

### **Talajvédelem homokon**

A homokon történő növénytermesztés fokozott odafigyelést igényel. A talaj fizikai és kémiai tulajdonságai, az éghajlati tényezők és az emberi tényező is nagymértékben befolyásoló tényező. A talajművelést, a vetésszerkezetet annak megfelelően kell megválasztani, hogy a talajpusztulás és az eróziós károk a minimálisra csökkenjenek (Jakab et al., 2010).

A szélerózió kialakulását több tényező határozza meg aszerint, hogy mekkora kárt okozhat a légmozgás a területen. A homoktalajok esetében a felső pár cm-es réteg nagyon hamar kiszárad, így ebből kifolyólag a kapilláris erők működése

megszűnik és a talaj térfogata megnő. A fellazult talajszemcséket a szél már könnyen szállítani tudja (*1. kép*). Az elhordás mértékét nagyban befolyásolja a homoktalaj szemcseösszetétele. Minél kisebb a szemcseméret annál nagyobb kárt okozhat szél a homoktalaj felszínén. Befolyásoló tényező továbbá az, hogy az adott terület növényzettel mekkora mértékben fedetlen és az, hogy milyen a megválasztott agrotechnika (Bodolay I-né, 1965; Egerszegi, 1966b; 12).



**1. kép. Szélerózió által okozott homok ráhordás a Westsik vetésforgó egyik rozs parcellájában (Fotó: Erdős Zs., 2020)**

A szélerózió mérséklésére időleges és tartós védekezési eljárások is lehetnek. A tartós védelem lehet a hossz és keresztirányban ültetett erdősávok és cserjések létrehozása a szélerózió fokozottan kitétt területek esetében. Az időleges védekezési lehetőség lehet a homoktalaj lefedése élő vagy holt növényi részekkel. Az őszi és a tavaszi viharos szelek ellen a legjobb megoldás a terület bevetése, így az erős szelek ellen a növényzet megvédi a talajfelszínt. Ajánlott az is, hogy ha az elővetemény lekerülése után az utóvetemény vetése később történik meg, érdemes köztes növényt, vagy valamilyen zöldtrágya keveréket vetni. Ha élő növényzetre nincs lehetőség, akkor ajánlott lehetőség az elhalt növényi részek tarlón hagyásával megóvni talajfelszínt. Különböző agrotechnikai eljárások is vannak a defláció elleni homokvédelemben. A

talajfelszín gyűrűshengerrel történő lezárása minden esetben ajánlott. A tömörebb talajfelszín esetén a homokszemcséket a szél nehezebb tudja szállítani. Megoldás lehet az is, hogy a területen meghagyni a gyomállományt, természetesen csak addig, míg az magot nem szór. A szántási munkákat úgy kell időzíteni, hogy lehetőleg nyár végén, őszi elején készüljön, mivel így a talajnak van lehetősége ülepedni, valamint hogy a csapadék hatására a felszín bekérgesedik, ami megvédi a talajfelszínt a deflációtól. Futóhomok esetén a tarlóhántás nem javasolt, csak abban az esetben, ha másod- vagy zöldtrágya növények vetése történik. Humuszos homok esetében, ha a tarlóhántás megtörténik, azt gyűrűshengerrel le kell zárni (Egerszegi, 1966b; Borsos et al., 1994; Baloghné, 2005).

Homoktalajoknál a vízerózió által okozott problémák előfordulása kisebb, mint a szélerózió okozta károk, azonban mégsem elhanyagolható. A víz által okozott eróziós kártétel akkor jelentkezik, amikor a talajfelszín nem képes elnyelni a vizet, vagyis vízfelesleg keletkezik. A lazított és növényzettel borított talajnak jobb a csapadék elnyelő képessége, mint a simára elmunkált fedetlen talajnak. A vízerózió mértéke a csapadék intenzitásától és a lejtőviszonyoktól nagymértékben függ. A vízerózió elleni védekezésnek kettős funkciója van. Az egyik, hogy a talaj vízkészletét növelni tudjuk, a másik, pedig, hogy a víz talajpusztító tevékenységét mérsékeljük. Vízerózió elleni védekezési lehetőségek a következők lehetnek:

- erősen tömörödött talajok esetén altalajlazítás,
- területrendezéssel sík talajfelszín létrehozása, így kisebb a lefolyás mértéke,
- lejtős területen a lejtő irányával merőleges talajművelés,
- növények vetése az uralkodó széliránnyal merőlegesen,
- talajvédő vetésforgó kialakítása, a terület folyamatos növényborítottsága,
- erdősávok telepítése, mely esetben a téli hóolvadás fokozatos, valamint segít a lezúduló csapadékot is felfogni (Egerszegi, 1966b; Henzsel, 2008; Stefanovits et al., 2011).

Az 1920-as évektől Nyíregyházán Westsik Vilmos is vizsgálta a szerves- és zöldtrágyázás pozitív hatását a homoktalajon fizikai és kémiai tulajdonságaira. A kísérletek azt mutatták, hogy a homoktalajra kijuttatott érett szervestrágya növelte a talaj tápelem szolgáltató képességét, valamint a talajszemcsék erősebb kötődése révén javította az erózióval szembeni ellenálló képességét. Azonban napjainkban a csökkenő állatállomány miatt nincs elegendő szervestrágya a mezőgazdasági területekre. Ebből kifolyólag a szervestrágyázást zöldtrágyázással kell kiegészíteni. Zöldtrágyázás javítja a talaj szerves- és tápanyag mennyiségét, valamint a talaj fedésével, később pedig a zöldszem

talajba forgatásával csökkenti az eróziós károkat. Zöldtrágyázáskor nem egy növény vetése ajánlott, hanem valamilyen zöldtrágya keverék, mely tartalmaz pillangós növényt (csillagfürt, borsó, lóbab, bükköny, somkóró), gabonanövényt (rozs, zab), karó- vagy főgyökérrel rendelkező növényt (csillagfürt, olajretek, káposztarepce, napraforgó) (Antal et al., 1966; Westsik, 1941; 13). Zöldtrágyázás esetén arra kell törekedni, hogy abban a fenológiai fázisban történjen meg a növények bedolgozása, mikor a legnagyobb zöldtömegeggel rendelkeznek, így a talajba juttatott szerves anyag nagy része a tápanyag készletet növeli, ami pedig a következő természetett növény számára hasznosítható (Makádi-Tomócsik, 2016). A zöldtrágyázás mellett az eróziós károk csökkentésére a szalmatrágyázás és különféle szerves komposztok kijuttatása is alkalmas (I1).

## **IRODALOMJEGYZÉK**

1. ANTAL, J. 1966. Csillagfürt. In: Növénytermesztés homokon (Szerk. ANTAL, J.) Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 1966. p. 178-182.
2. ANTAL, J. – BAUER, F. – NYÉKI, J. 1966. Homoktalajok trágyázása. In: Növénytermesztés homokon (Szerk. ANTAL, J.) Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 1966. p. 52-59.
3. BALOGHNÉ, NY. A. 2005. Az ökológia alapjai. DE AGTC MK. Debrecen. 2005. p. 83-86.
4. BAUER, F. 1966. Rózs. In: Növénytermesztés homokon (Szerk. ANTAL, J.) Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 1966. p. 133-140.
5. BODOLAY, I-NÉ. 1965. Szélerózió elleni védekezés öntözött homokterületeken. Agrokémia és Talajtan. 1965. 14. 1-2. . 1-16.
6. BORSOS, J. – PUSZTAI, P. – RADICS, L. – SZEMÁN, L. – TOMPOSNÉ, L. V. 1994. Földműveléstan. In: Szántóföldi növénytermesztéstan (Szerk. RADICS, L.) Kertészeti és Élelmiszeripari Egyetem Kertészeti Kar. Budapest. 1994. p. 12-23.
7. EGRSZEGI, S. 1966a. A homoktalajok művelése. In: Növénytermesztés homokon (Szerk. ANTAL, J.) Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 1966. p. 34-51.
8. EGRSZEGI, S. 1966b. Homokvédelem. In: Növénytermesztés homokon (Szerk. ANTAL, J.) Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 1966. p. 74-83.
9. HENZSEL, I. 2008. Talajvédelem homoktalajon. Talajtani vándorgyűlés. Nyíregyháza 2008. május 28-29. Talajvédelem különszám. p. 89-94.
10. JAKAB, G. – KERTÉSZ, Á. – MADARÁSZ, B. – RONCZYK, L. – SZALAI, Z. 2010. Az erózió és a domborzat kapcsolata szántóföldön, a tolerálható talajvesztés tükrében. Tájékológiai Lapok 2020. 8. 1. p. 35–45.

11. KRUPPA, J. – KUROLI, G. – NÉMETH, L. – REISINGER, P. – CSATHÓ, P. – ÁRENDÁS, T. – NÉMETH, T. FODOR, N. 2012. Csillagfürt. In: Fenntartható szemléletű szántóföldi növénytermesztés 2. (Szerk. RADICS, L.) Agroiinform Kiadó Kft. Budapest. 2012. p. 343-355. ISBN 978-963-5029-50-1 ISBN 978-963-5029-49-5
12. MAKÁDI, M. – TOMÓCSIK, A. 2016. A bio szántóföldi növénytermesztés lehetőségei savanyú homoktalajon. Biokultúra. 2016/2-3. p. 23-25.
13. MENDLERNÉ, D. N. 2012. Zöldborsó és szárazborsó nemesítése. In: 85 éve a nyírségi növénytermesztés szolgálatában – DE AGTC KIT Nyíregyházi Kutatóintézet. (Szerk. ROMHÁNY, L.) Debreceni Egyetem. Debrecen. 2012. p. 92-94. ISBN 978-615-5183-18-8
14. NAGY, M. 2017. Hüvelyesek gyomirtásának lehetőségei és gyakorlati tapasztalatai. Agrofórum Extra. E70. 2017. p. 90-101.
15. RÁTONYI, T. 2000. Alternatív módszerek napjaink talajművelésében. In: Fenntartható mezőgazdaság – minőségi termelés (Szerk. NAGY, J.) DE ATC MK. Debrecen. 2000. p. 36-55. ISBN 963-7177-98-1
16. SIPOS, T. 2012. Gabonanövények nemesítése. In: 85 éve a nyírségi növénytermesztés szolgálatában – DE AGTC KIT Nyíregyházi Kutatóintézet. (Szerk. ROMHÁNY, L.) Debreceni Egyetem. Debrecen. 2012. p. 107-115. ISBN 978-615-5183-18-8
17. STEFANOVITS, P. 1966. Hazánk homoktalajainak jellemzése. In: Növénytermesztés homokon (Szerk. ANTAL, J.) Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 1966. p. 9-15.
18. STEFANOVITS, P. – FILEP, GY. – FÜLEKY, GY. 2011. Talajtan. Digitális tankönyv. p. 301-302.
19. TÓTH, G. 2012. Csillagfürt nemesítése. In: 85 éve a nyírségi növénytermesztés szolgálatában – DE AGTC KIT Nyíregyházi Kutatóintézet. (Szerk. ROMHÁNY, L.) Debreceni Egyetem. Debrecen. 2012. p. 89-92. ISBN 978-615-5183-18-8
20. VEZEKÉNYI, E. 1966. Borsó. In: Növénytermesztés homokon (Szerk. ANTAL, J.) Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 1966. p. 173-177.
21. WESTSIK, V. 1941. Homoki vetésforgók 10 éves üzemi eredményei. Tiszántúli Mezőgazdasági Kamara, Nyíregyháza. p. 136.

Internetes hivatkozás:

I1: <https://agrarium7.hu/cikkek/193-a-szukseges-talajero-gazdalkodas-szoloultetvenyekben>

I2: <https://agroforum.hu/lapszam-cikk/zoldites-szerepe-az-erozio-elleni-talajvedelem-rendszerben/>

I3: <https://agroforum.hu/szakcikkek/novenytermesztes-szakcikkek/a-hatekony-zoldites-lepesei-zolditesben-etalon/>

Levelezési cím:

Dr. Zsombik László

Debreceni Egyetem Agrár Kutatóintézetek és Tangazdaság Nyíregyházi  
Kutatóintézet (H-4400 Nyíregyháza, Westsik Vilmos út 46.

E-mail: [zsombik@agr.unideb.hu](mailto:zsombik@agr.unideb.hu)

**Názov: Prenos poznatkov na zachovanie multifunkčnosti pôd  
a pre udržateľnosť agroenvironmentu**

**Cím: A talajok multifunkcionalitásának megőrzéséhez szükséges  
ismeretek átadása az agrárkörnyezet fenntarthatósága céljából**

*Vydanie: prvé*

*Kiadás: első*

*Vydavateľ: NPPC-Výskumný ústav agroekológie Michalovce*

*Kiadó: NPPC-Výskumný ústav agroekológie Michalovce*

*Rok vydania: 2021*

*Megjelenés éve: 2021*

*Počet strán: 248*

*Oldalak száma: 248*

*Náklad: 200 ks*

*Forgalmazás: 200 db*

*(Nepredajné)*

*(Nem eladó)*

*Neprešlo jazykovou úpravou*

*Nem került nyelvi szerkesztésre*

ISBN 978-80-973565-2-1

EAN 9788097356521

Obsah tejto publikácie nemusí odzrkadľovať oficiálne stanovisko Európskej únie.

*A kiadvány tartalma nem feltétlenül tükrözi az Európai Unió hivatalos álláspontját.*