

Acta horticulturae et regiotecturae 1

Nitra, Slovaca Universitas Agriculturae Nitriae, 2009, s. 1–5

## ŠTATISTICKÁ ZÁVISLOSTЬ POTREBY ZÁVLAHY OD FENOLOGICKEJ FÁZY

### STATISTICAL DEPENDENCE OF IRRIGATION DOSAGE ON PHENOLOGICAL PHASE

Klára HENNYEYOVÁ, Zuzana PALKOVÁ

Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Irrigation is an important factor of agricultural production. The most productive regions are in periodic lack of natural rainfall, and its unequal distribution during the vegetation period. Supplement irrigation helps to keep water status of soil and plants at the level that is favourable for their physiological processes during individual growth phases. The usage of appropriate irrigation system can meet different needs of plants for supplement irrigation during the whole vegetation. Finally, it can influence the amount of production. The agricultural enterprises regard the production and economic effect of irrigation as the main criterion of its usage. The results of the theoretical research, as well as the practical applications prove that mastery of complicated management systems and processes demands usage of probability approach based models, i.e. stochastic and simulation models. These models cannot be realized without computer programmes. In the simulation of irrigation processes there can be used the simulation model of retrospective moisture balance. The results of this model provide adequate information for determination of appropriate irrigation dosages during the vegetation period, with respect to the varieties of plants.

**Key words:** irrigation system, irrigation dosage, simulation model, retrospective moisture balance, statistical dependence

Poľnohospodárske plodiny možno pestovať len v oblastiach s vyhovujúcimi klimatickými podmienkami ako z hľadiska teplotného, tak aj vodného režimu. Nevyhovujúce klimatické podmienky spôsobujú nízke úrody a v prípadoch obzvlášť nevyhovujúcich klimatických podmienok môže dôjsť i k úplnému zničeniu úrody.

Potrebu zavlažovania v jednotlivých oblastiach a regiónoch SR určuje predovšetkým deficit vodných zrážok a ich ročné rozloženie, ale aj ďalšie klimatické činitele, napr. teplota vzduchu a sýtosný doplnok. Faktormi, ktoré u nás určili potenciálnu potrebu závlah, boli tiež disponibilita vodných zdrojov na zavlažovanie a pôdne pomery. Pôda značne ovplyvňuje využitie intenzifikačných činiteľov a tým aj ekonomiku zavlažovania. Preto sa umiestnenie závlah uprednostňuje na pôdach, ktoré prinášajú maximálny ekonomický efekt.

Výstavba a prevádzka závlah vyžaduje na jednej strane veryšoké investičné a prevádzkové náklady, na druhej strane má kladne ovplyvňovať výsledky rastlinnej výroby. Využívanie výbudovaných závlah u nás však nie je na požadovanej úrovni, či už ide o plošné využívanie alebo krytie vlahovej potreby jednotlivých plodín. Mnohé závlahové sústavy sú dnes nefunkčné, zastarané a nevyužívajú sa aj z dôvodu zlej ekonomickej situácie poľnohospodárskych podnikov.

Pri optimalizácii procesu späťho s využívaním závlahových sústav je potrebné brať do úvahy veľké množstvo experimentálno-štatistických údajov, ktorých spracovanie nie je možné bez využitia exaktných metód matematického modelovania, využitia simulácií a následne počítačového riešenia daných modelov. Poľnohospodárska výroba sa realizuje v prostredí, ktoré nie je deterministické, ale stochasticke vo svojich všetkých parametroch. Nie je možné s určitosťou predpovedať správanie sa tohto prostredia.

Optimalizáciou využívania závlahových sústav a možnosťou využívania informačných technológií v závlahovom hospodárstve sa zaoberajú vo svojich prácach Benetin, Okenka a Húška (1975), Spitz a Korsuň (1992), Simoník (1997), Simoník, Palková a Okenka (2004), Hennyeyová a Palková (2006) a ďalší.

## Materiál a metódy

Metoda sledovania pôdnej vláhy za dostatočne dlhé obdobie v krátkych časových intervaloch dáva možnosť presnejšieho určenia skutočnej variability charakteristik vlahovej potreby rastlín. Priame sledovanie za dlhé časové obdobie nie je možné. Výhodné je retrospektívne vyhodnotenie vlahovej potreby plodín na základe denných meteorologických údajov. Postup výpočtu vlahovej potreby je typickým simulačným postupom s možnosťou aplikácie na počítači.

Výpočet potreby závlahovej vody sa zakladá na sledovaní obsahu vody v pôde pre jednotlivé časové intervale (závlahové cykly), čo sa dosahuje vyhodnocovaním bilančnej rovnice pôdnej vody postupne od začiatku až do konca vegetačného obdobia, ktoré sa rozdelí na  $J$  (počet) časových intervalov (cyklov). Bilančná rovnica podľa Benetina (1975) má tvar:

$$W_j = W_{j-1} + \alpha \cdot Z_j + M_{dj} + \Delta W_{hj} - V_{cj}^s - O_{cj} + W_{kj} \quad (1)$$

kde:

$W_j$  – zásoba vody v pôde v  $j$ -tom cykle (mm)

$W_{j-1}$  – zásoba vody v pôde v  $j-1$  cykle (mm)

$Z_j$  – zrážky v  $j$ -tom cykle (mm)

– súčiniteľ využitia zrážok, ktorý udáva, aká časť zrážok vysiakne do pôdy,

$M_{dj}$  – smerodajná závlahová dávka pre aktívnu vrstvu pôdy, určená na základe rozdielu medzi počtom vodnej kapacitou (PK) a bodom zníženej dostupnosti (BZD) podľa odporúčaní autorov takto:

– ak je rozdiel do 35 mm je  $M_{dj} = 30$  mm

– ak je rozdiel od 36 mm do 45 mm je  $M_{dj} = 40$  mm

– ak je rozdiel od 46 mm do 55 mm je  $M_{dj} = 50$  mm

– prírastok zásoby vody v aktívnej vrstve pôdy

– aktuálna spotreba vody na evapotranspiráciu v  $j$ -tom cykle (mm)

$O_{zj}$	– odtok zrážkovej vody cez pôdny profil k podzemnej vode v $j$ -tom cykle (mm)
$W_{kj}$	– kapilárny prítok vláhy do aktívnej vrstvy pôdy z podzemnej vody v $j$ -tom cykle (mm)
$j$	– 0, 1, ..., $J$ – poradie cyklu 0 – cyklus pred začiatkom vegetačného obdobia $J$ – celkový počet cyklov.

Pri použití retrospektívnej metódy sa najprv vypočítajú závlahové dávky, a to z kontinuálneho sledovania vývinu obsahu vody v pôde a následne spočítaním závlahových dávok v jednotlivých vegetačných obdobiah sa môžu určiť merné závlahové množstvá. Tieto merné závlahové množstvá pri retrospektívnej metóde výpočtu potreby závlahovej vody viac zodpovedajú prevádzkovým podmienkam zavlažovania ako pri výpočte merného závlahového množstva z úhrnu využiteľných zrážok celého vegetačného obdobia. Pri bilancovaní pôdnej vody postupne po niekoľkodenných časových intervaloch (cykloch) sa určí výskyt, počet a veľkosť skutočne potrebných závlahových dávok tak, ako tieto vyplývajú z priebehu klimatických podmienok počas vegetačného obdobia a tiež vývinových a rastových nárokov plodín na zabezpečenie vodom.

Spresnením jednotlivých členov bilančnej rovnice a riešením retrospektívnej vlahovej bilancie pomocou simulačného modelu na počítači sa zaoberali Benetin, Okenka a Húška (1975). Riešenie vychádza z výpočtu bilancie vody v aktívnej vrstve pôdy so zreteľom na podiel kapilárneho prítoku vody na krytí evapotranspirácie. Program výpočtu bilancie sa zostavoval tak, aby sa bilancia mohla naraziť počítat pre 10 plodín a pre ľubovoľne zvolený počet rokov (obyčajne 30–50).

Riešenie bilančnej rovnice vychádza z uzavretého vegetačného cyklu, ktorý začína 1. marca a končí 28. februára nasledujúceho roku. Bilancia vody v pôde sa uskutočňuje v dobe od 1. marca do 31. októbra. V tomto bilančnom období počítame so stratami vody v pôde formou evapotranspirácie. Bilancia vody sa sleduje na základe denných pozorovaní klimatických údajov, pričom tieto sú sumarizujú v rámci jednotlivých cyklov, ktorých dĺžka je voliteľná (vhodná dĺžka cyklu je 5–10 dní). Dĺžka vegetačného cyklu je udávaná v dňoch počnúc 1. marcom, ktorý považujeme za začiatok 1. cyklu.

Presnosť výpočtu vlahovej bilancie na počítači závisí od presnosti vstupných údajov a určenia funkčných závislostí.

Vstupné údaje potrebné pre simulačný model vlahovej bilancie sú rozdelené do troch skupín:

- **meteorologické údaje** – zrážky jednotlivých dní vegetačného obdobia, priemerné denné teploty vzduchu, priemerné denné hodnoty vlhkostného deficitu vzduchu, tzv. sýtostné doplnky – údaje za 20–40 ročné obdobie,
- **vstupné údaje o pôde** – charakterizované pôdnymi hydrolimitmi, akými sú plná vodná kapacita, poľná vodná kapacita, dolná hranica optimálnej vlhkosti, bod zníženej dostupnosti pôdnej vody pre rastliny, bod vădnutia, infiltráčny súčinatel', filtračný súčinatel' a súčinatel' využiteľnosti zrážok, údaje o podpovrchovej vode a pod.,
- **vstupné údaje o rastline** – termická konštanta (suma priemerných denných teplôt potrebná na rast plodiny), termín siatia, suma teplôt potrebná na vzkľičenie rastliny od jej začiatia, čas vzádenia rastliny na povrch pôdy, dĺžka vegetačného obdobia, celková potenciálna vlahová potreba rastliny za vegetačné obdobie a pod.

Na základe vstupných údajov o pôde, rastline a klimatických údajov sa začína výpočtový proces bilancie pôdnej vlahy retrospektívou metódou. Na začiatku sa vypočítava počet cyklov

vegetačného obdobia (uvažuje sa s 5-dňovými cyklami). Cykly vegetačného obdobia sú usporiadané do jednotlivých časových fáz celého vegetačného obdobia a na základe toho sa uskutočňuje bilancovanie do termínu siatia, bilancovanie od siatia do klíčenia, bilancovanie od klíčenia do vzádenia a bilancovanie po vzádení až do zberu.

Výstupná zostava pozostáva z troch častí, ktoré vytvárajú ucelený výstup:

- podrobnej informácie o rastlinách a ich vlahovom režime v sledovanom období,
- veľkosť závlahovej dávky v jednotlivých cykloch sledovaného roku,
- súčet závlahových dávok za jednotlivé cykly vegetačného obdobia.

Pre ďalšie využitie výsledkov získaných retrospektívou metódou sledovania potreby závlahy v jednotlivých cykloch vegetačného obdobia je potrebné výsledky štatisticky spracovať, t. j. skúmať štatistickú závislosť potreby doplnkovej závlahy od fázy vegetačného obdobia.

Pri skúmaní štatistickej závislosti treba riešiť dve úlohy:

- a) **charakterizovať priebeh tejto závislosti**, t. j. odhadnúť funkčný vzťah, podľa ktorého sa mení závisle premenná pri zmenach nezávisle premenných,
- b) **posúdiť tesnosť závislosti**, t. j. určiť charakteristiky, informujúce o tom, do akej miery uvažované nezávisle premenné vysvetľujú variabilitu závisle premennej.

## Výsledky a diskusia

Riešením modelu retrospektívnej vlahovej bilancie je výpočet vlahovej potreby plodín za 30-ročné obdobie v jednotlivých cykloch vegetačného obdobia.

Pre ďalšie využitie takto získaných výsledkov je potrebné určiť rozdelenie závlahových dávok v jednotlivých mesiacoch vegetačného obdobia. Na spracovanie výsledkov vlahovej bilancie sme použili tabuľkový procesor EXCEL. Vstupné údaje sú uvedené v tabuľke 1. Tabuľka obsahuje sumárne závlahové dávky za 30-ročné obdobie vypočítané pomocou retrospektívnej vlahovej bilancie v 5-dňových cykloch vegetačného obdobia pre jednotlivé pestované plodiny. Prvý cyklus vegetačného obdobia začína 1. marcom. Zosumarizovaním vypočítaných závlahových dávok po šiestich cykloch (t. j. po 30 dňoch) dostaneme rozdelenie sumárnych závlahových dávok za jednotlivé mesiace vegetačného obdobia.

Prepočítaním údajov z tabuľky 1 dostaneme rozdelenie závlahových dávok v jednotlivých mesiacoch vegetačného obdobia a súhrnné merné závlahové množstvá, ktoré sú uvedené v tabuľke 2.

Rozdelenie závlahových dávok v jednotlivých mesiacoch vegetačného obdobia možno znázorniť aj graficky. Na obrázku 1 je znázorené rozdelenie závlahových dávok počas vegetačného obdobia pre repu cukrovú.

Ak získané výsledky porovnáme s hodnotami potreby doplnkovej závlahy a merných závlahových množstiev uvádzaných v ON 83 0635, zistíme, že vo väčšine prípadov sú závlahové dávky i merné závlahové množstvá vypočítané pomocou modelu pre priemerný rok nižšie. Časové rozdelenie závlahových dávok v jednotlivých mesiacoch vegetačného obdobia je zhodné s rozdelením, ktoré uvádzajú normy. Nakoľko podklady pre retrospektívnu vlahovú bilanciu boli získané za 30-ročné obdobie, výsledky možno považovať za štatisticky preukazné.

**Tabuľka 1** Požiadavky vybraných plodín na doplnkovú závlahu v mm

Cyklus (1)	Plodina (2)					
	pšenica ozimná (3)	kukurica (4)	repa cukrová (5)	repa kŕmna (6)	trávne miešanky (7)	lucerna (8)
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	60	0
7	170	0	0	0	90	0
8	70	30	0	0	30	30
9	140	0	30	30	60	0
10	160	40	30	30	60	40
11	0	0	0	0	100	0
12	0	0	0	0	180	60
13	180	0	0	0	220	120
14	180	0	50	50	60	180
15	0	90	30	0	250	80
16	120	0	50	50	90	70
17	110	0	40	0	190	80
18	120	140	0	0	30	130
19	60	50	90	40	140	0
20	0	110	140	110	270	170
21	240	120	40	60	240	80
22	120	340	40	60	250	160
23	0	60	50	80	70	50
24	0	110	90	160	260	50
25	0	230	160	150	180	30
26	0	300	0	60	110	170
27	0	180	180	60	570	100
28	0	110	230	240	170	50
29	0	180	110	120	110	170
30	0	180	60	120	230	180
31	0	60	230	120	410	80
32	0	180	300	240	170	140
33	0	60	180	240	390	130
34	0	120	160	120	310	370
35	0	60	240	300	90	0
36	0	120	170	60	310	90
37	0	0	60	120	100	100
38	0	0	120	60	190	190
39	0	0	120	60	280	240
40	0	0	120	120	110	80
41	0	0	240	120	200	120
42	0	0	180	60	90	180
Spolu (9)	1 670	2 870	3 540	3 040	6 670	3 720

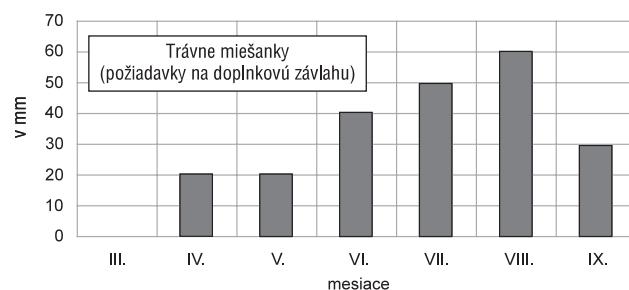
**Table 1** Needs of selected plants for the supplement irrigation in mm  
(1) cycle, (2) plant, (3) wheat, (4) maize, (5) sugar beet, (6) feed beet, (7) grass, (8) lucerne, (9) together

Tabuľka 2 Rozdelenie potreby doplnkovej závlahy v mm

Mesiac (1)	Plodina (2)					
	pšenica ozimná (3)	kukurica (4)	repa cukrová (5)	repa kŕmna (6)	trávne miešanky (7)	lucerna (8)
III.	0	0	0	0	0	0
IV.	20	0	0	0	20	0
V.	20	0	0	0	20	20
VI.	0	30	20	20	40	20
VII.	0	40	30	30	50	20
VIII.	0	20	40	40	60	30
IX.	0	0	30	20	30	30
Spolu (9)	40	90	120	110	220	120

Table 2 Distribution of the need of the supplement irrigation in mm

(1) month, (2) plant, (3) wheat, (4) maize, (5) sugar beet, (6) feed beet, (7) grass, (8) lucerne, (9) together

Obrázok 1 Rozdelenie závlahových dávok (plodina: trávne miešanky)  
Figure 1 Distribution of the irrigation dosages (plant: grass)

Výpočet rozdelenia závlahových dávok počas vegetačného obdobia je vhodný ako zdroj informácií pre prijatie adekvátnych agrotechnických opatrení, zistenie potreby závlahovej techniky a množstva závlahovej vody vo väzbe na jednotlivé druhy pestovaných plodín.

Po spracovaní grafov z výsledkov retrospektívnej metódy, kde sa zaznamenávajú jednotlivé závlahové dávky v cykloch vegetačného obdobia, je možné pristúpiť k skúmaniu štatistickej závislosti medzi nezávisle premennou (fáza vegetačného obdobia) a závisle premennou (konkrétna závlahová dávka).

Nájdenie a popisanie funkčnej závislosti je v praxi pomerne náročné, pretože nie je jednoduché zistiť, ktorý typ krivky by najlepšie vyhovoval danej závislosti.

Keďže pri sledovaní závislosti medzi fázou vegetačného obdobia a veľkosťou doplnkovej závlahy ide jednoznačne o nelineárny vzťah, je možné uvažovať s rôznymi typmi nelineárnych funkcií. Ako najvhodnejšia je exponenciálna krivka 1., 2. alebo 3. stupňa, t. j. s dvoma, troma alebo štyrmi parametrami typu:

$$y'_j = e^{a_0 + a_1 x_j} \quad (2)$$

$$y'_j = e^{a_0 + a_1 x_j + a_2 x_j^2} \quad (3)$$

$$y'_j = e^{a_0 + a_1 x_j + a_2 x_j^2 + a_3 x_j^3} \quad (4)$$

kde:

- $y'_j$  – závisle premenná (vyrovnané hodnoty)
- $x_j$  – nezávisle premenná,  $j = 1, 2, \dots, m$
- $a_0, a_1, a_2, a_3$  – regresné koeficienty
- $m$  – počet pozorovaní

Funkcie (2), (3) a (4) sme transformovali na lineárne:

$$w'_j = b_0 + b_1 \cdot z_j \quad (5)$$

$$w'_j = b_0 + b_1 \cdot z_j + b_2 \cdot z_j^2 \quad (6)$$

$$w'_j = b_0 + b_1 \cdot z_j + b_2 \cdot z_j^2 + b_3 \cdot z_j^3 \quad (7)$$

kde:

$$\begin{aligned} w'_j &= \ln y'_j & b_0 &= a_0 & b_2 &= a_2 \\ z_j &= x_j & b_1 &= a_1 & b_3 &= a_3 \end{aligned}$$

Regresné koeficienty  $b_0, b_1, b_2$  resp.  $b_3$  sme odhadli metódou najmenších štvorcov. Pre zistenie funkčnej závislosti a odhad parametrov sme vypracovali program, ktorý sa na základe zadania vstupných údajov ( $x_j$  – cyklus vegetačného obdobia a  $y'_j$  – závlahové dávky) vypočítajú metódou najmenších štvorcov parametre  $b_0, b_1, b_2, b_3$  a vyrovnané hodnoty pre 3 typy exponenciálnych kriviek podľa vzťahov (2), (3) a (4). Na koniec sa graficky znázorní priebeh každej exponenciálnej krivky a posúdi sa tesnosť štatistickej závislosti, ako je uvedené na obrázku 2.

Na zistenie miery tesnosti závislosti sa pre každý typ exponenciálnej krivky počíta index korelácie:

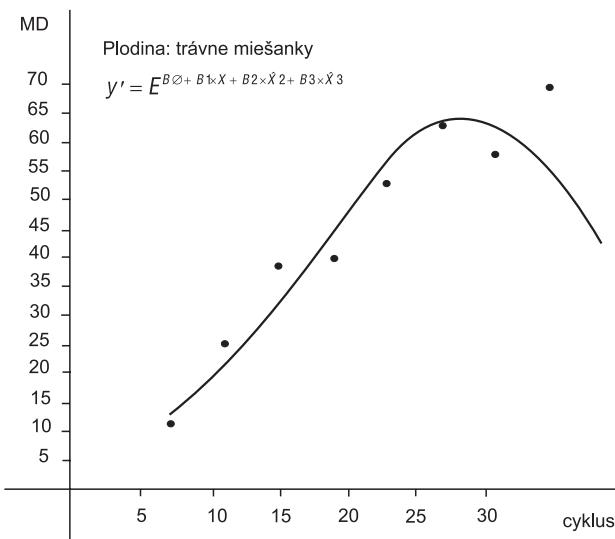
$$i_k = \sqrt{1 - \frac{\sum_{j=1}^m (y_j - y'_j)^2}{\sum_{j=1}^m (y_j - \bar{y})^2}} \quad (8)$$

kde:

 $y_j$  – skutočné hodnoty závisle premennej $y'_j$  – vyrovnané hodnoty závisle premennej $\bar{y}$  – priemerná hodnota skutočných hodnôt

Index korelácie sa ďalej testuje F-testom – testom nezávislosti. Testujeme nulovú hypotézu  $H_0 : i_k = 0$  oproti  $H_1 : i_k > 0$ . Po vypočítaní a otestovaní všetkých typov kriviek sa na základe hodnoty indexu korelácie a výsledku F-testu určí najvhodnejší funkčný vzťah potreby závlahy v závislosti od fázy vegetačného obdobia pre konkrétnu plodinu.

V súčasných ekonomických podmienkach, keď cena vstu-pov do poľnohospodárstva aj do prevádzky závlah neustále stúpa, zmena využívania a prevádzkovania závlah je viac ako aktuálna. Ide hlavne o orientáciu na zavlažovanie takých druhov a odrôd plodín, pri ktorých je najväčší produkčný a ekonomický efekt závlahovej vody, o uplatnenie takého závlahového



**Obrázok 2** Funkčná závislosť potreby doplnkovej závlahy od fázy vegetačného obdobia

**Figure 2** Functional dependence of the need of supplement irrigation on the phase of vegetation period

režimu, ktorý je pri jednotlivých plodinách a pri daniach pôdnoklimatických podmienkach z fyziologického, ekonomickejho a ekologickejho hľadiska najvhodnejší. Na základe dlhorocných výskumov medzi vhodné plodiny pre pestovanie v závlahových podmienkach patria najmä repa cukrová, krmne okopaniny, zemiaky, trávne miešanky, lucerna, ďatelina, ovoce, zelenina a iné. Ako menej vhodné sú obilníny (pšenica, jačmeň, raž, ovos), pri ktorých sa len minimálne zvyšujú úrody vplyvom závlahy.

Pri projektovaní závlahových sústav limitujúci faktor je voda. Pokial by závlahová sústava bola predimenzovaná, bola by finančne náročná a v mnohých prípadoch by sa nemohla využiť pre nedostatok vody. Ak by bola poddimenzovaná, nestačila by plne pokryť požiadavky plodín na doplnkovú závlahu. Z uvedeného dôvodu je potrebné projektovať závlahovú sústavu tak, aby maximálne zabezpečovala krytie vlahovej potreby pestovaných plodín v osevnom postupe pri minimálnych nákladoch. Dôležitou úlohou v tomto prípade je zistiť potrebu množstva závlahovej vody a jeho rozloženia počas vegetačného obdobia.

V súčasnosti, keď sa kladie dôraz na minimalizáciu vstupov do výroby a systém precízneho poľnohospodárstva, bude potrebné hľadať postupy, ktoré umožnia plánovať dodávku minimálnych množstiev vody tak, aby sa zásoba vody v pôdnom profile udržiavala na úrovni blízkej k dolnej hranici optimálnej vlhkosti, čo súčasné technológie lokalizovanej závlahy najmä pod povrchom pôdy umožňujú. Týmto spôsobom sa zníži aktuálna evapotranspirácia a teda aj spotreba vody. Cieľom bude teda definovať kapacitu závlahovej sústavy na doplnenie chýbajúceho množstva vody v pôdnom profile v koreňovej sústave priebežne, pričom stabilné závlahové sústavy môžu rovnako dopĺňať nedostatok vody v pôde.

## Súhrn

Závlahy sú významným stabilizačným faktorom poľnohospodárskej výroby. Najprodukčnejšie oblasti sa vyznačujú periodickým nedostatkom prirozených zrážok a ich nerovnomerným rozdelením počas vegetačného obdobia. Doplnková závlaha umožňuje udržiať vodný režim pôdy a plodín na takej úrovni, ktorá je priaznivá pre ich fyziologické procesy v jednotlivých rastových fázach. Uplatnenie správneho závlahového režimu umožňuje kryť rozdielne požiadavky plodín na doplnkovú závlahu v priebehu celej vegetácie, čo sa v konečnom dôsledku premietne vo výške produkcie. Hlavným kritériom využívania závlah z hľadiska poľnohospodárskych podnikov je produkčný a hlavne ekonomický efekt závlahovej vody. V dôsledku teoretických výskumov aj praktických aplikácií sa ukazuje, že pre poznanie zložitých systémov a procesov riadenia sú vhodné modely založené na pravdepodobnostnom prístupe, t. j. stochastické a simulačné modely. Tieto modely nie je možné realizovať bez použitia počítačov. Na modelovanie procesov v oblasti závlahového hospodárstva je možné využiť simulačný model retrospektívnej vlahovej bilancie. Výsledky tohto modelu poskytujú vhodné informácie na zistenie potreby závlahových dávok počas vegetačného obdobia v závislosti od druhu pestovaných plodín.

**Kľúčové slová:** závlahová sústava, závlahová dávka, simulačný model, retrospektívna vlahová bilancia, štatistická závislosť

## Literatúra

- BENETIN, J. – OKENKA, I. – HÚSKA, D. 1975. Výpočet vlahovej potreby rastlín retrospektívou metódou s využitím počítačov strojov : Záverečná správa. Nitra : VŠP, 1975. 25 s.
- HENNYEYOVÁ, K. – PALKOVÁ, Z. 2006. Využitie informačných technológií a simulačných modelov v závlahovom hospodárstve : Monografia. Nitra : SPU, 2006, 108 s. ISBN 80-8069-715-9
- HENNYEYOVÁ, K. – OKENKA, I. 1999. Simulačné modelovanie procesu prevádzky závlah. In: Sborník prací z mezinárodní vědecké konference Agrární perspektivy VIII. Praha : ČZU, 1999, s. 623–626.
- ON 83 0635 – Potreba závlahovej vody pri doplnkovej závlahe.
- SIMONÍK, J. 1997. Stochasticke viacvariantné modelovanie procesu zavlažovania. In: Vedecké práce VÚZH č. 23, Bratislava, 1997, s. 199–211.
- SIMONÍK, J. – PALKOVÁ, Z. – OKENKA, I. 2004. Racionalizácia a modelovanie zavlažovania poľných plodín postrekom : Monografia. Nitra, 2004, 169 s. ISBN 80-8069-380-3
- SPITZ, P. – KORSUŇ, S. 1992. Použití matematické simulace a optimalizace k navrhovaniu závlahových sústav. In: Vedecké práce VÚZH, č.20, Bratislava, 1992, s.45–56.

Kontaktná adresa:

doc. Ing. Klára Hennyeyová, CSc., Katedra informatiky FEM SPU v Nitre, Tr. Andreja Hlinku 2, 949 76 Nitra, tel.: 037/641 41 98, e-mail: Klara.Hennyeyova@uniag.sk; doc. Ing. Zuzana Palková, PhD., Katedra elektrotechniky, automatizácie a informatiky TF SPU v Nitre, Tr. Andreja Hlinku 2, 949 76 Nitra, tel.: 037/641 47 65, e-mail: Zuzana.Palkova@uniag.sk

Acta horticulturae et regiotecturae 1

Nitra, Slovaca Universitas Agriculturae Nitriae, 2009, s. 6–9

## SLEDOVÁNÍ PRACNOSTI ŘEZU PŘI VYUŽITÍ STROJŮ PRO PŘEDŘEZ RÉVY VINNÉ

### THE MONITORING OF TIME CONSUMPTION BY PRUNING WITH USING OF MACHINES FOR PRE-PRUNING BY GRAPEVINE

Patrik BURG

Ústav zahradnické techniky, Zahradnická fakulta MZLU v Brně

The work deals with comparison of time consumption by pruning by hand and pruning with using of machines for pre-pruning by grapevine. Experimental measurements were performed at cutting of 4 white and 5 blue grapevines in conditions of southern Moravia. Machine set SAME S75 was used for mechanical pre-pruning that consisted of a tractor with side carried engine for pre-pruning by the OSTRATICKÝ company. From the results measured it is clear that there are differences between the evaluated varieties of cutting elaborateness. It can be lowered for performance of mechanical pre-pruning in 8–24%. This trend is most remarkable at varieties with a high number of bines and wild growth, for example Sauvignon, Red Traminer, Neronet and St. Laurent.

**Key words:** grapevine, vine pruning, pre-pruning

Řez révy vinné patří v zimním a předjarním období k charakteristickým pracovním operacím prováděným ve vinicích. Hlavní význam řezu spočívá v redukcii nadzemních částí révového keře (často je odstraňováno až 80 % dřevní hmoty), která má zásadní význam pro jeho budoucí růst, množství a kvalitu skleněných hroznů. Z pracovního hlediska představuje ručně prováděný řez velmi náročnou operaci, která je ovlivněna celou řadou faktorů mezi než patří hlavně zapracovanost obsluhy, kvalita použitého nářadí, odrůda, podnož, spon výsadby a typ vedení.

Podle měření prováděných Ústavem zahradnické techniky ZF Lednice v roce 2005 je dobře zapracovaná obsluha schopná provést, v závislosti na odrůdě, typu vedení a stáří porostu, ruční řez u 35 až 55 keřů za hodinu. Při sponu 3,0 x 1,0 m ( $3\ 300\ \text{ks} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) to odpovídá pracnosti  $60\text{--}90\ \text{h} \cdot \text{ha}^{-1}$  a při sponu 2,3 x 1,0 m ( $4\ 350\ \text{ks} \cdot \text{ha}^{-1}$ )  $80\text{--}125$  hodinám na 1 hektar vinice. Z hodnot je patrné, že se pracnost pohybuje v poměrně širokém rozpětí ( $60\text{--}125\ \text{h} \cdot \text{ha}^{-1}$ ). Pro srovnání Sedlo (1994) uvádí pracnost řezu na úrovni  $130\ \text{h} \cdot \text{ha}^{-1}$ , Zemánek (1997)  $100\text{--}150\ \text{h} \cdot \text{ha}^{-1}$ , Walg (2000)  $70\text{--}110\ \text{h} \cdot \text{ha}^{-1}$  a Becker a Götz (2007)  $60\text{--}100\ \text{h} \cdot \text{ha}^{-1}$  v závislosti na odrůdě a intenzitě jejího růstu.

Náročnost řezu přímo souvisí s použitým nářadím. K řezu réví jsou dnes nejčastěji využívány ruční nůžky. Jejich kvalita a konstrukční provedení může výrazným způsobem ovlivnit fyzickou nárušení obsluhy (zejména ruky), ale také kvalitu samotného řezu (rovný a hladký řez). Z našich sledování vyplývá, že pracovník v průměru provede na jednom keři 15–20 řezů, což v závislosti na sponu odpovídá počtu 6 000–8 000 stříhů za směnu (65 000–90 000 stříhů na 1 ha). Samozřejmostí by proto měly být anatomicky tvarované otočné rukojeti a vyměnitelné břity z oceli, které výrazně snižují svalovou nárušení ruky, zejména v případech, kdy pracovník tuto operaci provádí každodenně.

Odrůda a podnož, působí společně na růstový potenciál keře a ovlivňují celkovou produkci dřevní hmoty za sezónu. Obecně lze uvést, že se jednotlivé odrůdy liší vedle tloušťky révy také počtem úponků. Vypovídá o tom mimo jiné produkce révy z různých odrůd ( $1,6\text{--}2,6\ \text{kg} \cdot \text{keř}^{-1}$ ).

Pracovní náročnost je odlišná u různých typů vedení. Výrazně vyšší je u vedení rýnsko-hessenského typu, kde je nutné vedle samotného řezu provést uvolnění réví prorůstajícího systémem dvojdrátí. Nižší pracnost je pak např. u kordónových tvarů (záclon), kde tento pracovní úkon odpadá (Sedlo, 1994; Zemánek, 1999).

Snaha o snížení pracnosti a fyzické nárušení při řezu vede k vývoji nových technických zařízení označovaných jako stroje pro předřez (Coombe, 1993). Jejich vývoj znamenal změnu technologie řezu, kdy principiálně horní část letorostů révového keře je odstraněna mechanizovaně (tzv. předřez) a zbývající část operace (korektura) je dokončena individuálně ručně. Snížení pracnosti je významné mimo jiné v odstranění namáhavého vytahování réví z opěrné konstrukce (odrůdy s větším množstvím úponků) a může činit až 40 % celkového času pro tuto operaci.

Cílem práce bylo porovnat pracnost dosahovanou při ručním řezu a pracnost při využití mechanizovaného předřezu s ručním dopracováním u révy vinné.

## Materiál a metody

### Pokusné stanoviště

Pokusná měření byla prováděna v první polovině března 2006 ve vinicích v k.ú. Rakvice, při řezu a mechanizovaném předřezu odrůd Sauvignon, Tramín červený, Veltlínské zelené, Neuburské, Neronet, André, Svatovavřinecké, Zweigeltrebe, Dornfelder.

Vinice vysazené v několika blocích se nachází ve viniční trati „Nad kozím horkama“ a „Kopce“. Svažitost pozemků byla do 3 %. Vinice byly zapestovány na vysokém vedení s jedním tažným (u odrůdy André a Veltlínské zelené se dvěma tažní), ve sponu 2,2 x 1,1–2,5 x 1,0 m, s opěrnou konstrukcí z betonových sloupků o výšce 2,0 m a horním dvojdrátím ve výšce 1,8 m. Přehled hodnocených odrůd a hlavních údajů týkajících se porostu uvádí tabulka 1.

**Tabulka 1** Přehled hodnocených odrůd a údajů o porostu

Hodnocená odrůda (1)	Spon výsadby v m (2)	Stáří porostu (3)	Pěstitelský tvar (4)
Sauvignon	2,5 x 1,0	17	vysoké vedení, 1 tažeň
Tramín červený	2,3 x 0,9	14	vysoké vedení, 1 tažeň
Veltlínské zelené	2,5 x 1,0	14	vysoké vedení, 1 tažeň
Neuburské	2,5 x 1,0	18	vysoké vedení, 1 tažeň
Neronet	2,2 x 1,1	9	vysoké vedení, 1 tažeň
André	2,5 x 1,0	12	vysoké vedení, 2 tažně
Svatovavřinecké	2,5 x 1,0	14	vysoké vedení, 1 tažeň
Zweigeltrebe	2,3 x 0,9	8	vysoké vedení, 1 tažeň
Dornfelder	2,5 x 1,0	12	vysoké vedení, 1 tažeň

**Table 1** View of tested grape varieties and data on growths

(1) evaluated variety, (2) planting space, (3) age of growth, (4) form of growing

**Tabulka 2** Výsledky hodnot dosažené při ručním řezu a mechanizovaném předřezu s ručním dopracováním

Ozn. (1)	Hodnocená odrůda (2)	Způsob řezu (3)	Úsek 1 v ks.h <sup>-1</sup> (4)	Úsek 2 v ks.h <sup>-1</sup> (4)	Úsek 3 v ks.h <sup>-1</sup> (4)	Průměr v ks.h <sup>-1</sup> (5)	Pracnost pro 4 000 ks.ha <sup>-1</sup> v h.ha <sup>-1</sup> (6)	Snížení pracnosti u m.předřezu v % (7)
1A	Neuburské	ruční	62	61	66	63	63,5	–
1B	Neuburské	m. předřez	69	71	66	69	57,9	8,8
2A	Veltlínské zelené	ruční	57	56	53	55	72,7	
2B	Veltlínské zelené	m. předřez	66	55	64	62	64,5	11,3
3A	Sauvignon	ruční	38	40	41	40	100	–
3B	Sauvignon	m. předřez	44	54	52	50	80	20,00
4A	Tramín červený	ruční	47	49	47	48	83,3	–
4B	Tramín červený	m. předřez	64	60	58	62	64,5	22,6
5A	Zweigeltrebe	ruční	47	51	50	49	81,6	–
5B	Zweigeltrebe	m. předřez	55	59	56	57	70,2	14,0
6A	André	ruční	39	49	48	45	88,9	–
6B	André	m. předřez	57	51	51	53	75,5	15,1
7A	Dornfelder	ruční	59	69	66	65	61,5	–
7B	Dornfelder	m. předřez	82	88	75	82	48,8	20,7
8A	Neronet	ruční	31	27	34	31	129,0	–
8B	Neronet	m. předřez	36	43	40	40	100	22,5
9A	Svatovavřinecké	ruční	37	39	36	37	108,1	–
9B	Svatovavřinecké	m. předřez	47	54	46	49	81,6	24,5

**Table 2** The results of values by hand pruning and pre-pruning(1) experiment treatment, (2) variety, (3) pruning type, (4) experimental sector, (5) average, (6) time consumption for 4000 pieces.ha<sup>-1</sup>, (7) decrease of time consumption by pre-pruning in %**Tabulka 3** Analýza rozptylu

Zdroj variability	Součet čtverců	Stupně volnosti	Průměrný čtvereček	Stat. F	Významnost
Hlavní efekty	7 885,333	9	876,148	60,969	0,0000
Odrůda	6 594,667	8	824,333	57,363	0,0000*
Způsob řezu	1 290,667	1	1 290,667	89,814	0,0000*
Interakce 2.řádu	159,333	8	19,917	1,386	0,2358
Odrůda × zp.řezu	159,333	8	19,917	1,386	0,2358
Vysvětleno	8 044,667	17	473,216	32,930	0,0000
Chyba	517,333	36	14,370		
Celkem	8 526,000	53	161,547		

\* – označuje statisticky průkazný rozdíl

\* – indicate statistically conclusive difference

**Table 3** Analysis of variance

**Tabulka 4** Metoda následného testování – Tukey HSD (porovnání dle odrůdy)

Skupina	Příp.	Průměr	8	9	3	6	5	4	2	1	7
8	6	35,1667				*	**	**	**	**	**
9	6	43,1667							**	**	**
3	6	44,8333							*	**	**
6	6	49,1667	*							**	**
5	6	53,0000	**							*	**
4	6	54,1667	**								**
2	6	58,5000	**	**	*						*
1	6	65,8333	**	**	**	**	*				
7	6	73,1667	**	**	**	**	**	*	*		

Poznámka: \* – významně odlišné páry ( $\alpha = 0,05$ ); \*\* – velmi významně odlišné páry ( $\alpha = 0,01$ )

Note: \* – significant difference at 0,05 significance level; \*\* – highly significant difference at 0,01 significance level

**Table 4** Method of sequent testing – Tukey HSD (comparison according to variety)**Tabulka 5** Metoda následného testování Tukey – HSD (porovnání dle způsobu řezu)

Skupina	Příp.	Průměr	A	B
A	27	48,1111		**
B	27	57,8889	**	

Poznámka: \* – významně odlišné páry ( $\alpha = 0,05$ ); \*\* – velmi významně odlišné páry ( $\alpha = 0,01$ )

Note: \* – significant difference at 0,05 significance level; \*\* – highly significant difference at 0,01 significance level

**Table 5** Method of sequent testing – Tukey HSD (comparison according to pruning type)

### Organizace pokusu

Na blocích vinice tvořených jednotlivými odrůdami byly vytvořeny 3 úseky o celkové délce 300 m pro provedení ručního řezu, a 3 úseky o celkové délce 300 m, pro provedení mechanizovaného předřezu s ručním dopracováním.

Při měření bylo prováděno hodnocení pracnosti při ručním řezu a dopracování po mechanizovaném předřezu vyjádřené množstvím ořezaných keřů za 1 hodinu. Ve všech případech byl z důvodu srovnatelnosti řez i dopracování po předřezu proveden jedním pracovníkem.

### Hodnocená souprava

Strojní souprava byla tvořena traktorem SAME S75 s bočně neseným strojem pro předřez firmy OSTRATICKÝ. Pracovní ústrojí stroje tvorily dvě válcové sestavy se svislou osou rotace. Každý válec byl tvořen z 5 kotoučů, které jsou po obvodu profilované.

První z válců byl složen z 5 pilových řezných kotoučů umístěnými mezi pevnými prstovými chrániči, které umožňují snadné vtažení réví do pracovního prostoru a jeho následné rozřezání. Dolní kotouč je po obvodu opatřen jemnějšími zuby pro docílení optimálního řezu. Pohon kotoučů je odvozen od hydromotorů.

Druhá válcová sestava je tvořena z 5 kotoučů s vyprofilovaným okrajem, které zasahují do mezer mezi chrániči a výrazně napomáhají vtažení réví.

### Zpracování výsledků

U každé z hodnocených odrůd byla vyčíslena pracnost při ručním řezu a pracnost při dopracování po mechanizovaném předřezu.

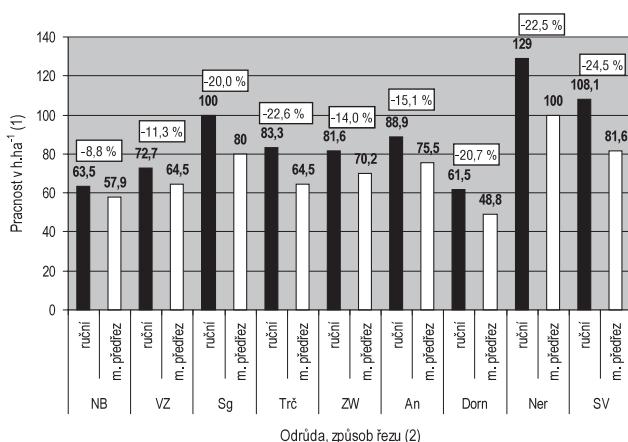
S ohledem na rozdílné spony výsadby a možnosti porovnání pracnosti u hodnocených odrůd, byla ze sledovaných hodnot vyčíslena pracnost pro spon 2,5 x 1,0 m, kterému odpovídá 4 000 keřů na 1 ha plodné vinice. Tento přepočet umožnil ob-

ektivně srovnat pracnosti u jednotlivých odrůd po provedení mechanizovaného předřezu.

K vyhodnocení průkaznosti rozdílů mezi hodnocenými odrůdami a způsoby řezu (ruční, dopracování po mechanizovaném předřezu) byla použita analýza variance (hladina významnosti  $\alpha = 0,05$ ). Jako metoda následného testování byla použita metoda Scheffého metoda kontrastu na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  a  $\alpha = 0,01$ . Uvedené metody statistického vyhodnocení byly aplikovány pomocí počítačového softwaru Unistat 4.53 pro Excel a MS Excel.

V Tabulce 2 jsou uvedeny naměřené hodnoty pracnosti při ručním řezu a dopracování po mechanizovaném předřezu.

Z výsledných hodnot vyplývá, že po provedení mechanizovaného předřezu je možné snížit pracnost při následném ruč-

**Obrázek 1** Srovnání pracnosti řezu u hodnocených odrůd**Figure 1** The confrontation of time consumption by pruning of assessed varieties(1) time consumption in  $\text{h.ha}^{-1}$ , (2) variety, pruning type

ním dopracování o 8–24 %. Tento trend je nejvíce patrný u bílých i modrých moštových odrůd s vysokým počtem úponků a bujným růstem jako je např. Sauvignon, Tramín červený, Neronet a Svatovavřinecké.

Pro srovnání Walg (2007) uvádí pro podmínky SRN snížení pracnosti při mechanizovaném předřezu s ručním dopracováním hodnotou 19–40 %, Becker a Götz (2007) 20–30 %, Balsari a Scienza (2003) pro podmínky Itálie hodnotou 15–30 %.

U ostatních odrůd se střední až nižší intenzitou růstu a menším počtem úponků jako je např. Veltlínské zelené aj., je snížení pracnosti nižší a činí cca 8–14 %. I přes to má velký význam snížení fyzické námahy spojené s vytahováním réví z dvojdrtí vinice při provedení mechanizovaného předřezu. Tuto skutečnost potvrzují také výsledky statistického hodnocení provedeného pomocí analýzy variancie a metod následného testování, které uvádí Tabulka 3–Tabulka 5.

Statisticky průkazný rozdíl v pracnosti řezu byl zjištěn mezi jednotlivými odrůdami, ale také porovnáním obou variant řezu (ruční, s mechanizovaným předřezem).

V grafu 1 je uvedeno srovnání hodnocených odrůd z hlediska pracnosti při provedení ručního řezu a pracnosti při využití mechanizovaného předřezu s ručním dopracováním.

## Souhrn

Práce se zabývá porovnáním pracnosti dosahované při ručním řezu a pracnosti při využití mechanizovaného předřezu s ručním dopracováním u révy vinné. Experimentální měření byly prováděny při řezu 4 bílých a 5 modrých moštových odrůd v pěstitelských podmínkách jižní Moravy. Pro mechanizovaný předřez byla využita strojní souprava tvořená traktorem SAME S75 s bočně neseným strojem pro předřez firmy OSTRATICKÝ. Z naměřených výsledků vyplývá, že mezi hodnocenými odrůdami existují rozdíly v pracnosti řezu. Ta může být snížena po provedení mechanizovaného předřezu o 8–24 %. Tento trend je nejvíce patrný u odrůd s vysokým počtem úponků a bujným růstem jako je např. Sauvignon, Tramín červený, Neronet a Svatovavřinecké.

**Klíčové slova:** réva vinná, řez révy, předřez

Příspěvek vychází z řešení výzkumného projektu NAZV č. QG 60083 „Konkurenceschopnost bioenergetických produktů“.

## Literatura

- BALSARI, P.–SCIENZA, A. 2003. Forme di allevamento della vite e modalita di distribuzione dei fitofarmaci. Miláno: L'Informatore Agrario, 2003. 352 s. ISBN 88-7220-172-1.
- BECKER, A.–GÖTZ, G. 2007. Extensivierung mehr als nur Kosteneinsparungen. Neustadt: Meininger, 2007. 64 s. ISBN 978-3-87524-175-4.
- COOMBE, B. G.–DRY, P. R. 1993. Viticulture. 4<sup>th</sup> ed., vol. 2. South Australia: Hyde Park Press, Adelaide, 1993. p. 340. ISBN 1 875130 01 2
- SEDLO, J. 1994. Ekologické vinohradnictví. Praha : Ministerstvo zemědělství v Agrospoji Praha, 1994. 185 s. ISBN 80-7084-117-6.
- ZEMÁNEK, P. 1997. Návrh expertního systému pro využití mechanizačních prostředků ve vinohradnictví. Disertační práce. Lednice na Moravě : MZLU v Brně, Zahradnická fakulta v Lednici na Moravě, 1997. 115 s.
- ZEMÁNEK, P. 1999. Možnosti uplatnění mechanizačních prostředků při řezu vinic a zpracování réví. ČMMVU Velké Bílovice. Vinařský obzor, č. 2, roč. 92/1999. s. 36–37.
- WALG, O. 2000. Taschenbuch der Weinbautechnik. Kaiserslautern: Rohr-Druck, 2000. 432 s. ISBN 3-921156-45-9
- WALG, O. 2007. Taschenbuch der Weinbautechnik. Kaiserslautern: Rohr-Druck, 2007. 619 s. ISBN 978-3-921156-78-0.

Kontaktní adresa:

doc. Ing. Patrik Burg, Ph.D., Ústav zahradnické techniky, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Valtická 337, 691 44 Lednice, Česká republika

Acta horticulturae et regiotecturae 1  
Nitra, Slovaca Universitas Agriculturae Nitriae, 2009, s. 10–13

## ERÓZNE ÚČINNÉ DAŽDE V ROKU 2003 V KLIMATICKÝCH PODMIENKACH NITRY – LOKALITA DOLNÁ MALANTA

### EROSION RAINFALLS IN 2003 WITHIN CLIMATIC CONDITIONS OF NITRA – DOLNÁ MALANTA

Martina MIKUŠOVÁ

Slovenská poľnohospodárska univerzita

Based on the results reached we can state that there was an occurrence of erosion rainfalls that cause surface runoff in the Dolná Malanta area from 1<sup>st</sup> April 2003 to 30<sup>th</sup> September 2003. According to Wischmeier – Smith methodology, there were 5 rainfalls altogether in the monitored period whose overall value exceeded 12.5 mm but only in one case from these rainfalls the exceeded rain intensity was equal to 24.0 mm.h<sup>-1</sup>. It was reached on 3<sup>rd</sup> July 2003. The amount of rain erosion efficiency R, calculated for rainfall from 3<sup>rd</sup> July 2003 is equal 6.624 MJ.ha<sup>-1</sup>.cm.h<sup>-1</sup>. It is 26.9% of average annual value of R-factor (24.62 MJ.ha<sup>-1</sup>.cm.h<sup>-1</sup>) defined by Malíšek for Nitra station. There is an estimation that in our climatic conditions the rainfalls that cause surface runoff occur only during the vegetation period, the value of R-factor calculated by us is almost 4 time smaller for the following period from the set average annual value. The main cause of these differences is lower rainfalls occurrence in period 1951–1980, or 1961–1990. Lower rainfalls occurrence in 2003 has probably been seen also in erosion rainfalls decrease. The work won the 1<sup>st</sup> place in 2004 in the Faculty competition of student scientific conference of Gardening and country engineering faculty (category graduant study).

**Key words:** rainfall erosivity, factor R, analysis, estimation

Výskyt a veľkosť vodnej erózie je závislý v prvom rade od erózneho činiteľa, ktorý ju spôsobil, čiže je závislý od veľkosti a intenzity zrážok na konkrétnom území a to predovšetkým tým, že trvanie, intenzita a prieskorové rozdelenie dažďa ovplyvňuje rýchlosť a veľkosť povrchového odtoku (Schwab, 1966).

Akokoľvek, dôležitá je nielen výška zrážky, ale aj typ dažďa podľa jeho intenzity. Prívalový dažď obvyklý v trópoch má omnoho väčší škodlivý vplyv ako mierny dažď mierneho podnebia. Približné ohrazenie územia s deštrukčnými zrážkami je od zemepisnej šírky 40° na juhu po 40° na severu (Hudson, 1973).

Dažde s malou intenzitou, pri ktorých prevažujú malé kvapky s nízkou kinetickou energiou, takmer nikdy nespôsobujú eróziu. Na to aby k erózii došlo, sú potrebné tzv. prívalové dažde (dažde vyvolávajúce povrchový odtok) s vysokou intenzitou (Fulajtár a Janský, 2001). Ich erózny účinok, spôsobený povrchovým odtokom s väčšou rýchlosťou, je zosilnený účinkom kinetickej energie dažďových kvapiek dopadajúcich na pôdny povrch, na ktorom tieto zrážky rozbijskajú pôdne agregáty a pripravujú stekajúcej vode materiál na odnos. Prívalové dažde sú charakterizované značnou intenzitou, krátkou dobou trvania, obmedzeným plošným rozsahom a v stredoeurópskych podmienkach hlavne výskytom v teplom letnom období (Holý, 1978). Morgan (1995) udáva, že erózia sa vzťahuje na dva typy dažďov, krátko trvajúce intenzívne prívalové dažde, ktoré spôsobujú rýchle zaplnenie pôdných pôrov vodou (infračná kapacita pôdy je prekročená), a dlho trvajúce dažde, miernej intenzite, ktoré postupne nasycujú pôdu.

hraničnú intenzitu prívalových dažďov jednotliví autori kladú rôzne (Morgan, 1995): Hudson (1981) po sérii experimentálnych testov v Zimbabwe prišiel k záveru, že dažde s intenzitou menšou ako 25 mm.h<sup>-1</sup> nespôsobujú eróziu. Táto hodnota bola potvrdená aj na základe pokusov v Tanzánii (Rapp, 1972) a Malajsii (Morgan, 1974), je ale príliš veľká pre západnú Európu, kde je len zriedkavo prekročená. V európskych krajinách sú používané nasledovné prahové hodnoty in-

tenzity dažďa: v Anglicku 10,0 mm.h<sup>-1</sup>; v Nemecku 6,0 mm.h<sup>-1</sup> (Richter a Negendank, 1977) a Belgicku 1,0 mm.h<sup>-1</sup> (Bollinne, 1977).

Morgan (1977) navrhoval zanedbať dažde, ktorých intenzita nepresiahne 10 mm.h<sup>-1</sup>. Elwell a Stocking (1975) navrhli využiť z výpočtu mierne dažde nielen na základe intenzity, ale aj úhrnu. Využili dažde, ktorých úhrn nepresahuje 12 mm, ak sú od ďalších dažďov oddelené 6 hodinovou prestávkou a ak ich najvyššia 15-minútová intenzita nepresahuje 24 mm.h<sup>-1</sup> (Fulajtár a Janský, 2001).

Stehlík (1975) pri stanovení potenciálnej erózie hodnotí klimatické podmienky na základe početnosti zrážok o dobe trvania 10–60 minút, ktoré stanovil podľa kritérií G. Wussova. Minimálna výška uvažovaných zrážok:

$$h = 2 \times (5t)^{0.5} \text{ v mm} \quad (1)$$

kde:

t – doba trvania dažďa v minútach

V univerzálnnej rovnici pre stanovenie pravdepodobného zmyvu pôdy vymedzili Wischmeier a Smith (1965), k vyjadreniu erózneho účinku dažďov, tzv. dažďový faktor R v MJ.ha<sup>-1</sup>.cm<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup> ako súčin celkovej kinetickej energie dažďa (E) a jeho maximálnej 30 minútovej intenzite ( $I_{30}$ ):

$$R = E \times I_{30} \quad (2)$$

Kinetická energia dažďa E sa vypočítava podľa vzťahov:

$$E = \sum E_n \quad (3)$$

$$E = 10^{-2} (206 + 87 \cdot \log i_{z,n}) \cdot H_{z,n} \quad (4)$$

kde:

E – je celková hodnota kinetickej energie dažďa v MJ.ha<sup>-1</sup>

$E_n$  – kinetická energia n-tého dažďového oddielu v MJ.ha<sup>-1</sup>

$i_{z,n}$  – intenzita dažďa v n-tom dažďovom oddiele v  $\text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$   
 $H_{z,n}$  – úhrn zrážky n-tého dažďového oddielu v cm

Pre naše podmienky vyšetroval hodnotu  $E_{I_{30}}$  Pretl (1973), ktorý faktor  $R$  vyjadril v závislosti od priemerného ročného úhrnu zrážok  $H_{za}$  v mm rovnicou:

$$R = 0,058 \times H_{za} + 10,5 \quad (5)$$

Ako uvádzajú Janeček et al. (1992), pri výpočte faktora  $R$  sa neberú do úvahy dažďe s výdatnosťou do 12,5 mm, oddelené od predchádzajúcich a nasledujúcich dažďov 6 hodinovou či dlhšou prestávkou, a dažďe, ktorých maximálna intenzita v niektorom dažďovom oddiele neprekročí 24  $\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$ .

Ak pre danú lokalitu požadované ombrografické záznamy zrážok chýbajú, môže sa približná hodnota faktora  $R$  určiť podľa vzťahu (Zachar, 1984):

$$R = 0,068 \times H_{z,r} \quad (6)$$

kde:

$R$  – priemerná ročná hodnota faktora eróznej účinnosti zrážok v  $\text{MJ} \cdot \text{ha}^{-1}$

$H_{z,r}$  – priemerný ročný zrážkový úhrn v mm

Mališek (1992) vypočítal hodnoty faktora  $R$  eróznej účinnosti prívalových zrážok pre každé katastrálne územie Slovenska. Pre stanicu Nitry stanovil hodnotu  $R$  faktora rovnú 24,62. Priemerná ročná hodnota faktora  $R$  pre konkrétnu lokalitu sa stanovuje, pomocou vyššie uvedeného spôsobu, z 50-ročného sledu údajov o dažďoch.

Rozdelenie priemernej ročnej hodnoty faktora  $R$  na jednotlivé mesiace vegetačného obdobia je pre oblasť stredných Čiech (pre oblasť Slovenska nie sú takéto údaje zatiaľ k dispozícii, ale sú odporúčané aj v metodickej pomôcke – Protierózna ochrana na ornej pôde (Alena, 1991)) uvedené v tabuľke 1.

**Tabuľka 1** Rozdelenie priemernej ročnej hodnoty faktora  $R$  na jednotlivé mesiace (Pasák a ľ., 1984)

Mesiac (1)	IV.	V.	VI.	VII.
% z Rr (2)	0,5	7,0	26,8	32,2
Mesiac (1)	VIII.	IX.	X.	IV.–X.
% z Rr (2)	31,1	2,0	0,4	100

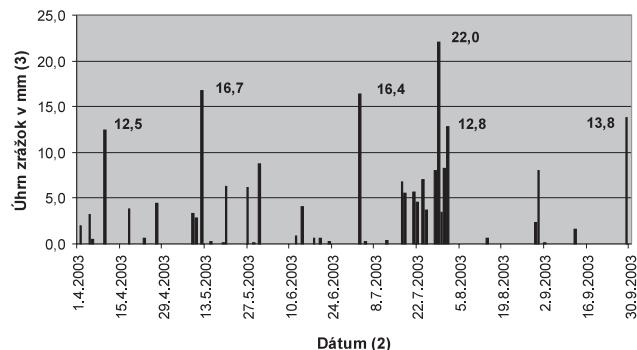
**Table 1** Layout of average annual value of  $R$  factor on the individual months (Pasák a ľ., 1984)  
(1) month (2) % from average annual value of factor  $R$

Cieľom tejto práce je vyhodnotiť výskyt prívalových zrážok spôsobujúcich eróziu pôdy v hlavnom vegetačnom období roku 2003, na základe využitia meteorologických údajov o veľkosti a časovom rozdelení zrážok, zaznamenaných ombrografom na agrometeorologickej stanici Katedry biometeorológie a hydrologie, SPU, Dolná Malanta.

Pre vyhodnotené erózne účinné dažďe následne stanoviť  $R$  – faktor podľa Wischmeier-Smitha.

## Materiál a metódy

Vstupná databáza údajov pozostáva: z úhrnu zrážok v mm, ktorý bol zaznamenaný ombrografofom na agrometeorologickej stanici KBH na Dolnej Malante. Nami analyzované úhrny zrážok sú z obdobia od 1. 4. 2003 do 30. 9. 2003. Obrázok 1 poskytuje



**Obrázok 1** Graf denných úhrnov dažďov zaznamenaných na agrometeorologickej stanici Dolná Malanta od 1. 4. 2003 do 30. 9. 2003

**Figure 1** Graph of total daily rainfalls measured during the period from 04-01-2003 till 09-30-2003 in the Agro-meteorological station Dolna Malanta  
(1) daily precipitation amount in mm, (2) date, (3) precipitation amount in mm

grafický prehľad nameraných denných úhrnov zrážok na agrometeorologickej stanici Dolná Malanta v období od 1. 4. 2003 do 30. 9. 2003.

## Analýza erózne účinných dažďov

Na posúdenie jednotlivých dažďov, či patria medzi erózne účinné alebo nie, sme použili metodiku Wischmeier-Smitha (Antal, 1989). Táto metodika predpokladá splnenie dvoch požiadaviek:

- prekročenie stanovenej celkovej výšky dažďa,
- prekročenie stanovenej intenzity dažďa v niektorom dažďovom oddiele.

Podľa tejto metodiky sa najskôr zistuje či celková výška dažďa  $H_z > 12,5$  mm, pretože podľa Wischmeier-Smitha sa dažďe, ktorých celková výška nedosahuje hodnotu  $H_z = 12,5$  mm, a ktoré sú od predchádzajúceho a nasledujúceho dažďa oddeľené minimálne šest hodinovou prestávkou, nepovažujú za dažďe vyvolávajúce povrchový odtok. To znamená, že ak sa vyskytne v priebehu dažďa časová prestávka presahujúca 6 hodín, je to považované nie za jeden, ale za dva samostatné dažďe.

V ďalšom kroku sa uvažovaný dážď rozdelí na tzv. dažďové oddiely, t. j. na také časové intervale, v ktorých dosahuje priemerná intenzita dažďa maximálne hodnoty. Potom sa zistí, či v niektorom dažďovom oddiele prekročí intenzita dažďa hodnotu  $24,0 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ . Tie dažďe, ktoré v niektorom dažďovom oddiele prekročia spomenutú hodnotu intenzity dažďa ( $i_d > 24,0 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ ) a zároveň splňajú prvú podmienku ( $H_z > 12,5 \text{ mm}$ ), sú považované za dažďe erózne účinné. Tento postup je použiteľný, len ak je k dispozícii ombrografický záznam posudzovaného dažďa.

## Stanovenie R-faktora

Pre zrážky, ktoré boli v sledovanom období vyhodnotené ako erózne účinné, sme pomocou vyššie uvedených vzťahov (2, 3, 4) vypočítali hodnotu  $R$  – faktora.

## Výsledky a diskusia

### Erózne dažďe

Tabuľka 2 nám poskytuje prehľad veľkosti úhrnov vyskytujúcich sa dažďov v jednotlivých mesiacoch. Najväčší mesačný

**Tabuľka 2** Úhrn daždov v mm (s max. prestávkou 6 h)

Mesiac (1)	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.
	2,0	3,8	0,9	<b>16,4</b>	<b>12,8</b>	0,1
	3,2	3,8	4,1	0,2	0,6	1,6
	0,5	2,8	0,6	0,4	2,4	
	12,5	<b>16,7</b>	0,6	12,3	3,8	
	3,8	0,2	0,3	6,5	4,2	
	0,6	0,1		3,8		
	4,4	6,3		7,0		
		4,8		3,7		
		6,2		8,0		
		0,1		<b>22,0</b>		
		8,8		3,5		
				8,2		
Suma / mesiac v mm (2)	27,0	53,1	6,5	92,0	23,8	15,5
Počet daždov (3)	7	11	5	12	5	3
Prívalové dažde v mm, t. z. $H_z > 12,5$ mm (4)	0,0	16,7	0,0	38,4	12,8	13,8
Počet prívalových daždov (5)	0	1	0	2	1	1
% prív. daždov z celk. úhrnu daždov za mesiac (6)	0,00	31,45	0,00	41,74	53,78	89,03

**Table 2** Total rainfall amounts in mm (with maximum brake 6 h)

(1) month, (2) sum / month in mm, (3) number of rainfall, (4) rain storm in mm, Hz (rainfall amount) more than 12,5 mm, (5) number of rain storm, (6) % of rain storm from the total rainfall amounts in a month

úhrn zrážok bol zaznamenaný v mesiacoch júl (92,0 mm), máj (53,1 mm) a apríl (27,0 mm), pričom práve v týchto mesiacoch sa vyskytovalo najviac daždov (júl – 12, máj – 11, apríl – 7). Najmenší úhrn zrážok bol zaznamenaný v mesiacoch august (23,8 mm), september (15,5 mm) a jún (6,5 mm), s menším počtom zrážkových udalostí (5,3,5).

Podľa použitej metodiky sa v sledovanom období vyskytlo celkom 5 daždov, ktorých celková výška presahovala hodnotu 12,5 mm (v tabuľke 2 sú zvýraznené tučným písmom). Najviac týchto daždov bolo zaznamenaných v mesiaci júl (2), ktorých spoločný úhrn predstavuje 41,7 % z celkového úhrnu zrážok za mesiac. Na druhom mieste v tomto hodnotení je mesiac september, s výskytom jedného dažda, ktorý presahuje hodnotu 12,5 mm. Veľkosť jeho úhrnu je až 89,0 % z celkového úhrnu zrážok za mesiac. Na treťom mieste je mesiac august, taktiež s jednou prívalovou zrážkou, ktorej výška predstavuje 53,7 % z celkového úhrnu zrážok za mesiac.

Pomocou ombrografických pásov sme každý dažď spĺňajúci podmienku ( $H_z > 12,5$  mm) rozdelenili na jednotlivé daždové oddiely (v rámci ktorých sa intenzita dažda nemení), pre ktoré sme posúdili či došlo k prekročeniu hraničnej hodnoty intenzity dažda ( $i_d > 24,0 \text{ mm.h}^{-1}$ ).

**Tabuľka 3** Prehľad výskytu erózne účinných daždov s  $i_d > 6,0 \text{ mm.h}^{-1}$  a  $H_z > 12,5$  mm

Dátum (1)	Úhrn $H_z$ mm (2)	Maximálna intenzita dažda $\text{mm.h}^{-1}$ (3)
12. 5. 2003	16,7	14,52
3. 7. 2003	16,4	32,40
29. 7. 2003	22,0	7,30*
1. 8. 2003	12,8	16,00

\* – maximálna intenzita stanovená len na základe hodinového úhrnu zrážok, zaznamenaného pomocou automatickej meteorologickej stanice. Poznámka autora: Hodnotenie dažda z 29. 7. 2003 je len predbežné, pretože maximálna intenzita tohto dažda bola stanovená len na základe hodinového úhrnu zrážok, zaznamenaného pomocou automatickej meteorologickej stanice. Ombrografický záznam zrážky spadnutej 29. 7. 2003 je na tento účel z dôvodu technických nepresnosťí nepoužiteľný (počas tejto prívalovej zrážky došlo k poruche prístroja, plaváková komora ombrografu nebola vyprázdnená).

**Table 3** Schedule of erosion rains occurrence with rainfall intensity  $i_d > 6,0 \text{ mm.h}^{-1}$  and precipitation amount  $H_z > 12,5$  mm (1) date, (2) precipitation amount  $H_z$  in mm, (3) maximum rainfall intensity in  $\text{mm.h}^{-1}$ 

Zo vstupných údajov zaznamenaných ombrografom vyplýva, že dažď spadnutý na záujmovú plochu dňa 3. 7. 2003 môžeme považovať za erózne účinný. Jeho celkový úhrn rovný 16,4 mm presahuje minimálnu hodnotu erózne účinných zrážok (12,5 mm). V treťom daždovom oddiele dosahuje maximálnu intenzitu dažda rovnú 5,4  $\text{mm}/10 \text{ min.}$ , čo predstavuje 32,4  $\text{mm.h}^{-1}$ .

Na hodnotenie intenzity prívalových daždov, ktoré spĺňajú podmienku ( $H_z > 12,5$  mm), sme následne použili jej hraničné hodnoty odporúčané inými autormi. Pri použití hraničnej hodnoty intenzity dažda navrhnutej Morganom ( $10,0 \text{ mm.h}^{-1}$ ), môžeme poklať za erózne účinný dažď z 12. 5. 2003, s celkovým úhrnom 16,7 mm a intenzitou  $14,5 \text{ mm.h}^{-1}$  a dažď z 1. 8. 2003, s veľkosťou úhrnu 12,8 mm a maximálnou intenzitou v jednom daždovom oddiele 16,0  $\text{mm.h}^{-1}$ .

Podľa metodiky používanej v Nemecku, kde hraničná hodnota intenzity je len  $6,0 \text{ mm.h}^{-1}$ , sa na nami sledovanom území vyskytli celkom štyri dažde, ktoré vyvolali povrchový odtok. Ich prehľad poskytuje tabuľka 3.

### Stanovenie R-faktora

Podľa metodiky Wischmeier-Smitha môžeme vypočítať hodnotu faktora R len pre dažď zo dňa 3. 7. 2003. Túto zrážku sme rozdelili na 7 daždových oddielov a pre každý sme odčítali hodnotu intenzity dažda a výšku zrážky v tom ktorom oddiele. Prehľad týchto odčítaných hodnôt a z nich vypočítaných hodnôt kinetických energií jednotlivých daždových oddielov sa nachádza v tabuľke 4.

Dosadením hodnoty celkovej kinetickej energie dažda ( $338,01 \text{ MJ.ha}^{-1}$ ) a maximálnej 30-minútovej intenzity  $I_{30}$  ( $1,96 \text{ cm.h}^{-1}$ ) do vzťahu (2) je hodnota R-faktora pre dažď (3. 7. 2003) rovná  $6,624 \text{ MJ.ha}^{-1} \cdot \text{cm.h}^{-1}$ .

V celkovom hodnotení nami vypočítaný R faktor pre erózne účinnú zrážku vyskytujúcu sa v mesiaci júl predstavuje 26,9 % z priemernej ročnej hodnoty faktora R, stanovenej Malíškom (Malíšek, 1992).

Nami vypočítaná hodnota faktora R pre obdobie IV.–IX. (6,62) je neporovnatelne menšia od priemernej ročnej hodnoty (24,62), ak berieme do úvahy, že v našich klimatických podmienkach sa prívalové dažde vyvolávajúce zmyv pôdy vyskytujú prakticky len počas vegetačného obdobia (Antal, 1989).

**Tabuľka 4** Vstupné údaje pre výpočet R – faktora pre dážď z 3. 7. 2003

Oddiel	$t$ v min	$\Delta t$ v min	$H_{z,n}$ v cm	$i_{z,n}$ v cm.h $^{-1}$	$E_n$ v MJ.ha $^{-1}$
1	120	120	0,02	0,010	0,64
2	190	70	0,04	0,034	3,13
3	210	20	0,82	2,460	196,81
4	230	20	0,34	1,020	70,29
5	250	20	0,30	0,900	60,60
6	260	10	0,04	0,240	6,08
7	1 120	860	0,08	0,005	0,46
–	–	–	$\sum 164$	–	$\sum 33801$

**Table 4** Input data for estimation of R – factor for rainfall from 07-03-2003**Tabuľka 5** Hodnotenie mesiacov a roka podľa klimatického normálu zrážok 1951–1980, Nitra, 2003 (Šiška, 2004)

Mesiac (1)	Z (2) v mm	Klimatický normál (3) 1951–80	% n (4)	Charakteristika (5)
I.	33,0	31	106,5	normálny
II.	0,7	32	2,2	mimoriadne suchý
III.	2,3	33	7,0	mimoriadne suchý
IV.	27,0	43	62,8	suchý
V.	44,5	55	80,9	normálny
VI.	6,5	70	9,3	mimoriadne suchý
VII.	92,0	64	143,8	vlhký
VIII.	23,8	58	41,0	veľmi suchý
IX.	15,5	37	41,9	veľmi suchý
X.	66,0	41	161,0	veľmi vlhký
XI.	32,9	54	60,9	suchý
XII.	24,0	43	55,8	suchý
Rok (6)	368,2	561,0	65,6	suchý

**Table 5** Evaluation of months and the year according to long-time rainfall average 1951–1980, Nitra, 2003 (Šiška, 2004)  
(1) month, (2) precipitation amount, (3) precipitation standard, (4) % from precipitation standard, (5) characterization (6) year

Dôvodom týchto odlišností je fakt, že v roku 2003 spadol v okolí Nitry (368,2 mm) o 192,8 mm menej zrážok v porovnaní s dlhodobým priemerom zrážok za roky 1951–1980 (561 mm) a o 170,8 mm menej zrážok v porovnaní s dlhodobým priemerom zrážok za roky 1961–1990. Táto skutočnosť sa odzrkadlia aj na rozdelení úhrnu zrážok v jednotlivých mesiacoch. Prie-merné mesačné a ročné úhrny atmosférických zrážok v mm za obdobie 1951–1980 sú uvedené v tabuľke 5.

## Súhrn

Na základe dosiahnutých výsledkov možno konštatovať, že na sledovanom území Dolná Malanta v období od 1. 4. 2003 do 30. 9. 2003 došlo k výskytu erózne účinných dažďov, ktoré spôsobujú povrchový odtok. Podľa metodiky Wischmeier-Smitha sa v sledovanom období vyskytlo celkom 5 zrážok, ktorých celková výška prevyšovala hodnotu 12,5 mm, ale len v jednom z týchto dažďov bola prekročená intenzita dažďa rovná 24,0 mm.h $^{-1}$ . Takto zrážku je dážď zo dňa 3. 7. 2003. Hodnota faktora eróznej účinnosti dažďa R, vypočítaná pre zrážku zo dňa 3. 7. 2003, je rovná 6,624 MJ.ha $^{-1}$ .cm.h $^{-1}$ . To predstavuje

26,9 % z priemernej ročnej hodnoty faktora R (24,62 MJ.ha $^{-1}$ .cm.h $^{-1}$ ) stanovenej Malíškom pre stanicu Nitra. Za predpokladu, že na našich klimatických podmienkach sa prívalo-vé dažďe vyvolávajúce zmyv pôdy vyskytujú prakticky len po-čas vegetačného obdobia, je nami vypočítaná hodnota faktora R pre sledované obdobie takmer 4 krát menšia od stanovenej priemernej ročnej hodnoty. Hlavnou príčinou týchto odlišností je neporovnatelné nižší úhrn zrážok za rok 2003 oproti stanove-nému klimatickému normálu priemerného ročného úhrnu zrážok za obdobie 1951–1980, respektíve 1961–1990. Nižší úhrn zrážok v roku 2003 sa pravdepodobne odzrkadlil aj na znižený výskytu erózne účinných zrážok.

**Kľúčové slová:** erózne účinné dažde, R-faktor, analýza, sta-novenie

Príspevok vyhral v roku 2004 1. miesto vo fakultnom kole štu-dentskej vedeckej konferencie Fakulty záhradníctva a krajin-ného inžinierstva (kategória doktorandské štúdium).

Príspevok bol vypracovaný v rámci riešenia GP VEGA 1/0365/09.

## Literatúra

- ALENA, F. 1991. Protierozná ochrana na ornej pôde : Metodická pomôcka. Bratislava : Štátnej melioračnej správy, 1991, 191 s.
- ANTAL, J. 1989. Ochrana pôdy a lesotechnické meliorácie. Brati-slava : Príroda, 1989, 208 s. ISBN 80-07-00161-1
- ANTAL, J. – FÍDLER, J. 1989. Poľnohospodárske meliorácie. Brati-slava : Príroda. 1989, 472 s. ISBN 80-07-00011-9
- ANTAL, J. – ŠPÁNIK, F. 1999. Hydrológia poľnohospodárskej kraji-niny. Nitra : SPU, 1999, 250 s. ISBN 80-7137-640-X
- FULAJTÁR, E. – JANSKÝ, L. 2001. Vodná erózia pôdy a protieróz-na ochrana. Bratislava : VÚPOP, 2001, 310 s. ISBN 80-85361-85-X
- HOLÝ, M. 1978. Protierozná ochrana. Praha : SNTL, 1978, 288 s.
- HUDSON, N. 1973. Soil conservation. Ithaca : Cornell University press, 1973, 320 s. ISBN 0-8014-0654-4
- JANEČEK, M. a i. 1998. Nové směry v protierozní ochraně půdy. Praha : UZPI, 1998, 55 s. ISBN 80-86153-93-2
- MALÍŠEK, A. 1992. Optimálna dĺžka svahu v závislosti na vodnej eró-zii. In: Vedecké práce VÚPÚ. Bratislava : VÚPOP, 1992, s. 201–220
- MORGAN, R. P. C. 1995. Soil erosion and conservation. New York : John Wiley and Sons, 1995, 198 s. ISBN 0-470-23514-4
- PASÁK, V. 1984. Ochrana pôdy pred erozíou. Praha : Státní zeměděl-ské nakladatelství, 1984, 164 s.
- PRETL, J. 1973. Návrh nového způsobu prognózy velikosti půdního smyvu v podmínkách ČSR : kandidátská disertace. Praha : ČVUT, 1973, 182 s.
- SCHWAB, G. O. et al. 1966. Soil and water conseravtion engineer-ing. New York : John Wiley and Sons, 350 s.
- STEHLIK, O. 1975. Potenciální eroze půdy proudící vodou na území ČSR. Stud. geogr., 42, 1975, 147 s.
- ŠIŠKA, B. – REPA, Š. 2004. Klimatická charakteristika roku 2003 v Nitre. Číslo 13. Nitra : SPU, 2004
- TOMAN, F. 1999. Vliv klimatických podmínek na výskyt vodní eroze v oblasti južné Moravy. Brno : MZLU, 1999, 54 s. ISBN 80-7157-371-X
- WISCHMEIER, W. H. – SMITH, D. D. 1965. Predicting rainfall – Erosion losses from cropland east of the Rocky mountains. Agr. Handbook. No. 282, Washington D. C.
- ZACHAR, D. 1984. Lesnícke meliorácie. Bratislava : Príroda. 1984, 488 s.

Kontaktná adresa:

Ing. Martina Mikušová, Katedra biometeorológie a hydrológie, FZKI, SPU v Nitre, Hospodárska 7, 949 01 Nitra, tel.: 037/65 14 707, e-mail: Martina.Macekova@uniag.sk

Acta horticulturae et regiotecturae 1  
Nitra, Slovaca Universitas Agriculturae Nitriae, 2009, s. 14–17

## VPLYV DUSÍKATÉHO HNOJENIA NA ÚRODU A KUMULÁCIU DUSIČNANOV V BROKOLICI

### THE INFLUENCE OF NITROGEN FERTILIZATION ON THE YIELD AND NITRATE CUMULATION IN THE BROCCOLI

Miroslav ŠLOSÁR, Nina ČEKEY, Anton UHER, Zoltán BALOGH

Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

The field experiment was established in 2007 in The Botanical garden of Slovak Agricultural University in Nitra. We investigated the effect of three different variants of fertilization on the yield of broccoli (used varieties of broccoli: CORONADO F1 and TIBURON F1) and accumulation of nitrates in the broccoli roses. The first variant was without fertilization, the second one had a level of nutrients N : P : K : S = 200 : 40 : 160 : 40 (kg.ha<sup>-1</sup>) and the third one was fertilized on level N : P : K : S = 250 : 40 : 160 : 40 (kg.ha<sup>-1</sup>). The seeds were planted on 31<sup>st</sup> May 2007 and seedlings were planted in experimental area on 3<sup>rd</sup> July 2007. The used spacing of outplanting was 0,5 x 0,5 m. The broccoli harvest was finished on 16<sup>th</sup> October 2007. Our research confirmed the fact that nitrogen fertilization is very important for gaining higher yield but at the same time it causes higher accumulation of nitrates in the broccoli roses. In comparison with control variant (0) we reached the highest yield at the variant 1 (N = 200 kg.ha<sup>-1</sup>). The highest content of nitrates was determined at the variant 2 (N = 250 kg.ha<sup>-1</sup>). At this variant, the content of nitrates exceeded the highest acceptable amount of nitrates according to Food codex of Slovak Republic (1 000 mg.kg<sup>-1</sup> of fresh matter).

**Key words:** broccoli, fertilization, yield, nitrates

Hlúboviny patria medzi najrozšírenejšie zeleniny a taktiež medzi najnáročnejšie plodiny na výživu a hnojenie. Do tejto skupiny plodín sa zaraduje aj brokolica – kel špargľový (*Brassica oleracea* L. convar. *italica*). Brokolica patrí medzi nutrične najbohatšie zeleniny pre obsah vitamínov, minerálnych látok i bioflavonoidov. Obsahuje v najvyšej koncentrácií sulforafan, látku potláčajúcu nádorové bujnenie (Petříková, 2006; Hollósy, 2004).

Dusíkatá výživa rozhodujúcou mierou ovplyvňuje kvantitu a kvalitu dospelovanej produkcie, ale nesmie sa pri tom zabúdať na dodanie aj ďalších makroelementov ako je fosfor, draslík, vápnik, síra a horčík (Varga, Ložek a Ducsay, 2004; Fecenko a Ložek, 2000). Brokolica dosť výrazne kumuluje dusičnanov a preto je potrebné dávať pozor pri hnojení dusíkom. Dusičnan sa vo väčšom množstve hromadia v rastlinných orgánoch (pleti-vách) vtedy, ak prijatý dusík nestačia využiť na tvorbu aminokyselín a nasledujúcu tvorbu bielkovín. To znamená, keď rastlinný metabolismus nedokáže zredukovať prijaté dusičnan do asimilovateľnej formy (Uher, Černý a Mezey, 2008).

Dusičnan nie sú v rastlinách cudzorodou látkou, ale priorenou zložkou a nie sú sami o sebe toxicke. Potenciálna toxicta vyššej hladiny dusičnanov v zelenine, ale aj iných potravinách ale aj nápojoch je v tom, že sa môžu redukovať na dusitany, ktoré vyvolávajú tzv. methemoglobinému. Toto ochorenie vzniká oxidáciou hemoglobínového dvojmocného iónu Fe<sup>2+</sup> na trojmocný ión Fe<sup>3+</sup> za premeny červeného krvného farbiva hemoglobínu na tmavý methemoglobin, ktorý nie je schopný prenášať kyslík a ľudia, najmä kojenci sa udusia. Deti do štyroch mesiacov sú najcitlivejšie, lebo ešte nemajú dostačne vyvinutý spätný mechanizmus premeny methemoglobínu na hemoglobín. Okrem toho vzniknuté dusitany sa môžu viazať na bežne v potravinách prítomné amíny (sekundárne, terciárne), pričom vznikajú nebezpečné nitrozoamíny. Tieto vyvolávajú tvorbu nádorov (takmer na všetkých orgánoch kostí), poškodenie pečene (hepatitída) a deformovanie nevyvíjajúcich sa plodov (nevyvinutie končatín, poruchy centrálnych orgánov).

V poslednom období výskumu dokazujú, že ak je organizmus dostatočne zásobený vitamínom C, nedochádza k vzniku nitrózozlúčením. Pomer vitamínu C k dusičnanom by mal byť väčší ako 2 : 1 a väčšina druhov zeleniny taký pomer uvádzaných látok obsahuje. Pozitívna vlastnosť zeleniny je aj v tom, že obsahuje vlákninu, ktorá v hrubom čreve potláča resorpciu nitrozoamínov. Na základe uvedených skutočností možno teda konštatovať, že prítomnosť vitamínu C a vlákniny v zelenine môže do určitej miery kompenzovať nežiaduci obsah dusičnanov v zelenine (Prugar a Prugarová, 1985; Fecenko a Ložek, 2000; Huarte-Mendicoa, Astiasarán a Bello, 1997; Valšíková, 2006).

### Materiál a metódy

Poľný pokus bol založený v roku 2007 v areáli Botanickej záhrady SPU v Nitre. Územie patrí do agroklimatickej oblasti veľmi teplej, podoblasti suchej. Pokus bol realizovaný v rámci projektu VEGA 1/4408/07 s názvom „Environmentálne riziká vplyvu klimatických zmien na kvalitu a úrodu vybraných druhov zeleniny“.

V poľnom pokuse sme skúmali efekt troch variantov hnojenia na úrodu a kvalitu brokolice, pričom každý variant zahrňal tri opakovania. V pokuse sme použili dve odrody brokolice – Coronado F1 a Tiburon F1 (stredne neskoré odrody vhodné pre letné a jesenné pestovanie). Výmera pokusnej parcelky bola 4 m<sup>2</sup>, t. j. pri trojnásobnom opakovaní bola výmera 1 pokusného variantu 12 m<sup>2</sup>. V rámci opakovania bolo vysadených 9 rastlín v spone 0,5 x 0,5 m. Výsadba priesad na pokusné stanovište bola uskutočnená 3. 7. 2007.

Pri variante 0 (kontrolný variant) neboli aplikované priemyselné hnojivá. Pri variantoch hnojenia 1 a 2 boli aplikované hnojivá LAD27 – liadok amónny s dolomitom (27% N, 4% MgO a 7% CaO) a DASA 26/13 (26% N a 13% S) na doplnenie záso-

**Tabuľka 1** Agrochemická charakteristika pôdy pred založením pokusu

pH/KCl	Obsah živín v mg.kg <sup>-1</sup> pôdy (1)					
	N <sub>an</sub>	P	K	S	Ca	Mg
6,71	12,8	123	495	30	8 000	540

**Table 1** Agrochemical soil characteristics before the establishment of the trial(1) content of nutrients in mg.kg<sup>-1</sup> of soil**Tabuľka 2** Schéma variantov výživy

Variant výživy (1)	Dávky živín v kg.ha <sup>-1</sup> (2)			
	N	P	K	S
0	bez aplikácie priemyselných hnojív (3)			
1	200	0	0	40
2	250	0	0	40

**Table 2** Scheme of nutrition variants(1) variant of nutrition, (2) nutrient doses in kg.ha<sup>-1</sup>, (3) without application of fertilizers

by N a S na požadovanú úroveň. Hnojivo DASA bolo aplikované 12. júna, t. j. 3 týždne pred výsadbou. Hnojivo LAD27 bolo aplikované v dvoch termínoch – 27. 7. 2007 (50% z dávky LAD27) a 17. 8. 2007 (50% LAD27), t. j. 3 a 6 týždňov po výsadebe. P a K neboli aplikovaný, pretože ich obsah v pôde bol zodpovedajúci úrovni hnojenia pri oboch variantoch.

Počas vegetačného obdobia bola uskutočňovaná chemická ochrana proti škodcom. Ochrana proti chorobám nebola potrebná vzhľadom na dobrý zdravotný stav porastu brokolice.

Zber zeleniny sa realizoval ručne, pričom sa zberali ružice spolu so stonkou dlhou 10 cm. Zber ružíc brokolice sa realizoval v troch čiastkových zberoch v termínoch 30. 8., 10. 9. a 20. 9. 2007.

Obsah dusičnanov v ružiciach brokolice bol stanovený metódou ionovo-selektívnej elektródy. Vyhodnotenie dosiahnutých výsledkov sa uskutočnilo analýzou variancie pomocou Tukey HSD testu pri 95 % pravdepodobnosti.

## Výsledky a diskusia

Cieľom výskumnej úlohy bolo zistiť vplyv rozdielnych variantov hnojenia na úrodu a kumuláciu dusičnanov v brokolici.

Výsledky nášho výskumu potvrdzujú všeobecne známy fakt, že aplikácia dusíkatých hnojív zvyšuje úrodu, avšak záro-

veň môže zapríčiniť aj nadmernú kumuláciu dusičnanov v konzumných častiach pestovaných plodín (Babik a Elkner, 2002; Lisiewska and Kmiecik, 1996; Varga, Ložek a Ducsay, 2004).

Analýzou variancií (tab. 5, 6, 7, 8) na výšku úrody a obsah dusičnanov v ružiciach brokolice sa zistil preukazný rozdiel v uvedených ukazovateľoch medzi kontrolou a variantom 1 pri odrode Coronado. Ostatné výsledky boli zo štatistického hľadiska nepreukazné.

Najvyššie úrody ružíc boli pri oboch odrodách zistené vo variante 1 (tabuľka 3). Pri odrode Coronado sme dosiahli úrodu 11,33 t.ha<sup>-1</sup>, čo v porovnaní s kontrolným variantom (8,31 t.ha<sup>-1</sup>)

**Tabuľka 3** Úroda ružíc brokolice v t.ha<sup>-1</sup>

Variant hnojenia (1)	Úroda v t.ha <sup>-1</sup> (2)		Relatívne percento v % (3)	
	Coronado	Tiburon	Coronado	Tiburon
0	8,31	8,1	100	100
1	11,33	13,26	136,5	163,7
2	8,87	11,95	106,9	147,5

**Table 3** The yield of broccoli roses in t.ha<sup>-1</sup>(1) variant of fertilization, (2) yield in t.ha<sup>-1</sup>, (3) relatively in %**Tabuľka 4** Obsah dusičnanov v ružiciach brokolice mg.kg<sup>-1</sup> čerstvej hmoty

Variant hnojenia (1)	Obsah dusičnanov v mg.kg <sup>-1</sup> (2)		Relatívne percento v % (3)	
	Coronado	Tiburon	Coronado	Tiburon
0	743	608	100	100
1	971,4	906,3	130,7	149,1
2	1 217,7	1 070,4	163,9	176,1

**Table 4** The content of nitrates in broccoli roses in mg.kg<sup>-1</sup> of fresh matter(1) variant of fertilization, (2) content of nitrates in mg.kg<sup>-1</sup>, (3) relatively in %**Tabuľka 5** Analýza variancií pre úrodu ružíc brokolice v t.ha<sup>-1</sup>

Zdroje variability (1)	Súčet štvorcov (2)	SV (3)	Priemer štvorcov (4)	F (5)	Pravdepodobnosť (6)
Variety Coronado (7)					
A: varianty (8)	17,556	2	8,78	7,90	0,0408
C: opakovania (9)	8,222	2	4,11	3,70	0,1231
Reziduál (10)	4,444	4	1,111	–	–
Spolu (11)	30,222	8	–	–	–
Variety Tiburon					
A: varianty (8)	46,222	2	23,11	3,41	0,1367
C: opakovania (9)	3,556	2	1,78	0,26	0,7816
Reziduál (10)	27,111	4	6,778	–	–
Spolu (11)	76,889	8	–	–	–

**Table 5** Analysis of variance for yield of broccoli roses in t.ha<sup>-1</sup>

**Tabuľka 6** Analýza variancí pre obsah dusičnanov v ružiciach brokolice v mg.kg<sup>-1</sup>

Zdroje variability (1)	Súčet štvorcov (2)	SV (3)	Priemer štvorcov (4)	F (5)	Pravdepodobnosť (6)
Variety Coronado (7)					
A: varianty (8)	33 8113	2	169 056,5	25,28345	0,0054
C: opakovania (9)	2 853,56	2	1 426,78	0,213384	0,8165
Reziduál (10)	26 745,8	4	6 686,45		
Spolu (11)	36 7712	8			
Variety Tiburon					
A: varianty (8)	32 9651	2	164 825,5	3,862841	0,1164
C: opakovania (9)	2 2757,6	2	11 378,8	0,266673	0,7785
Reziduál (10)	170 678	4	42 669,5		
Spolu (11)	523 086	8			

**Table 6** Analysis of variance for content of nitrates in broccoli roses in mg.kg<sup>-1</sup>

(1) sources of variability, (2) sum of squares, (3) degree of freedom, (4) mean squares, (5) F-ratio, (6) P-value, (7) variety, (8) variants, (9) treatments, (10) residual, (11) total

**Tabuľka 7** Úroda ružíc brokolice podľa odrôd. Tukey HSD test, 95%

Odroda (1)					
Coronado			Tiburon		
Variant (2)	LS Priemer (3)	Homogénne skupiny (4)	Variant (2)	LS Priemer (3)	Homogénne skupiny (4)
0	8,00	A	0	8,00	A
2	9,00	A	2	12,00	A
1	11,33	B	1	13,33	A

**Table 7** The yield of broccoli roses according to varieties. Tests of Contrasts in t.ha<sup>-1</sup> (Tukey HSD, 95%)

(1) variety, (2) variant, (3) LS mean, (4) homogeneous groups

**Tabuľka 8** Obsah dusičnanov v ružiciach brokolice podľa odrôd. Tests of Contrasts v t.ha<sup>-1</sup> (Tukey HSD, 95%)

Odroda (1)					
Coronado			Tiburon		
Variant (2)	LS Priemer (3)	Homogénne skupiny (4)	Variant (2)	LS Priemer (3)	Homogénne skupiny (4)
0	743,00	A	0	608,00	A
2	971,67	A	2	906,33	A
1	1 217,67	B	1	1 070,33	A

**Table 8** The content of nitrates according to varieties. Tests of Contrasts in t.ha<sup>-1</sup> (Tukey HSD, 95%)

(1) variety, (2) variant, (3) LS mean, (4) homogeneous groups, (5) treatments

predstavovalo nárast úrody o 36,5%. Vo variante 2 bola zaznamenaná taktiež výšia úroda oproti kontrole (8,87 t.ha<sup>-1</sup>), pričom sa úroda zvýšila o 6,9 %. Pri odrôde Tiburon bola vo variante 1 dosiahnutá úroda ružíc 13,26 t.ha<sup>-1</sup>, čo predstavovalo nárast úrody oproti kontrole (8,1 t.ha<sup>-1</sup>) o 63,7%. Pri variante 2 sme dosiahli úrodu 11,95 t.ha<sup>-1</sup>, čo v porovnaní s úrodou v kontrolnom variante znamenalo nárast úrody o 47,5%.

Najvyšší obsah dusičnanov bol zistený pri oboch odrodách vo variante 2 – 1 217,7 (odroda Coronado), resp. 1 070,4 (Tiburon) mg.kg<sup>-1</sup> čerstvej hmoty, čo v porovnaní s kontrolným variantom predstavovalo zvýšenie obsahu dusičnanov o 63,9 %, resp. 76,1 %. Vo variante 1 bol zaznamenaný nárast obsahu dusičnanov voči kontrole o 30,7 % (Coronado), resp. 49,1 % (tabuľka 4).

### Záver

Z dosiahnutých výsledkov zistených v polnom pokuse s brokolicou, kde sa sledoval vplyv dusíkatého hnojenia na úrodu a ku-

muláciu dusičnanov v ružiciach brokolice, vyplývajú nasledovné závery:

1. Pozoroval sa pozitívny vplyv dusíkatého hnojenia na úrodu brokolice, pričom úroda ružíc brokolice klesala v poradí variantov: 1 ( $N = 200 \text{ kg.ha}^{-1}$ ) > 2 ( $N = 250 \text{ kg.ha}^{-1}$ ) > 0 (kontrola – bez aplikácie priemyselných hnojív). Na aplikáciu dusíka vo forme priemyselných hnojív výraznejšie reagovala odrôda Tiburon F1 zvýšením úrody vo variante 1 oproti variantu 0 o 63,7 %, zatiaľ čo pri odrôde Coronado F1 bol zaznamenaný nárast úrody ružíc brokolice o 36,5 %.
2. Aplikácia dusíkatých hnojív spôsobila zvýšenú kumuláciu dusičnanov v ružiciach brokolice, pričom obsah dusičnanov stúpal v poradí variantov: 0 < 1 < 2. Na základe porovnania obsahu dusičnanov pri sledovaných odrodách môžeme konštatovať, že na hnojenie dusíkom výraznejšie reagovala odrôda Tiburon F1 zvýšením obsahu dusičnanov vo variante 2 v porovnaní s variantom 0 o 76,1 %, kým pri odrôde Coronado bolo zistené zvýšenie obsahu dusičnanov o 63,9 %.

3. Na základe štatistického vyhodnotenia dosiahnutých výsledkov pomocou Tukey HSD testu môžeme skonštatovať, že preukazný rozdiel bol zistený v obsahu dusičnanov v rúžiciach brokolice pri odrode Coronado medzi kontrolou a variantom 1. Medzi ostatnými variantmi neboli zistené preukazné rozdiely vo výške úrody a obsahu dusičnanov v brokolici.
4. Pri variante 2 so zvýšenou dávkou dusíka ( $250 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) bol prekročený limit množstva dusičnanov pri oboch sledovaných odrodách. Najvyššie prípustné množstvo dusičnanov v hlúbovej zelenine predstavuje hodnotu  $1000 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$  čerstvej hmoty ([http://www.svssr.sk/sk/legislativa/kodex/2\\_10\\_02.pdf](http://www.svssr.sk/sk/legislativa/kodex/2_10_02.pdf), 2008).

## Súhrn

Poľný pokus bol založený v roku 2007 v areáli Botanickej záhrady Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre. V pokuse sme sledovali vplyv troch rozdielnych variantov hnojenia na úrodu brokolice (odrody CORONADO F1 a TIBURON F1) a kumuláciu dusičnanov v rúžiciach brokolice. 1. variant bol kontrolný – bez aplikácie priemyselných hnojív, 2. variant mal úroveň živín  $N : P : K : S = 200 : 40 : 160 : 40 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  a 3. variant bol vyhnojený na úroveň  $N : P : K : S = 250 : 40 : 160 : 40 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Výsev semien bol uskutočnený 31. 5. 2007 a výsadba priesad na experimentálnu plochu sa uskutočnila 3. 7. 2007 do sponu  $0,5 \times 0,5 \text{ m}$ . Zber brokolice bol ukončený 16. 10. 2007. Výsledky nášho výskumu potvrdili fakt, že dusíkatá výživa a hnojenie sú veľmi dôležité pre dosiahnutie vyšších úrod, avšak zároveň zapríčinujú aj vyššiu kumuláciu dusičnanov v konzumných rúžiciach brokolice. V porovnaní s kontrolným variantom (0) sme na najvyššiu úrodu dosiahli vo variante 1 ( $N = 200 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ). Najvyšší obsah dusičnanov bol zaznamenaný vo variante 2 ( $N = 250 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ). V tomto variante obsah dusičnanov prevyšoval najvyššie prípustné množstvo dusičnanov podľa Potravinového kódexu Slovenskej republiky ( $1000 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  čerstvej hmoty).

**Kľúčové slová:** brokolica, hnojenie, úroda, dusičnany

## Literatúra

- BABIK, I. – ELKNER, K. 2002. The effect of nitrogen fertilization and irrigation on yield and quality of broccoli. In: Acta Horticulturae (ISHS), no. 571, p. 33–43, 2002. ISSN 0567-7572.
- FEČENKO, J. – LOŽEK, O. 2000. Výživa a hnojenie poľných plodín. Nitra : SPU v spolupráci s Duslom Šaľa a. s., 2000. 452 s. ISBN 80-7137-777-5.
- HOLLÓSY, M. 2004. Dajme zelenú brokolici! APOTHÉKA – odborno-informačný štvrtročník pre zákazníkov lekárne, roč. 4, 2004, s. 48–49. ISSN 1336-0930.
- HUARTE-MENDICOA, J. C. – ASTIASARIN, I. – BELLO, J. 1997. Nitrate and nitrite levels in fresh and frozen broccoli. Effect of freezing and cooking. In: Food Chemistry, vol. 58, 1997, no. 1–2, p. 3p–42. ISSN 0308-8146.
- LISIEWSKA, Z. – KMIECIK, W. 1995. Effects of level of nitrogen fertilizer, processing conditions and period of storage of frozen broccoli and cauliflower on vitamin C retention. In: Food Chemistry, vol. 57, 1995, no. 2, p. 261–270. ISSN 0308-8146.
- PETŘÍKOVÁ, K. 2006. Zelenina – Pěstování, ekonomika, prodej. Praha : Profi Press, s. r. o., 2006. ISBN 80-86726-20-7.
- PRUGAR, J. – PRUGAROVÁ, A. 1985. Dusičnany v zelenine. Bratislava : Príroda, 1985. 150 s.
- UHER, A. – ČERNÝ, I. – MEZEY, J. 2008. Poľné a záhradné plodiny. Nitra : SPU v Nitre, 2008. 168 s. ISBN 978-80-552-0036-1.
- VALŠÍKOVÁ, M. 2006. O dusičnanoch v zelenine. In: Zahradníctví, roč. 10, 2006, č. 6, s. 20. ISSN 1213-7596.
- VARGA, L. – LOŽEK, O. – DUCSAY, L. 2004. Vplyv diferencovanej výživy na úrodu brokolice = The influence of the differentiated nutrition on the yield of broccoli. 2. medzinárodná záhradnícka vedecká konferencia, 16.–18. september 2004 Nitra = 2nd international horticulture scientific conference. – V Nitre : SPU, 2004, s. 96–98. ISSN 1335-2563.
- URL: [http://www.svssr.sk/sk/legislativa/kodex/2\\_10\\_02.pdf](http://www.svssr.sk/sk/legislativa/kodex/2_10_02.pdf) (23. 1. 2008) – Potravinový kódex SR, Druhá časť, 10. hlava, príloha č. 2 „Najvyššie prípustné množstvo kontaminantov v potravinách platné v Slovenskej republike“, (Výnos MP SR a MZ SR č. 608/3/2004-100 z 15. marca 2004, v znení výnosu č. 1907/2004-100 z 21. júla 2004 a výnosu č. 3372/2004-100 z 17. januára 2005)

### Kontaktná adresa:

Ing. Miroslav Šlosár, Katedra zeleninárstva, FZKI SPU v Nitre, Trieda A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, e-mail: miroslav.slosar@uniag.sk, nina.cekey@uniag.sk, anton.uher@uniag.sk

Acta horticulturae et regiotecturae 1  
Nitra, Slovaca Universitas Agriculturae Nitriae, 2009, s. 18–23

## ŤAŽKÉ KOVY V SEDIMENTOCH VODNÉHO TOKU ČEREŠŇOVÝ POTOK HEAVY METALS IN STREAMSEDIMENTS OF THE ČEREŠŇOVÝ POTOK

Jana URMINSKÁ, Jana PORHAJAŠOVÁ, Peter ONDRÍŠÍK

Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Streamsediments have been preferred reservoir for foreign substances in the environment to contaminated areas. They are reliable indicators of environmental pollution. Special-interest territory – the Cherry stream and their surroundings – represents an area that has been permanently threatened by two sorts of contaminants, e. g. physical and chemical too. A part of contaminants transported in dissolvable form by the surface water supplies vein water and solid phase of streamsediments. The most important is the interaction between the water of sediments and inappropriate anthropogenic activity (irresponsible gardening and agricultural activities), various waste materials in wild dumps etc.. The analyses of the streamsediments samples were carried out (certificate No. 01871/101/1/2001) by the flow electrochemistry methods (EcaFlow 150GLP). The result revealed that significantly relevant are: cadmium (concentration vary within the range 0.026–1.470 mg.kg<sup>-1</sup> Cd of dry matter), mercury (0.012–0.266 mg.kg<sup>-1</sup> Hg of dry matter) and lead (4.16–25.53 mg.kg<sup>-1</sup> Pb of dry matter), which accounted a positive dependency.

**Key words:** the Cherry stream, streamsediment, heavy metals, environment

Nadmerné využívanie prírodných zdrojov, znečisťovanie pôdy, vody a ovzdušia zhoršujú stav životného prostredia v takej miere, že sa ekosystém zeme dostáva až na hranicu ohrozenia. Najzávažnejším sociálno-ekonomickým dôsledkom znečisteného prostredia je možné poškodenie zdravia obyvateľstva a škody na hospodárskej produkcií (Cibulka et al., 1991). Za hlavné kontaminanty, ktoré negatívne pôsobia v životnom prostredí sa považujú rôzne chemické látky, prvky, ale najmä ťažké kovy, ktoré pochádzajú z prirodzených zdrojov (zvetrávanie horninového podložia, vulkanická činnosť) a z antropogénnych zdrojov, z odpadových vôd, háld, skládok, spaľovní, z aplikácie chemických postrekov, pesticídov a kontaminovaných melioračných surovín. Zvýšená pozornosť sa venuje problematike ich vplyvu na životné prostredie a živé organizmy (Baudo, 1987; Warren, 1989; Beneš, 1994; Bencko et al., 1995; Khun et al., 2000; Rapant et al., 2002; Čermák et al., 2008). Transportným médiom a ideálnym rozprúšadlom rôznych chemických látok a prvkov v životnom prostredí je predovšetkým voda. Vodné toky sú dôležité nielen z hľadiska vodohospodárskeho, ale sú aj výrazným krajinotvorným faktorom podmieňujúcim celkový rozvoj prírodného prostredia. Súčasťou vodných tokov sú aj sladkovodné sedimenty. Výsledky štúdia sedimentov sú zaujmavé nielen z hľadiska posúdenia ich kontaminácie v mieste sedimentácie, ale aj z hľadiska poznania vývoja a posúdenia zdrojov znečistenia, ktoré nebezpečné látky produkujú. Sedimenty sú biotopom špecifických druhov organizmov. Poznanie ich vlastností je teda nevyhnutné aj z hľadiska zabezpečenia prirodzeného vývoja tejto zložky životného prostredia.

V predmetnej oblasti, vzhľadom na nedostatok prírodných vodných zdrojov sa snehová a dažďová voda zachytáva prevažne vodným tokom. Čerešňový potok a jeho sediment sa stávajú zbernicou cudzorodých chemických látok, ktoré prestopujú životným prostredím a predstavujú rizikový faktor pre živé organizmy. Aby sme mohli správne posúdiť kontamináciu sedimentov ťažkými kovmi, musíme poznáť ich prirodzené obsahy v predmetnom médiu. Ich prirodzený obsah závisí od horninového podložia (ťažké kovy sú viazané v flóvych mineráloch, oxidoch, hydratovaných oxidoch Fe a Mn, sekundár-

ných sulfidoch, karbonátoch), od intenzity zvetrávania, pH, Eh prostredia – chemicko-fyzikálnych podmienok, obsahu organických látok a „samočistiacej“ schopnosti. Každé prírodné médium má svoj prirodzený obsah chemických prvkov, aj ťažkých kovov. V dôsledku zvýšenej antropogénnej činnosti dochádza k neúmernému zvyšovaniu koncentrácie týchto prvkov nad ich limitné úroveň. Ako už bolo uvedené, transportnými médiami prenosu toxicických prvkov v jednotlivých zložkách životného prostredia sú voda a prúdenie vzduchu. Tvoria základ prenosu nielen pre rastlinné spoločenstvo, kde pôdno-rastlinný systém je otvoreným systémom prístupným pre kontaminanty (iónová forma – vodorozpustná frakcia v pôdnom roztoku), ktoré ovplyvňujú úrodnosť a výnosnosť, ale prepojením cez potravový reťazec môžu jednotlivé zložky prechádzať do organizmov živočíchov.

Cieľom výskumu bolo analyzovať a zhodnotiť riečne sedimenty toku Čerešňový potok a stanoviť koncentrácie ťažkých kovov v týchto sedimentoch.

### Materiál a metódy

Hodnotenie kvality sedimentov Čerešňového potoka bolo založené na terénnych pozorovaniach a chemických analýzach podľa „Metodického pokynu Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 549/1998-2 na hodnotenie rizík zo znečistených sedimentov tokov a vodných nádrží“, ďalej podľa „Kanadskej normy pre sedimenty“ a podľa „Rozhodnutia Ministerstva Pôdohospodárstva SR 531/1994-540 o najvyšších prípustných hodnotách škodlivých látok v pôde“. Čerešňový potok je vodný tok na Podunajskej nížine, ktorý preteká územím okresov Zlaté Moravce a Nitra. Je to pravostranný prítok Žitavy a má dĺžku 24 km. Na strednom toku napája vodnú nádrž Velčice, na dolnom, vodnú nádrž Slepčany. Medzi obcami Velčice a Slepčany výrazne meandruje. Pramení v pohorí Tribeč na južných svahoch Mišovho vrchu (722,6 m n. m.) v nadmorskej výške okolo 620 m n. m. Smer toku je prevažne severojužný, na

strednom toku viac na juhojuhovýchod. Geomorfologické celky: 1. Tribeč, podcelok Veľký Tribeč, časť Zlatnianske predhorie, 2. Podunajská pahorkatina, podcelok Žitavská pahorkatina, časť Žitavská niva. Prítoky sú sprava spod Medvedieho vrchu (719,4 m n. m.), spod Malého Tribeča (769,4 m n. m.), spod Veľkého Tribeča (829,6 m n. m.), Velčícky potok, zľava prítok spod Čierneho hradu (573,1 m n. m.) a Slažanský potok. Ústí do Žitavy v priestore Žitavskej nivy pri obci Nová Ves nad Žitavou v nadmorskej výške okolo 150 m n. m. Obce, ktorými preteká sú Kľačany, Velčice, Slažany, Choča, okrajom obcí Slepčany a Nová Ves nad Žitavou.

V hodnotení koncentrácií ľažkých kovov v sedimentoch sledovaného vodného toku, sme sa zamerali najmä na celkové obsahy chemických prvkov – Cd, Pb, Hg, As, Zn a Cu. Predstavujú pri zistených zvýšených koncentráciách nielen významné riziko pre živé organizmy, ale aj komplexný pohľad na stav chemických prvkov v sledovanej oblasti s možnosťou konfrontácie. Celkový obsah zahŕňa všetky formy, v ktorých sa chemický prvek v prírodnom médiu vyskytuje. Slúži pre porovnanie napr. s ich prírodzenými pozadovými obsahmi, s ich obsahom v jednotlivých zložkách životného prostredia, ale aj pre porovnanie s inými zataženými územiami. Z hľadiska hygienicko-toxikologického stavu, si však treba uvedomiť, že len určitá časť z celkového obsahu chemického prveku predstavuje potenciálne riziko vstupu (bioprístupnosti), či ohrozenia živého organizmu, napr. cez potravový refazec.

Vzorky sedimentov sme odoberali na vytypovaných odberových miestach (celkový počet 13., tab. 2), priebežne po celej dĺžke vodného toku – Čerešňový potok. Počasie: slnečno-postupne polooblačno,  $T = 29^{\circ}\text{C}$ , vietor 2–4  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Vzorky sme odoberali ručným vzorkovačom. Vzorky s hmotnosťou 1–5 kg sme odoberali do polyetylénových nádob tak, aby obsahovali čo najviac jemnozrnného podielu sedimentu. Uchovávané boli v chlade. Pre stanovenie celkových obsahov kontaminantov sme použili frakciu sedimentu so zrnitosťou pod 0,125 mm. Vzorky sme sušili pri teplote  $40^{\circ}\text{C}$  a rozomleli na analytickú jemnosť 0,09 mm. K 25 g jemnozeme sme pridali  $125 \text{ cm}^3$  2 mol. $\text{dm}^{-3}$   $\text{HNO}_3$  (2 mol. $\text{dm}^{-3}$   $\text{HNO}_3$  je citlivejšia pre posúdenie hygienického stavu sledovaného média). Stanovili sa potenciálne uvoľnitelné obsahy prvkov. Tieto obsahy sú porovnatelné aj s príslušnými legislatívnymi predpismi Slovenskej republiky a iných štátov pre jednotlivé zložky životného prostredia. Vzorky sme extrahovali pretrepávaním na horizontálnej trepačke počas 120 minút. Výluh sme získali filtračiou cez papierový filter č. 390. Analýzu výluhov vzoriek riečnych sedimentov sme uskutočnili analytickými postupmi podľa certifikátu č. 01871/101/1/2001 princípom prietokovej elektrochémie na prístroji Automatický laboratórny analyzátor EcaFlow 150GLP (Stredisko biológie a ekológie rastlín SPU Nitra).

EcaFlow je určený na stanovenie stopových a vyšších koncentrácií kovov a niektorých ďalších látok vo vodách, pôdach a rastlinách a vo vodných roztokoch vzoriek. Meracím princípom stanovenia je rozpúšťacia chronopotenciometria a prietoková cauliometria v prietokovej elektrochemickej cele s poréznou, tabuľarnou alebo plôchou pracovnou elektródou. Stopové množstvá kovov sa elektrolyticky prekoncentrujú na pracovnej elektróde, a potom sa opäťovne rozpúšťajú konštantným prúdom alebo pomocou vhodnej chemickej reakcie. Analytickým signáлом je chronopotenciometrický prechodový čas, z ktorého za predpokladu použitia konštantného rozpúšťacieho prúdu možno vypočítať množstvo kovu a jeho koncentráciu vo vzorke:

$$c = \frac{i \cdot T}{(R \cdot z \cdot F \cdot V)}$$

kde:

$R$	– elektrochemická konverzia
$i$	– rozpúšťaci prúd
$T$	– prechodový čas
$z$	– nábojové číslo
$F$	– Faradayova konštanta
$V$	– objem prekoncentrovanej vzorky

V prípade použitia za stanovených podmienok je zaistená úplná elektrochemická konverzia ( $R = 1$ ) tak pre proces nahromadenia ako aj pre rozpúšťanie, v tejto zostave je metóda bezkalibračná (absolútna). Na kalibráciu a na overenie správnosti výsledkov meraní sa používa automatizovaná technika štandardného prípadku.

## Výsledky

Výskyt ľažkých kovov v sedimentoch toku je spôsobovaný rôznymi formami potenciálnych kontaminantov antropogénneho aj prípadne prírodného pôvodu. Toto rozdelenie je dôležité z hľadiska posudzovania možností spôsobov ich eliminácie v prípade ohrozenia jednotlivých živých organizmov.

Prírodné zdroje ľažkých kovov sú väčšinou výsledkom chemického zvetrávania hornín alebo prípadne vulkanickej činnosti, oboje so značnou priestorovou variabilitou. Regionálna a vertikálna variabilita kontaminácie musí byť prehodnotená spolu s hodnotením kontaminácie stopovými prvkami. V niektorých prípadoch prirodzene sa vyskytujúce koncentrácie stopových prvkov v niektorých oblastiach presahujú bezpečné hranice určené zákonom (Klassen, 1998 in Ritter, Solomon a Sibley, 2002). V celosvetovom meradle spaľovanie fosílnych palív, ľažba a priemyselné využívanie kovov a minerálnych zlúčenín, polnohospodárska činnosť sú hlavnými zdrojmi stopových prvkov v prostredí. Zdroje chemických prvkov v prostredí, môžu byť rozdelené do piatich kategórií: (1.) prirodzené geologické zvetrávanie, (2.) priemyselné spracovanie kovov a rúd, (3.) priemyselné využívanie kovov a kovových komplexov, (4.) vylúhovanie stopových prvkov zo skladov odpadov, splachovanie z mestských plôch a (5.) ľudské odpady, zvieracie odpadové látky, ktoré obsahujú ľažké kovy (Ritter, Solomon a Sibley, 2002).

Limitné hodnoty pre sledované prvy v riečnych sedimentoch podľa Metodického pokynu MŽP SR č. 549/98-2; Kanadskej normy pre sedimenty a Rozhodnutia MP SR 531/1994-540, sú uvedené v tabuľke 1. Z odberu vzoriek riečnych sedimentov potoka sledovanej oblasti sme zistili nasledovné koncentrácie vybraných ľažkých kovov: pre kadmium koncentrácie v rozmedzí  $0,026\text{--}1,470 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  suchej hmoty; pre olovo  $4,16\text{--}25,53 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  suchej hmoty; pre ortuf  $0,012\text{--}0,266 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  suchej hmoty; pre arzén  $0,094\text{--}1,06 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  suchej hmoty; pre zinok  $3,6\text{--}54,0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  suchej hmoty a pre med  $1,6\text{--}7,6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  suchej hmoty (tab. 2, obr. 1–6).

Zvýšenú pozornosť zo štúdia koncentrácií vybraných ľažkých kovov v sedimentoch Čerešňového potoka si zasluhujú predovšetkým chemické prvy kadmium a ortuf. Podľa hodnotenia „Metodického pokynu Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 549/98-2“ kadmium prekročilo TV – cieľovú hodnotu zanedbateľného rizika ( $0,8 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) na odberovom mieste č. 8. až č. 13. Podobne podľa hodnotenia „Kanadskej normy pre sedimenty“, kadmium prekročilo hodnotu A – koncentráciu výrazne neohrozujúcu živé organizmy ( $0,6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) na odberovom mieste č. 8. až č. 13. (tab. 2). Podľa hodnotenia „Rozhodnutia Ministerstva pôdohospodárstva Slo-

**Tabuľka 1** Limitné hodnoty pre sledované prvky v riečnych sedimentoch podľa Metodického pokynu MŽP SR č. 549/98-2; Kanadskej normy pre sedimenty a Rozhodnutia MP SR 531/1994-540

Prvok (1)	Metodický pokyn MŽP SR 549/98-2 v mg.kg <sup>-1</sup> sušiny (6)	Kanadská norma pre sedimenty v mg.kg <sup>-1</sup> sušiny	Rozhodnutie MP SR 531/1994-540 v mg.kg <sup>-1</sup> sušiny
As	TV	29,0	A
	MPC	55,0	B
Cd	TV	0,8	A
	MPC	12,0	B
Cu	TV	36,0	A
		73,0	B
Hg	TV	0,3	A
		10,0	B
Pb	TV	85,0	A
		530,0	B
Zn	TV	140,0	A
		620,0	B

(2) TV – cieľová hodnota zanedbateľného rizika, (3) MPC – maximálna prípustná koncentrácia, (4) A – koncentrácie neohrozujúce živé organizmy, (5) B – koncentrácie ohrozujúce živé organizmy, A\* – koncentrácie neohrozujúce živé organizmy, B\* – koncentrácie ohrozujúce živé organizmy.

**Table 1** Limit values of the monitored elements in the streamsediments (set by Methodical direction of Ministry of the Environment SR No. 549/98-2; Canadian Sediment Quality Guideline for the protection of Aquatic Life and Resolution of MA SR 531/1994-540  
(1) element, (2) target value – fractional risk, (3) maximum Permissible Concentration, (4) Dauntlessness concentration, (5) Imperilling concentration, (6) mg.kg<sup>-1</sup> of dry matter

**Tabuľka 2** Obsah kontaminantov v riečnych sedimentoch Čerešňového potoka v mg.kg<sup>-1</sup> sušiny

Miesto odberu sedimentov (1)	Cd	Pb	Hg	As	Zn	Cu
1. Zverofarma nad rybníkom (Velčice) (2)	0,026	4,16	0,217	1,06	3,6	1,8
2. Pod zverofarmou (3)	0,069	5,51	0,215	0,094	11,0	2,9
3. Nad obcou Velčice, pri lávke (4)	0,099	6,64	0,266	0,1	3,8	2,1
4. Pod Velčicami, pri Pálenici (brod) (5)	0,106	15,57	0,265	0,204	54,0	6,8
5. Nad Slažanmi – súkromný mlyn (6)	0,035	10,12	0,241	0,909	4,8	2,0
6. Pod obcou Slažany (7)	0,053	11,83	0,247	0,329	11,6	2,6
7. Nad obcou Choč (8)	0,068	14,98	0,088	0,094	21,0	5,9
8. Pod Chočou pri ČOV – Choč (9)	0,790	22,31	0,081	0,377	44,0	7,6
9. Križovatka Choč-Zlaté M., pod mostom (10)	1,470	19,44	0,018	0,448	10,2	4,7
10. Pod Slepčanským rybníkom (11)	0,965	18,40	0,021	0,236	5,0	2,4
11. Ústie pod Slepčanmi pri moste (12)	0,996	11,78	0,022	0,192	5,9	1,6
12. Prítok – Slažanský potok (13)	0,830	11,78	0,013	0,254	4,8	4,2
13. 800 m od výveru potoka pod Tribečom (14)	0,910	25,53	0,012	0,387	4,0	1,8

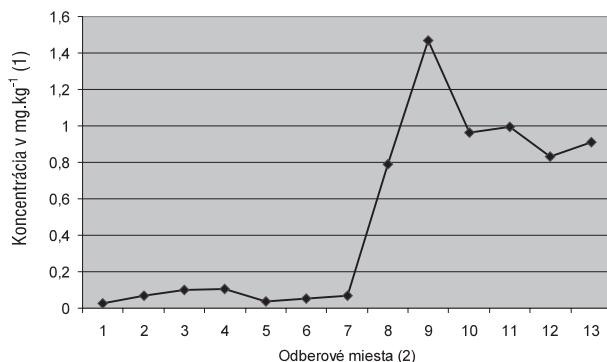
**Table 2** Content of contaminants in streamsediments in the Cherry stream in mg.kg<sup>-1</sup> dry matter

(1) Position taking of samples-streamsediments, (2) Game preserve above lake (Velčice), (3) Under game preserve, (4) Above Velčice village, near foot bridge, (5) Under Velčice, near Distillery (ford), (6) Above Slažany-private treadmill, (7) Under Slažany village, (8) Above Choč village, (9) Under Choč near Sewage tank Choč, (10) Traffic Choč-Zlaté Moravce, under bridge, (11) Under lake Slepčany, (12) Mouth under Slepčany near bridge, (13) Stream tributary Slažany, (14) 800 m from rise headstream under Tribeč mountain

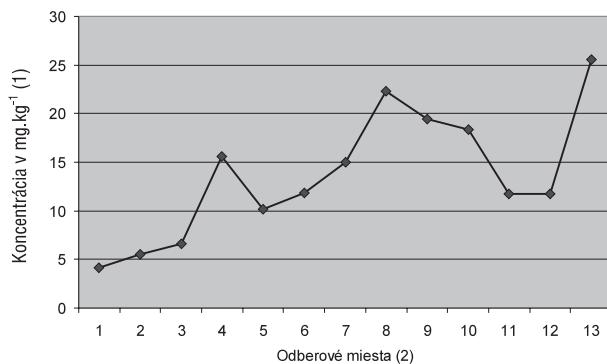
venskej republiky 531/1994-540“, kadmium prekročilo hodnotu A\* (0,8 mg.kg<sup>-1</sup>) na totožných odberových miestach. Podľa hodnotenia „Kanadskej normy pre sedimenty“, ortuť prekročila hodnotu A – koncentráciu výrazne neohrozujúcu živé organizmy (0,2 mg.kg<sup>-1</sup>) na odberovom mieste č. 1. až č. 6. (tab. 2). Ostatné vybrané chemické prvky nepresahujú maximálne povolené hodnoty. Koncentrácie vzoriek sedimentov sú nižšie ako je hranica koncentrácie, ktorá by výrazne ohrozovala jednotlivé druhy živých organizmov sledovaného ekosystému a okolia. Ich koncentrácia sa pohybuje pod maximálnou prípustnou koncentráciou pre sedimenty. Ako vyplýva zo samotnej geochemickej podstaty prvkov (Urminská, 2002), silnú preukaznú výz-

namnosť vykazuje spomedzi všetkých sledovaných prvkov chemický prvek – kadmium, kde tento potenciálne rizikový prvek doprevádza prvek ortuť skoro vo všetkých prírodných prostrediach, podobný charakter ako potvrdzujú viaceré štúdie vykazuje kadmium aj spolu s olovom.

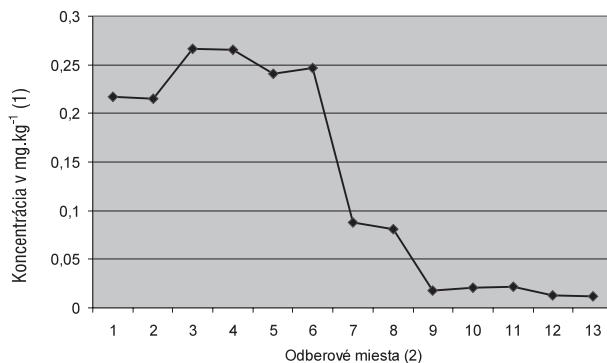
Zaznamenaný výskyt ľahkých kovov v riečnych sedimentoch oblasti je spôsobovaný fyzikálou a chemickou formou kontaminantov. Prvú formu predstavujú znečistujúce pevné látky transportované vodným zrážkovým splachom a nevhodnou ľudskou činnosťou. Látky sú usadzované na brehoch (v meandrujúcich častiach potoka) a stávajú sa dlhodobo súčasťou sedimentu. Podstatnú časť tvoria materiály, ktoré sú súčasťou komunálnych od-



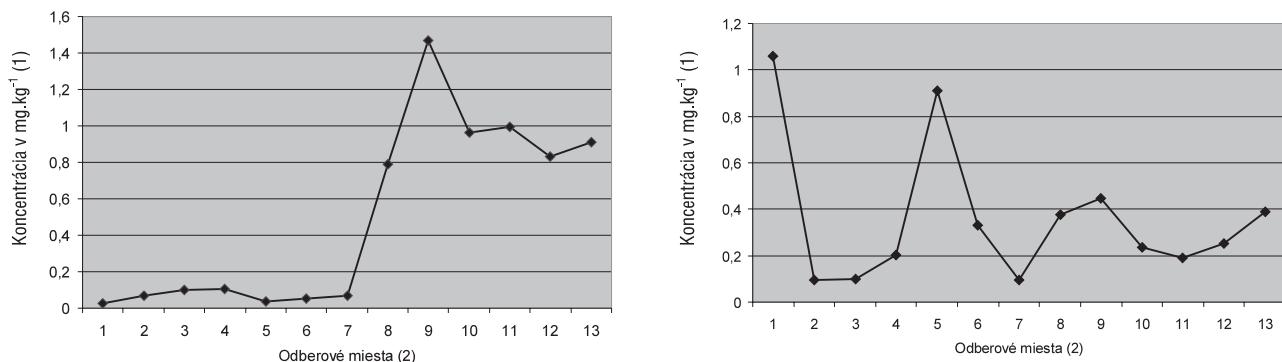
Obrázok 1 Kadmiump (3)



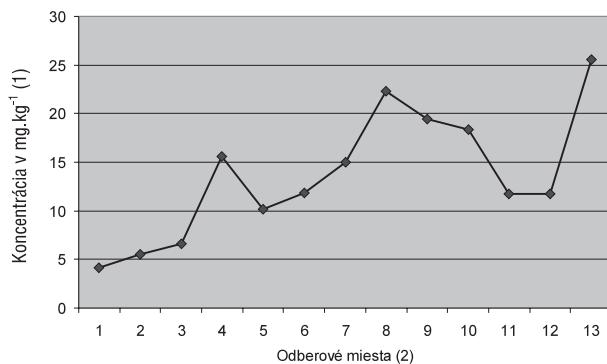
Obrázok 2 Olovo (4)



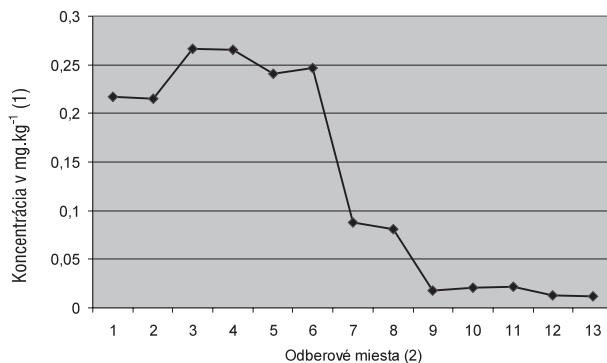
Obrázok 3 Ortút (5)



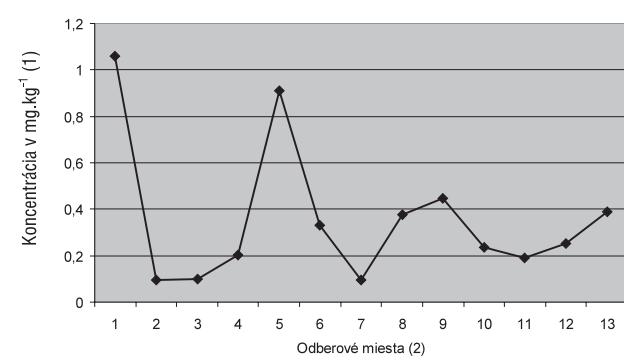
Obrázok 4 Arzén (6)



Obrázok 5 Zinok (7)



Obrázok 6 Med' (8)



Obrázok 1–6 Koncentrácie ľahkých kovov v sedimentoch Čerešňového potoka v  $\text{mg.kg}^{-1}$  sušiny

Figure 1–6 Concentrations of heavy metals in stream sediments of the Cherry stream in  $\text{mg.kg}^{-1}$  dry matter  
 (1) concentration in  $\text{mg.kg}^{-1}$ , (2) sampling locality, (3) cadmium, (4) lead, (5) mercury, (6) arsenic, (7) zinc, (8) copper

padov, odpadov z priemyselnej a polnohospodárskej výroby (plastové obaly, plastové nádoby, pneumatiky, nádoby z kovov, použité znečistené sklo, drôty, textil z rôznych materiálov, odpad z dreva, odpadový papier, hnijúci biologický odpad, a pod.). Z hľadiska zrátostného zloženia je variabilita znečistenia rôznorodá. Od veľkoobjemového odpadu, po drobné, jemné časti odpadov. Ako uvádzal Potančok (1997) mimoriadne nebezpečný typ takýchto materiálov predstavujú kovové, sklené a plastové nádoby s obsahom tuhých a kvapalných, pre životné prostredie mimoriad-

ne nebezpečných látok. Často sú prítomné napr. nádoby so zvyškami motorových olejov, vazelin, farbív, nádoby s chemikáliami. Rozkladajúce sa tuhé kontaminanty uvoľňujú jednotlivé chemické zlúčeniny a predstavujú druhotný zdroj chemickej kontaminácie sedimentov. Druhú formu predstavujú látky chemickej povahy, viazané na špecifické tuhé súčasti sedimentu, predovšetkým na jemnozrnnú flobitú frakciu, na organickú hmotu, na hydratované zlúčeniny Fe a Mn a sekundárne sulfidy. K takýmto patria prevažne kovové kontaminanty, napr. As, Cd, Cu, Hg, Pb, Sb, Zn.

V závislosti od meniacich sa fyzikálnych a chemických vlastností sedimentu sa menia aj väzby jednotlivých kontaminantov a následne aj ich migračné schopnosti, resp. vlastnosti toxikologické (Potančok, 1997). Migračné schopnosti, a teda následne aj vlastnosti toxikologické sú ovplyvňované Eh a pH. V danej lokalite sa pH povrchových vôd, ktoré bezprostredne ovplyvňuje riečny sediment toku, pohybuje v rozpätí 7,20–7,93. Väčšina fažkých kovov intenzívne migruje v životnom prostredí pri pH < 7. Ak dôjde k zmene pH vodného toku vďaka napr. zvýšenému antropogennemu zásahu ku kyslejšiemu charakteru (jarné a jesenné obdobie – poľnohospodárske práce), následne možno predpokladať aj zvýšenie koncentrácií jednotlivých fažkých kovov v prostredí. Z terénneho makroskopického pozorovania môžeme konštatovať, že Čerešňový potok je znečistený mnohými rôznorodými divokými skládkami odpadu, najmä od odberového miesta č. 4 (odber pod Veľcicami, brod pri Pálenici) a nevhodnou, nezodpovednou záhradkárskou a poľnohospodárskou činnosťou už od samotného prameňa toku.

V sedimentačnom prostredí sa objavujú redukčné podmienky spôsobené prítomnosťou hnijúcich organických zvyškov pri nedostatku prístupu kyslíka ako je to aj v prípade našej sledovanej oblasti. Zvyšky organizmov sa hromadia na dne a podliehajú rozkladu pôsobením hnilibných baktérií. Sedimenty predstavujú akumulačné médium v životnom prostredí. Integrujú účinok kontaminácie povrchových vôd v čase a priestore, a tak môžu predstavovať nebezpečenstvo pre jednotlivé druhy vodných spoločenstiev (pelagické aj bentické), ktoré sa nemôže priamo predpovedať z koncentrácií vo vodnom stĺpici. Historicky poskytujú množstvo informácií, ktoré sa udiali v životnom prostredí. Zloženie sedimentov je závislé od kvality okolitých pôd v danom povodí. Plošnou eróziou pôd dochádza k vymývaniu pôdných častic do celej hydrografickej siete. Tako vzniknuté naplaveniny sa ukladajú v miestach, kde dochádza k zmenšeniu unášanej sily toku. Erózne procesy prebiehajú predovšetkým na intenzívne poľnohospodársky využívaných pôdach, odkiaľ čiastočky budúcich sedimentov odnášajú prípadné chemické znečisteniny. Množstvo znečistenia obsiahnuté v sedimentoch však nemusí pochádzať len z pôd daného povodia. Kvalita sedimentu je ovplyvňovaná tiež odpadovými vodami a atmosférickou depozíciou ([www.fce.vutbr.cz/veda/dk2004texty/Stenclova\\_Pavlina.pdf](http://www.fce.vutbr.cz/veda/dk2004texty/Stenclova_Pavlina.pdf)).

Z rozborov riečnych sedimentov prostredia Čerešňového potoka možno konštatovať, že rozloženie fažkých kovov je pomere vyrovnané. Do popredia vystupujú chemické prvky kadmium a ortuť. Podľa geochemickej povahy tieto chemické prvky štatisticky vykazujú pozitívnu závislosť a vo väčšine prípadov platí, kde stúpa obsah kadmia v prostredí zaznamenáva sa aj nárast ortuti a olova (Urmanská, 2002). V prírode a spoločnosti sa jednotlivé javy nachádzajú vždy v určitých vzťahoch, jeden od druhého závisia, navzájom sa podmieňujú. Z environmentálneho hľadiska možno sedimenty považovať za kvalitatívny indikátor stavu životného prostredia (Sawidis et al., 1995, Wen a Allen, 1999). Rôzne geografické rozdielenie priemyselných a sídelných aglomerácií ukazuje, že vysoké koncentrácie škodlivých látok, a teda aj fažkých kovov sa vyskytujú v ich bezprostrednom okolí a ohrozujú zdravie obyvateľstva (Tölgessy et al., 1989; Khun et al., 2000; El-Hasan a Jiries, 2001; Ronco et al., 2001; Rapant et al., 2002).

### Záver

Z environmentálneho hľadiska možno sedimenty považovať za kvalitatívny indikátor stavu životného prostredia. V zmysle použitej metodiky, možno na sledovanom území Čerešňového potoka vyčleniť len nepatrné stupne intenzity potenciálnej

kontaminácie. Od sedimentov neznečistených rizikovými chemickými látkami, po sedimenty s dokumentovateľnou prítomnosťou znečistenia. Z prítomných kontaminantov do popredia vystupujú najmä rizikové chemické prvky kadmium a ortuť. Vo vzorkách sedimentov sledovanej oblasti sme zistili nasledovné koncentrácie kadmia v rozmedzí 0,026–1,470 mg.kg<sup>-1</sup> suchej hmoty a ortuť 0,012–0,266 mg.kg<sup>-1</sup> suchej hmoty. Rizikovými územiami pre kadmium sú odberové miesta od č. 8. až po č. 13. (antropogénne aktivity obcí, frekventovaná komunikácia) a pre ortuť, odberové miesta od č. 1. až po č. 6. (antropogénne aktivity obcí). Možno konštatovať, že koncentrácie sledovaných chemických prvkov v sedimentoch sa pohybovali v rámci všeobecne akceptovaných prirodzených obsahov (občas sa vyskytli ojedinelé anomálie lokálneho významu). Z vykonaných prác vyplýva, že horninové prostredie študovanej oblasti nepredstavuje potenciálne pre sedimenty významnejší zdroj kontaminujúcich prvkov a zlúčení, ale predovšetkým to je rôznorodý antropogenný odpadový materiál a intenzívna doprava.

### Súhrn

Riečne sedimenty sú prioritnou zásobárnou znečisťujúcich látok v životnom prostredí kontaminovaných oblastí. Sú spoľahlivým indikátorom stavu znečisteného životného prostredia. Záujmové územie – Čerešňový potok a jeho okolie, predstavuje oblasť, ktorá je potenciálne ohrozená dvomi formami kontaminantov, fyzikálnou a chemickou. V Čerešňovom potoku časť kontaminantov transportovaných v rozpustnej forme povrchovými vodami, dotuje pôrrovej vody sedimentov a tuhú fázu sedimentov. Z hľadiska závažnosti kontaminácie je najvýznamnejšia interakcia pôrrovej a povrchovej vody sedimentov s nevhodnou antropogennou činnosťou (nezodpovedná záhradkárská a poľnohospodárska činnosť), s odpadovým materiáлом rôzneho druhu vo forme divokých skládok. Analýzu vzoriek riečnych sedimentov sme uskutočnili (certifikát č. 01871/101/1/2001) princípom prietokovej elektrochémie (EcaFlow 150GLP). Z prítomných fažkých kovov sú relevantné najmä kadmium (koncentrácie sa pohybujú v rozmedzí od 0,026–1,470 mg.kg<sup>-1</sup> Cd suchej hmoty), ortuť (0,012–0,266 mg.kg<sup>-1</sup> suchej hmoty) a olovo (4,16–25,53 mg.kg<sup>-1</sup> suchej hmoty), ktoré vzájomne vykazujú pozitívnu závislosť.

**Kľúčové slová:** čerešňový potok, riečny sediment, fažké kovy, životné prostredie

Príspevok vznikol aj vďaka podpore grantovej úlohy VEGA 1/0457/08.

### Literatúra

- BAUDO, R. 1987. Heavy Metal Pollution and Ecosystem Recovery. Ecological Assessment of Environmental Degradation, Pollution and Recovery, Elsevier Science Publishers, Amsterdam, p. 325.
- BENCKO, V. – CIKRT, M. – LENER, J. 1995. Toxické kovy v životním a pracovním prostredí človeka, Praha : Grada Publishing, Praha, 288 s.
- BENEŠ, S. 1994. Obsahy a bilance prvků ve sférách životního PROSTŘEDÍ. II., MZ ČR, 159 S.
- CIBULKA, J. – DOMAŽLICKÁ, E. – KOZÁK, J. – KUBIZNÁKOVÁ, J. – MADER, P. – MACHÁLEK, E. – MAŇKOVSKÁ, B. – MUSIL, J. – PAŘÍZEK, J. – PÍŠA, J. – POHUNKOVÁ, H. – REISNEROVÁ, H. – SVOBODOVÁ, Z. 1991. Pohyb olova, kadmia a rtuti v biosfére, Praha : Academia, 427 s.
- ČERMÁK, O. et al. 2008. Životné prostredie. Bratislava : STU, 389 s.

- EL-HASAN, T. – JIRIES, A. 2001. Heavy Metal Distribution in Valley Sediments in Wadi Al-Karak catchment area, South Jordan. In: Environmental Geochemistry and Health, Kluwer Academic Publishers, vol. 23, 2001, no. 2, p. 105–116.
- KANADSKÁ norma pre sedimenty. Canadian Sediment Quality Guideline for the protection of Aquatic Life", Canadian Council of Ministers of the Environment, Winnipeg, 1999, Upgrade 2002.
- KHUN, M. – JURKOVIČ, Ľ. – URMINSKÁ, J. 2000. Medical Geochemistry: A Brief Outline of the Problems Practical Application in the Region Žiarska kotlina Basin. In: Slovak Geological Magazine, vol. 6, 2000, no. 1, p. 17–26.
- METODICKÝ pokyn Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 549/98-2 na hodnotenie rizík zo znečistených sedimentov tokov a vodných nádrží, 1998
- POTANČOK, V. 1997. Zhodnotenie ekologickej únosnosti regiónu Žiarskej kotliny. (Riečne sedimenty – Správa za II. etapu). Manuskrift EL spol. s.r.o., Ekologické a veterinárne laboratóriá Spišská Nová Ves, Spišská Nová Ves, 41 s.
- RAPANT, S. – KHUN, M. – JURKOVIČ, Ľ. – LETKOVICOVÁ, M. 2002. Potential Influence of Geochemical Background on the Health State of Population of the Slovak Republic. In: Slovak Geological Magazine, vol. 8, 2002, no. 2, p. 137–145.
- RITTER, L. – SOLOMON, K. – SIBLEY, P. – HALL, K. – KEEN, P. – MATTU, G. – LINTON, B. 2002. Sources, pathways, and relative risks of contaminants in surface water and groundwater, Journal of toxicology and environmental health, Canada, part A, 2002, p. 1–142
- RONCO, A. – CAMILIÓN, C. – MANASSERO, M. 2001. Geochemistry of heavy metals in bottom sediments from stream of the western coast of the rio de la plata estuary, Argentina. In: Environmental Geochemistry and Health, vol. 23, 2001, no. 2, p. 89–103.
- Rozhodnutie Ministerstva Pôdohospodárstva SR 531/1994-540 o najvyšších prípustných hodnotách škodlivých látok v pôde a o určení organizácií oprávnených zisťovať skutočné hodnoty týchto látok., Vestník MP Bratislava, 1994.
- SAWIDIS, T. – CHETTRI, M. K. – ZACHARIADIS, G. A. – STRATIS, J. A. 1995. Heavy metals in aquatic plants and sediments from water systems in Macedonia, Greece. In: Ecotoxicology and Environmental Safety, vol. 32, 1995, no. 1, p. 73–80.
- TÖLGYESSY, J. – BETINA, V. – FRANK, V. – FUSKA, J. – LESNÝ, J. – MONCMANOVÁ, A. – PALATÝ, J. – PIATRIK, M. – PITTER, P. – PROUSEK, J. 1989. Chémia, biológia a toxikológia vody a ovzdušia, Bratislava : Veda, 536 s.
- URMINSKÁ, J. 2002. Potenciálny vplyv geochemického prostredia na zdravotný stav detskej populácie v oblasti Žiarskej kotliny (z aspektu medicínskej geochémie). Dizertačná práca, Prírodovedecká fakulta UK Bratislava, Bratislava, 165 s.
- WARREN, H. V. 1989. Geology, trace elements and health. In: Social Science and Medicine, vol. 29, 1989, no. 8, p. 923–926. ([www.fce.vutbr.cz/veda/dk2004texty/Stenclova\\_Pavlina.pdf](http://www.fce.vutbr.cz/veda/dk2004texty/Stenclova_Pavlina.pdf))
- WEN, X. – ALLEN, H. E. 1999. Mobilization of heavy metals from Le An River sediment. In: Science of the total environment, vol. 227, 1999, no. 2–3, p. 101–108.

## Kontaktná adresa:

RNDr. Jana Urmanská, PhD., Katedra environmentalistiky a zoologie, Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov, Slovenská poľnohospodárska univerzita Nitra, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, e-mail: Jana.Urmanska@uniag.sk

Acta horticulturae et regiotecturae 1  
Nitra, Slovaca Universitas Agriculturae Nitriae, 2009, s. 23–28

## KVANTITATÍVNE ZHODNOTENIE VYUŽITIA HNOJIVEJ ZÁVLAHY V PODMIENKACH SÚČASNÝCH PRODUKČNÝCH VÝSADIEB HRUŠIEK NA KARBONÁTOVÝCH ČERNOZEMIACH

### QUANTITATIVE EVALUATION OF FERTILIZER IRRIGATION USED IN THE PRESENT PRODUCTIVE PEAR ORCHARDS CONDITIONS AND SITUATED ON CARBONATES CHERNOZEM

Ľubomír HANISKO, JÁN HRÍBIK, IVAN HRIČOVSKÝ

Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

**Abstract** Irrigation and fertilizer irrigation belong to important factors in cultivation systems used in progressively managed orchards. Cultivation of trees trained in slim spindle is a very economical and appropriate way. Some winter varieties of pear-trees (Bohemica, Lucasova and Williamsova) were planted in the western part of Podunajská nížina lowland and fruit assessments were carried out in 2004–2006. To evaluate the effects of irrigation one control, not irrigated treatment was added to the plot trial with three other treatments that had different levels of fertilisation. The crop quality was assessed and both the quantity as well as the chemical analysis of pear leaves were evaluated in order to investigate how irrigation and fertilizer irrigation and their synergic effect might influence yield aspects in pear production. At the same time also the soil water captured in lysimeters was chemically analysed.

**Key words:** pear-tree, irrigation, fertilizer irrigation, fertilisation, yields of pears

Nové metódy v oblasti racionálnej intenzifikácie výroby ovocia, zamerané na hnojenie a výživu stromov spojením závlahy so súčasným hnojením, poskytujú rozsiahle možnosti regulácie a optimalizácie výživného a vlahového režimu počas vegetačného obdobia. Napriek poznatkom, ktoré boli už získané, je nutné rozpracovať a lepšie charakterizať podmienky, ktoré intenzifikujú výrobu a zvyšujú využiteľnosť vody i živín z hnojív

pestovanými plodinami v rôznych pôdno-klimatických podmienkach, pri stálej potrebe viac chrániť životné prostredie a zdravotný stav produkcie a spotrebiteľa. V ovocinárstve je táto požiadavka zvlášť aktuálna pri väčšom zahustení ovocných drevín a niektorí autori, napr. Nielsen a Roberts (1996); Paoli (1997) fertigáciu odporučajú do súčasných zahustených ovocných výsadieb. Synergický, tzv. súčinnostný

efekt závlahy a hnojenia spočíva v priaznivom vzájomnom účinku hlavných agrotechnických opatrení na kvalitu a kvantitu úrod, pričom každý z týchto faktorov môže výrazne ovplyvniť výšku a kvalitu úrod iba vo vzájomnom vzťahu s druhým faktorom. Je to vzájomné ovplyvňovanie daných faktorov, pričom sa sleduje ich pozitívny účinok. Synergické pôsobenie opatrení sa môže chápať tak, že príjem živín sa realizuje z vodného prostredia. Pri primeranej zásobe porastov živinami sa znížuje spotreba vody na produkciu sušiny aj pri ovocných drevinách.

Nájsť optimálne vzťahy medzi závlahou a hnojením pri ich užom špecifikovaní, ale aj radikalizovaní, je významnou požiadavkou praxe predovšetkým z dôvodov zniženia nákladov na vstupy do výrobného procesu a z dôvodov ochrany vodných zdrojov. Významné postavenie pri riešení takýchto problémov pri produkčnom pestovaní ovocia má dusík, a to nielen z hľadiska výšky úrody a jej kvality, ale aj z hľadiska vyzrievania dreva a zakladania úrody v budúcom roku.

Primerané zvyšovanie úrody ovocia závlahou je všeobecne známym faktom. Dokazujú to výsledky početných doteraz vykonaných výskumných prác a vedeckých citácií (Miklós, 1996; Novotný a Čepička, 1982; Pražák, 1988; Sabolčák, Jansta a Litschmann, 2000; Pražák, Prosa a Cimpa, 2002; Hanisko, 2003).

Všeobecne platí, že závlahy sa viac uplatňujú pri deficite zrážok počas vegetačného obdobia, zvlášť v tzv. kritických fázach, kedy je rastlina výrazne citlivá na nedostatok vody. Pri hnojení je badateľný efekt najmä na pôdach s malou zásobou živín. Pri určitej úrovni hnojenia i závlahy sa môže uplatniť úrodu zvyšujúci synergický efekt.

Ovocné dreviny potrebujú počas vegetačného obdobia 400–600 mm zrážok, primerane rozdelených podľa svojich rastových fáz. Rodiaci stromy potrebujú najviac vody počas kvitnutia, tvorby a rastu plodov. Jadroviny vyžadujú dostatok vláhy v pôde takmer počas celého vegetačného obdobia. Závlazovanie sa uskutočňuje 4–6x, s prestávkami do 30 dní, podľa poveaternostných podmienok a vlhkosti pôdy (Hričovský, 1996).

Uvádzajú sa rôzne techniky hnojenia a závlazovania polnohospodárskych kultúr, medzi ktorými sa v ostatnom období úspešne presadzuje kvapková závlaha v kombinácii s hnojením, tzv. fertigácia. Jej prednosti sú v nižšej spotrebe vody a využívaní vody ako nosného média pri transporte potrebných živín priamo do koreňovej zóny.

## Materiál a metódy

Výsadbu hrušiek sme uskutočnili v jeseni r. 2000 na výmere 0,25 ha s rozmermi 35 x 50 m, v lokalite Most pri Bratislavе. Rady stromov sú vysadené v smere sever – juh, v spone 3,5 x x 1,5 m. Vysadenými odrodami boli: Lucasova (zimná, dosadená v roku 2002 po krádeži stromčekov), Bohemica (zimná), Williamsova (letná).

Na danom pozemku hrušky obyčajnej, ktorý je situovaný vedľa staršieho produkčného jabloňového sadu (výsadba v roku 1991), pestujeme dve odrody hrušiek na podpníku Dula angerská – MA (Bohemica a Williamsova) a jednu odrodu na hruške planej (Lucasova). Bezvirózny materiál bol dodaný firmou Plose Fructop s. s r.o., Ostratice (Bohemica, Williamsova) a Plantex s. s r.o., Veselé (Lucasova) a obchodne certifikovaný. Z každej odrody sme hodnotili 15 stromov v jednom variante. Príkmenný pás bol ošetrovaný herbicídmi. Chemická ochrana bola realizovaná postrekovačom s kapacitou nádrže 350 l. Robil sa zimný rez a podľa potreby doplnkový letný rez pre vybraný spôsob pestovania – štíhle vreteno. Asi mesiac po odkvitnutí

ovocných stromov, v júni, pri silnej násade, sme preberali plody ručne. Mechanicky sa odstraňovali múčnatkov napadnuté leto-rasty, v priebehu vegetácie.

## Pôdne pomery lokality

Pri hnojení dusíkom je rešpektovaný obsah N v pôde a odber úrodou. Podľa rozborov pôdnich vzoriek sa obsah prístupného K v ornici pohybuje na úrovni dobrej zásoby. Obdobne obsah prístupného P v ornici, ale v podornici je veľmi nízky, čo nasvedčuje pomalému pohybu fosforu v pôde. Sad je založený na nízinnej, stredne fažkej aluviaálnej pôde, typu karbonátové černozeme. Pôda sa vyznačuje dobrými fyzikálnymi vlastnosťami. Pôdotvorným substratom sú piesočnaté až hlinité karbonátové náplavy, ktoré prechádzajú v hĺbke 1,10–1,35 m do pieskov a v hĺbke 1,35–1,60 m do štrku. Hladina podzemnej vody sa pohybuje v rozpätí 6–8 m, to znamená, že neovplyvňuje vlhkosť ri-zosféry.

Dobrá štruktúra pôdy, najmä aktívny horizont, priaznivo vplýva na vodný a vzdušný režim, a tým aj na aktivitu mikroorganizmov. Obsah humusu v pôde je 2,50 % (podľa Tjurin), karbonátov 11 % (podľa Janko), pH výmenné 7,5 až 7,6, obsah celkového dusíka 0,29 %, prístupného fosforu 50–60 mg.kg<sup>-1</sup> a draslíka 170–280 mg.kg<sup>-1</sup> (podľa Mehlich III). Obsah ilovitých častic v orničnej vrstve pôdy je 35–45 %, redukovaná objemová hmotnosť pôdy 1,30–1,45 g.cm<sup>-3</sup>, celková pôrovitosť 50–55 %, bod vădnutia 9–12 % a poľná vodná kapacita 32–36 % objemových.

## Stanovenie obsahu živín a aplikácia hnojív

Na stanovenie obsahu živín prístupných v pôde sa použila metóda Mehlich III, ktorá umožňuje stanoviť i jednotlivé mikroelementy. Pri hodnotení výsledkov sa postupovalo podľa kritérií pre ovocné sady. Určené dávky živín P a K v hnojivách boli aplikované v jeseni, dusík na jar a rozpustné formy hnojív spolu so závlahovou vodou cez vegetáciu podľa potreby (fertigácia). Dusíkaté hnojivo sme aplikovali celoplošne, draselne a fosforečné hnojivá do príkmenných pásov širokých 1 m.

Hnojenie rozpustnými formami hnojív (Potassium nitrate – Hydroponica, dusičnan draselny, s obsahom 13,7 % N v dusičnanovej forme a 46,3 % K<sub>2</sub>O; obsah K: 38,4 %) a tuhým hnojivom (močovina) sa robilo vo fenofázach vegetačného obdobia:

- počas kvitnutia (apríl – máj),
- v období tvorby plodov (koniec mája – začiatok júna),
- v období intenzívneho rastu plodov (koniec júna – začiatok júla),
- v období pred dozretím plodov (koniec júla – august).

Množstvo dodaného hnojiva KNO<sub>3</sub> bolo upravené s ohľadom na ekonomiku hnojenia a postupné dávkovanie živín podľa ich obsahu v pôde danej výsadby.

V pôdnom profile boli nainštalované ploché lyzimetre v potrebnej hĺbke na meranie priesakov živných roztokov a obsahu dusičnanov, zachyteného množstva závlahovej vody a k prenejšiemu stanoveniu veľkosti závlahovej dávky v podmienkach karbonátové černozeme.

Ploché lyzimetre boli v roku 2001 autorsky navrhnuté prof. Bízikom (Bízik a ī., 2002) s možnosťou osadenia do neporušného pôdnego profilu v hĺbke 0,6 m. Boli vyrobené z dosiek PVC s rozmermi 0,4 m x 0,4 m. Lyzimetrom zachytený presakujúci pôdný roztok sa odvádzal do zbernej nádoby umiestnej pod vonkajším okrajom lyzimetra, ktorá je chránená puzdrom a krytom z PVC. Po prekrytí odkrytej steny pôdnego profilu fóliou je prepojené dno zbernej nádoby polyetylénovou hadičkou vsunutou do hrubšej obalovej hadice, ktorá je vyvedená na po-

**Tabuľka 1** Chemický rozbor lyzimetrickej vody vysávanej z lyzimetra v pokuse hrušiek, r. 2006

Odroda, variant (1)	Dátum odberu (2)	Množstvo roztoku v ml (3)	Obsah dusičnanov v mg.l <sup>-1</sup> (4)	Obsah dusitanov v mg.l <sup>-1</sup> (5)	Elektrická vodivosť, EK: m <sup>s</sup> .m <sup>-1</sup> (6)	Reakcia vody pH (7)	Závlahová dávka v mm (8)
Bohemica v. B	3. 5. 2006	250	14,00	1,16	63,00	7,16	—
Bohemica v. B	9. 6. 2006	4	112	málo vzorky	neodmerané	—	—
Bohemica v. B	10. 7. 2006	7	32,1	0,05	neodmerané	—	11,50
Bohemica v. B	10. 8. 2006	22	30,9	1,11	54,00	—	6,90
Priemer (9)	—	—	47,25	—	—	—	—
Bohemica v. A	3. 5. 2006	235	25,80	0,5	85,00	7,03	—
Bohemica v. A	10. 7. 2006	3	33,10	0,06	neodmerané	—	11,50
Bohemica v. A	10. 8. 2006	15	41,20	1,15	60,00	—	6,90
Priemer (9)	—	—	33,37	—	—	—	—
Bohemica v. C	3. 5. 2006	255	63,30	0,35	132	7,31	—
Bohemica v. C	9. 6. 2006	8	167	0,01	neodmerané	—	—
Bohemica v. C	10. 7. 2006	8	0,98	0,54	neodmerané	—	11,50
Bohemica v. C	10. 8. 2006	24	35,80	0,89	99,00	—	6,90
Priemer (9)	—	—	67,93	—	—	—	—
Bohemica v. K	3. 5. 2006	172	31,60	0,03	65	7,39	—
Bohemica v. K	9. 6. 2006	45	15,70	0,09	23,00	—	—
Bohemica v. K	10. 7. 2006	60	0,96	0,09	32	—	11,50
Bohemica v. K	10. 8. 2006	36	145	—	59,00	—	6,90
Priemer (9)	—	—	55,23	—	—	—	—

**Table 1** The chemical analysis of lysimetric water pumped from lysimetres in the pear trial, in 2006

(1) variety, treatment, (2) date of analysis, (3) amount of solution, (4) content of nitrates, (5) content of nitrites, (6) specific conductivity, (7) pH of water, (8) dose of watering, (9) average

vrch pôdy. Po opakovanom opatrnom zasypaní a utlačení montážnej manipulačnej šachty sa hadica nad povrchom pôdy umiestni v ochrannom puzdre. Zachytávaný roztok sa vyťahuje peristatickou pumpou. Na základe meraní objemu zachyteného roztoku i jeho koncentrácie sa dá posúdiť a upraviť závlaha ako aj dávkovanie dusíka, najmä pri fertigácii (Bízik a Zápotocný, 2002).

V pôdnom profile sa nainštalovali ploché lyzimetre v roku 2006, hodnotami zdokumentované v tabuľke (tab. 1).

Hodnoty obsahu dusičnanov vzhľadom na stredné množstvá odobratého roztoku vo výsadbe hrušiek v roku 2006 neprečíkovali stanovené normy, do 50 mg.l<sup>-1</sup>, s výnimkou pri odrôde Bohemica, variant s kombinovaným hnojením, dňa 3. 5. a 9. 6. 2006 a v nezavlažovanom variante pri odrôde Bohemica dňa 10. 8. V druhej polovici júna a v júli došlo k poklesu pôdnej vlhkosti vo variantoch s kombinovaným hnojením pri odrôdach Bohemica a Lucasova a vo fertigačných variantoch. S nástupom mimoriadne vlhkého mesiaca august 2006 došlo k nárastu obsahu pôdnej vlhkosti vo všetkých zavlažovaných variantoch, čo sa prejavilo aj pri hmotnosti plodov. Pri nezavlažovanom variante odrôdy Williamsova bola pôdná vlhkosť príaznivo ovplyvnená až výdatnými zrážkami v auguste. Podobná situácia s vyravnanosťou hodnôt obsahu pôdnej vlahy bola v roku 2006 vo výsadbe hrušiek Williamsova s fertigáciou, hnojivou závlahou, pričom najrovnomernejšie hodnoty obsahu pôdnej vody v % obj. sme pozorovali pri odrôde Williamsova vo var. A (hnojivá závlaha s nižšou dávkou dusíka) v hĺbke 0,4 m (tab. 1). Použitie obidvoch spôsobov merania potvrdzuje správnosť metodiky a spoľahlivosť merania snímačmi Virrib a neutrónovou sondou v hruškových výsadbách.

Je potrebné mať na zreteli, že nebezpečenstvá dusičnanov a najmä z nich tvorených dusitanov zmobilizovali zodpoved-

ných ľudí v mnohých krajinách, aj v medzinárodných spoločenstvách. EC už v roku 1980 určila maximálnu prípustnú koncentráciu dusičnanov v pitných vodách na 50 mg NO<sub>3</sub>.l<sup>-1</sup> (11,3 mg N-NO<sub>3</sub>.l<sup>-1</sup>). EC limit pre dusitanov vo vodách bol stanovený na 0,1 mg NO<sub>2</sub>.l<sup>-1</sup> (Council of the EC, 1980). Svetová zdravotnícka organizácia (WHO) odporúča až dva limity: 50 mg NO<sub>3</sub>.l<sup>-1</sup> ako odporúčaný limit a 100 mg NO<sub>3</sub>.l<sup>-1</sup> ako maximálny prípustný limit (Bielek, 1998). Podľa zahraničných prameňov len 15–20 % dusičnanov znečisťujúcich vodné zdroje pochádzajú z pôdy a z poľnohospodárskej výroby. Ostatných 80–85 % má pôvod v priemysle a v komunálnych odpadoch. Podľa autora Bielek (1998) výsledky meraní upozorňujú, že len 1–2 % z aplikovaných hnojív v priemere sa vymývajú do podzemných vôd. Je skutočnosťou, že spolu s hnojivovým dusíkom sa do vodných zdrojov vyplavujú aj zásoby pôdneho dusíka a tento proces je v podmienkach dusíkatého hnojenia akcelerovaný (Bielek, 1998).

#### Fertigačné hnojenie výsadby hrušiek, stanovených variantov: (1 riadok = 30 m)

V roku 2005 sme výsadbu hrušiek v tvare štíhleho vretena pri hnojili rozpustným hnojivom dusičnan draselný (dávky a použité množstvá hnojív sú uvedené v tab. 2), vhodným pre prihnojovanie v rodívom období ovocných kultúr.

Stanovené hnojivo Potassium nitrate – Hydroponica, má obsah 13,7 % N v dusičnanovej forme a 46,3 % K<sub>2</sub>O, obsah K: 38,4 %.

V roku 2006 sme pokusnú výsadbu hrušiek v Moste pri Bratislave prihnojili rozpustným hnojivom dusičnan draselný s ohľadom na vek ovocnej výsadby, v šiestom roku po vysadení. Použité množstvá hnojív v roku 2006 boli rovnaké ako v predchádzajúcom roku 2005.

**Tabuľka 2** Hnojenie ovocného sadu tuhým hnojivom – LAV a fertigáciou, roky 2005–2006

Hnojivo (1)	3. 2005	15. 5. 2005	10. 6. 2005	20. 7. 2005
	čisté živiny v kg.ha <sup>-1</sup> (2)	hnojivo v kg.riadok <sup>-1</sup> (3)	kg.riadok <sup>-1</sup> (3)	kg.riadok <sup>-1</sup> (3)
LAV (27,5%)	N: 41,3	–	–	–
KNO <sub>3</sub> – variant A	P: 40	1,32	0,66	0,66
KNO <sub>3</sub> – variant B	P: 60	1,75	0,89	0,89
KNO <sub>3</sub> + močovina, var. C		0,66	0,33	0,33
		0,17	0,32	0,32
Močovina, variant K		–	0,66	0,66

**Table 2** The fertilisation in the pear orchard by solid manure and fertigation, in 2005–2006(1) the manure, (2) pure amounts of manure in kg.ha<sup>-1</sup>, (3) using of manure in kg.row<sup>-1</sup>**Tabuľka 3** Chemický rozbor listov hrušiek, rok 2006, Odber : 25. 8. 2006

Odroda – variant (1)	Ncelk. (2) v %	P (3) v mg.kg <sup>-1</sup>	K (4) v mg.kg <sup>-1</sup>	Ca (5) v mg.kg <sup>-1</sup>
Williamsova – A	1,69	1356,00	3595,00	24600,00
Williamsova – B	2,25	1483,00	5393,00	28000,00
Williamsova – C	1,76	1744,00	6783,00	26900,00
Williamsova – K	1,67	1507,00	5848,00	28500,00
Lucasova – A	2,03	1683,00	8190,00	22400,00
Lucasova – B	2,12	1299,00	7413,00	20800,00
Lucasova – C	2,14	1465,00	9831,00	25400,00
Lucasova – K	1,68	1294,00	7648,00	21400,00
Bohemica – A	2,22	1299,00	5509,00	30000,00
Bohemica – B	2,30	1290,00	4989,00	29300,00
Bohemica – C	2,00	1469,00	5425,00	35400,00
Bohemica – K	1,77	1228,00	4502,00	38400,00

**Table 3** The chemical analysis of pear leaves, 2006

(1) variety, treatment, (2) total nitrogen, (3) phosphorus, (4) potassium, (5) calcium

Obsah živín v listoch hrušiek v roku 2006 bol hodnotený podľa autora Bergmann, 1988 (Blažek, 1998). Obsah celkového dusíka bol pri odrôde Bohemica v rozpäti od 1,77 (variant K) do 2,3 % (variant B), nízky až vyhovujúci. Obsah fosforu bol od 1 228 (variant K) do 1 469 mg.kg<sup>-1</sup> P (variant C), nízky. Obsah draslíka sme namerali v rozpäti hodnôt od 4 502 (variant K) do 5 509 mg.kg<sup>-1</sup> K (variant A), taktiež nízky. Obsah vápnika sme zistili v intervale od 29 300 (variant B) do 38 400 mg.kg<sup>-1</sup> Ca (variant K), veľmi vysoký (tab. 3). Obsah základných živín v listoch odrôdy Bohemica bol nízky, teda druh hruška domáca bol v slabo alkalických pôdach karbonátového typu menej vnímatelný na prísun živín.

Obsah prvkov v listoch odrôdy Lucasova odobratých na konci augusta poukázal na nízky obsah dusíka – od 1,68 (variant K) až do 2,14 % (variant C). Obsah fosforu bol v týchto listoch od 1 294 (variant K) do 1 683 mg.kg<sup>-1</sup> P (variant A), mierne pod vyhovujúcim rozpäťím, od 1 500–3 000 mg.kg<sup>-1</sup> P. Obsah draslíka bol zistený od 7413 (variant B) do 9831 mg.kg<sup>-1</sup> K (variant C), pod vyhovujúcim rozpäťím, ktoré je 12 000 až 20 000 mg.kg<sup>-1</sup> K, podľa Bergmann, 1988 (Blažek, 1998). Obsah vápnika bol od 20 800 (variant B) do 25 400 mg.kg<sup>-1</sup> Ca (variant C), veľmi vysoký (odporúčané a vyhovujúce rozpätie pre hrušky je 12 000–18 000 mg.kg<sup>-1</sup> Ca), podľa autora Bergmann, 1988 (Blažek, 1998).

Obsah prvkov v listoch hrušky odrôdy Williamsova, letnej odrôdy, bol v prípade celkového dusíka od 1,67 (variant K) do 2,25 % (variant B), teda mierne pod vyhovujúcim rozpäťím, od

2,2–2,8 %. Obsah fosforu bol od 1 356 (variant A) do 1 744 mg.kg<sup>-1</sup> P (variant C), nízky až vyhovujúci. Obsah draslíka bol zistený v rozpäti od 3 595 (variant A) do 6 783 mg.kg<sup>-1</sup> K (variant C) (tab. 3), veľmi nízky; vyhovujúce rozpätie je od 12 000–20 000 mg.kg<sup>-1</sup> K. Obsah vápnika sme zistili v intervale od 24 600 (variant A) do 28 500 mg.kg<sup>-1</sup> Ca (variant C), veľmi vysoký. Aj pri odrôde Williamsova bol príjem základných živín nízky a bola menej vnímatelná na prísun živín z karbonátových pôd Podunajskej nížiny.

V rokoch 2005 a 2006 sa prejavil priaznivý vplyv fertigácie a kombinovaného hnojenia, s polovičnou dávkou živín formou hnojivej závlahy, na obsah prvkov v sušine listov. Zistilo sa to pri druhej listovej analýze a s vysokou pravdepodobnosťou išlo o priamy vplyv fertigácie v ročníku resp. počas vegetačného obdobia na využitie hladiny živín v listoch, v porovnaní s prvou analýzou na začiatku leta. Obsah základných živín v listoch odrôdy Bohemica bol nízky, druh hruška domáca bol tak na slabo alkalických pôdach karbonátového typu menej vnímatelný na prísun živín. Pri odrôde Williamsova bol príjem základných živín nízky, teda aj letná odrôda hrušky bola menej vnímatelná na prísun živín z karbonátových pôd.

Pri hodnotení zdravotného stavu porastu hrušiek za obdobie pozorovaní 2005–2007 možno zhrnúť, že závlaha a výživa veľmi výrazne neovplyvnili ich zdravotný stav.

V hodnotenom roku 2006 sme zaznamenali úrodu hrušiek pri odrôdach vysadených v roku 2000, pri odrôdach Bohemica a Williamsova (odrôda Lucasova vysadená v roku 2002 na pod-

**Tabuľka 4** Kvantitatívne hodnotenie úrody hrušiek (rok 2006)

Odroda (1)	Variant (2)	Plody (3)			
		kg.strom <sup>-1</sup>	ks.strom <sup>-1</sup>	priemerná hmotnosť v kg	t.ha <sup>-1</sup>
Bohemica	A	2,32	16,85	0,14	4,33
	B	2,25	16,64	0,14	4,20
	C	2,18	16,14	0,14	4,07
	K	1,98	15,41	0,13	3,69
Priemer (4)		2,18	16,26	0,13	4,07
Williamsova	A	3,71	18,65	0,20	6,92
	B	3,41	19,07	0,18	6,36
	C	3,54	20,05	0,18	6,61
	K	3,07	15,45	0,20	5,73
Priemer (4)		3,43	18,31	0,19	6,41
Lucasova	A	2,47	17,65	0,14	4,61
	B	3,91	23,07	0,17	7,30
	C	3,71	19,05	0,19	6,92
	K	2,84	15,45	0,18	5,30
Priemer (4)		3,23	18,81	0,17	6,03

**Table 4** The quantitative assessment of pear yields (2006)  
(1) variety, (2) treatment, (3) fruits

pníku hruška planá, v tejto hodnotenej sezóne prvýkrát poskytla úrodu, s možnosťou ich kvalitatívneho aj kvantitatívneho zhodnotenia). Zimná odroda Bohemica mala najvyššie úrody vo variante s fertigačným hnojením, nižšou dávkou dusíka: 4,33 t.ha<sup>-1</sup> (o 17,3 % viac ako v nezavlažovanom kontrolnom variante s úrodou 3,69 t.ha<sup>-1</sup>) a vo variante s fertigačným hnojením, vyššou dávkou dusíka: 4,20 t.ha<sup>-1</sup> a tretí v poradí bol variant s kombinovaným hnojením, C: 4,07 t.ha<sup>-1</sup>.

Najvyššia priemerná hmotnosť plodov hrušky Bohemica bola vo variantoch s fertigačným hnojením a vo variante s kombinovaným hnojením: 0,14 kg. Len v nezavlažovanom variante bola priemerná hmotnosť plodu 0,13 kg (tab. 4).

Letná odroda Williamsova zaznamenala najvyššie úrody vo variante s fertigáciou A a vo variante s kombinovaným hnojením: v poradí 6,92 a 6,61 t.ha<sup>-1</sup> (o 20,8 a o 15,4 % viac ako v nezavlažovanej kontrole s úrodou 5,73 t.ha<sup>-1</sup>).

Najvyššia priemerná hmotnosť plodov hrušky Williamsova bola vo variante s fertigačným hnojením, nižšou dávkou dusíka A ako aj v nezavlažovanom variante: 0,20 kg.

Zimná a triploidná odroda Lucasova mala najvyššie úrody vo variante s fertigáciou a vyššou dávkou živín, B: 7,30 t.ha<sup>-1</sup> (o 37,7 % viac ako v nezavlažovanej kontrole), ďalej vo variante s kombinovaným hnojením C: 6,92 t.ha<sup>-1</sup> (o 30,6 % viac ako v nezavlažovanej kontrole), vo variante s fertigáciou a nižšou dávkou živín, A: 5,61 t.ha<sup>-1</sup> (o 5,8 % viac ako v nezavlažovanej kontrole) (Tab. 5). Výška úrody v nezavlažovanej kontrole K predstavovala 5,30 t.ha<sup>-1</sup>. Najvyššia priemerná hmotnosť plodov hrušky Lucasova bola vo variante s kombinovaným hnojením: 0,19 kg a v nezavlažovanom variante bola priemerná hmotnosť plodu 0,18 kg. Za nimi nasledovali varianty s fertigáciou – A: 0,14 kg a B: 0,17 kg (tab. 4).

Pri hruškách sme zistili závislosť medzi bohatosťou kvitnutia v roku 2006 a násadou plodov 20. 5. v tom istom roku ( $r = 0,71^+$ ): to znamená, že čím je bohatosť kvitnutia vyššia, tým je bohatšia násada plodov 20. 5. v tom istom roku. Štatisticky preukazný záporný vzťah ( $r = -0,61^+$ ) bol zistený medzi násadou plodov hrušiek hodnotenou 20. 5. a oberaním plodov, to znamená, že

čím je násada plodov 20. 5. vyššia, tým viac sa oneskoruje dátum Oberania.

Autori Klein a i. (1999) prednosti fertigácie vidia najmä v doplnkovej výžive a v dodávaní chýbajúcich živín priamo ku koreňom. Pri skúšaní rôznych kombinácií hnojenia stromov hrušiek (odroda Spadona) v podmienkach Izraela sa úroda plodov zvýšila v priemere za tri roky najmä P-hnojením o 30 %. Autori Shackel a i. (1999) pri testovaní intenzity zavlažovania hrušiek na úrovni 100,85 a 65,0 % evapotranspirácie a rozdielnej výžive dusíkom v podmienkach Kalifornie zistili silnú redukciu v raste stromov a plodov pri zvyšovaní deficitu vody, avšak nezistili vzťah medzi intenzitou hnojenia dusíkom a úrodou a jej kvalitu. Zrejme vyšší obsah dusíka v pôde sa uplatnil viac ako dodaný dusík z hnojív. V súvislosti s niektorými fyziologickými reakciami hrušiek na závlahu autori Tong-DeZhong a i. (1997) uvádzajú, že nezavlažované stromy prejavujú vyššiu suchovzdornosť v porovnaní so zavlažovanými. Vodný potenciál listov sa významne znížil a turgor sa zvýšil. Uďávajú, že nezavlažované stromy hrušiek majú väčšiu schopnosť udržať vodu ako zavlažované. Tieto, ako aj ďalšie výsledky poukazujú na potrebu pravidelnej regulácie vodného režimu v pôde pri intenzívnom pestovaní hrušiek. V súvislosti s úrodou hrušiek a ich kvalitou Lee-HanChan a i. (1998) zistili nasledovné optimálne koncentrácie živín v listoch orientálnej hrušky (odroda Niitaka) v %: 2,48 N; 0,138 P; 1,91 K; 1,43 Ca a 0,294 Mg. Hodnoty pre Fe, Mn a B uvádzajú v tomto poradí nasledovne: 96,7 ppm, 198 ppm a 35,1 ppm. V celkovom porovnaní s jablkami majú hrušky menšie použitie, čo je spôsobené predovšetkým malým ob-sahom kyselín a spravidla veľmi rýchlym priebehom záverečných fáz dozrievania. Napriek týmto závažným technologickým nedostatkom, môžu byť vybrané odrôdy výbornou surovinou pre kompoty, kandizovanie, ale aj pre sušenie a zmrazovanie. Majú tiež významné dietetické postavenie vo výžive ľudí. Podľa autorov Hanisko, Hričovský a Babjak (2005) v pokuse z rokov 2002–2004 sa medzi fertigačnými variantami (var. A, B) a počtom plodov vo výbere vypočítal štatisticky preukazný záporný vzťah ( $r = -0,39^{++}$ ). Fertigácia

zvyšovala počet výberových plodov. Medzi týmito variantmi a hmotnosťou výberu bol štatisticky preukazný záporný vzťah ( $r = -0,29^+$ ). Zároveň fertigácia zvyšovala hmotnosť výberových plodov, čo svedčí o jej vplyve viac na výšku úrod ako na kvalitu plodov a ich skladovateľnosť.

## ZÁVER

- Pri jednotlivých odrodách hrušiek pestovaných v tvare štíhleho vretena na podpníku MA – dula angerská sa prejavil priažnivý vplyv fertigácie na zvyšovanie úrody plodov od 25 do 35 % v porovnaní s nezavlažovanou kontrolou.
- Stanovené normatívy pre hnojenie dusíkom (60 a 80 kg N.ha<sup>-1</sup>) je účelné rozdeliť na tri aplikačné termíny: 35 % na začiatku pučania, najneskôr v období kvitnutia, 40 % po odkvitnutí a 25 % po júnovom opade plodov. Hnojivá závlaha v produkčných hruškových výsadbach by mala byť dodaná v množstve do 60 kg N.ha<sup>-1</sup> a rok.
- Odporučame fertigačnú aplikáciu rozpustného hnojiva Potassium nitrate v období, kedy sa rozhoduje o tvorbe úrody, a v období intenzívneho rastu plodov (mesiace jún – júl – august).
- Z hľadiska ochrany životného prostredia a lepšieho využitia závlahovej vody a dusíka je vhodné pozorovanie priesakov pôdneho roztoku pod kvapkovačom pomocou plochých lyzimetrov, umiestnených v hĺbke 0,6 m pôdneho profilu.
- Podľa hodnotenia obsahu fosforu, najmä vo vrstve pôdy 0,3–0,6 m, vyplýva jeho nízky až dobrý obsah, čo preferuje prednosť použitia fertigácie – s pravidelným prísunom P priamo do koreňovej zóny hrušiek a dodávaním v nízkych množstvach vzhľadom na vysoký obsah vápnika v karbonátovnej černozemnej pôde.

## Súhrn

Závlaha a hnojivá závlaha patria medzi významné faktory pri pestovaní ovocia v produkčných ovocných výсадbách. Pestovanie stromov v tvare štíhleho vretena je veľmi výhodný spôsob z ekonomickejho hľadiska. Niektoré zimné odrody hrušiek (Bohemica, Lucasova) a letná (Williamsova) boli kultivované v západnej časti Podunajskej nížiny a hodnotenie plodov sme uskutočnili rokoch 2004–2006. Pre vyhodnotenie vplyvu závlahy bol jeden kontrolný, nezavlažovaný variant zaradený v pozemku výsadby s troma ostatnými variantmi závlahy a výživy. Kvalita úrody a rovnako aj kvantita úroda a chemická analýza listov hrušiek boli hodnotené pre zistenie vplyvu závlahy a výživy a ich synergického efektu na úrody hrušiek. Zároveň bol analyzovaný pôdný roztok zachytený v lyzimetrických nádobách.

**Kľúčové slová:** hruška, závlaha, hnojivá závlaha, hnojenie, úrody hrušiek

Táto práca bola podporená Projektom Agentúry na podporu vedy a techniky APVT-99-033204.

## Acknowledgement

This work was supported by Science and Technology Assistance Agency under the contract No. APVT-99-033204.

## Materiál a metódy

- BIELEK, P. 1998. Dusík v polnohospodárskych pôdach Slovenska. Bratislava : VÚPÚ, 1998, s. 256. ISBN 80-85361-44-2.
- BLAŽEK, J. – BENEŠ, V. – DLOUHÁ, J. a i. 1998. Ovocnictví. Česky záhradkársky svaz. Praha : Nakl. KVĚT, 1998, s. 211–218. ISBN 80-85362-33-3.
- BÍZIK, J. – ZÁPOTOCNÝ, V. – MALÁ, Š. – ĐURIGA, K. – MUCHA, V. 2002. Racionálne využívanie závlahovej vody a zdrojov živín v intenzívnom polnohospodárstve. Záverečná výskumná správa – Subprojekt 05. Bratislava : SVP š.p., OZ Hydromeliorácie, 2002, 47 s.
- BÍZIK, J. – ZÁPOTOCNÝ, V. 2002. Význam diagnostiky obsahu dusíka v pôde pre výživu rastlín. In: Naše pole, 2002, č. 2, 2002, s. 8–9.
- HANISKO, Ľ. 2003. Interakčný efekt závlahy a hnojenia na jablone v tvare štíhle vreteno. Doktorandská dizertačná práca I,II. Bratislava : SVP š.p., OZ Hydromeliorácie, 2003, 164s.
- HANISKO, Ľ. – HRIČOVSKÝ, I. – BABJAK, M. 2005. Závlaha a hnojenie v produkčných sadoch jabloní z aspektu ochrany životného prostredia. In: Acta horticulturae et regiotecturae, roč. 8, 2005, mimoriadne číslo, s. 17–21. ISSN 1335-2563.
- HRIČOVSKÝ, I. 1996. Integrované pestovanie jabloní a hrušiek. Poradca. Nitra : Agroinštitút, 1996, 57 s.
- KLEIN, I. – MEIMON, A. – SKEDI, D. 1999. Drip nitrogen, phosphorus, and potassium fertilization of „Spadona“ pear. In: Journal-of-Plant-Nutrition, vol. 22, 1999, no. 3, p. 489–499.
- MIKLÓS, G. 1996. Výživa zimných jablív v závlahových podmienkach. In: Zahradníctví, 1996, č. 8, s. 11–12.
- NOVOTNÝ, M. – ČEPIČKA, J. 1982. Skúsenosti a výsledky zavlažovania ovocných sadov a vinohradov. Na pomoc rozvoju výroby. Bratislava, 1982
- LEE-HANCHAN – KIM-JEAMKUK – KIM-MONGSUP – LEE-HC – KIM-JK – KIM-MS. 1998. Studies on the nutritional diagnosis of Oriental pear (*Pyrus pyrifolia* var. *culta nakai*) odroda „Niitaka“ trees. In: RDA-Journal-of-Agro-Environment-Science, vol. 40, 1998, no. 2, p. 94–99.
- NIELSEN, D. – ROBERTS, T.L. 1996. Potassium fertilization of high density apple orchards. In: Better Crops with Plant Food, vol. 80, 1996, no. 4, p. 12–12.
- PAOLI, N. 1997. What does fertigation have to offer? In: Obstbau-Weinbau, vol. 34, 1997, no. 1, p. 10–13.
- PRAŽÁK, M. 1988. Upresnení kritických období potreby vody a velkosť potenciálniv evapotranspirace u jabloní odr. Golden Delicious. Vedecké práce ovocinárske, 1988, zv. 11, s. 51–55.
- PRAŽÁK, M. – PROSA, S. – CIMPA, L. 2002. Kapková závlaha a přihnojování jabloní. In: Agro, roč. 7, 2002, č. 6, s. 37–38.
- SABOLČÁK, A. – JANSTA, Z. – LITSCHMANN, T. 2000. Ekonomický prínos kapkové závlahy jabloní v podmínkach jižní Moravy. In: Informace pro zahradnictví, 2000, č. 10, s. 6–7.
- SHACKEL, K. – RAMOS, D. – SCHWANKL, L. – MITCHAM, E. – WEINBAUM, S. – SNYDER, R. – BIASI, W. – McGOURTY, G. 1999. Effect of water and nitrogen on pear size and quality. In: Good-Fruit-Grower, vol. 50, 1999, no. 17, p. 34–37.
- TONG-DEZHONG – GAO-XIUPING – YANG-JIAHONG – ZHANG-YONGQUIANG – TONG-ZHAOPING – TONG-DZ – GAO-XP – YANG-JH – ZHANG-YQ – TONG-ZP. 1997. Physiological responses to natural water deficiency in pear. In: Acta Horticulturae Sinica, vol. 24, 1997, no. 4, p. 313–318.

## Kontaktná adresa:

Ing. Ľubomír Hanisko, PhD., Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy, Gagarinova 10, 827 13 Bratislava, Slovenská republika, tel.: +421 2 48 206 921, e-mail: l.hanisko@vupop.sk; Ing. Ján Hríbik, PhD., Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy, Gagarinova 10, 827 13 Bratislava, Slovenská republika, tel.: +421 2 48 206 970, e-mail: j.hribik@vupop.sk; prof. Ing. Ivan Hričovský, Dr.h.c., DrSc., FZKI SPU Nitra, Trieda A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovenská republika, tel.: +421 37 6508 721