

Acta horticulturae et regiotecturae 1

Nitra, Slovaca Universitas Agriculturae Nitriae, 2011, s. 1–4

ŤAŽKÉ KOVY V SEDIMENTOCH PRÍRODNEJ REZERVÁCIE ALÚVIUM ŽITAVY

HEAVY METALS IN SEDIMENTS OF THE NATURE RESERVE ALUVIUM ŽITAVA

Jana URMINSKÁ, Jana PORHAJAŠOVÁ, Peter ONDRÍŠÍK

Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

The nature reserve Aluvium Žitavy represents a suitable environment for the development of wetland communities. Sediments are considered a qualitative indicator of the environment from the environmental point of view. According to the methodology used in the study area Aluvium Žitavy, only insignificant degrees of intensity of potential contamination can be set apart. The contamination issues from the sediments not polluted by risk chemical substances, without observable signs of anthropogenic pollution, without negative effects on organisms up to sediments with documented presence of pollution. From among the contaminants present in the fore, a risk chemical element of cadmium emerged in particular. In sediment samples collected from 2007 to 2009 in the study area Aluvium Žitavy, we found the following concentrations of cadmium in the range 0.0121 to 1.284 mg.kg⁻¹ Cd of dry matter, mercury in the range of 0.0 to 1.362 mg.kg⁻¹ Hg of dry matter and lead in the range of 9.645 to 42.725 mg.kg⁻¹ Pb of dry matter. The analyses of the sediments samples were carried out (certificate no. 01871/101/1/2001) by the flow electrochemistry methods (EcaFlow 150GLP). It can be stated that concentrations of the observed chemical elements in sediments varied within the commonly accepted natural content (sometimes, unique anomalies of local importance have occurred there). From the works carried out it follows that neither rock environment nor soils of the area observed do not constitute an important source of contaminating elements for sediments.

Key words: heavy metals, the nature reserve Aluvium Žitavy, sediment, wetland ecosystem

Mokradové ekosystémy ako najprodukívnejšie biotopy sveta poskytujú celý rad environmentálnych a socio-ekonomickej funkcií a úžitkov. Medzi ich hlavné funkcie patrí najmä akumulácia a retencia vody, čistenie vód, zabezpečenie biologickej diverzity, produkcia biomasy a kyslíka, zabezpečenie zdroja pitnej a úžitkovej vody, akumulácia ľiatok a iné. V posledných rokoch mokrade patria medzi ohrozené ekosystémy (Palatíká, 2009, Ondrišík et al., 2010). Sedimenty predstavujú významný indikátor kvality životného prostredia. Za hlavné kontaminanty, ktoré negatívne pôsobia v životnom prostredí sa považujú rôzne chemické látky, prvky, ale najmä ťažké kovy. Zvýšená pozornosť sa venuje problematike ich vplyvu na životné prostredie, a predovšetkým na živé organizmy (Alloway, 1990; Cibulka et al., 1991; Beneš, 1994; Khun et al., 2000; Rapant et al., 2002; Urminská, 2002; Hronec, Vilček a Tomáš, 2010). Cieľom práce bolo analyzovať sedimenty PR Aluvium Žitavy a stanoviť koncentrácie vybraných ťažkých kovov v týchto sedimentoch. Práca vznikla na základe projektu VEGA 1/0275/08 „Stúdium abiotických a biotických zložiek PR Aluvia Žitavy a jej význam pre zachovanie biodiverzity poľnohospodárskej krajiny“.

Materiál a metóda

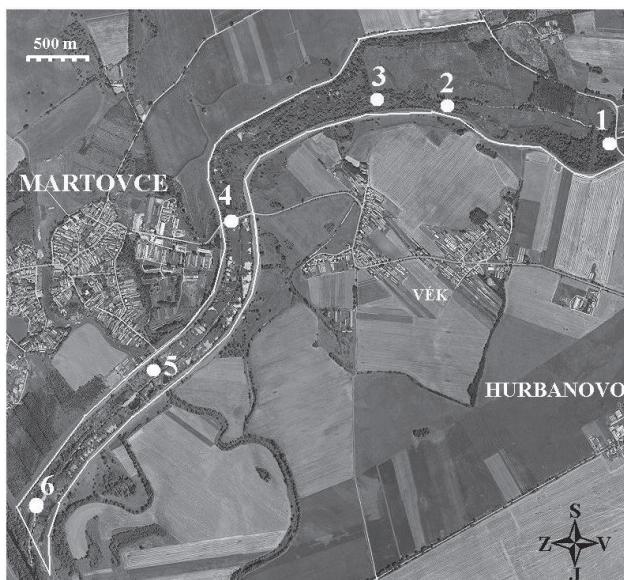
Prírodná rezervácia Aluvium Žitavy sa nachádza v juhozápadnej časti Slovenskej republiky. Spadá do katastrálnych území mesta Hurbanovo a obce Martovce, v ktorom rieka Stará Žitava je po Starej Nitre druhým najvýznamnejším tokom. Stará Žitava vznikla po vybudovaní preložky toku do Nitry pri Dolnom Ohaji. Odstavené koryto je ožívované vodou náplastným objektom v množstve maximálne 3,0 m³.s⁻¹ počas výšich prietokov v Žitave, v čase minimálnych prietokov dotácia do starého koryta kle-sá. Výmera PR je 32,53 ha a za chránené územie bola

vyhlásená v roku 1993 podľa zákona SNR č.1/1955 Z. z. SNR o štátnej ochrane prírody. Územie leží v medzihrádznom priesotre rieky Žitavy, od jej terajšieho vyústenia do Nitry až po začiatok obce Veľký Vék (myslená vzdušná hranica). Toto územie bezprostredne susedí s okolitou agrocenózou, na viacerých miestach so zvyškami meandrov pôvodného toku Nitry a Žitavy. Centrálna časť rezervácie tvorí otvorená vodná hladina kanála s bohatým brehovým porastom. Severná časť sa rozširuje a tvorí ju súvislý porast lužného lesa. Močiarne spoľočenstvá sú vyvinuté hlavne v terénnej zniženine na okraji aluvia Žitavy. Na nepriepustnom podloží sa tu hromadí zrázková voda a tiež voda z prameňa vyvieračceho spod úpatia sedimentov (Bridišová et al., 2006). Veľká časť lokality je počas roka, najmä na jar, zaplavovaná. Územie sa vyznačuje veľkou pestrostou biotopov (Ondrišík et al., 2010). Povrchové vrstvy skúmaného územia tvoria kvartérne sedimenty prevažne fluviálneho pôvodu. Ich podstatnú časť tvoria vrstvy piesčité. V spodných častiach sú štrkopiesky až štrky so stredným obsahom stredno-zrnnitého piesku. Geologický podklad riešeného územia je tvorený kvartérnymi holocénymi nivnými sedimentmi. Základné kvartérne útvary územia sú fluviálno-nivné a fluviálno-mokradové sedimenty nízin (holocén), len na malom území sa nachádzajú miestami viate piesky. Často je v nich prímes jemného piesku a silenitého vápenatého ľlu. Polohy štrkov sa striedajú s pieskami v diagonálnom zvrstvení. Aluviálne štrky sú obyčajne pokryté ľltou sprášovou hlinou, ktorá vypína staré ramená. Litologicky sa striedajú vrstvy ľlu a pieskov (Porvichová, 2009). V oblasti je vysoká hladina spodných vód a je bohatá na tečúce a stojaté vody. Z tohto hľadiska sú zvlášt dôležité plochy pieskov, v ktorých môžu byť uzavreté horizonty. V území prevládajú vody kvartérnych, aluviálnych piesčitých vrstiev. Sú prevažne v hydraulickej spojitosti s vodami povrchových tokov. Preto ich výdatnosť býva vyššia než výdatnosť vrstiev neogennych. Sú tiež

ovplyvňované množstvom zrážok. Pri hodnotení hydrologickej pomerov sú najvýznamnejšie fluviale a eolické sedimenty, ktoré vytvárajú bohaté nádrže podzemných vôd s veľkou výdatnosťou. Na piesčité a štrkovité vrstvy v neogennych sedimentoch sú viazané artézske vody s pomerne vysokým hydrostatickým tlakom (Ondrišík et al., 2010). Hodnotenie kvality sedimentov sledovaného územia Alívium Žitavy 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“, podľa „Rozhodnutia Ministerstva pôdohospodárstva SR č. 531/1994-540 o najvyšších prípustných hodnotách škodlivých látok v pôde“ a podľa „Prílohy č. 8, časť 3 zákona 203/2009 Z. z., ktorým sa dopĺňa zákon 188/2003 Z. z. o aplikácii čistiarenského kalu a dnových sedimentov do pôdy“. V hodnotení koncentrácií ľahkých kovov v sedimentoch sledovaného mokraďového ekosystému, sme sa zamerali najmä na celkové obsahy chemických prvkov – kadmium, olovo, ortút a arzén, ktoré vystupujú do popredia v zložkách životného prostredia Slovenskej republiky, ak sa hodnotí stav znečistenia územia. Vzorky sedimentov sme odoberali na vytypovaných odberových miestach (obrázok 1), priebežne po celej dĺžke záujmového územia.

Odberové miesta sedimentov na území PR Alívium Žitavy:

1. odberové miesto – vtok rieky Žitavy do Alívia. Stredne silný prúd a štrkovitý sediment. **2. a 3. odberové miesto** – typické mokraďové ekosystémy. Voda v týchto miestach prúdi veľmi pomaly a výška jej hladiny sa v závislosti od počasia v priebehu roka mení. Priemerná hrúbka sedimentov cca 1 m a viac. **4. odberové miesto** – odberové miesto sa nachádza pri moste, na ktorom je vybudovaná cestná komunikácia do obce Martovce. V tomto mieste je Alívium najužšie a preto aj voda v rieke tu dosahuje najväčšiu rýchlosť prúdenia. Silný prúd a štrkovitý sediment. **5. a 6. odberové miesto** – typické močiarne ekosystémy. Rieka Žitava sa v týchto miestach vylieva zo svojho koryta. Zaplavuje celé územie medzi hrádzami.



Obrázok 1 Orto-foto mapa Prírodnej rezervácie Alívium Žitavy s odberovými miestami
Zdroj: UKF Nitra (Katedra ekológie a environmentalistiky)

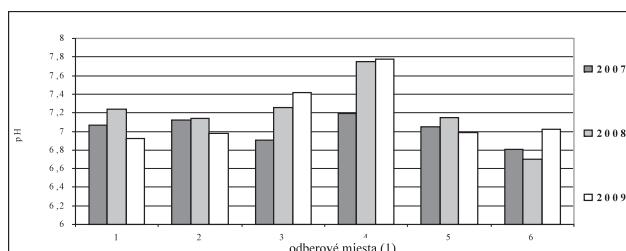
Figure 1 Orthophoto map of The nature reserve Aluvium Žitava with sampling places
Data source: UKF Nitra (Department of Ecology and Environment)

V týchto miestach alívium reprezentuje otvorená vodná plocha. Priemerná hrúbka sedimentov cca 1 m a viac.

Vzorky sedimentov sme odoberali ručným vzorkovačom o hmotnosti 1 – 5 kg do polyetylénových nádob tak, aby obsahovali čo najviac jemnozrnného podielu. Farba sedimentu varírovala od sivo hnedej až po sýto čieru. Na lokalite sme odoberali 5 replikovaných vzoriek z jedného odberového miesta, ktoré boli následne vzájomne zhomenizované. Pre stanovenie celkových obsahov kontaminantov sme použili frakciu sedimentu so zrnitosťou pod 0,125 mm. Vzorky sme sušili pri teplote 40 °C a rozomleli na analytickú jemnosť 0,09 mm. K 25 g jemnozeme sme pridali 125 cm³ 2 mol·dm⁻³ HNO₃ (2 mol·dm⁻³ HNO₃ je citlivejšia pre posúdenie hygienického stavu sledovaného média). Stanovili sa potenciálne uvoľnitelné obsahy prvkov. Vzorky sme extrahovali pretrepávaním na horizontálnej trepačke počas 120 minút. Výluh sme získali filtračiou cez jemný papierový filter. Analýzu výluhov vzoriek riečnych sedimentov sme uskutočnili analytickými postupmi, podľa certifikátu č. 01871/101/1/2001 princípom prietokovej elektrochémie na prístroji – EcaFlow 150 GLP, v Stredisku biológie a ekológie rastlín SPU v Nitre.

Výsledky a diskusia

Vzorky sedimentov boli hodnotené podľa „Metodického pokynu Ministerstva životného prostredia SR č. 549/98-2 na hodnotenie rizík zo znečistenia sedimentov tokov a vodných nádrží“, podľa „Kanadskej normy pre sedimenty“ podľa „Rozhodnutia Ministerstva pôdohospodárstva Slovenskej republiky 531/1994-540 o najvyšších prípustných hodnotách škodlivých látok v pôde“ a podľa „Prílohy č. 8, časť 3 zákona 203/2009 Z. z., ktorým sa dopĺňa zákon 188/2003 Z. z. o aplikácii čistiarenského kalu a dnových sedimentov do pôdy“ (tabuľka 1). V závislosti od meniacich sa fyzikálnych a chemických vlastností sedimentu sa menia aj väzby jednotlivých chemických prvkov a následne aj ich migračné schopnosti, resp. vlastnosti toxikologické (Potančok, 1997). Migračné schopnosti a vlastnosti toxikologické sú výrazne ovplyvňované napr. oxidačno-redukčným potenciálom a pH prostredia. V danej lokalite PR Alívium Žitavy sa pH sedimentu za roky 2007 až 2009 pohybovalo v rozpätí 6,47 – 7,78 (obrázok 2). Podľa viacerých autorov, pH je dôležitá chemická veličina, ktorá významne ovplyvňuje chemické vlastnosti ľahkých kovov. Väčšina ľahkých kovov intenzívne migruje v životnom prostredí pri pH < 7. Na základe týchto skutočností možno predpokladať aj zvýšenie koncentrácií jednotlivých ľahkých kovov v prostredí (Khun et al., 2000; Rapant et al., 2002; Urmanská, 2002; Hronec, Vilček a Tomáš, 2010). Z odberu vzoriek sedimentov sledovanej oblasti v rokoch 2007 až 2009, sme zistili nasledovné koncentrácie vibra-



Obrázok 2 Koncentrácia pH v rokoch 2007 až 2009 v sedimentoch Alívia Žitavy
Figure 2 Concentration of pH from 2007 to 2009 in sediment of Aluvium Žitava (Sampling places)
(1) sampling places

Tabuľka 1 Limitné hodnoty pre sledované prvky v riečnych sedimentoch podľa Metodického pokynu MŽP SR č. 549/98-2; Kanadskej normy pre sedimenty, Rozhodnutia MP SR 531/1994-540 a Prílohy č. 8, časť 3 zákona 203/2009 Z. z., ktorým sa dopĺňa zákon 188/2003 Z. z. o aplikácii čistiarenskej kalu a dnových sedimentov do pôdy

Prvok (1)	Príloha č. 8 časť 3 zákona 203/2009 Z. z., ktorým sa dopĺňa zákon 188/2003 Z. z. v $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ sušiny	Metodický pokyn MŽP SR 549/98-2 v $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ sušiny	Kanadská norma pre sedimenty v $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ sušiny	Rozhodnutie MP SR 531/1994-540 v $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ sušiny
As	20,0	TV (2)	29,0	A
		MPC (3)	55,0	B
Cd	10,0	TV	0,8	A
		MPC	12,0	B
Hg	10,0	TV	0,3	A
		MPC	10,0	B
Pb	750,0	TV	85,0	A
		MPC	530,0	B

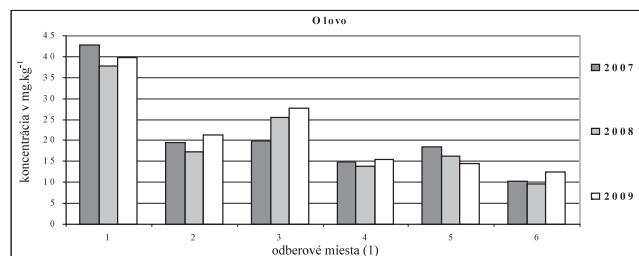
TV – cieľová hodnota zanedbateľného rizika, MPC – maximálna prípustná koncentrácia, A, A* – koncentrácie neohrozujúce živé organizmy, B, B* – koncentrácie ohrozujúce živé organizmy

A, A* – dauntlessness concentration, B, B* – threatening concentration

Table 1 Limit values of the monitored elements in the stream sediments (set by the Methodical direction of Ministry of the Environment SR no. 549/98-2; Canadian Sediment Quality Guideline for the protection of Aquatic Life, Resolution of MA SR 531/1994-540 and Annex no. 8, part 3 to the Law 203/2009 amending Law 188/2003 about Application of Sewage Sludge and Sediments in the soil.)
(1) element, (2) target value – fractional risk, (3) maximum permissible concentration

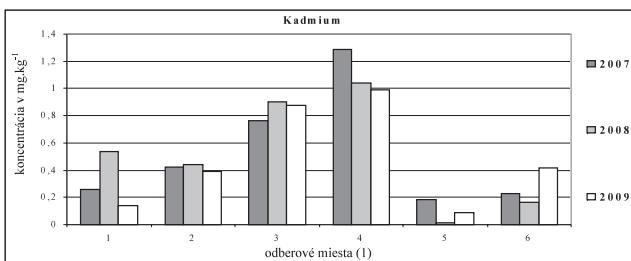
ných ľažkých kovov: pre kadmium koncentrácie v rozmedzí $0,0121 - 1,284 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ suchej hmoty; pre olovo $9,645 - 42,725 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ suchej hmoty; pre ortut $0,0 - 1,362 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ suchej hmoty; (obrázky 3 – 5). Zvýšenú pozornosť zo štúdia koncentrácií vybraných ľažkých kovov v sedimentoch územia Alívium Žitavy si zaslúhujú predovšetkým chemické prvky kadmium a ortut. Podľa hodnotenia „Metodického pokynu Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 549/98-2“ v roku 2007 kadmium prekročilo TV – cieľovú hodnotu zanedbateľného rizika ($0,8 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) na odberovom mieste č. 4 (pod mostom). V roku 2008 na odberovom mieste č. 3 (mokraďový ekosystém), obdobne aj v roku 2009. Podľa „Kanadskej normy pre sedimenty“, kadmium v roku 2007 prekročilo hodnotu A – koncentráciu výrazne neohrozujúcu živé organizmy ($0,6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) na odberovom mieste č. 4. V rokoch 2008 a 2009 na odberových miestach č. 3 a 4. Podľa „Rozhodnutia Ministerstva pôdohospodárstva SR č. 531/1994-540“, kadmium v roku 2007 prekročilo hodnotu A* – koncentráciu neohrozujúcu živé organizmy ($0,8 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) na odberovom mieste č. 4. V roku 2007 a 2008 na odberových miestach č. 3 a 4. Podľa „Metodického pokynu Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 549/98-2“ v rokoch 2007, 2008 a 2009 ortut prekročila TV – cieľovú hodnotu zanedbateľného rizika ($0,3 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) na odberovom mieste č. 1 (vtok rieky). Podobne podľa „Kanadskej normy pre sedimenty“, ortut v roku 2007 prekročila hodnotu A ($0,2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) tiež na mieste č. 1. V rokoch 2008 a 2009 na odberových miestach č. 1 (vtok) a 6 (močiarny ekosystém). Podľa „Roz-

hodnutia Ministerstva pôdohospodárstva SR č. 531/1994-540“, ortut v roku 2007 prekročila hodnotu A* – koncentráciu neohrozujúcu živé organizmy ($0,3 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) na odberovom mieste č. 1. V roku 2007 a 2008 na odberových miestach č. 1 a 6. Olovo v rokoch 2007 až 2009 prekročilo hodnotu A – koncentráciu výrazne neohrozujúcu živé organizmy ($31,0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) na odberovom mieste č. 1 (vtok rieky), podľa „Kanadskej normy pre sedimenty“. Podľa hodnotenia sedimentov na základe „Prílohy č. 8, časť 3 zákona 203/2009 Z. z., ktorým sa dopĺňa zákon 188/2003 Z. z. o aplikácii čistiarenskej kalu a dnových sedimentov do pôdy“, koncentrácie ľažkých kovov sa pohybovali pod rizikovou hranicou, neprevyšo-



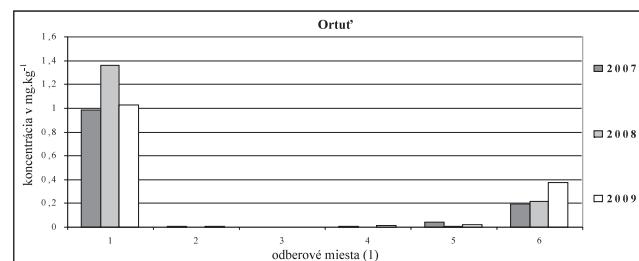
Obrázok 4 Koncentrácia olova v sedimentoch Alívium Žitavy v rokoch 2007 až 2009 v $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ sušiny

Figure 4 Concentration of lead in sediment of Aluvium Žitava from 2007 to 2009 (Lead, sampling places, concentration in $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)
(1) sampling places



Obrázok 3 Koncentrácia kadmia v sedimentoch Alívium Žitavy v rokoch 2007 až 2009 v $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ sušiny

Figure 3 Concentration of cadmium in sediment of Aluvium Žitava from 2007 to 2009 (Cadmium, sampling places, concentration in $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)
(1) sampling places



Obrázok 5 Koncentrácia ortuti v sedimentoch Alívium Žitavy v rokoch 2007 až 2009 v $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ sušiny

Figure 5 Concentration of mercury in sediment of Aluvium Žitava from 2007 to 2009 (Mercury, sampling places, concentration in $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)
(1) sampling places

vali limitné hodnoty pre sledované prostredie. Obdobnú situáciu s neprevyšujúcimi limitnými koncentráciami ľažkých kovov v sedimentoch uvádzajú Andreji et al. (2009). V sledovanom období do popredia vystupujú odberové miesta č. 1 (vtok rieky Žitavy do Alívia) a č. 4 (pod mostom), ktoré sú výrazne ovplyvnené antropogénne ovplyvneným zanášaním z okolitých obydlí. Reprezentujú územie, kde znečisťujúce pevné látky sú transportované vodným zrážkovým splachom a vzdušnou cestou. Ako vyplýva zo samotnej geochemickej podstaty prvkov (Urmanská, 2002), silnú preukaznú významnosť vykazuje spomedzi všetkých sledovaných prvkov už spomenutý chemický prvek – kadmium, kde tento rizikový prvek doprevádza prvky olovo a ortuť skoro vo všetkých prírodných prostrediah. Zistenie výskytu ľažkých kovov v sedimentoch územia PR Alívia Žitavy, je spôsobované rôznymi formami potenciálnych kontaminantov antropogénneho aj prípadne prírodného pôvodu. Následne po intenzívnych zmenách sú tieto látky usadzované na brechoch a stávajú sa dlhodobo súčasťou sedimentu. Podstatnú časť tvoria mimoriadne rôznorodé materiály. Z hľadiska zrnutostného zloženia je variabilita znečistenia tiež rôznorodá. Ako uvádzajú Potančok (1997) mimoriadne nebezpečný typ takýchto materiálov predstavujú tuhé a kvapalné rizikové látky. Rozkladajúce sa tuhé kontaminanty uvoľňujú jednotlivé chemické zlúčeniny a predstavujú potenciálne druhotný zdroj chemickej kontaminácie sedimentov. Ďalšiu formu predstavujú látky chemickej povahy, viazané na špecifické pevné súčasti sedimentu. Toto prostredie obsahuje aj značný podiel organickej hmoty, ktorá pôsobí ako adsorbent ľažkých kovov a tiež substrát pre mikroorganizmy. Mikroorganizmy sú vhodnými katalyzátormi pre vytváranie redukčných podmienok, ktoré vplývajú na ďalšiu akumuláciu chemických prvkov. Kontaminované sedimenty predstavujú pre vodné organizmy neprirozené a nebezpečné prostredie (Sawidis et al., 1995; Wen a Allen, 1999). Z našich zistení vyplýva, že v predmetnom území, koncentrácie rizikových prvkov v sedimentoch sú nižšie ako je hranica, ktorá by výrazne akútne ohrozovala jednotlivé druhy organizmov mokraďového ekosystému.

Súhrn

Prírodná rezervácia Alívium Žitavy predstavuje vhodné prostredie pre rozvoj mokraďových spoločenstiev. Z environmentálneho hľadiska možno sedimenty považovať za kvalitatívny indikátor stavu životného prostredia. V zmysle použitej metodiky, možno na sledovanom území vyčleniť len nepatrné stupne intenzity potenciálnej kontaminácie. Od sedimentov neznečistených rizikovými chemickými látkami, bez pozorovateľných príznakov antropogénneho znečistenia, bez negatívnych vplyvov na organizmy, po sedimenty s dokumentovateľnou prítomnosťou znečistenia. Z prítomných kontaminantov do popredia vystupujú najmä rizikové chemické prvek kadmium a ortuť. Vo vzorkach sedimentov sledovanej oblasti odobratých v rokoch 2007 až 2009, sme zistili nasledovné koncentrácie kadmia v rozmedzí 0,0121 – 1,284 mg.kg⁻¹ suchej hmoty, ortuti 0,0 – 1,362 mg.kg⁻¹ suchej hmoty a olova 9,645 – 42,725 mg.kg⁻¹ suchej hmoty. Možno konštatovať, že koncentrácie sledovaných chemických prvkov v sedimentoch sa pohybovali v rámci všeobecne akceptovaných prirodzených obsahov (občas sa vyskytli ojedinelé prirodzené anomálie lokálneho významu). Z vykonaných prác vyplýva, že potenciálne horinové prostredie, ani pôdy študovanej oblasti nepredstavujú pre sedimenty významnejší zdroj kontaminujúcich prvkov.

Kľúčové slová: mokraďový ekosystém, prírodná rezervácia Alívium Žitavy, sediment, ľažké kovy

Príspevok vznikol s podporou projektu VEGA 1/0275/08 „Štúdium abiotických a biotických zložiek PR Alívia Žitavy a jej význam pre zachovanie biodiverzity poľnohospodárskej krajiny“.

Literatúra

- ALLOWAY, B. J. 1990. Heavy metals in soils, London : Blackie Press, 339 p.
- ANDREJI, J. – STRÁNAI, I. – TÓTH, T. 2009. Koncentrácie ľažkých kovov v svalovine rýb a dnových sedimentoch rybníka Malé Zálužie. In: Acta fytotechnica et zootechnica, roč. 12, 2009, č. 1, s. 13 – 16.
- BENEŠ, S. 1994. Obsahy a bilance prvku ve sférach životního prostredia. II., MZ ČR, 159 s.
- BRIDIŠOVÁ, Z. – BALÁŽ, I. – AMBROS, M. 2006. Drobné cicavce prírodnnej rezervácie Alívium Žitavy. In: Chránené územia Slovenska, č. 69, p. 7 – 9.
- CIBULKA, J. – DOMAŽLICKÁ, E. – KOZÁK, J. – KUBIZŇÁKOVÁ, J. – MADER, P. – MACHÁLEK, E. – MAŇKOVSKÁ, B. – MUSIL, J. – PAŘÍZEK, J. – PIŠA, J. – POHUNKOVÁ, H. – REISNEROVÁ, H. – SVOBODOVÁ, Z. 1991. Pohyb olova, kadmia a rtuti v biosfére, Praha, 1991, 427 s.
- HRONEC, O. – VILČEK, J. – TOMÁŠ, J. 2010. Kvalita zložiek životného prostredia v prírodných oblastiach Slovenska, Brno : MU, 225 s.
- KANADSKÁ NORMA PRE SEDIMENTY. 2002. Canadian Sediment Quality Guideline for the protection of Aquatic Life", Canadian Council of Minist. of the Environment, Winnipeg, 2002.
- KHUN, M. – JURKOVIČ, L. – 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
- ONDRIŠÍK, P. – URMINSKÁ, J. – PORHAJAŠOVÁ, J. – SOVIŠOVÁ, M. 2010. Zmeny obsahu anorganických foriem dusíka v pôdach vybraných mokraďových ekosystémov. Vedecká monografia. Nitra : SPU, 2010, 68 s.
- PALATICKÁ, A. 2009. Monitorovanie a hodnotenie kvality vody v Prírodnnej rezervácii Alívium Žitavy. Dizertačná práca. Nitra : SPU, 2009, 248 s.
- PORVICHOVÁ, L. 2009. Pedologická charakteristika fluvizeme v Prírodnnej rezervácii Alívium Žitavy. Diplomová práca. Nitra : SPU, 2009, 54 s.
- POTANČOK, V. 1997. Zhodnotenie ekologickej únosnosti regiónu Žiarskej kotliny (Riečne sedimenty – Správa za II. etapu). Manuskript EL spol. s.r.o., Ekologicke a veterinárne laboratórium Spišská Nová Ves, Spišská Nová Ves, 1997, 41 s.
- RAPANT, S. – KHUN, M. – JURKOVIČ, L. – 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.
- ROZHODNUTIE Ministerstva pôdohospodárstva SR 531/1994-540 o najvyšších prípustných hodnotách škodlivých látok v pôde a o určení organizácií oprávnených zistovať 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.
- URMINSKÁ, J. 2002. Potenciálny vplyv geoch. prostredia na zdravotný stav detskej populácie v oblasti Žiarskej kotliny (z aspektu medic. geoch.). Dizertačná práca, Bratislava : UK, 2002, 165 s.
- 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.
- ZÁKON 203/2009 Z. z., ktorým sa dopĺňa zákon 188/2003 Z. z. o aplikácii čistiacenského kalu a dnových sedimentov do pôdy a o zmene a doplnení zákonov v znení neskorších predpisov.

Kontaktná adresa:

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

Acta horticulturae et regiotecturae 1

Nitra, Slovaca Universitas Agriculturae Nitriae, 2011, s. 5–8

VPLYV FAKTOROV PROSTREDIA NA MÚČNATKU VINIČOVÚ – *UNCINULA NECATOR* (SCHWEIN.) B**IMPACT OF ENVIRONMENTAL FACTORS ON GRAPE
POWDERY MILDEW – *UNCINULA NECATOR* (SCHWEIN.) B**Jarmila EFTIMOVÁ,^{1/} Kamila BACIGÁLOVÁ^{2/}University of veterinary medicine and pharmacy in Košice^{1/}
Botanický ústav SAV, Bratislava^{2/}

The objective of our research in the Tokaj wine region in the period of 2004 – 2007 was to monitor the impact of environmental factors on the dynamics of the outbreak of powdery mildew on grapes *Uncinula necator* (Schwein.)B. We determined the primary source of infection and compared whether there was a change in the sensitivity to a pathogen for three types of grape grown over a long period of time. The existence of cleistothecia and the possibility of infection by ascospores had not been verified in this region till this time. The results of our research proved the occurrence of cleistothecia. They became the primary source of infection in 2005 and 2006. Our results confirmed that the cleistotecium form, as a primary source of powdery mildew infection, had an important epidemiologic role. The diffusion of ascospores and conidia is spatially limited; therefore infection depends upon the susceptibility of the cultivar, location of the vineyard, weather and treatment. The environment has both a direct and an indirect impact on the infection dynamics of *Uncinula necator* (Schwein.)B. New knowledge about the fungus overwintering and the conditions of primary infections confirmed that it was necessary to change the treatment of grapes and vines in the Tokaj region depending on the primary source.

Key words: pathogen, Grape Powdery Mildew, primary source of infection, cleistothecia

Špecifické prírodné podmienky a tradícia pestovania viniča a výroby vína, začleňujú vinohradnícku oblasť Tokaj k oblastiam, v ktorých sa môže vyrábať prírodné sladké víno. Už v roku 1655 bol vydaný prvý zákon o tokajskej oblasti, v ktorom sa nariadovalo povinné vyberanie cibéb zo strapcov hrozná, ktoré je základom výroby tokajských výberových vín. Špecifikom uzavretej vinohradníckej oblasti Tokaj je pôda, jej geologický podklad, obsah skeletu a pôdny druh (Kolárik, 2004).

Zo zákona č. 313/2009 je definovaná Tokajská oblasť, presne vymedzené hony a odrody viniča (cv. Lipovina, cv. Muškát žltý, cv. Furmint), ktoré sa tu môžu pestovať. Podľa Brindzu (2002) sú populácie tokajských odrôd viniča ohrozené genetickou eróziou. Striktné podmienky dlhodobého monokultúrneho pestovania viniča a malá vnútrodruhová diverzita vytvárajú predpoklady pre vznik agresívnejšieho správanie sa patogénov a zvýšený výskyt epidémii (Eftimová, 2006).

V rokoch 2004 – 2007 sme vo vinohradníckej oblasti Tokaj sledovali vplyv faktorov prostredia na dynamiku epidémie múčnatky viničovej – *Uncinula necator* (Schwein.) B na viniči. Súčasťou výskumu bolo stanovenie citlivosti odrôd na múčnatku, vypracovanie anatomicko-morfologickej charakteristiky huby a determinácia primárneho zdroja infekcie.

Materiál a metódy

Popis stanovišta – vinohradnícka oblasť Tokaj leží na juhovýchodných až juhozápadných svahoch Zemplínskej vrchoviny. Rozprestiera sa v katastroch obcí Malá Tŕňa, Veľká Tŕňa, Bara, Černochov, Čerhov, Viničky a Slovenské Nové Mesto.

Klimatické podmienky – pre oblasť je typický kontinentálny ráz počasia. Atmosférické zrážky sú nerovnomerne rozložené. Suchá a teplá jeseň vyhovuje tvorbe cibéb (hrozienok).

Pôdne podmienky – pôdy sú vytvorené na druhohorných andezitových a ryolitových tufoch. Sopečné horniny zvetrávaním vytvárajú fažie šílovité zeminy bohaté na draslik. Z pôdnych typov má najväčšie zastúpenie hnedozem.

Odrodová skladba: furmint 65 – 75%, lipovina 15 – 20% a muškát žltý do 10%.

Agrotechnika – v starších výsadbach je rýnsko-hessenské stredné vedenie viniča v spone 2,20 × 1m. V mladších výsadbach je vodorovný kordón a spon výsadby 2,4 × 0,85 m. Medziradie je zatrávené.

Monitoring a diagnostika chorôb: v priebehu vegetácie sme monitorovali výskyt chorôb v lokalitách Pahorok (1) a Makovisko (2) v Malej Tŕni, SOU – Viničky, (3) Kate – Čelejka (4) v Slovenskom Novom Meste. Z každej lokality sme odberali 100 ks listov a 50 ks strapcov na diagnostiku chorôb. Z lokality Pahorok sme v októbri odoberali listy a plody s vizuálnou symptomatikou napadnutia múčnatkou viničovou a určovali prezimujúcu formu huby. Na prípravu mikroskopických prípravov sme použili 50% kyselinu mliečnu, respektíve laktófenol s anilínovou modrou. Pomocou svetelného mikroskopu Zeiss-Amplival sme určovali druh huby, zaznamenávali biometrické údaje a robili mikrofotografie. Na druhovú determináciu jednotlivých húb sme použili klúče na určovanie húb a monografické práce Pavlech (1995), Braun a Takamazu (2000). Herbárový materiál použitý na štúdium druhovej diverzity je uložený v Mykologickom herbári Botanického ústavu Slovenskej akadémie vied (SAV).

Hodnotenie napadnutia viniča chorobami: Stupeň napadnutia sme vyhodnocovali Townsendov a Heubergerovým vzorcом a dosiahnuté výsledky sme komparovali s ostatným výskumom v oblasti.

Výsledky a diskusia

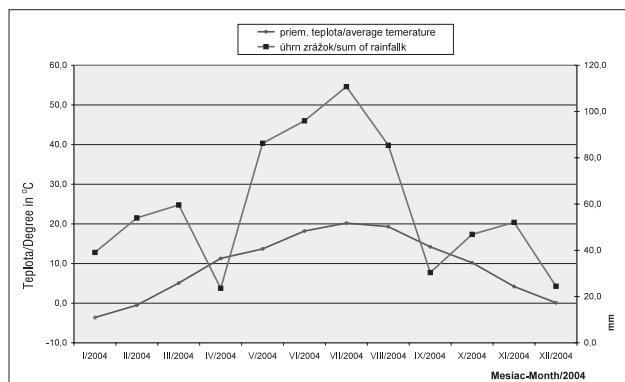
Vo vinohradníckej oblasti Tokaj spôsobuje múčnatka viničová najmä v rokoch priaznivých pre svoj vývoj vážne problémy, ktoré sa odrazujú na nízkej kvalite hrozna. Cieľom nášho výskumu v rokoch 2004 – 2007 bolo zistit, ktoré faktory prostredia a do akej miery ovplyvňujú dynamiku epidémie múčnatky viničovej – *Uncinula necator* (Schwein.) B.

Zároveň sme skúmali, ktoré štadium huby je v danej oblasti dominantné a ako reagujú jednotlivé odrody viniča na infekciu.

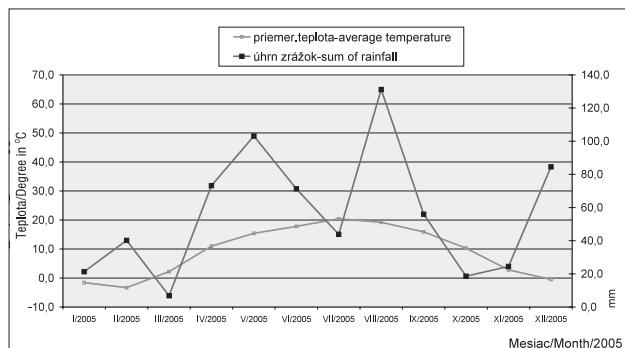
Múčnatka na viniči – *Erysiphe necator* Schwein. Trans. Amer. Phil. Soc. 4: 270 (1834) špirálovka viničová, Syn. *Uncinula necator* (Schwein.) Burrill, Anamorfné štadium: *Oidium tuckeri* Berk.

Uncinula necator (Schwein.) B., (Ascomycota) je ektoparazit, ktorý napadá listy, jednorocné výhony, kvetenstvo aj mladé vyvíjajúce sa bobule. Huba prezimuje vo forme mycélia v púčikoch, alebo vo forme teleomorfného štátia kleistotécií. Infekčný proces a rast mycélia huby ovplyvňujú teplota, vlhkosť a svetlo.

V sledovanej oblasti bola ochrana viniča proti múčnatke viničovej postavená na poznatku, že primárnym infekčným zdrojom je prezimujúce mycélium v šupinách púčikov a anemochórne konídie sú zdrojom ďalšej infekcie. Fungicídne ošetrovanie sa vykonávalo paušálne v období 5-listov viniča a následné ošetrovanie záviseli od priebehu počasia. Nevieli sa evidencie o výskytu múčnatky na jednotlivých odrodách a lokalitách, priebehu počasia, ktoré patria k významným podkladom pre predpoveď výskytu a šírenie patogéna v nasledujúcom roku.



Obrázok 1 Walterov klimatograf 2004
Figure 1 Walter's Climatogram 2004



Obrázok 2 Walterov klimatograf 2005
Figure 2 Walter's Climatogram 2005

S týmto naším názorom sa stotožňujú Ackermann (2000), Dula (2000), Fuži (2003). Bez dôkladnej analýzy vzťahov medzi poveternostnými faktormi, patogénom a odrodou viniča, nie je možné spopisivo určovať termíny nástupu infekcií a termíny fungicídnych ošetroní.

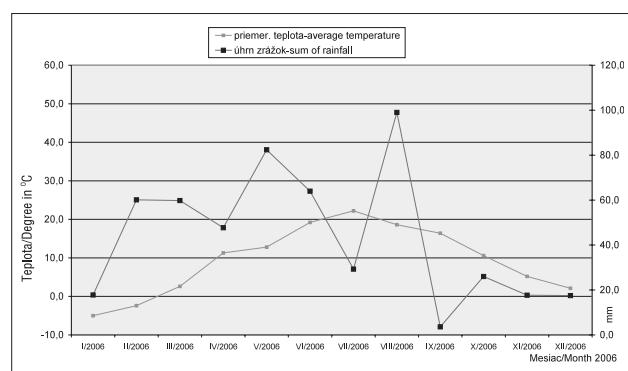
Pri zostavovaní agroklimatickej charakteristiky vinohradníckej oblasti Tokaj v rokoch 2004 – 2007 sme použili dátu (teplota) z klimatickej stanice SHMÚ-Somotor. Zrážky boli merané v Malej Tŕni. Ovlhčenie listov sme sledovali prístrojom Luft GBHm. Klimatickú charakteristiku oblasti v roku 2004 – 2007 sme zdokumentovali vo Walterových klimatografoch 1, 2, 3, 4 (obr. 1 – 4).

Najväčší vplyv na utváranie klimatických podmienok vo vinohradníckej oblasti Tokaj mali nadmorská výška, reliéf a poloha pozemku. Mikroklima lokality a agrotechnika ovplyvňovali infekciu a rozširovanie múčnatky viničovej na viniči.

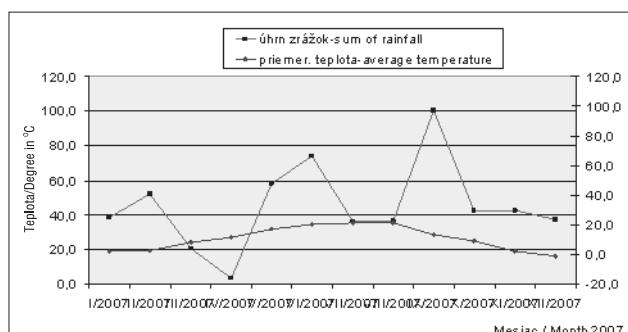
Pri hodnotení citlivosti odrôd na múčnatku viničovú sme vychádzali z ostatného prieskumu, ktorý vykonaala Pospíšilová (1981). Autorka charakterizuje odrodu Furmint, ako stredne odolnú proti múčnatke, slabo odolnú proti peronospóre a veľmi náhylnú na botrytidu. Lipovina ako veľmi citlivú na múčnatku a peronospóru a stredne náhylnú na botrytidu. Muškát žltý ako citlivý na múčnatku a botrytidu, stredne náhylný na peronospóru.

Výskyt múčnatky viničovej na jednotlivých odrodách a lokalitách v priebehu ročníkov 2005 – 2007 uvádzame v tabuľke 1.

V pokusoch sme zistili, že najdôležitejším faktorom, ktorý rozhoduje o infekcii múčnatkou je náhylnosť odrody najmä citlivosť listov, na ktorých sa vytvárajú reprodukčné orgány huby. Najcitlivejšie na infekciu múčnatkou viničovou reagovala odroda Lipovina, ktorá má veľmi tenký a jemný list, ktorý umožňuje veľmi ľahký príenik a infekciu hubou. Primárna infekcia listu



Obrázok 3 Walterov klimatograf 2006
Figure 3 Walter's Climatogram 2006



Obrázok 4 Walterov klimatograf 2007
Figure 4 Walter's Climatogram 2007

Tabuľka 1 Percento napadnutia *Uncinula necator* na listoch viniča

Hubové ochorenie (5)	Odrody (6)	% napadnutia (7) 2005				% napadnutia (7) 2005				% napadnutia (7) 2005			
		(1)	(2)	(3)	(4)	(1)	(2)	(3)	(4)	(1)	(2)	(3)	(4)
<i>Uncinula necator</i>	Lipovina	75	37	55	48	65	35	51	55	78	48	74	72
	Furmint	64	31	34	39	62	32	32	38	68	45	65	66
	muškát žltý	59	28	29	32	56	27	26	27	59	39	59	57

(1) Pahorok, (2) Makovisko, (3) Malá Trňa, SOU Viničky, (4) Kate – Bara

Table 1 The percentage of *Uncinula necator* infection on vine leaves in Pahorok

(1) Pahorok, (2) Makovisko, (3) Malá Trňa, SOU Viničky, (4) Kate – Bara, (5) diseases, (6) cultivars (7) occurrence in %

v jarnom období nastáva na rube listu a tým vytvára silný infekčný tlak na strapce. Strapce a bobule sú veľmi citlivé v každom štádiu na múčnatku. Vekovo staršie listy sú odolnejšie proti infekcii. Z našich výsledkov vyplynulo, že najzraniteľnejším obdobím pre infekciu múčnatou je fenofáza BBCH 68, keď je 80% odkvitnutých kvietkov viniča. Čím je dlhšie obdobie od začiatku kvitnutia po koniec kvitnutia, tým vzniká dlhšie obdobie pre možnosť infekcie.

Rez viniča, zelené práce a podlom ovplyvňujú infekciu a šírenie sa huby. V prehustenom kresťe sa vytvárajú priaznivejšie teplné a vlhkostné podmienky pre hubu.

V roku 2004 začal vinič pučať 20. apríla. Na prvom liste viniča sme 5. 5. 2004 objavili bledoželené až žltozelené matné škvŕny. V priebehu vegetácie sa huba šírila v poraste konídiami.

Prvý kvartál 2005 bol studený a pôda premrzla do hĺbky 33 cm. Najnižšia prízemná teplota bola vo februári -21,4 °C a spôsobila poškodenie podhubia múčnatky viničovej. Fuzi (2003), Ackermann (2000) uvádzajú, že k poškodeniu mycelia múčnatky viničovej dochádza už pri teplotách -16 °C. Vinič oproti roku 2004 zaostával v raste o 12 dní. Na kontrole sme identifikovali príznaky múčnatky 11. júla 2005. O tom, že primárna infekcia múčnatky v roku 2005 bola spôsobená askospórami nás presvedčili príznaky, ktoré sa objavili až po kvete rovnomerne na sledovaných parcelách napriek tomu, že sme nenašli infikované listy z mycelia. K obdobným pozorovaniam dospeli aj francúzski výskumníci, ktorí v oblasti Bordeaux veľmi často pozorovali prvé príznaky múčnatky až po kvete. V Maďarsku v Egerskej vino-hradníckej oblasti za sledovaných 12 rokov našli iba v jednom roku 1994 prezimujúce myceliové štadium (Fuzi, 2003).

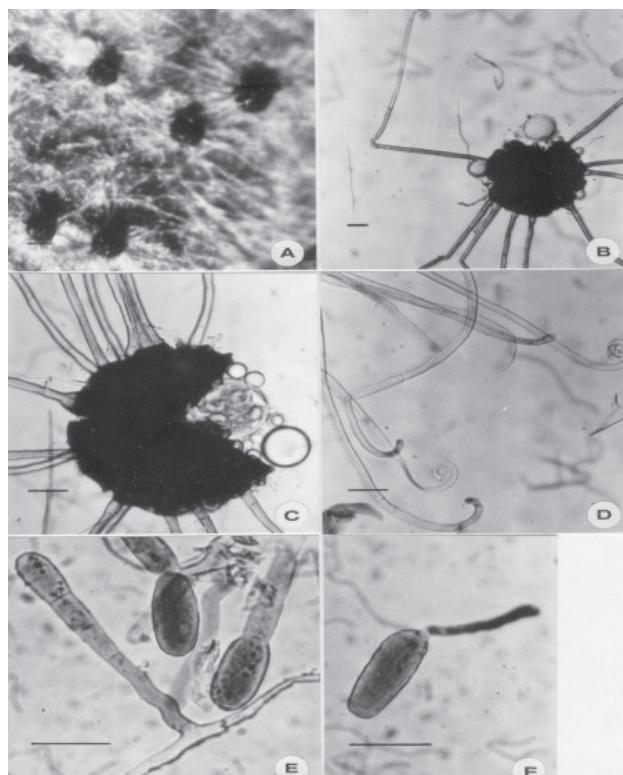
Dňa 12. 10. 2005 sme odobrali napadnuté listy a strapce múčnatou viničovou pre upresnenie zdrojov infekcie pre nasledujúcu sezónu 2006. Na povrchu odobratých listov a bobuliach sme mikroskopicky pozorovali, výskyt jemného bieleho až sivo-bieleho semiperzistentného mycelia v tvare pavučinovitých až múčnatých povlakov alebo škvŕn. Mycelium sa vyskytovalo spolu s guľovitými, žltými až tmavohnedými plodničkami (kleistotéciami) huby v rôznom štádiu ich vývoja (obr. 5A). Konídiové (anamorfné) štadium huby – *Pseudoidium*, tvorili vláknotité hýfy (mycelia) huby (obr. 5E). Hýfy sú rovné, alebo mierne zvlnené 30 – 70 × 4 µm, rozvetvujú sa v pravom uhle so septom 0 – 15 µm od bodu rozvetvania. Konidie sa tvoria jednotliво, sú jednobunkové, tenkostenné, elipsoidno-vajcovité až súdkovité, rôzne veľké 25 – 45 × 12 – 20 µm (obr. 5E). Klíčne vlákno apikálne, krátke, niekedy stočené a ukončené laločnatým apresériom (obr. 5F).

Teleomorfné – pohlavné štadium huby tvorili čierohnedé kleistotécia, nepravidelné guľovité, s priemerom od 90 – 130 µm rozptýlené jednotlivo alebo v skupinách (obr. 5B, C). Bunky peridia kleistotécia sú polygonálne až okrúhle. Početné privesky zrelych kleistotécia (10 – 25) vyrastajú lúčovito z oblasti ekvatoriálnej roviny a sú 1 – 3-krát dlhšie ako priemer kleistotécia, hy-

alínne až hnedé, článkované, rovné až mierne oblúkovito zahnuté smerom nahor, jednoduché na konci háčikovito zahnuté až stočené (obr. 5D). Dve vrecká sú široko vajcovité, 35 – 65 × 25 – 40 µm veľké, so 4 – 6 elipsoidno-vajcovitými askospórami 15 – 25 × 9 – 15 µm.

Kleistotécia sa intenzívne tvorili nielen na kontrole, ale aj na ošetrovaných parcelách viniča. Tieto naše pozorovania, korespondujú s výsledkami výskumu v Maďarsku (Fuzi, 2003; Dula, 2000, 2005). Pearson a Gadoury (1987) uvádzajú, že prvotným zdrojom infekcie múčnatky v New Yorku, boli askospóry uvoľňujúce sa v jarnom období z prezimujúcich kleistotécí. V Taliansku Cortesi et al. (1999) zistili v trojročných pokusoch, že v sledovaných výsadbách v 86% boli zastúpené kleistotécia, v 7% vôbec nebola múčnatka a 33% výsadiel boli zastúpené obidve formy prezimovania myceliovú i kleistotéciovú.

V roku 2006 bol prvý kvartál teplotne studený, pôda premrzla do hĺbky 47 cm. Najnižšia prízemná minimálna teplota bola nameraná v januári -24,0 °C, čo spôsobilo, poškodenie podhubia múčnatky viničovej. Na základe poznania, že kleistotécia prežívajú aj veľmi silné mrazy sme očakávali silný nástup

Obrázok 5 Mikrofotografické zábbery múčnatky viničovej *Uncinula necator* (Schwein.) B.Figure 5 Micrograph pictures of Grape Powdery Mildew *Uncinula necator* (Schwein.) B.

askospórovej primárnej infekcie. Na kontrole sme identifikovali príznaky múčnatky 9. júla 2006. V rokoch 2005 a 2006 nastala infekcia počas kvitnutia a spôsobila odumretie strapcov. Na napadnutých bobuliach sa tvoril múčnatý povlak, prestali rásť, stvrdli nevyzrievali, došlo k prietriži semien a stávali sa zdrojom sekundárnej infekcie. Napadnuté bobule typicky zemito voňali a tvorili na povrchu peritécia. Podrobnej merania múčnatky viničovej na Tokajských odrôdach v roku 2005 a 2006 nám potvrdili dominanciu kleistotécií nad mycéliou formou prezimovania.

Jeseň v roku 2006 bola mimoriadne suchá a teplá predpokladali sme silný výskyt askospórovej infekcie v roku 2007. Posledný kvartál 2006 bol však veľmi chudobný na zrážky čo spôsobilo, že sa nevytvorili podmienky pre zmývanie reprodukčných orgánov huby na kmienok.

Vegetačný rok 2007 bol veľmi teply. Vinič začal pučať 5. 4. 2007. Najnižšie denné minimá boli zaznamenané 2. a 3. mája, kedy boli zaznamenané prízemné mrazy (-4 °C) a vinič na niektorých lokalitách zmrzol. Škody predstavovali 30% z vinohradu. Nedostatok primárneho inokula spôsobilo, že múčnatka v roku 2007 napriek optimálnym klimatickým podmienkam sa vyskytovala len ojedinele na listoch (7. mája 2007).

Z výskumu vyplynulo, že je veľmi dôležité z hľadiska epidemiológie huby preskúmať porasty viniča na konci vegetácie, aby sme si vytvorili obraz o možnom výskytu askospórovej infekcie, ktorá vyžaduje rozdielny spôsob ochrany. Poškodenie viniča závisí od virulencie inokula, citlivosti odrôd, klimatických podmienok, ako aj od manažmentu ochrany.

Vážnejším zdrojom infekcie sú kleistotéciá, ako mycélium v púčikoch. Zistili sme, že studené a zrážkové obdobie v jeseni nie je vhodné pre tvorbu kleistotécií, naopak suchá jeseň bráni ich zmývaniu na kmienok. Klimatické podmienky ovplyvňujú ich dozretie, zmytie, prezimovanie ako aj uvolňovanie askospór. Významným faktorom infekčnej schopnosti askospór je teplota a ovlhčenie listov nutné pre infekciu listov. Základnou podmienkou, ktorá ohrozuje úrodu viniča je množstvo primárnych inokuli v období tvorby strapca a jeho citlivosť voči chorobe.

Na základe našich výsledkov z rokov 2004 – 2007 vyplynulo, že prostredie ovplyvňuje bezprostredne, ako aj sprostredkovane infekčnú schopnosť múčnatky viničovej – *Uncinula necator* (Schwein.) B. Základom úspešnej ochrany viniča proti múčnatke viničovej je dôkladné poznanie patogéna, správny rez, zelené práce a údržba medziradia a okolia vinohradov, integrovaná ochrana a výživa.

Súhrn

Cieľom nášho výskumu vo vinohradníckej oblasti Tokaj v období rokov 2004 – 2007 bolo sledovať akú úlohu majú faktory prostredia na dynamiku epidémie múčnatky viničovej – *Uncinula necator* (Schwein.) B. Určovali sme primárny zdroj infekcie a porovnávali či pri dlhodobom pestovaní troch odrôd viniča nedošlo k zmene ich citlivosti na patogéna. Existencia kleistotécií a možnosť infekcie askospórami nebola doteraz v tejto oblasti overená. Výsledky nášho výskumu dokázali existenciu kleistotécií a v rokoch 2005, 2006 sa stali primárny zdrojom infekcie. Naše výsledky potvrdili, že kleistotéciová forma ako primárny zdroj infekcie múčnatky má dôležitú epidemiologickú úlohu. Šírenie askospór a konídí je priestorovo ohrazené, preto infekcia závisí od náchylnosti odrôdy, polohy vinohradu, počasia a ošetrovania. Prostredie ovplyvňuje bezprostredne, ale aj

sprostredkovane infekčnú dynamiku *Uncinula necator* (Schwein.) B. Nové poznatky o prezimovaní huby a podmienkach primárnej infekcie nás utvrdili v tom, že je potrebné zmeniť ošetrovanie viniča v oblasti Tokaj v závislosti od primárneho zdroja. Pre spoľahlivosť prognózy a signalizácie múčnatky viničovej, ako aj ostatných chorôb a škodcov odporúčame vybudovať sieť meteorologických staníc a zabezpečiť centrálné spracovanie pre celú vinohradnícku oblasť Tokaj.

Kľúčové slová: patogén, múčnatka viničová, primárny zdroj, infekcie, kleistotécia

Výskum bol finančne podporovaný z prostriedkov výskumného projektu APVT APVT-20-026604 „Determinácia agroekologickej a agroenviromentálnych faktorov trvalo udržateľného rozvoja svetovo významného tokajského vinohradníctva a vinárstva

Literatúra

- ACKERMANN, P. et al. 2000. Múčnatka viniča. In: Ochrana a výživa viniča. Bratislava : BASF Slovensko, 2000, s. 7 – 15
- BRAUN, U. – TAKAMATSU, S. 2000. Phylogeny of Erysiphe, Microsphaera, Uncinula (Erysiphaceae) and Cystotheca, Podosphaera, Sphaerotheca (Cystothecaceae) inferred from r. DNA ITS sequences – some taxonomic consequences. Schlechtendalia, 2000, no. 4, p. 1 – 33.
- BRINDZA, J. 2002. Ochrana pôvodného genofondu tokajských odrôd viniča hroznorodého. In: Tokajské vinohradníctvo a vinárstvo na Slovensku: Zborník z II. odborného seminára konaného v roku 2001 v Trebišove, Nitra : SPU, 2002, s. 158 – 162. ISBN 80-8069-063-4
- CORTESI et al. 1999. Overwintering of *Uncinula necator* and epidemics of grape powdery mildew. In: J. Plant Pathol., 1999, no. 81, p. 230.
- DULA, B. 2000. A szololisztharmat kleisztotéciomus alakjának előfordulása az Egri borvidéken, mesterséges fertőzés a kleisztotéciomok askospóráival. BASF 200.01.19-20
- DULA, B. 2005. Heves Megyei NTSZ, Eger, Novényvédelmi, Tudományos Napok, Budapest, 2005
- EFTIMOVÁ, J. 2006. Integrovaná ochrana viniča ako udržateľný postup pri pestovaní viniča hroznorodého v tokajskej oblasti. In: Tokajské vinohradníctvo a vinárstvo na Slovensku '05. VI. odborný seminár, Nitra : SPU, 2005, s. 93 – 104. ISBN 80-8069-737-X
- FUZI, I. 2003. Környezeti tényezök szerepe az *Uncinula necator* (SCHW.) BURR. járványdinamikájában, Keszthely 2003, dízer-tácná práca.
- KOLÁRIK, M. 2004. Hodnotenie kvality tokajských vinohradníckych honov. In: Vinohrad, roč. 42, 2004, č. 3, s. 3. ISSN 0042-6326
- PAULECH, C. 1995: Erysiphales (Múčnatkovaré). In: K. Goliašová (ed.) Flora of Slovakia X/I. Veda, SAV, Bratislava, 291.
- PEARSON, R. C. – GADOURY, D. M. 1987. Cleistothecia, the source of primary inoculum for grape powdery mildew in New York. Phytopathology, 1987, no. 77, p. 1509 – 1514

Kontaktná adresa:

doc. Ing. Jarmila Eftimová CSc., University of veterinary medicine and pharmacy in Košice, Komenského 73, 041 81 Department of Pharmacy and pharmaceutical technology, e-mail: eftimova@uvvm.sk, phone 0915 949 821; RNDr. Kamila Bacigállová, CSc., Botanický ústav Slovenskej akadémie vied, Dúbravská cesta 9, 845 23 Bratislava, phone +421 2 5942 61 43, fax: +421 2 5942 61 00, e-mail: kamila.bacigalova@savba.sk

Acta horticulturae et regiotecturae 1
Nitra, Slovaca Universitas Agriculturae Nitriae, 2011, s. 9–13

ZHODNOCENÍ PŮDOOCHRANNÝCH TECHNOLOGIÍ Z HLEDISKA VYBRANÝCH HYDROFYZIKÁLNÍCH CHARAKTERISTIK

EVALUTION OF SOIL CONSERVATION TECHNOLOGIES FROM THE PERSPECTIVE OF SELECTED PHYSICAL SOIL PROPERTIES

Miroslav DUMBROVSKÝ,¹ Ivana KAMENÍČKOVÁ,¹ Jana PODHRÁZSKÁ,² Zlatica MUCHOVÁ³

Vysoké učení technické v Brně¹
Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Brno²
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre³

The paper evaluates different technologies of soil cultivation (conventional and minimization) in terms of physical properties and water regime of soils, where infiltration of surface water is a major component of subsurface water. Soil physical properties (the current humidity, reduced bulk density, porosity, water retention capacity of soil, pore distribution and soil aeration) are determined from soil samples taken from organic horizon according to standard methodology. To observe the infiltration characteristics of surface layers of topsoil, the drench method (double ring infiltrometers) was used. For the evaluation of field measurements of infiltration, the empirical and physically derived equations by Kostjakov and Philip and the three-parameter equation of Philip type were used there. The Philip three-parameter equation provides a physical based parameters near the theoretical values, a good estimation of saturated hydraulic conductivity K_s and sorptivity C_1 . Parameter S of Philip's equation describes the real value of the sorptivity of the soil. Experimental research work on the experimental plots H. Meziříčko proceeded in the years 2005 – 2008.

Key words: soil cultivation, infiltration capacity, drench method, sorptivity, hydraulic conductivity

Na půdu a životní prostředí má výrazný vliv používání různých technologií zpracování půdy a zakládání porostů plodin. Úpravou půdního prostředí půdo-ochrannými technologiemi je možné regulovat antigravitační a infiltraciální pohyb vody v půdě a následně regulovat hospodaření s vodou v krajině. Ve světovém a evropském měřítku je tento způsob zpracování půdy značně využíván, v našich podmínkách našel uplatnění koncem 20. století. Vychází z metodických postupů, které vylučují některé operace, minimalizují a zefektivují zákonky. Půda se zpracovává mělce, setí se provádí do nezpracované půdy a na povrchu půdy nebo ve svrchní vrstvě jsou ponechány rostlinné zbytky. Je-li více jak 30 % povrchu půdy zakryto posklizňovými zbytky, pak se tyto postupy zpracování půdy považují za půdo-ochranné. Minimalizační technologie jsou významnou alternativou klasických technologií, které mají v ČR dlouholetou tradici. Při hospodaření na půdě by mělo být trvale v popředí zájmu uchování úrodnosti půdy a jejích ekologických funkcí (Hůla, 1997). Postupy zpracování půdy ovlivňují odolnost půdy vůči vodní a větrné erozi. V současnosti je v ČR vodní erozí potenciálně ohrožena více než polovina výměry orné půdy a větrnou erozí téměř 10 % orné půdy (Janeček et al., 2002). Zvyšující se eroze půdy je globálním problémem s vysokým ekonomickým a enviromentálním dopadem.

V současnosti jsou minimalizační technologie zastoupeny na více než 30 % orné půdy. Očekává se od nich, že přispějí k zlepšení strukturního stavu půdy a půdní organické hmoty, k redukci vodní a větrné eroze.

Materiál a metody

Charakteristika zájmového území

Zájmové území se nachází v k. ú. Horní Meziříčko, okres Jindřichův Hradec, v blízkosti silnice Jilem – Strmilov. Z geologické-

ho hlediska patří do oblasti Mrákotínské vrchoviny. Terén je členitý s velkými výškovými rozdíly. Nadmořská výška pozemků je 645 m. Západní část sledovaného území leží v povodí Nežárky, východní v povodí řeky Dyje. Hydrografickou síť tvoří množství malých potůčků, které protékají terénními depresemi od západu k východu a postupně opouští zájmové území. Z klimatického hlediska se jedná o oblast mírně chladnou. Průměrná roční teplota se pohybuje okolo 5 °C a roční průměr srážek okolo 750 mm. Plocha s minimalizačním zpracováním těsně navazuje na plochu obdělávanou konvenčně. Pozemky jsou mírně svažité s jižní expozicí. Na půdotvorném substrátu pararuly se zde zvětráváním vyvinula kambizem dystrická s orničním humusovým horizontem hloubky cca 30 cm. Hloubku půdy omezuje silná kamenitost. Základní půdní druh: lehká půda – hlinitopísčitá. Firma Stagra Studená zpracovává půdu mimimalizační technologií od roku 1992. Používá seci exaktory HORSCH SE3, jejichž funkce je založena na mělkém ořezávání svrchní vrstvy půdy při současném plošném výsevu. K přípravě půdy nepoužívá pluhy. Soukromý zemědělec p. Matoušek používá konvenční způsob hospodaření, založený na orbě pluhy s následnými operacemi k přípravě půdy pro setí. Pozemky byly osety ozimý následovně: pozemek s konvenční technologií – řepka ozimá, s minimalizační technologií – pšenice ozimá.

Sledované hydro-fyzikální vlastnosti půdy

Každý pozemek byl charakterizován kopanou sondou, z které se odebraly porušené a neporušené půdní vzorky (KV o jednotném objemu 100 cm³) z humusového horizontu (10, 20 a 30 cm) v závislosti na vývojové fázi pěstované plodiny ve třech opakováních. V pedologické laboratoři Ústavu vodního hospodařství krajiny VUT FAST v Brně se vyhodnotily fyzikální vlastnosti půdy (objemová hmotnost redukovaná, momentální vlhkost, retenční vodní kapacita, pórositost, zastoupení pórů

a provzdušenost) dle standardní metodiky (Jandák, 2003; Kutílek, 1978). Odběry půdních vzorků probíhaly ve stejnou dobu jako sledování infiltrační schopnosti půdy na experimentálních plochách, t. j. 17. 4, 30. 6 a 21. 8. 2008.

Měření výtopové infiltrace

Analytické sledování bylo zaměřeno na měření infiltrační schopnosti půdy v polních podmínkách při nestacionárním ne-nasyceném proudění vody. Na experimentálních plochách se opakovaně prováděly výtopové infiltrační experimenty dvou-válcovou metodou dle standardní metodiky (Kutílek, 1988). Použily se 4 soupravy soustředěných válců, dvě s menším průměrem vnitřního válce z VUT Brno (cca 26 cm) a dvě s větším průměrem vnitřního válce z VÚMOP Brno (cca 35 cm). Vlastní měření se prováděla opakovaným přiléváním dávky známého objemu vody (1 l) nad referenční úroveň, stabilizovanou měrným hrotem (1 nebo 1,5 cm). Záznam doby vsakování jednotlivých dávek umožňuje zhodnocení průběhu infiltračních rychlostí a kumulativní infiltrace. Jednotlivé experimenty se ukončily při dosažení ustálené infiltrační rychlosti. Před započetím infiltrace se odebraly vzorky ke stanovení momentální vlhkosti, která ovlivňuje průběh infiltrace v počáteční fázi.

Vzhledem k mělkému půdnímu horizontu a předpokládané deformaci vertikální složky se k vyhodnocení použily algebraické infiltrační rovnice empirické i fyzikálně odvozené – Kosťákov, Philip a tříparametrická rovnice (Kutílek, 1988).

Výsledky a diskusia

Fyzikální vlastnosti půdy

Za účelem stanovení fyzikálních vlastností půdy se k laboratorním rozborům odebralo 54 porušených a 54 neporušených půdních vzorků (KV o jednohmenném objemu 100 cm³). Výsledky fyzikálních vlastností půdy jsou uváděny v tabelární formě, tab. 1, reprezentují průměrné hodnoty fyzikálních parametrů půdy zpracované odlišnou technologií v závislosti na hloubce odběru z orničního horizontu.

Objemová hmotnost redukovaná udává podíl hmotnosti vysušené zeminy a jejího původního objemu v rostlém stavu, charakterizuje stálé vlastnosti půdy. Stoupá směrem od ornice do spodiny půdního profilu, vystihuje stav nakypření či zhutnění. U obou technologií úpravy půdy se výrazně neliší, odchylka je patrná pouze v hloubce 20 cm při minimalizačním

zpracování. Průměrné hodnoty redukované objemové hmotnosti $\rho_{dklas} = 1,48 \text{ g.cm}^{-3}$ a $\rho_{dmin} = 1,51 \text{ g.cm}^{-3}$. Ve sledovaném období nebyly dosaženy kritické hodnoty vyjadřující škodlivé zhutnění půdy (Lhotský, 1984: hlinitopísčitá půda $\rho_{dkritické} = 1,6 \text{ g.cm}^{-3}$). Podle dosažených výsledků je strukturní stav humusového horizontu charakterizován jako nevyhovující.

Momentální vlhkost (θ) ukazuje momentální obsah vody v půdě, ovlivňuje průběh infiltrace v počáteční fázi. Průměrné hodnoty jsou prakticky identické, $\theta_{konv.} = 17,87\% \text{ obj.}$ a $\theta_{min} = 17,98\% \text{ obj.}$

Retenční vodní kapacita (θ_{RK}) charakterizuje vlhkost půdy, která se v půdě udrží delší dobu po předchozím provlhčení kapilárními silami, ale i objem tzv. kapilárních pórů. Ve sledovaném období obě experimentální plochy vykazují postupný úbytek zadržené vody v půdě v souvislosti s regionálními klimatickými poměry (úbytek srážek, zvýšená teplota vzduchu). V jednotlivých letech jsou dosažena maxima ve svrchní vrstvě ornice, se vzrůstající hloubkou se snižují. Zadržená voda se rychle ztrácí z orničního horizontu do větších hloubek půdního profilu (hlinitopísčitá půda). Její zastoupení je výrazně podprůměrné, v důsledku čehož se projevuje se nedostatečné zastoupení kapilárních pórů.

Pórovitost patří k hlavním ukazatelům prostorového uspořádání půdní hmoty, v pomezí probíhají veškeré fyzikální, fyzikálně-chemické a biologické procesy. Na základě hodnot pórovitosti půdy se posuzuje ulehlosť půdy a napřímo i půdní struktura. Vyšší pórovitost byla prokázána při konvenčním zpracování ($P_{klat.} = 40,3$ a $P_{min} = 38,4 \% \text{ obj.}$). Kritické hodnoty pórovitosti byly dosaženy ve větších hloubkách ornice u obou ploch (Lhotský, 1984: $P_K < 40$). Podle pórovitosti je ornice klasifikována jako ulehlá/velmi ulehlá.

Kapilární pory vedou vodu proti gravitaci, jejich hodnota odpovídá přibližně hodnotě retenční vodní kapacity. Optimální zastoupení kapilárních pórů se pohybuje kolem 2/3 z pórovitosti. Zastoupení kapilárních pórů u obou způsobů zpracování půdy nedosahuje optimální hodnoty. Hodnoty se pohybují kolem 50%. Poměrně vysoké je zastoupení nekapilárních pórů (P_n), při kterém se vlhkost půdy v povrchové vrstvě příliš nezvyšuje a rychlosť prosakující vody nezabezpečí nasycení kapilárních pórů. V půdě není dostatek vody pro potřeby vegetace.

Provzdušenost půdy (okamžitá) udává poměr objemu vzduchu ve vzorku k jeho objemu, závisí na vlhkosti půdy. Obě sledované plochy vykazují optimální provzdušenost, která se u orničních horizontů v dobrém kulturním stavu pohybuje v mezi 18 – 24 % obj. Mírné překročení se projevilo při konvenčním zpracování v hloubce 10 cm.

Tabulka 1 Fyzikální vlastnosti půdy, lokalita H. Meziříčko

Rok (1)	2008			2009		
Zpracování půdy (2)	klasické (4)			minimální (5)		
Hloubka (3)	10 cm	20 cm	30 cm	10 cm	20 cm	30 cm
$\rho_d \text{ v g.cm}^{-3}$	1,45	1,45	1,54	1,45	1,55	1,57
$\theta \text{ v \% obj.}$	17,30	18,75	17,56	18,42	18,07	17,47
$\theta_{RK} \text{ v \% obj.}$	21,72	20,26	19,71	22,56	20,90	19,85
$P_v \text{ v \% obj.}$	42,10	40,73	37,25	41,41	37,14	36,65
$P_K \text{ v \% obj.}$	21,72	20,26	19,71	22,56	20,9	19,85
$P_n \text{ v \% obj.}$	8,59	8,38	6,84	7,47	6,57	7,05
$P_{Nv} \text{ v \% obj.}$	11,79	12,10	10,7	11,33	8,37	9,51
$V_z \text{ v \% obj.}$	24,79	21,98	19,69	22,99	19,07	19,18

Table 1 Physical soil properties, H. Meziříčko site
(1) year, (2) tillage systems, (3) depth, (4) conventional tillage, (5) shallow tillage

Terénní měření infiltrace

V roce 2008 bylo provedeno 12 infiltráčních experimentů na experimentálních plochách s odlišnou technologií zpracování půdy. K vyhodnocení se použily algebraické rovnice empirické

(Kostjakov) a fyzikálně odvozené (Philip, Tříparametrická rovnice Philipova typu). Výsledky experimentálních měření jsou shrnutý v tabulkách, tab. 2 – 5 a v grafech, graf 1 a,b,c.

Tabulka 2 Vyhodnocení infiltráční rychlosti a celkové kumulativní infiltrace – klasické zpracování půdy v roku 2008

Plodina (2)	Měření (3)	Měřeno (4)		Kostjakov (5)		Philip (6)		Tříparametrická rovnice (7)	
		čas t_c v min (8)	kumul. infiltrace i_T v cm (9)	rychllosť infiltrace v_c v cm.min ⁻¹ (10)	kumul. infiltrace i_T v cm (9)	rychllosť infiltrace v_c v cm.min ⁻¹ (10)	kumul. infiltrace i_T v cm (9)	rychllosť infiltrace v_c v cm.min ⁻¹ (10)	kumul. infiltrace i_T v cm (9)
Řepka oz. (1)	1	150,00	21,72	0,06	21,73	0,06	21,77	0,08	22,38
	2	119,13	13,92	0,05	12,47	0,08	13,99	0,08	14,01
	3	129,42	25,67	0,09	22,81	0,13	24,61	0,19	25,92
	4	151,58	12,93	0,04	13,18	0,03	12,80	0,04	13,20
	5	138,37	14,92	0,05	13,01	0,07	14,53	0,09	14,79
	6	125,42	57,12	0,32	61,31	0,28	57,53	0,24	56,64

Table 2 Evaluation of infiltration intensity and total cumulative infiltration – conventional tillage in year 2008

(1) rape, (2) crop, (3) measurement, (4) measured, (5) Kostjakov, (6) Philip, (7) three parametric equations, (8) time, (9) cumulative infiltration, (10) infiltration intensity

Tabulka 3 Vyhodnocení ustálené infiltráční rychlosti a celkové kumulativní infiltrace – minimální zpracování půdy v roku 2008

Plodina (2)	Měření (3)	Měřeno (4)		Kostjakov (5)		Philip (6)		Tříparametrická rovnice (7)	
		čas t_c v min (8)	kumul. infiltrace i_T v cm (9)	ustálená rychlosť infiltrace v_c v cm.min ⁻¹ (10)	kumul. infiltrace i_T v cm (9)	ustálená rychlosť infiltrace v_c v cm.min ⁻¹ (10)	kumul. infiltrace i_T v cm (9)	ustálená rychlosť infiltrace v_c v cm.min ⁻¹ (10)	kumul. infiltrace i_T v cm (9)
Pšenice oz.(1)	1	157,30	11,99	0,03	11,18	0,03	11,74	0,05	12,30
	2	169,67	14,74	0,02	11,32	0,05	14,42	0,07	14,96
	3	153,35	12,49	0,04	12,41	0,03	12,07	0,04	12,30
	4	176,18	10,13	0,02	10,10	0,02	9,90	0,03	10,10
	5	107,28	9,87	0,05	9,21	0,07	9,87	0,08	9,96
	6	147,28	5,00	0,05	4,57	0,02	4,84	0,03	4,97

Table 3 Evaluation of infiltration intensity and total cumulative infiltration – shallow tillage in year 2008

(1) winter wheat, (2) crop, (3) measurement, (4) measured, (5) Kostjakov, (6) Philip, (7) three parametric equations, (8) time, (9) cumulative infiltration, (10) infiltration intensity

Tabulka 4 Parametry infiltráčních rovnic – klasické zpracování půdy

Plodina (2)	Měření (3)	Kostjakov (4)			Philip (5)		Tříparametrická rovnice Philipova typu (6)					
		i_T v cm	v_1 v cm.min ⁻¹	αv (lnmin) ⁻¹	S v cm.min ^{-1/2}	A v cm.min ⁻¹	i_T v cm	C_1 v cm.min ^{-1/2}	C_2 v cm.min ⁻¹	C_3 v cm.min ^{-3/2}	t_{lim} v min	K v cm.min ⁻¹
Řepka oz. (1)	1	2,6815	0,4176	0,5824	2,1911	-0,0338	2,6815	2,5364	-0,0123	0,0053	159,03	0,0781
	2	1,1176	0,5046	0,4954	0,8434	0,0402	1,1176	0,8623	0,0348	0,0003	142,93	0,0649
	3	1,8520	0,5163	0,4837	1,4379	0,0638	1,8520	2,4437	-0,2157	0,0177	46,06	0,1444
	4	1,6320	0,416	0,5840	1,3847	-0,0280	1,6320	1,6210	-0,0903	0,0037	146,41	0,0437
	5	1,1427	0,4934	0,5066	0,7833	0,0384	1,1427	1,0489	-0,0303	0,0041	85,64	0,0831
	6	2,6115	0,6532	0,3468	3,9082	0,1097	2,6115	3,2467	0,2995	-0,0123	–	–

Table 4 Parameters of infiltration equations – Conventional tillage

(1) rape1, (2) crop, (3) measuring, (4) Kostjakov, (5) Philip, (6) three parametric Equations

Tabulka 5 Parametry infiltráčních rovnic – minimální zpracování půdy

Plodina (2)	Měření (3)	Kostjakov (4)			Philip (5)		Tříparametrická rovnice Philipova typu (6)					
		i_T v cm	v_1 v cm.min ⁻¹	αv (lnmin) ⁻¹	S v cm.min ^{-1/2}	A v cm.min ⁻¹	i_T v cm	C_1 v cm.min ^{-1/2}	C_2 v cm.min ⁻¹	C_3 v cm.min ^{-3/2}	t_{lim} v min	K v cm.min ⁻¹
Pšenice oz. (1)	1	1,7550	0,3660	0,6340	1,1599	-0,0178	1,5100	-0,1033	0,0049	103,31	0,0045	1,5100
	2	2,2000	0,3190	0,6810	0,8724	0,0180	1,2935	-0,0789	0,0052	82,89	0,0632	1,2935
	3	1,1830	0,4670	0,5330	1,1652	-0,0154	1,3258	-0,0561	0,0024	187,25	0,0408	1,3258
	4	1,1333	0,4229	0,5771	1,0440	-0,0225	1,2350	-0,0665	0,0023	177,42	0,0262	1,2350
	5	0,5511	0,6023	0,3977	0,4467	0,0489	0,5962	0,0058	0,0028	69,85	0,0772	0,5962
	6	0,5382	0,4286	0,5714	0,3856	0,0011	0,5754	-0,0458	0,0027	70,93	0,0219	0,5754

Table 5 Parameters of infiltration equations – Shallow tillage

(1) winter wheat, (2) crop, (3) measuring, (4) Kostjakov, (5) Philip, (6) three parametric equations

V tab. 2 a 3 je zaznamenán celkový čas trvání pokusu t_c , naměřená a vypočítaná kumulativní infiltrace i_t a ustálená infiltracní rychlosť v_t , v tab. 4 a 5 jsou uvedeny parametry infiltracních rovnic a odhad nasycené hydraulické vodivosti K_s pro jednotlivé infiltracní experimenty.

Pro grafické vyjádření se jednotlivé infiltracní experimenty sjednotily v čase, pomocí Philipovy rovnice se vypočítaly kumulativní infiltrace i_t a infiltracní rychlosť v_t v čase $t = 1, 5, 10, 15, 30, 60, 90$ a 120 minut. Výsledky jsou prezentovány jako průměrné hodnoty pro jednotlivé sady měření, graf 1a, b, c.

Ke zhodnocení průběhu infiltracních rychlosť a kumulativní infiltrace se použily rovnice fyzikální a empirické. Vyhodnocené výsledky jsou bez výrazných rozdílů. Parametr S z Philipovy

rovnice vystihuje skutečnou hodnotu sorptivity S a tříparametrická rovnice Philipova typu poskytuje dobrý odhad nasycené hydraulické vodivosti K_s . Sací schopnost svrchních vrstev půdy při konvenčním zpracování je výrazně vyšší, při minimalizačním zpracování je přibližně poloviční.

Průběh infiltrace nebyl výrazně ovlivněn počáteční vlhkostí půdy, která byla zpočátku a na konci sledovaného období vyšší v důsledku regionálních srážkových úhrnů. Při konvenčním zpracování je kumulativní infiltrace vyšší, při minimalizačním zpracování dosahuje zhruba 55 – 60 %. U obou způsobů zpracování půdy se její hodnoty výrazně nemění do sklizně pěstovaných plodin. Při konvenčním zpracování je patrná značná nehomogenita naměřených hodnot, při minimalizačním zpracování existuje větší shoda naměřených dat.

Kumulativní infiltrace po sklizni vykazuje u obou technologií zpracování půdy největší rozptyl, při konvenčním zpracování se pohybuje od průměrné po maximální (nakypření), při minimálním zpracování se pohybuje od průměrné po minimální (zhubení).

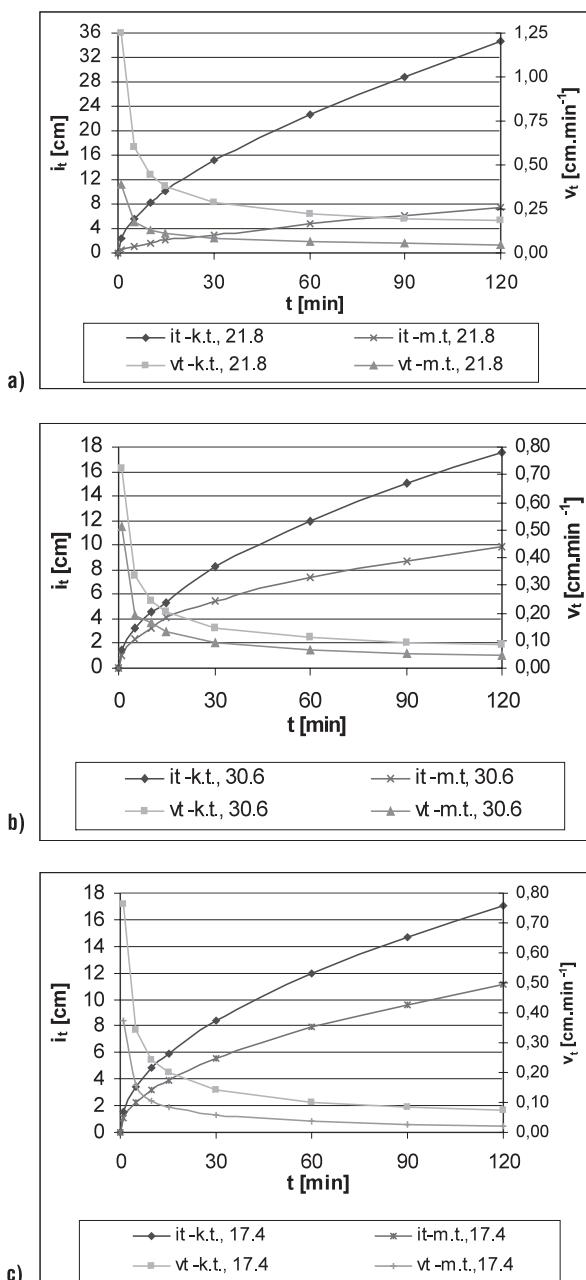
Nehomogenita naměřených hodnot je způsobena různými faktory (vzduchem uzavřeným v pôrech na začátku pokusu, heterogenitou pôdního profilu, preferenčními cestami, nerovnoměrným rozdelením vlhkosti, roztékáním prosakující vody do stran nad méně propustnou vrstvou ke konci pokusu).

ZÁVĚR

V průběhu roku 2008 nebyly pozorovány významné změny ve fyzikálních vlastnostech půdy u obou technologií zpracování půdy. Podle půrovitosti a objemové hmotnosti lze klasifikovat stav ornice a strukturní stav humusového horizontu. Obě experimentální plochy mají svrchní část ornice ulehlu, se vzrůstající hloubkou přechází do velmi ulehlé. Strukturní stav humusového horizontu podle objemové hmotnosti je hodnocen jako nevyhovující. Infiltracní schopnost půdy při konvenčním zpracování je výrazně vyšší, při minimalizačním zpracování se pohybuje okolo 55 – 60 %. Tomu odpovídá i odhad nasycené hydraulické vodivosti K_s , který je při minimalizačním zpracování přibližně poloviční. Klasifikujeme-li pôdní propustnosť podle průměrné hydraulické vodivosti, podle Kutíkla patří obě experimentální plochy do stejné skupiny pôd (IV) s pôdní propustností střední $K_{Sklas} = 1,19 \text{ m.den}^{-1}$, $K_{Smin} = 1,56 \text{ m.den}^{-1}$. Obdobné výsledky prokázali další autoři (Hula, 1997; Blahovec et al., 2002; Matula et al., 1998). Z dosažených výsledků je patrné, že infiltracní vlastnosti půdy v jednotlivých experimentech jsou značně nestabilní. V pôdě neustále dochází k výrazným změnám ve vnitřní struktuře pôdního prostředí (kořenový systém, chodby pôdních živočichů, povětrnostní podmínky a infiltrující srážky). Měřené infiltracní rychlosti jsou ovlivněny počátečními podmínkami experimentu, t. j. počátečním zvlhčením pôdního profilu, ale i rozložením pôdní vody v jednotlivých kategorických pôr. Vzhledem k výrazným změnám, které neustále probíhají v pôdě, dochází jednak ke změnám fyzikálních vlastností, ale i pohybu vody v pôdě. Výzkumný projekt QH 72203 bude pokračovat v dalších letech a výsledky budou nadále upřesňovány.

Souhrn

Předkládaný příspěvek vyhodnocuje minimalizační technologie přípravy půdy z hlediska hydro-fyzikálních vlastností půdy a analyzuje efektivitu půdoochranných opatření v povodí i jejich pozitivní působení v krajině na hydrologické poměry a ekologickou stabilitu celého území. Fyzikální vlastnosti půdy se určovaly z odebraných pôdních vzorků z humusového horizontu dle



Obrázok 1 Závislost rychlosti infiltrace a kumulativní infiltrace na čase – 17. 4. 2008, 30. 6. 2008 a 21. 8. 2008

Figure 1 Time course of infiltration intensity and cumulative infiltration – 17. 4. 2008, 30. 6. 2008 a 21. 8. 2008

standardní metodiky. Ke sledování infiltracích vlastností povrchových vrstev ornice se použila výtopová metoda, k vyhodnocení terénního měření infiltrace se použily infiltraci rovnice empirické a fyzikálně odvozené. Tato opatření jsou konfrontována s konvenčním způsobem zpracování půdy. Výzkumné práce na experimentálních ploše H. Meziříčko probíhaly v roce 2008.

Klíčová slova: minimalizační technologie zpracování půdy, fyzikální vlastnosti půdy, výtopová metoda, sorptivita

Příspěvek byl zpracován v rámci řešení projektu NAZV QH 72203 a QH QH1292981

HŮLA, J. – ABRHAM, Z. – BAUER, F. 1997. Zpracování půdy, 1. vydání. Praha : Nakladatelství Brázda, s.r.o, 1997, 144 s. ISBN 80-209-0265-1

JANDÁK, J. 2003. Cvičení z půdoznalectví. Brno : MZLU Brno, 2003, 92 s. ISBN 80-7157-733-2

JANEČEK, M. et al. 2002. The Soil protection from the Erosion. Praha : ISV, 2002.

KUTÍLEK, M. 1978. Vodohospodářská pedologie, 2. vydání. Praha : Bratislava : SNTL, ALFA, 1978, 296 s.

KUTÍLEK, M. a i. 1988. Vyhodnocení terénního měření infiltrace výtopou. Praha Vodní hospodářství 5, Praha

MATULA, S. – KŘIVOHLAVÝ, P. 1998. Tillage effects on the soil-hydraulic properties in arable land. Ann. Meet. DVWK, Potsdam, Germany

Literatura

BLAHOVEC, J. – KUTÍLEK, M. 2002. The influence of tillage methods on the infiltration in soils. In: Physical methods in agriculture. New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow : Kluwer Acad. Publ., 2002, p. 61 – 81

Kontaktní adresa:

doc. Ing Miroslav Dumbrovský, CSc., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny, Žižkova 17, 602 00 Brno, tel.: +420 541 147 73, fax: +420 541 147 771, e-mail: dumbrovsky.m@fce.vutbr.cz

Acta horticulturae et regiotecturae 1

Nitra, Slovaca Universitas Agriculturae Nitriae, 2011, s. 13–19

ÚRODOTVORNÉ ASPEKTY FERTIGÁCIE APLIKOVANEJ PRI PESTOVANÍ MRKVY YIELD FORMING ASPECTS OF FERTIGATION APPLIED AT CARROT GROWING

Ján JOBBÁGY, Ján SIMONÍK

Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

The object of research of this article was to determination the influence of fertigation on selected properties of carrot. The selected properties are as follows: length, weight, coning, coefficient of slimness and coefficient of convergence. The uniformity of irrigation ration and the electrical conductivity were determined thereat. The increase of yield by using fertigation was 8.77 t.ha^{-1} ($80.08 - 71.31$). It was found out by carrot yield evaluation that without additional fertigation, the yield was 53 t.ha^{-1} , and with fertigation it was 81 t.ha^{-1} . The evenness of irrigation ration was 60.014%. For the increase of uniformity value it is important to cover the irrigated zones. When 20m were covered, the value of uniformity increased up to 85.12%. For the evaluation of the electrical conductivity we can state that its average value was 1.86 mS with the value of variation coefficient 11.91%.

Key words: irrigation, fertigation, coning, carrot, irrigation uniformity

Prechod do tretieho tisícročia bol sprevádzaný aj prechodom zo zelenej revolúcie, kedy boli akcentované environmentálne otázky, do modrej revolúcie. Tá je charakterizovaná bojom s vodou a bojom o vodu. Obidva aspekty vodného zápasu sú vnímané v ostatnom čase dramatickejšie najmä v spojitosti s potenciálmi dôsledkami klimatickej zmeny, ako sú záplavy, povodne alebo suché periody. V regiónoch s prirodzeným nedostatom vodných zdrojov, znamená boj o vodu boj o potraviny a prežitie (Hríbik, 2006).

Optimálna výživa rastlín predpokladá zásobovanie koreňovej zóny živinami najmä v období ich intenzívneho príjmu, pretože deficit živín alebo ich dočasný nedostatok sa môže podľa jeho trvania prejavoviť v znížení očakávanej úrody. Preto sa začínajú stále viac uplatňovať techniky hnojenia so zameraním na postupné dávkovanie živín do koreňovej zóny pestovaných plodín počas vegetácie. Zvyšuje sa tým ich využiteľnosť, ktorá sa prejavuje stabili-

záciou a zvyšovaním úrod. Možnosť využitia vody ako nosného média živín tzv. fertigácia je ideálnym riešením tohto problému (AGREF, 2007). Fertigácia alebo dávkovanie živín a hnojív prostredníctvom závlahovej vody využíva podstatu mikrozávlah, najmä kvapkovej závlahy. Ide o presnú distribúciu závlahovej vody, t. j. v presných množstvach a čase, priamo lokalizovanú do koreňovej zóny. Na tom istom stupni rovnomennosti distribúcie závlahovej vody distribuuje aj rozpustené živiny a hnojivá (Hríbik, 2009).

Cieľom daného príspevku je preskúmať vplyv fertigácie na vlastnosti vybranej plodiny.

Materiál a metódy

Zvolil sa pozemok na ktorom sa pestovala mrkva (firma Paulis). Na spomínanom pozemku sa závlaha aplikovala buď s hnoji-

vom (fertigácia) alebo bez hnojenia. V rámci základného hnojenia sa dva týždne pred sejborou do pôdy zapracovalo 500 kg.ha⁻¹ hnojiva NPK. Na pozemku sa uplatnilo niekoľko závlahových dávok. Pri meraní rovnomennosti bola závlahová dávka 25 mm so súčasnou aplikáciou tekutého liadku vápenatého v množstve 40 až 45 kg.ha⁻¹. Na druhom pozemku sa aplikovala rovnaká závlahová dávka bez prihnojovania. Mrkva sa pestuje na dlhých rovinnych úsekokoch, pričom svahovitosť pozemku pestovania je len veľmi mierna, alebo nulová. Výsledky pôdnich rozborov z pozemku pestovania boli vykonané v školskom agrolaboratóriu Komárno, Hadovská 12 (tabuľka 1). Merania sa uskutočnili v roku 2004. V danom roku bol priebeh zrážok dokumentovaný v tabuľke 2.

Tabuľka 1 Rozbor pôdy

Prvok (1)	Zásoba (2)	Zhodnotenie stavu zásob (3)
N _{an} v mg.kg ⁻¹	15,4	malá (4)
P v mg.kg ⁻¹	38	stredná (5)
K v mg.kg ⁻¹	140	dobrá (6)
Mg v mg.kg ⁻¹	320	vysoká (7)
pH	7,5	alkalická (8)
Zasolenosť v $\mu\text{S.cm}^{-1}$ (11)	154	mierne zvýšená (9)
CaCO ₃ v %	2,8	slabovápenatá (10)

Table 1 Soil analysis

(1) element, (2) reserve, (3) evaluation, (4) low, (5) medium, (6) good, (7) high, (8) alkaline, (9) moderately increased, (10) small calcified, (11) salinity

V dodaných pôdnich vzorkách bol stanovený nevyrovnaný pomer základných živín. Ako dusíkaté hnojivo je možné použiť liadok amónny s vápencom 27,5 g.m⁻² (do pôdy zapracovať pred výsadbou). Počas vegetácie je vhodné doplniť tiež liadkom vápenatým a draslikom v množstve 40 – 45 kg.ha⁻¹.

Sledovala sa odrôda mrkvy MAESTRO (Holandsko) s odporúčanou dĺžkou vegetačného obdobia 120 dní. Počas vegetácie sa nerealizovali kultivačné práce, urobil sa jeden chemický postrek prípravkom Afalon s dávkou 2 dm³.ha⁻¹.

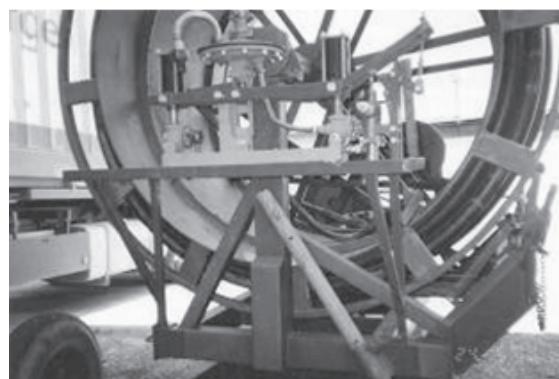
Mrkva je zelenina so strednými požiadavkami na pôdnú vlahu. Jej vlahová potreba za vegetačné obdobie je 520 – 620 mm. V našich podmienkach jej úspešné pestovanie v priemernom roku vyžaduje doplniť prirodzené zrážky závlahovou vodou v rozsahu 120 až 180 mm.

Na závlahovanie sa použil pásový závlahovač CIPA INTERNATIONAL VILLA MINOZZO ITALIA, model 600GX do kompletného pruhnojovacieho zariadenia (Obr. 2).

Pruhnojovacie zariadenie APH využíva tlakovú vodu, ktorá prostredníctvom rozdeľovacieho ventilu, pracovných valcov



Obrázok 1 Pássový závlahovač 600GX
Figure 1 Mobile irrigator 600GX



Obrázok 2 Pruhnojovacie zariadenie APH
Figure 2 APH Fertilization device



Obrázok 3 EC meter DIST4 (firma Hanna)
Figure 3 Hanna EC Meter – Dist 4

Tabuľka 2 Množstvo zrážok

Mesiac (1)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Množstvo zrážok za rok 2003 v mm (2)	1/2	22,3	10,2	0	8,3	6,3	14,5	5,6	1,0	0,9	33,5	7,7
	2/2	6,0	0	0	3,0	20,0	0,6	37,4	31,9	6,0	28,8	11,5
	C (3)	28,3	10,2	0	11,3	26,3	15,1	43,0	32,9	6,9	62,3	19,2
Množstvo zrážok za rok 2004 v mm (2)	1/2	27,4	12,2	18,5	23,9	27,1	79,4	13,5	77,3	1,1	3,2	27,2
	2/2	9,2	25,5	30,5	7,9	15,6	44,5	3,0	24,6	25,5	27,2	12,1
	C (3)	36,6	37,7	49,0	31,8	42,7	123,9	16,5	101,9	26,6	30,4	39,3
12												

Table 2 Rainfall

(1) month, (2) rainfall, (3) sum

a silového ramena uvádzajú do činnosti hydraulické valce. Membránové čerpadlo nasáva a vtláča hnojivý roztok do potrubia závlahového zariadenia. Množstvo dopravovaného hnojiva je nastaviteľné v rozmedzí 1 až 400 dm³.h⁻¹. Rovnomernosť rozdelenia hnojiva závisí od rovnomernosti rozdelenia závlahovej vody na kŕdle zavlažovača.

Na meranie **elektroinduktivity** roztokov sa použil príručný EC meter Hanna DIST4 s automatickou teplotnou kompenzáciou (Obr. 3).

Sledovali sa nasledovné agrofyzikálne parametre koreňa mrkví:

- dĺžka, mm,
- kuželovitosť, mm.mm⁻¹, odvodená z horného a dolného priemeru mrkví,
- úroda t.ha⁻¹.

Koeficient zbiehavosti (λ_1) je vyjadrený pomerom priemerov v hornej (\varnothing_h) a v dolnej (\varnothing_k) časti koreňa.

Koeficient štíhlosti (λ) je daný pomerom dĺžky (λ) a horným priemerom (\varnothing_h) koreňa.

Rovnomernosť postreku podľa Christiansena sa stanoví podľa normy ISO/DIS 7749/2 (Látečka, 2000).

Výsledky a diskusia

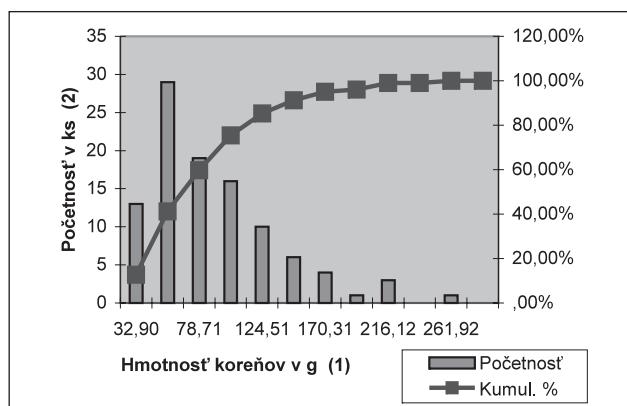
Vzorky sa odoberali z riadku dlhého 1,42 m, čo zodpovedalo ploche 1 m², najprv z parcely s prihnojovaním a potom následne z etalónu.

Na odbernom mieste (s prihnojovaním) sa vyzbieralo 102 ks mrkví. Dĺžka koreňov sa pohybovala v rozpäti 71 – 271 mm s hodnotou variačného koeficientu 23,20 %. Priemerná hodnota dĺžky koreňov bola 169,06 mm. Pri hodnotení hmotnosti jednotlivých koreňov bolo rozpätie nameraných hodnôt od 10 do 241,30 g. Hodnota variačného koeficienta bola 60,10 % pri strednej hodnote 78,51 g. Pri stanovení kuželovitosti sa vychádzalo z meraní dĺžok a priemerov. Hodnoty boli v rozpäti 0,021 až 0,135. Priemerná hodnota bola 0,069 s hodnotou variačného koeficientu 32,19 %.

Priemerná dĺžka koreňov sa mení v závislosti od odrôd, od penetrometrického odporu pôdy, štruktúry pôdy, príjmu živín počas vegetácie, lokality pestovania a spôsobu pestovania a to s použitím závlahy, alebo bez jej použitia – s použitím fertigácie, alebo bez jej použitia. Každý jedinec potrebuje pre svoj vý-

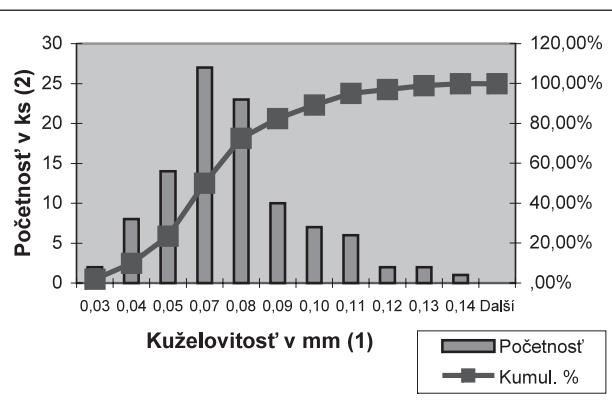
voj nielen živiny, vodu, svetlo ale aj dostatok miesta pre svoj plynulý vývoj.

Najdôležitejším ukazovateľom produkcie je biologická úroda. Vzorky mrkví boli oddelené od vŕate a až potom vážené. Z výsledkov merania hmotnosti vyplýva, že pre dané meranie bola biologická úroda mrkvy 80,08 t.ha⁻¹.



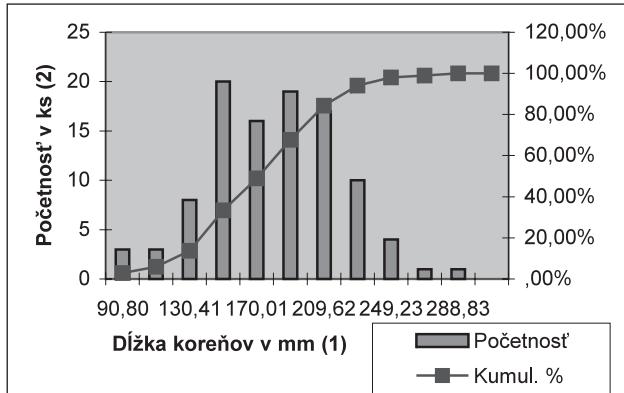
Obrázok 5 Priebeh rozdelenia početnosti pre čistú hmotnosť – s prihnojovaním

Figure 5 Root weight – with fertilization
(1) root weight, (2) frequency



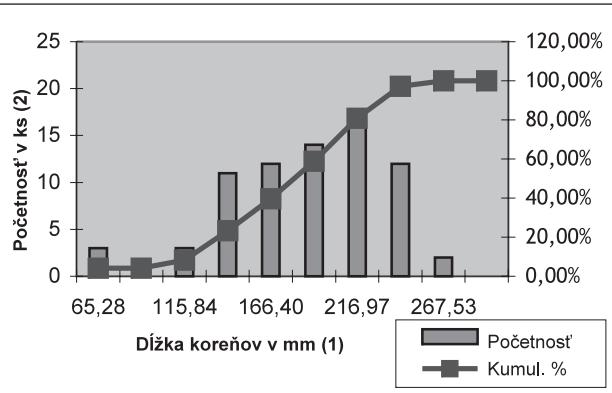
Obrázok 6 Priebeh rozdelenia početnosti pre kuželovitosť – s prihnojovaním

Figure 6 Coning – with fertilization
(1) coning, (2) frequency



Obrázok 4 Priebeh rozdelenia početnosti pre dĺžku koreňov mrkví – s prihnojovaním

Figure 4 Root length – with fertilization
(1) root length, (2) frequency



Obrázok 7 Priebeh rozdelenia početnosti pre dĺžku koreňov mrkví – bez prihnojovania

Figure 7 Root length – without fertilization
(1) root length, (2) frequency

Tabuľka 3 Popisná štatistika nameraných parametrov (s fertigáciou)

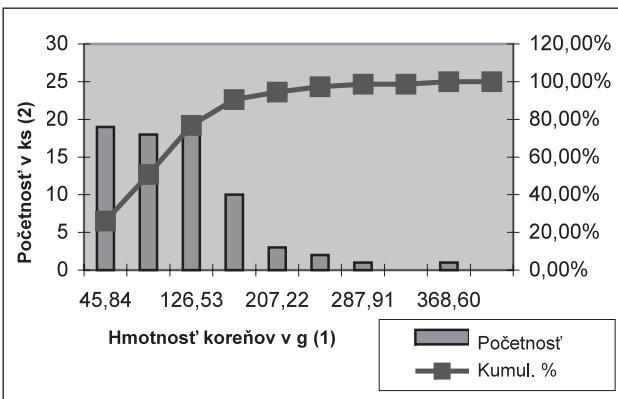
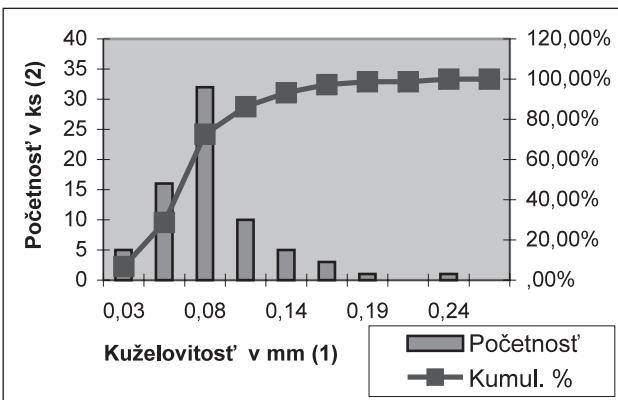
Parameter (1)	Dĺžka v mm (2)	Hmotnosť v g (3)	Kužeľovitosť, (4)
Stredná hodnota (5)	169,06	78,51	0,069
Medián (6)	171,00	69,60	0,066
Modus (7)	178,00	26,20	0,051
Smerová odchýlka (8)	39,23	47,18	0,022
Minimum (9)	71,00	10,00	0,021
Maximum (10)	271,00	241,30	0,135
Počet (11)	102	102	102
Variačný koeficient (12)	23,20	60,10	32,19

Table 3 Basic statistics of measurements parameters (with fertilization)
(1) parameter, (2) length, (3) weight, (4) coning, (5) mean, (6) median, (7) modus, (8) standard deviation, (9) minimum, (10) maximum, (11) number of samples, (12) coefficient of variability**Bez fertigácie**

Pri odoberaní vzoriek na výskumnej parcele bez prihnojovania sa vyzbieralo z 1 m² 73 ks mrkví. Z výsledkov počtu kusov je jasné, že sa počet znížil o 29 ks. Namerané dĺžky sa pohybovali v rozpäti od 40 až 256 mm. Priemerná hodnota bola 174,74 mm s hodnotou variačného koeficientu 26,47 %. Pri použití fertigácie bola jeho hodnota nižšia. Pri hodnotení úrody sa výsledky merania hmotnosti jednotlivých koreňov pohybovali v rozpäti 5,5 až 350,2 g. Priemerná hodnota bola 97,69 g s hodnotou variačného koeficientu 65,21 %. Opäť bola hodnota variačného koeficientu vyššia.

Z výsledkov merania hmotnosti koreňov vyplýva aj úroda, ktorá bola 71,31 t. ha⁻¹. Priemerná hodnota kužeľovitosti bola 0,075 s hodnotou variačného koeficientu 49,76 %. Jej hodnoty sa pohybovali v rozpäti 0,007 až 0,227. Pri porovnaní výsledkov s výsledkami meraní s prihnojovaním zistíme, že priemerná hodnota kužeľovitosti bola nižšia pri fertigácii.

Z nameraných hodnôt charakteristiky porastu koreňovej zeleniny vyplýva, že priemerná biologická úroda sa mení v závislosti od odrôd, lokalít v ktorých je pestovaná a pôdnich podmienok. Z prehľadu charakteristiky porastov vyplýva, že biologická úroda je v našich pestovateľských podmienkach dobrá. V roku 2000 bola v Kováčovciach priemerná biologická úroda mrkvy Cartágo 29,6 t.ha⁻¹ (min. 24,6 a max. 41,8 t.ha⁻¹), v roku 2001 na plochách PD Bušince bola priemer-

**Obrázok 8** Priebeh rozdelenia početnosti pre čistú hmotnosť – bez prihnojovania**Figure 8** Root weight – without fertilization
(1) root weight, (2) frequency**Obrázok 9** Priebeh rozdelenia početnosti pre kužeľovitosť – bez prihnojovania**Figure 9** Coning – without fertilization
(1) coning, (2) frequency

ná biologická úroda 43 t.ha⁻¹ (min. 38 a max. 55 t.ha⁻¹). Na pozemkoch SELEKT Bučany (2001) bola pôda po orbe spracovaná len oboraním do kopčekov ešte na jeseň a potom na jar pred sejbou bol obnovený tvar kopčekov oboraním. Priemerná biologická úroda mrkvy bola 64,8 t.ha⁻¹ (min. 38 a max. 82 t.ha⁻¹) (Poničan a ī., 2004).

V danom príspevku sme sa zaoberali aj stanovením koeficientov štíhlosti (λ) a zbiehavosti (λ_1) koreňov. Koeficient štíhlosti (λ) vyjadruje vzájomný pomer priemernej hodnoty dĺžky koreňov (ℓ) ku priemeru hlavy koreňa (\varnothing_h). Je to relatívna hodnota, ktorej väčšia hodnota predstavuje štíhlejší tvar koreňa a naopak. Koeficient zbiehavosti (λ_1) vyjadruje vzájomný pomer priemeru hlavy koreňa (\varnothing_h) k jeho priemeru pri konci koreňa (\varnothing_k). Je to relatívna hodnota, ktorej hodnota blízka k jednej predstavuje valcovitý tvar koreňa a pre hodnoty väčšie ako jedna ide o kónické tvary koreňov. Namerané a vypočítané hodnoty sú uvedené v tabuľkách 5 a 6.

Zo získaných výsledkov možno konštatovať, že pri použití fertigácie bola hodnota koeficientu štíhlosti vyššia – t. j. štíhlejší tvar koreňa. Pri hodnotení koeficientu zbiehavosti sa hodnoty líšia nepatrne, avšak možno skonštatovať, že pri prihnojovaní sa približujeme valcovitému tvaru koreňa. Tento tvar je výhodný z hľadiska manipulácie s koreňmi pri čistení, triedení a balení.

Najštíhlejší tvar koreňa mala mrkva pestovaná na pozemkoch v Bušincach r. 2001 (odroda Sugarsnax). Korene tejto odrody majú koeficient štíhlosti (λ) 8,67. Najmenej štíhly tvar majú

Tabuľka 4 Popisná štatistika nameraných parametrov (bez fertigácie)

Parameter (1)	Dĺžka v mm (2)	Hmotnosť v g (3)	Kužeľovitosť (4)
Stredná hodnota (5)	174,74	97,68	0,075
Medián (6)	176,00	85,30	0,067
Modus (7)	176,00	103,40	#N/A
Smerová odchýlka (8)	46,25	63,70	0,037
Minimum (9)	40,0	5,50	0,007
Maximum (10)	256,0	350,20	0,227
Počet (11)	73	73	73
Variačný koeficient (12)	26,47	65,21	49,76

Table 4 Basic statistics of measurements parameters (without fertilization)

(1) parameter, (2) length, (3) weight, (4) conical, (5) mean, (6) median, (7) modus, (8) standard deviation, (9) minimum, (10) maximum, (11) number of sample, (12) coefficient of variability

Tabuľka 5 Prepočítané hodnoty štíhlosti koreňov

Miesto merania, spôsob závlahy (1)	Namerané hodnoty v mm (2)		Koeficient štíhlosti (λ) (3)
Pozemok s fertigáciou (4)	priemerná dĺžka koreňov (6)	169,06	6,03
	priemer hlavy koreňov (7)	28,03	
Pozemok bez fertigácie (5)	priemerná dĺžka koreňov (6)	174,4	5,77
	priemer hlavy koreňov (7)	30,22	

Table 5 Root slimness

(1) irrigation methods, (2) measured data, (3) slimness coefficient, (4) irrigation with fertigation, (5) irrigation without fertigation, (6) average root length, (7) average root head

Tabuľka 6 Prepočítané hodnoty zbiehavosti koreňov

Miesto merania, spôsob závlahy (1)	Namerané hodnoty v mm (2)		Koeficient zbiehavosti (λ_1) (3)
Pozemok s fertigáciou (4)	priemer hlavy koreňov (6)	28,03	1,69
	priemer konca koreňov (7)	16,59	
Pozemok bez fertigácie (5)	priemer hlavy koreňov (6)	30,22	1,71
	priemer konca koreňov (7)	17,65	

Table 6 Root convergence

(1) irrigation methods, (2) measured data, (3) slimness coefficient, (4) irrigation with fertigation, (5) irrigation without fertigation, (6) average root head, (7) average root end

korene mrkvy (odroda Bolero) pestované v Bučanoch (2001), ktorých hodnota štíhlosti $\lambda = 5,03$ (Poničan a ī., 2004).

Z hľadiska tvaru koreňa (valcovitého) sa tejto hodnote najviac približuje odroda Bolero, pestovaná na pozemkoch v Bučanoch (2001), kde hodnota tvarovosti koreňa $\lambda = 1,25$ (Poničan a ī., 2004).

Z hľadiska hodnotenia agrofyzikálnych vlastností koreňov definovaného štíhlosťou a zbiehavosťou koreňa vyplýva, že na tieto vlastnosti vplývajú predovšetkým odrodové vlastnosti a tiež spôsob predsejbovej prípravy pôdy (Poničan a ī., 2004).

Stanovenie rovnomernosti postreku zavlažovača a elektrickej vodivosti

Pri hodnotení rovnomernosti postreku pásového zavlažovača sa namerali výsledky prezentované na obr. 10. Hodnota rovnomernosti postreku bola $Cu = 60,014\%$. Štatistické zhodnotenie výsledkov nameraného množstva vody v zrážkomerných nádobách sa uviedlo v tabuľke 7. Namerané závlahové množstvo vody sa pohybovalo v rozpätí 2 – 350 ml. Priemerná hodnota bola 178,37 ml pri variačnom koeficiente 47,4 %. Ak sa pozrieme na namerané výsledky vodivosti (obr. 11), tak hodnoty na začiatku po 15 nádobe klesajú a potom sa udržujú s nepatrými rozdielmi. Hodnoty sa pohybujú v rozpätí 1,67 až 2,35 mS. Priemerná hodnota je 1,86 mS a hodnota variačného koeficientu je 11,91 %. Výsledky hovoria o vyrovnanom dávkovaní živín. Na

zvýšenie koeficientu rovnomernosti je možné využiť prekrytie. Výpočtom sa zistilo, že pri prekrytí 8 m sa koeficient rovnomernosti zvýší na hodnotu 73,94 %. Pri vyššom prekrytí (20 m) dosiahol koeficient rovnomernosti 85,12 %.

Mnohé experimenty mali cieľ dokumentovať vplyv nerovnomernosti závlahy na úrodu, Ayars a ī. (1991), Solomon (1984), Letey (1985), nezávisle došli k záveru, že s určitou nerovnomernosťou závlahy sa rastliny vyrovňávajú. Potvrdil to Frielinghaus (1992), ktorý uvádzá ako uspokojivú rovnomernosť hodnotou Christiansenovho koeficientu rovnou 70 %. Presnosť merania je negatívne ovplyvnená pôsobením vetra, výkyvmi tlaku v rozvodnom potrubí a pod. (Růžička a Simoník, 1998).

Všeobecne platí, že závlahy sa viac uplatňujú pri deficitne 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 (Hanisko a Hrbík, 2008).

Uvádzajú sa rôzne techniky hnojenia a zavlažovania poľnohospodárskych kultúr, medzi ktorými sa v poslednom období úspešne presadzuje kvapková závlaha v kombinácii s hnojením, tzv. fertigácia. Jej prednosti sú v menšej spotrebe vody a vo využívaní vody ako nosného média pri transporte potrebnych živín priamo do koreňovej zóny (Hanisko a Hrbík, 2008).

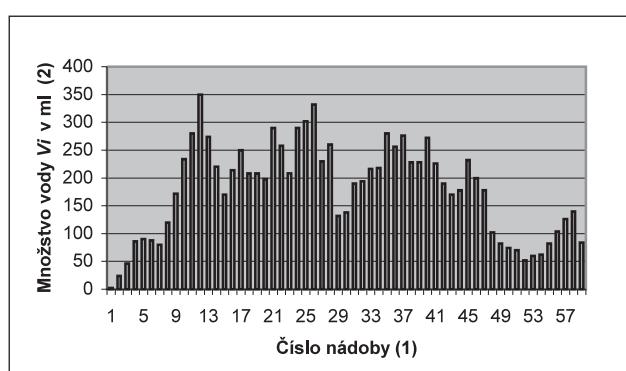
**Obrázok 10** Objem vody v zrážkomerných nádobách

Figure 10 Water quantities in pluviometers
(1) the pluviometer number, (2) water quantity

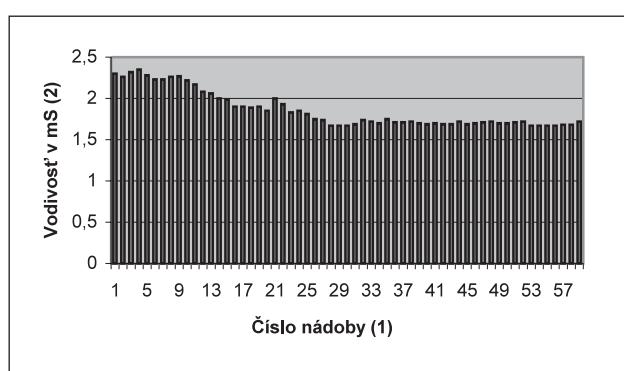
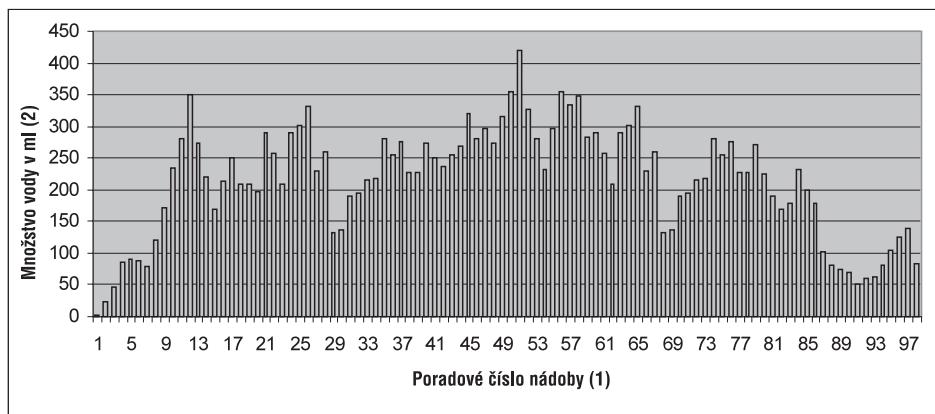
**Obrázok 11** Vodivost'

Figure 11 Electrical conductivity
(1) the pluviometer number, (2) electrical conductivity



Obrázok 12 Znázornenie prekrycia (prekrytie = 20)

Figure 12 Overlap (20 m)

(1) the pluviometer number, (2) water quantity

Tabuľka 7 Popisná štatistika – množstvo vody a elektrická vodivosť

Parameter (1)	Množstvo vody v ml (2)	Vodivosť v mS (3)
Stredná hodnota (4)	178,37	1,86
Medián (5)	194	1,72
Modus (6)	208	1,67
Smerová odchýlka (7)	84,55	0,22
Minimum (8)	2	1,67
Maximum (9)	350	2,35
Počet (10)	59	59
Variačný koeficient (11)	47,4	11,91

Table 7 Descriptive analyses – water quantities and electrical conductivity

(1) parameter, (2) water quantity, (3) electrical conductivity, (4) mean, (5) median, (6) modus, (7) standard deviation, (8) minimum, (9) maximum, (10) number of samples, (11) coefficient of variability

Pri klasickej príprave pôdy sa výsev semien vykonáva do rovného povrchu kombinátorom, ktorý neposkytuje vždy vhodné podmienky pre vzchádzanie, rast a vývoj rastlín. Veľkosť pôdnich agregátov, utuženosť pôdy a nevhodná štruktúra kladú odpor, brzdia vzchádzanie rastlín a deformujú koreň. Koreň mrkvy je nerovnomerne vyvinutý, drsný, deformovaný, zo zárezmi na vrchnej časti hlavy zelenej farby. Naproti tomu pestovanie mrkvy v profilovaných záhonoch vytvorených pôdnou frézou poskytuje takmer ideálne podmienky pre vzchádzanie, rast a vývoj rastlín (Poničan, 1998).

Technologický spôsob prípravy pôdy pred sejboru koreňovej zeleniny zásadným spôsobom ovplyvňuje fyzikálno-mechanické vlastnosti pôdy a následne aj kvalitu koreňovej zeleniny (Poničan a ī., 2004).

Záver

Pri zhodnotení nameraných hodnôt úrod mrkvy bola úroda pri použití fertigácie $80,08 \text{ t.ha}^{-1}$. Prírastok úrody tvoril $8,77 \text{ t.ha}^{-1}$ ($80,08 - 71,31$). Možno skonštatovať na základe nami nameraných výsledkov priaznivý efekt hnojivej závlahy – fertigácie. Pri pestovaní plodín s použitím fertigácie porastú aj vstupné náklady (cena hnojív, prihnojovacie zariadenie, montáž prihnojovacieho zariadenia atď.). Je treba prehodnotiť túto pripomienku a uskutočniť kroky pre kvalitnejšie pestovanie plodín. Priemerne úrody doložené podnikom Paulis – Záhradkárske služby sú bez použitia fertigácie 53 t.ha^{-1} a s použitím 81 t.ha^{-1} . Prírastok úrody tak tvorí 28 t.ha^{-1} .

Súhrn

Predmetom skúmania daného príspevku bolo stanovenie vplyvu fertigácie na vybrané vlastnosti mrkvy. Medzi vybrané vlastnosti patrí: dĺžka, hmotnosť, kužeľovitosť, koeficient štíhlosti a koeficient zbiehavosti. Popri nich sa stanovila aj rovnomernosť závlahovej dávky a elektrická vodivosť. Prírastok úrody pri použití fertigácie tvoril $8,77 \text{ t.ha}^{-1}$ ($80,08 - 71,31$). Pri hodnotení úrody mrkvy na celom podniku sa zistilo, že bez prihnojovania bola výška úrody 53 t.ha^{-1} , s fertigáciou 81 t.ha^{-1} . Rovnomernosť závlahovej dávky bola $60,014\%$. Aby sa nám zvýšila hodnota rovnomernosti je treba zabezpečiť prekrytie zavlažovaných pásov. Pri prekrytí 20 m sa hodnota koeficientu rovnomernosti zvýši na hodnotu $85,12\%$. Pri hodnotení elektrickej vodivosti možno konštatovať, že jej priemerná hodnota bola $1,86 \text{ mS}$ s hodnotou variačného koeficientu $11,91\%$.

Kľúčové slová: zavlažovanie, fertigácia, kužeľovitosť, mrkva, rovnomernosť závlahy

Literatúra

- AYARS, J. E. – HUTMANCHER, R. B. – VAIL, S. S. – SCHONEMAN, R. A. 1991. Cotton response to non-uniform and varying dophnts of irrigation. In: Agricultural Water-Management, vol. 19, 1991, no. 2, p. 151 – 156.
- FRIELINGHAUS, M. 1992. Uniformity of water-distribution and differences in soil moisture before and after sprinkler irrigation. In: Zeitschrift für Kulturtechnik und Landentwicklung, vol. 33, 1992, no. 5, p. 278 – 285.
- HANISKO, Ľ. – HRÍBIK, J. 2008. Úrodotvorná reakcia hrušiek pestovaných v tvare štíhleho vretena v podmienkach karbonátovej černozeme (Yield forming response shown by Slim Spindle Pear TREES GROWN ON CALCAREOUS CHERNOZEM), Vedecké práce VÚPOP č. 30, Bratislava, 2008, s. 35 – 44. ISBN 978-80-89151-51-8
- HRÍBIK, J. 2009. Synergické účinky zavlažovania špeciálnych plodín. Dostupné na internete: <http://www.zahradaweb.cz/projekt/clanek.asp?pid=2&cid=2014>
- HRÍBIK, J. 2006. Úsporné závlahové technológie z aspektu ochrany vodných zdrojov, príspevok do zborníka, Medzinárodné sympózium Voda pre život – Voda živel, v rámci 23. ročníka medzinárodného filmového festivalu AGROFILM Nitra, 2006, s. 82 – 91. ISBN 80-89162-23-1. Dostupné na internete: http://www.fem.uniag.sk/acta/sk/2/acta_horticulturae_et_regiotecturae/obsah/2003/1/48/
- LÁTEČKA, M. 2000. Rovnomernosť postrekovača pri závlahie otáčavými postrekovačmi. Monografia, Nitra : SPU, 2000, 58 s. ISBN 80-7137-678-7.

- LETEY, J. 1985. Irrigation uniformity as related to optimum crop production. In: Irrigation Science, 1985, no. 6, p. 253 – 263.
- PONIČAN, J. – JECH, J. – ANGELOVIČ, M. 1998. Technika a technológie pre udržateľné poľnohospodárstvo. Nitra : SPU, 1998, s. 58 – 64
- PONIČAN, J. – JECH, J. – ANGELOVIČ, M. – ŽITŇÁK, M. 2004. Vplyv predsejbovej prípravy pôdy na jej vlastnosti ovplyvňujúce pestovanie koreňovej zeleniny v podmienkach precízneho poľnohospodárstva. In: Acta technologica agriculturae, roč. 7, 2004, č. 1, s. 7 – 10. ISSN 1335-2555
- PONIČAN, J. – JECH, J. – ANGELOVIČ, M. – ŽITŇÁK, M. 2004. Vplyv vlastností pôdy na agrofyzikálne vlastnosti koreňovej zeleniny. In: Acta technologica agriculturae, roč. 7, 2004, č. 4, s. 94 – 98. ISSN 1335-2555

- RŮŽIČKA, M. – SIMONÍK, J. 1998. Simulačné modelovanie rovnomernosti postreku. In: Technika a technológie pre udržateľné poľnohospodárstvo, zborník referátov z medzinárodnej vedeckej konferencie. Nitra : SPU, 1998, s. 99 – 104. ISBN 80-7137-495-4
- SOLOMON, K.H. 1984. Yield related interpretation of irrigation uniformity and efficiency measures. In: Irrigation Science, 1984, no. 5, p. 161 – 172.

Kontaktná adresa:

Ing. Ján Jobbág, PhD., doc. Ing. Ján Simoník, PhD., Katedra strojov a výrobných systémov Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, e-mail: Jan.Jobbagy@uniag.sk, Jan.Simonik@uniag.sk

Acta horticulturae et regiotecturae 1
Nitra, Slovaca Universitas Agriculturae Nitriae, 2011, s. 19–23

EXPLANTÁTOVÉ KULTÚRY TISU (TAXUS SP.) AKO ALTERNATÍVNE PRODUKČNÉ SYSTÉMY PRE TAXÁNOVÉ METABOLITY

EXPLANTATE CULTURE OF YEW (TAXUS SP.) AS ALTERNATIVE PRODUCTION SYSTEMS FOR TAXANE METABOLITES

Angela FILOVÁ, Katarína ROVNÁ

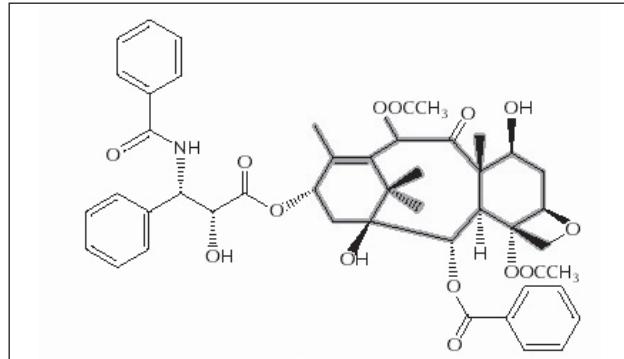
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Tissue cultures provide a renewable resource for production of secondary metabolites. The cell cultures of *Taxus* sp. represent an alternative source of taxane metabolites, which are significant cancer drugs. The goal was to determine the amount of taxol in explantate cultures of four chemotypes of yew (*Taxus baccata*, *Taxus cuspidata*, *Taxus canadensis* and *Taxus brevifolia*). These yew chemotypes were cultured on modified media Westvaco WV1, and WV2 WV5 (1, 2 and 5 mg of 2,4-D.l⁻¹) for induction of callus. The highest content of taxol produced a callus culture of *T. canadensis* in the 56th day of culture. In the callus culture of *T. baccata* we experienced only half the amount of the total production of taxol compared with *T. canadensis*. Growth and biomass production of secondary metabolites taxane type is dependent on chemotype of yew itself, as well as on the time of cultivation and the amount of auxin 2,4-D in the culture medium. Studying the callogenesis of annual shoots segments of four yew chemotypes in in vitro conditions, we found out that: 1. the process of dedifferentiation (callogenesis) was more intensive in variant media WV2 (2 mg 2,4-D.l⁻¹). Calluses were acquired in all kinds of yew; with Ri values 8.26 to 11.97. 2. in the process of callogenesis the chemotype *Taxus canadensis* was the most successful, followed by *Taxus brevifolia*, *Taxus baccata* and *Taxus cuspidata*, the dynamics of fresh mass creation was 1/3 lower than in *Taxus canadensis*. 3. for the actual production of taxol *Taxus canadensis* WV2 medium, as well as WV5 medium, where content of taxol was in the range 158.9 – 149.9 mg taxol.g⁻¹ DW callus seems to be the best. 4. Optimizing the process of callogenesis in *Taxus* sp. positively affects taxol extracts.

Key words: plant tissue cultures, *Taxus* sp., taxane metabolites

Druhy *Taxus* sp. sú najznámejšími zdrojmi širokého spektra sekundárnych metabolítov. Ihličky a kôra tisu obsahujú okrem jedovatých alkaloidov aj látka účinnú proti rakovine, ktorá sa nazýva taxol (obrázok 1). Taxol bol prvýkrát popísaný v roku 1971. Bol izolovaný z kôry kmeňa tisu západného a bola popísaná jeho štruktúra. Taxol je cytotoxický diterpén (C₄₇H₅₁NO₁₄), ktorý má silný inhibičný účinok na replikáciu bunky, pričom zasahuje do G2/M fázy bunkového cyklu a tým zastavuje rast rakovinových buniek (Yuan et al., 2008). Je účinný na rôzne druhy nádorov, špeciálne vaječníkov a prsníkov. Skúma sa aj ako potenciálne liečivo voči skleróze multiplex, psoriáze, reumatoidnej artritíde.

Doteraz je známych viac ako 300 taxánov (prírodných aj semisintetických), z nich mnohé sú dnes v preklinickom výskume ako potenciálne protirakovinové liečivá. Farmaceutický význam, intenzívny výskum a nízky obsah tejto zložitej látky v rastline (do 600 ppm v suchých častiach) viedli k hľadaniu možností



Obrázok 1 Štruktúra taxolu
Zdroj: Fett-Neto et al., 1993

Figure 1 Taxol structure
Source: Fett-Neto et al., 1993

biotechnologickej produkcie, pretože priemyselne zatiaľ dominiuje finančne náročná chemická semisyntéza spojená s izoláciou z medziproduktov rastlín *Taxus* sp. Alternatívne produkčné systémy pre taxány sú najmä rastlinné bunky tisu. Jednou z alternatív, ktorá rieši tento problém, je kultivácia rastlinných buniek rôznych línii (chemotypov) schopných produkovať väčšie množstvá taxánových sekundárnych metabolitov v závislosti od zloženia kultivačného média. Pre bunkové kultúry *Taxus* sp. sú už vyvinuté techniky využívajúce diferencované aj nediferencované bunky. Kalusové kultúry boli úspešne vytvorené z kôry, mladých kmeňov a z ihličia rôznych druhov tisu. Pojem kalus predstavuje neorganizovanú, množiacu sa masu nediferencovaných buniek. Prenosom kalusov do vhodného tekutého živného média sa dajú vytvoriť bunkové suspenzie. Suspenzné kultúry sú výhodné, pretože v takomto systéme sa ľahšie ovplyvňujú podmienky rastu a produkcie sekundárnych metabolitov. Na syntézu taxánov sa využívajú rovnako aj diferencované bunkové kultúry obsahujúce organizované pletivá, v ktorých sú zachované interakcie medzi bunkami, pletivami a orgánmi, podobne tým v intaktných rastlinách. Diferencované bunkové kultúry môžu byť výhodné v hľadisku tvorby sekundárnych metabolitov, pretože tu existuje predpoklad zachovania dočasnej schopnosti priestorovej expresie génov pre syntézu žiadanych látok. Príklady produkcie taxánov explantátovými kultúrami *Taxus* sp. v bioreaktoroch sú uvedené v tabuľke 1 (Maruna, 2010).

Cieľom práce bolo zistiť kapacitu kalogenézy rastlín v závislosti od chemotypu a stupňujúcej koncentrácie auxínu 2,4-D v kultivačnom médiu. Vyústením experimentov je evidovanie chemotypov tisu vhodných pre tvorbu biomasy v podobe kalusovej kultúry s vysokým obsahom taxolu v prostredí *in vitro* pre následné využitie vo farmaceutickom priemysle.

Materiál a metódy

Pre našu prácu sme použili štyri chemotypy tisu pochádzajúce z Arboréta Mlyňany:

- *Taxus brevifolia* – rastie v západnej časti Kanady a USA,
- *Taxus canadensis* – je rozšírený od Newfoundlandu až k Manitoba a od Iowy k Severnej Karolíne,
- *Taxus baccata* – má domov v Európe a na severe Afriky,
- *Taxus cuspidata* – je typickou rastlinou v Číne, Japonsku, Kórei.

Rastliny mali vyzovujúci zdravotný stav pre odber primárnych explantátov na pestovanie v podmienkach *in vitro*, neboli

napadnuté žiadnym patogénom, ani mechanicky poškodené. V jarnom období sme odobrali z dospelých jedincov materinských rastlín mladé, nezdrevnaté, jednorocné výhonky. Ako primárne explantáty sme použili segmenty výhonkov s vrcholovými púčikmi a nodálne segmenty s pažušnými púčikmi. Na týchto segmentoch sme ponechali 1 – 3 ihličky, ostatné sme odstránilí. Veľkosť segmentov bola v rozpätí od 5 do 10 mm. Počet explantátov, ktoré sme pripravili na založenie kultúry *in vitro* bol po 150 kusov z každého chemotypu tisu. Samotná kultivácia prebiehala na modifikovanom živnom médiu Westvaco (Coke, 1996): WV obohatené o gradujúce koncentrácie auxínu 2,4-D (1 mg. l⁻¹, 2 mg. l⁻¹ a 5 mg. l⁻¹).

Tvorba kalusov prebiehala pri teplote 22 °C a 8-hodinovej fotoperiode s intenzitou osvetlenia 500 μmol.m⁻².s⁻¹. Kultivácia kalusov trvala 56 dní, počas ktorej sme previedli 3 subkultivácie s meraniami čerstvej hmotnosti kalusov.

Meranie rastu

Na začiatku experimentu sme odvážili inokulum a po skončení rastovej periody narastenú biomasu. Výsledok udáva rastový index (*Ri*) (Ketchum et al., 1995):

$$Ri = \frac{(hmotnosť vyrastenej biomasy - hmotnosť inokula)}{hmotnosť inokula} \cdot 10$$

Úprava vzoriek a stanovenie taxánov

Čerstvú kalusovú hmotu sme lyofilizovali pri -20 °C a lyofilizát sme následne rozdrvili na prášok. 100 mg takto pripravených buniek sme zmiešali so 4 ml metanolu a extrahovali 16 hodín na trepačke. Nasledovalo 10 minútové pôsobenie ultrazvukom a 10 minútová centrifugácia, čím sa tuhý podiel oddelil. Supernatant sme prefiltrovali a odparili pri 40 °C vo vákuovej rotačnej odparke do sucha. Takto pripravenú vzorku sme ďalej analyzovali. Analýza taxolu bola prevedená vysokoúčinnou kvapalinovou chromatografiou HPLC/UV (Hewlett Packard, Nemecko). Na analýzu sme použili kolónu LichroCART 250 x 4 mm s náplňou Lichrospher RP-18e 5 μm s UV detekciou. Mobilná fáza sa skladala z acetonitrílu a vody. Prietok bol 1 ml.min⁻¹ s UV-detekciou. Použitá bola gradientová metóda. Analýzy boli vykonané v spolupráci s pracoviskom Poľskej Akademie Nauk v Krakove.

Preukaznosť rozdielov sme potvrdili Friedmanovým testom a parametrickou analýzou rozptylu. Na hodnotenie štatistickej závislosti náhodných premenných sme vybrali neparametrický Spermanov korelačný koeficient.

Tabuľka 1 Produkcia taxánov rôznymi bunkovými kultúrami *Taxus* sp. v rôznych kultivačných podmienok (Maruna, 2010)

Druh (1)	Taxán (2)	Produkcia v mg.l ⁻¹ (3)	Stratégia kultivácie (4)
<i>Taxus canadensis</i>	paclitaxel	117	elicitácia metyljasmonátom
	celkové taxány	506	
<i>Taxus media</i>	paclitaxel	110	elicitácia metyljasmonátom
	celkové taxány	145,3	
<i>Taxus chinensis</i>	paclitaxel	153	optimalizácia média, elicitácia, dovojpásážová kultivácia
	celkové taxány	295	
	paclitaxel	67	prerušované prítokovanie maltózy, elicitácia AgNO ₃ a teplotný posun
	taxuyunnanin C	82,4	

Table 1 Production of taxanes by cell cultures of *Taxus* sp. in different conditions (Maruna, 2010)
(1) genotype (2) taxane (3) taxane production mg.l⁻¹ (4) strategy of cultivation

Výsledky a diskusia

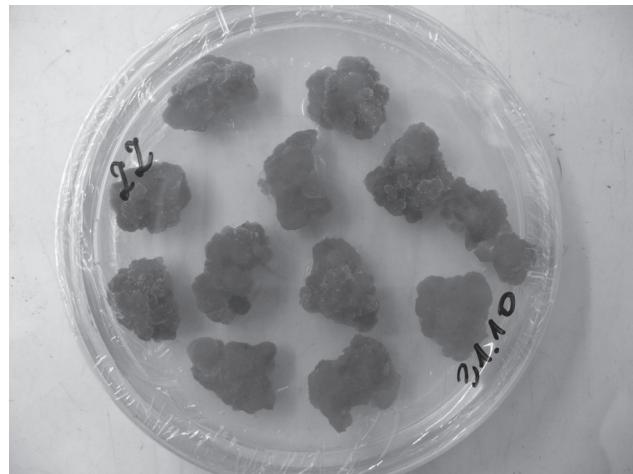
Indukcia kalusov pri všetkých chemotypoch bola úspešná. Produkciu biomasy v kalusovej kultúre sme stanovili v časových intervaloch 14, 28, 42, 56 dní. Najvyšší nárast čerstvej hmoty pri tvorbe kalusov sme zaznamenali na kultivačnom médiu WV2 (2 mg.l⁻¹ 2,4D) pri všetkých druhoch *Taxus* sp. Dynamiku rastu sme charakterizovali rastovým indexom Ri (tab. 2.) pri všetkých štyroch chemotypoch tisu v závislosti od koncentrácie auxínu v kultivačnom médiu. Na WV1 médiu (1 mg.l⁻¹ 2,4-D) kalogéneza prebiehala menej intenzívne v porovnaní s ostatnými kultivačnými médiami. Hodnoty Ri vo variantoch s koncentráciou 1 mg.l⁻¹ 2,4-D sa pohybovala od 8,26 až po 10,66. Najvyššia hodnota Ri bola zaznamenaná pri koncentrácií 2 mg.l⁻¹ 2,4-D a to 11,97 a najnižšia pre tento variant 10,55. Koncentrácia 5mg.l⁻¹ 2,4-D sa prejavila na rastovom indexe strednými hodnotami v rozmedzí 11,05 – 9,85 (obr. 2). Z hľadiska navodenia bunkového delenia špecializovaných pletív jednoročných výhonkov bolo najvhodnejšie médium WV2, potom nasledovalo WV5 a WV1 (tabuľka 3).

Z údajov v tabuľke 2 môžeme konštatovať, že pri metodickom postupe explantát-kalus najlepšie reagoval na zvolené podmienky kultivácie a koncentrácie auxínu v kultivačnom médiu chemotyp *Taxus canadensis*, nasledovali *Taxus brevifolia*, *Taxus baccata* a *Taxus cuspidata*.

Maximálny rastový index kalusových kultúr (8,03) sme zaznamenali na 42. deň kultivácie *T. canadensis* naopak *T. baccata* v ten istý deň dosiahol rastový index iba 5,52. Pri všetkých chemotypoch tisu bol v sledovanom období vyrovnaný rast s maximom medzi 42. až 56. dňom kultivácie.

Vo všeobecnosti môžeme skonštatovať, že orgánové kultúry uvedených 4 chemotypov majú podobnú dynamiku rastu, pričom sa líšia iba vo veľkosti rastového indexu. Vo všetkých variantoch exponenciálna fáza rastu začína približne 28. dňom kultivácie a fázu odumierania pozorujeme po 56. dni kultivácie (Filová, 2007).

Taxámy možno získať priamou izoláciou z rastlinného materiálu, čo je však najmä z ekologického hľadiska neprípustné, pretože dochádza k ničeniu vzácnych tisových stromov. Získa-



Obrázok 2 Kalusová kultúra *T. canadensis* na WV2 médiu
Figure 2 Callus culture of *T. canadensis* on WV2 medium

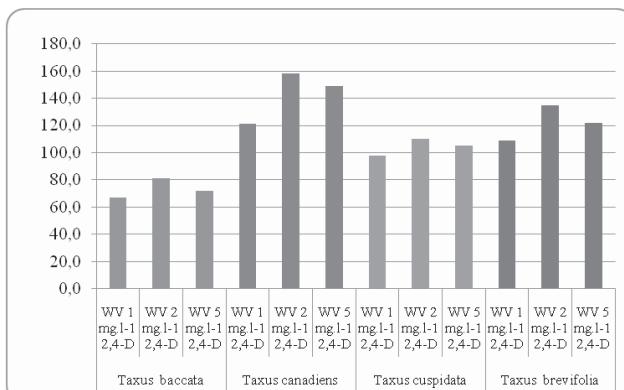


Obrázok 3 Kalusová kultúra *T. baccata* na WV1 médiu
Figure 3 Callus culture of *T. baccata* on WV 1 medium

Tabuľka 2 Dynamika zmien nárastu čerstvej hmoty kalusov v g v jednotlivých dňoch subkultivácie prepočítaná na rastový index (Ri) v explantátových kultúrach *Taxus* sp.

Chemotyp (1)	Variant (2)	Doba kultivácie v dňoch / čerstvá hmotnosť kalusu v g (3)					Ri (4)
		0	14	28	42	56	
<i>Taxus baccata</i>	WV 1 mg.l ⁻¹ 2,4-D	0,200	0,218	0,240	0,231	0,389	9,45
	WV 2 mg.l ⁻¹ 2,4-D	0,199	0,222	0,295	0,311	0,409	10,55
	WV 5 mg.l ⁻¹ 2,4-D	0,200	0,214	0,269	0,279	0,402	10,10
<i>Taxus canadensis</i>	WV 1 mg.l ⁻¹ 2,4-D	0,198	0,213	0,271	0,355	0,409	10,66
	WV 2 mg.l ⁻¹ 2,4-D	0,193	0,243	0,298	0,372	0,424	11,97
	WV 5 mg.l ⁻¹ 2,4-D	0,200	0,236	0,289	0,347	0,421	11,05
<i>Taxus cuspidata</i>	WV 1 mg.l ⁻¹ 2,4-D	0,201	0,210	0,267	0,270	0,367	8,26
	WV 2 mg.l ⁻¹ 2,4-D	0,192	0,231	0,289	0,311	0,394	10,52
	WV 5 mg.l ⁻¹ 2,4-D	0,200	0,221	0,279	0,304	0,397	9,85
<i>Taxus brevifolia</i>	WV 1 mg.l ⁻¹ 2,4-D	0,190	0,229	0,298	0,345	0,384	10,21
	WV 2 mg.l ⁻¹ 2,4-D	0,196	0,243	0,338	0,385	0,421	11,48
	WV 5 mg.l ⁻¹ 2,4-D	0,197	0,236	0,315	0,364	0,412	10,91

Table 2 Dynamic of growth of callus fresh mass in g in days of sub-cultivation, converted to growth index (Ri) in explantate culture of *Taxus* sp.
(1) chemotype, (2) treatment, (3) period of cultivation in days / callus fresh weight in g, (4) Ri growth index



Obrázok 4 Obsah taxolu v mg.g⁻¹ DW v kalusových kultúrach *Taxus* sp. po 56 dňoch kultivácie

Figure 4 Content of taxol in mg.g⁻¹ DW in callus cultures of *Taxus* sp. after 56 days of cultivation

nie 2 g čistého paclitaxelu vyžaduje vyhubenie približne 12 veľkých stromov tisu a stojí 10 000 USD (Nims, 2006). Výtažky taxánov získaných týmto procesom sú veľmi nízke, pohybujú sa v rozmedzí 100 – 300 ppm purifikovanej látky vzhľadom na hmotnosť suchého floému. Taxány sa extrahujú tiež z ihličiek *Taxus* sp., kde ich obsah je vyšší, do 500 ppm hmotnosti suchého ihličia pre cephalomanin a baccatin III, do 480 ppm hmotnosti suchých ihlič pre brevifoliol a 10-deacetylbaaccatin III. Problém spojený s izoláciu z pletív predstavuje i fakt, že zastúpenie taxánov počas jednotlivých ročných období pri tom istom druhu sa značne mení.

V druhom kroku sme porovnávali schopnosť chemotypov v závislosti od typu kultúry produkovať taxány. Analýza obsahu taxolu sa uskutočnila po 56 dňoch kultivácie. Výsledky týchto analýz sú uvedené na obrázku 5 a 6.

Wickremesinhe et al. (1999) publikovali porovnanie produkcie taxolu rôznych druhov *Taxus* sp. (*T. brevifolia*, *T. baccata*, *T. cuspidata*, *T. x media* cv. Hicksii, *T. x media* cv. *Densiformis*) v kalusových kultúrach. Produkcia taxolu sa pohybovala od 22,5 do 198,1 µg.g⁻¹ suchej hmoty DW.

Ako vyplýva z našich experimentov, *T. canadiensis* mal vyššiu produkciu taxolu v porovnaní s ostatnými troma druhy tisu. Kalusová kultúra *T. canadiensis* dosiahla maximálny obsah taxolu 158,1 µg.g⁻¹ DW kalusu v 56. dni kultivácie, naproti tomu pri kalusovej kultúre *T. baccata* sme zaznamenali len polovičné množstvá celkovej produkcie taxolu (67 – 80,9 µg.g⁻¹ DW kalusu) ako v kultúre *T. canadiensis*. Kalusové kultúry *T. brevifolia* a *cuspidata* produkovali vo svojich bunkách od 135,3 – 98,2 µg taxolu.g⁻¹ DW kalusu.

Opäť sa prejavila a potvrdila pozitívna reakcia explantátov na prítomnosť auxínu 2,4-D v kultivačnom médiu na syntézu taxolu, podobne ako na rastový index.

Naše výsledky dokumentujú, že pre samotnú produkciu taxolu sa javí ako najvhodnejšia kalusová kultúra *T. canadensis* kultivovaná na WV2 médiu.

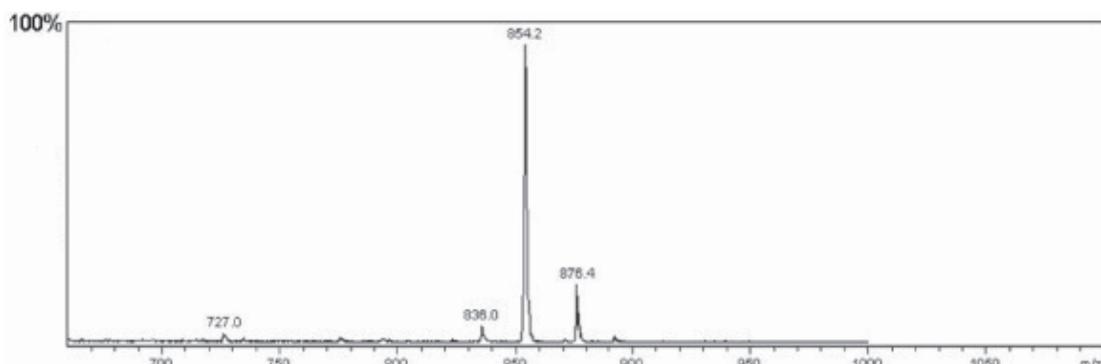
Na zastúpenie jednotlivých taxánov v ihličnanoch majú vplyv okrem geografickej lokality i ekologickej a poľnohospodárskej faktory, ako aj podmienky skladovania (Vance, 1994). V experimente, ktorý uskutočnil van Rozendaal (2000) bolo analyzované ihličie niekoľkých druhov a kultivarov tisu metódou HPLC. Sledovali prítomnosť paclitaxelu, 10-deacetylpaclitaxelu, cefalomanínu, baccatinu III, 10-deacetylbaaccatinu III a brevifoliolu. Z piatich rôznych lokalít v Holandsku a vo Veľkej Británii bolo odobratých okolo 750 rôznych vzoriek. Výsledky skríningu ukázali veľkú variabilitu v obsahu taxánov medzi rôznymi druhmi a kultivarmi. Obsah paclitaxelu a 10-deacetylbaaccatinu III sa pohyboval v rozmedzí 0 – 500 ppm a 0 – 480 ppm hmotnosti suchého ihličia. Brevifoliol sa vo vysokej koncentráции našiel pri *Taxus brevifolia*. 10-deacetylpaclitaxel, cefalomanín a baccatin III sa vyskytovali v koncentráciách v rozsahu 0 – 500 ppm hmotnosti suchého ihličia. Obsah paclitaxelu je najvyšší 100 ppm v suchom ihliči. Storočný strom tisu obsahuje okolo 300 mg tejto zlúčeniny (Zhao, 2008).

Záver

Súčasné trendy vo výskume a využití rastlín smerujú k hľadaniu možností kultivácie izolovaných rastlinných buniek, pletív a orgánov s cieľom produkcie alebo biotransformácie farmakologicky účinných látok. Pri kalusových kultúrach štyroch chemotypov tisu sme zisťovali či majú genetickú výbavu pre produkciu sekundárnych metabolítov taxánového typu a teda či sú z tohto hľadiska perspektívne pre optimalizáciu rastu a produkcie taxolu. Dosiahnuté výsledky sú dokumentujú rozdiely v produkcií taxolu pri jednotlivých chemotypoch tisov v závislosti od typu kultivačného média, avšak sú perspektívne pre ďalšie experimenty optimalizácie ohľadom zvýšenia produkcie taxolu v bunkovými kultúrami tisu.

Rast biomasy a produkcia sekundárnych metabolítov taxánového typu závisí od typu explantátovej kultúry, od chemotypu samotného tisu, ako aj od doby kultivácie a množstva auxínu 2,4-D v kultivačnom médiu.

Rastliny produkujú široké spektrum chemických látok, ktoré majú veľký ekonomický význam. Najúspešnejšie prírodné liečivá s protinádorovým účinkom posledných rokov sú rastlinné fitochemikálie paclitaxel a kamptotecín. Objemovo je produkcia týchto rastlinných látok pre farmaceutický priemysel nízka.



Obrázok 5 HPLC-MS analýza obsahu taxolu v kalusovej kultúre *Taxus canadensis*

Figure 5 HPLC-MS analysis of taxol content in callus culture of *Taxus canadensis*

Ide o kilogramové až sto kilogramové množstvá. Cena týchto produktov nie je stála, závisí od rôznych činiteľov, ako sú klimatické i pestovateľské podmienky a je veľmi vysoká. To viedie k zvýšenému záujmu vyvíjať biotechnologické procesy pre priemyselnú produkciu týchto liečív.

Súhrn

Explantátové kultúry poskytujú obnoviteľný zdroj pre produkciu sekundárnych metabolitov. Bunkové kultúry *Taxus* sp. predstavujú alternatívny zdroj taxánových metabolitov, významných liečiv nádorových ochorení. Cieľom práce bolo zistiť množstvo taxolu v explantátových kultúrach štyroch chemotypov tisu (*Taxus baccata*, *Taxus cuspidata*, *Taxus canadensis* a *Taxus brevifolia*). Uvedené chemotypy tisu boli kultivované na modifikovaných médiách Westvaco WV1, WV2 a WV5 (1, 2 a 5 mg 2,4-D.l⁻¹) pre indukciu tvorby kalusov. Najvyšší obsah taxolu vyprodukovaťa kalusová kultúra *T. canadensis* v 56. deň kultivácie. Pri kalusovej kultúre *T. baccata* sme zaznamenali len polovičné množstvá celkovej produkcie taxolu v porovnaní s *T. canadensis*. Rast biomasy a produkcia sekundárnych metabolitov taxánového typu závisí od chemotypu samotného tisu, tak ako aj od doby kultivácie a množstva auxínu 2,4-D v kultivačnom médiu. Štúdiom kalogenézy segmentov jednorocných výhonkov štyroch chemotypov tisu v in vitro podmienkach sme zistili:

1. proces dediferenciácie (kalogenézy) bol intenzívnejší vo variante média WV2 (2 mg.l⁻¹ 2,4D). Kalusy sme získali pri všetkých druhoch tisu, pričom hodnoty Ri boli 8,26 – 11,97,
2. v procese kalogenézy bol najúspešnejší chemotyp *Taxus canadensis*, následne *Taxus brevifolia*, *Taxus baccata* a *Taxus cuspidata*, ktorého dynamika tvorby čerstvej hmoty bola o1/3 nižšia ako pri *Taxus canadensis*,
3. pre samotnú produkciu taxolu sa javí najvhodnejší *Taxus canadensis* kultivovaný na WV2 médiu, ako aj na WV5 médiu, kde obsah taxolu bol v rozmedzí 158,9 – 149,9 µg taxolu.g⁻¹ DW kalusu,
4. optimalizovanie procesu kalogenézy *Taxus* sp. pozitívne ovplyvnilo výťažky taxolu.

Kľúčové slová: explantátové kultúry, *Taxus* sp., taxánové metabolity

Podakovanie

Prezentované výsledky vznikli s podporou grantového projektu VEGA 1/2431/05 Využitie biotechnologických metód v rozmnožovaní vybraných druhov tisu.

Literatúra

- FETT-NETO, A. G. – MELANSON, S. J. – SAKATA, K. – DICOSMO, F. 1993. Improved growth and taxol yield in developing calli of *Taxus cuspidata* by medium composition modification. In: Bio/Technol., vol. 11, 1993, p. 731 – 734.
- FILOVÁ, A. – ROVNÁ, K. 2007. Using of plant in vitro cultures for producing secondary metabolites. In: Acta Biochimica Polonica, vol. 54, 2007, no. 1, p. 35.
- KETCHUM, R. E. B. – GIBSON, D. M. – GREENSPAN GALLO, L. 1995. Media optimization for maximus biomass production in cell cultures of pacific yew. In: Plant Cell, Tissue and Organ Culture, vol. 42, 1995, no. 3 p. 185 – 193.
- MANURA, M. – ŠTURDÍKOVÁ, M. 2010. Protirakovinové taxónové prírodné látky. In: Chemické listy, roč. 104, 2010, s. 12 – 20.
- NIMS, E. – DUBOIS, C. P. – ROBERTS, S. C. 2006. In: Metabolic Engineering, vol. 8, 2006, no. 5, p. 385 – 394.
- UNITED STATES PATENT #5. 1996. Basal nutrient medium for in vitro cultures of loblolly pine. Majiteľ a pôvodca patentu: Coke, J. E. 1996, 534434. July 9, 1996.
- VAN ROZENDAAL, E. L. – LELYVELD, G. P. – VAN BECK, T. A. 2000. Phytochemistry, Wageningen : Wageningen University, vol. 53, 2000, p. 383.
- VANCE, N. C. 1994. Seasonal and Tissue Variation in Taxane Concentrations of *Taxus brevifolia*. In: Phytochemistry – Oxford, vol. 36, 1994, no. 5, p. 1241 – 1244.
- WICKREMESINHE, E. R. M. – ARTECA, R. N. 1999. *Taxus* Species (Yew): In Vitro Culture, and the Production of Taxol and Other Secondary Metabolites. In: Biotechnology Agriculture Forestry, vol. 41, 1999, no. 1, p. 415 – 442.
- YUAN, H. – MIAO, J. – DU, Y. – YOU, J. – HU, F. – ZENG, S. 2008. Ternary nanoparticles of anionic lipid nanoparticle /protamine/DNA for gene delivery. In: International Journal of Pharmaceutics, no. 348, 2008, p. 137.
- ZHAO, K. – PING, W. – ZHANG, L. – LIU, J. – LIN, Y. – JIN, T. – ZHOU, D. 2008. Screening and breeding of high taxol producing fungi by genome shuffling. In: Science China Life Sciences, vol. 51, 2008, no. 3, p. 222 – 231.

Kontaktná adresa:

Ing. Angela Filová, PhD., Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov, Katedra fyziológie rastlín, Tr. A. Hlinku 2, 949 01 Nitra, Slovensko, e-mail: angela.filova@uniag.sk; Ing. Katarína Rovná, PhD., Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Fakulta záhradníctva a krajinného inžinierstva, Tulipánová 7, 949 01 Nitra, Slovensko, e-mail: katarina.rovna@uniag.sk

Acta horticulturae et regiotecturae 1
Nitra, Slovaca Universitas Agriculturae Nitriae, 2011, s. 24–28

MODELOVÉ RIEŠENIE ROVNICE VETERNEJ ERÓZIE V GIS

MODELATION OF WIND EROSION EQUATION IN GIS

Lenka GREŠOVÁ, Jozef STREĎANSKÝ

Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Geographic information system (GIS) represents a modern tool that analyzes and creates maps to solve wind erosion problems. Using this tool, wind erosion equation (WEQ) acquires a new dimension to evaluate soil loss caused by wind erosion that can be identified exactly for certain field in the selected area. This means big advantage in landscape protection planning. Spatial representation of WEQ input parameters variability allows analysis of the areas threatened by wind erosion. GIS computer models allow comparison of present state to suggested variants and selection of optimal solution before the erosion control realization is made. We calculated wind erosion in 2005 according to wind erosion equation using two types of methodology (Skidmore, 1986; Schwab, 1993). The maps of the factors of the input layers of soil erodibility index I, surface roughness $K_{0,koh}$, $K_{0,par}$ and K_s , climatic factor C, unsheltered distance and residue and growing crops V created grids in the ArcGIS 9.2 interface as the base for final maps of soil loss for 3 variants of solution: autumn variant, when there is no vegetation present on the soil surface and ridges are (1) parallel or (2) perpendicular to the wind direction and (3) autumn/spring variant with ridges after seeding.

Key words: wind erosion, GIS, WEQ, erosion model

Rovnica veternej erózie vyjadruje zjednodušený vzťah faktorov ovplyvňujúcich prejavu veternej erózie. Analýza jednotlivých faktorov však poukazuje na to, že každý z týchto faktorov má svoje špecifická a značne sa podieľa na výsledných hodnotách finálnych eróznych odnosov. Geografické informačné systémy (GIS) sú nástrojom na tvorbu kvalitných mapových podkladov a poskytovanie potrebných informácií o území. GIS ako nástroj na analýzu a tvorbu máp sa v súčasnosti radia na popredné miesto a prostredníctvom tohto nástroja rovnica veternej erózie nadobudla nový rozmer v hodnotení odnosov vetra, ktoré sa dajú identifikovať pre konkrétny pôdny celok v celom riešenom území, čo má obrovský význam pri ochrannom plánovaní krajinnej. Pôvodná rovnica veternej erózie WEQ (Wind Erosion Equation) je v súčasnosti stále používanou metódou na výpočet veternej erózie. Jej výpočet pomocou rovníc poskytuje veľmi všeobecny údaj o množstve erózneho odnosu pôdy vetrom z riešeného územia. Nerieši lokálne problémy vyskytujúce sa na určitých kritických pôdných celkoch, nezahŕňa vplyv a dosah vetrolamov prítomných na území, identifikuje jednotlivé faktory ako priemerné hodnoty pre celé riešené územie. Pokúsili sme sa preto o modelovanie tejto rovnice v programe ArcGIS 9.2. Zostrojením vstupných vrstiev pre jednotlivé faktory vstupujúce do rovnice veternej erózie a spresnením niektorých parametrov sme chceli poukázať na možnosť modelovania veternej erózie pomocou základnej rovnice WEQ, ktorá je v porovnaní s pokrokovými modelmi veľmi jednoduchým, no stále účinným modelem a môže taktiež poskytovať detailnejšie výstupy a informácie o pôdných stratách na riešenom území.

Materiál a metódy

Prvým krokom pre riešenie problémov veternej erózie je výber záujmového územia. Výber je podmienený výskytom potenciálnej veternej erózie v lokalite. Zvolili sme katastrálne územia – Šaľa a Kráľová nad Váhom, v ktorých sme postupne podľa získaných podkladových materiálov analyzovali klimatic-

ké, pôdne, hospodárske podmienky, ktoré sú nevyhnutnou súčasťou vstupov do eróznych modelov. Rovnica veternej erózie nie je jednoduchým výsledkom parametrov erodibility, ale je skupinou komplexných vzťahov týchto parametrov, ktoré ovplyvňujú eróziu. Hlavným cieľom bolo teda analyzovať vstupné parametre a ich najpresnejšie vyjadrenie vzhľadom na potenciál modelovania, ktorý poskytujú geografické informačné systémy. Rovnica WEQ má tvar:

$$E = \int (IKCLV) \quad (1)$$

kde:

- E – odhadovaná ročná strata pôdy v t.ha.rok $^{-1}$
- \int – indikuje vzťahy ktoré nie sú v priamej matematickej kalkulácii
- I – erodibilný index
- K – faktor drsnosti pôdy
- C – klimatický faktor
- L – nechránená vzdialenosť
- V – vegetačný faktor

C faktor

Na určenie priemernej ročnej straty pôdy pre rôzne klimatické podmienky bol navrhnutý klimatický faktor (Chepil, Siddoway a Armbrust, 1962). Je to index veternej erózie ako vplyvu vlhkosti na povrchu pôdných častíc a priemernej rýchlosťi vetra. Klimatický faktor bol vyjadrený ako:

$$C = 386 \cdot \frac{u^3}{(PE)^2} \quad (2)$$

kde:

- u – priemerná rýchlosť vetra za rok vo výške 9,1 m
- PE – Thorntwaite index na výhodnotenie efektívnosti zrážok
 - hodnota 386 je indexom faktora pre podmienky v Garden City, Kansase (kedže neexistuje hodnota zistená pre podmienky Slovenska, pre naše výpočty sme použili túto hodnotu)



Obrázok 1 Detail rýchlosť vetra podľa Schwaba et. al. (1993) (vľavo) a Skidmora (1989) (vpravo)

Figure 1 Wind speed detail according to the methodology of Schwab (1993) (left) and Skidmore (1989) (right)

Hodnota C faktora je diskutabilná, pretože pri existujúcej rýchlosťi vetra sú pre nás podstatné nárazové rýchlosťi ako aj rýchlosťi vetra, ktoré sú kritické pre jav veternej erózie a to hlavne v jarných a jesenných mesiacoch. Preto vychádzaj z priemernej ročnej rýchlosťi je podľa našich úvah nie celkom presné a dostatočné. Pri charakteristike veterných pomerov je taktiež nutné definovať smer vetra ako aj vplyv redukcie rýchlosťi vetra vplyvom rôznych bariér prítomných v území, čím sa spresní hodnota priemernej rýchlosťi vetra, ktorá by mala pôvodne vstupovať do výpočtov pôdných strát. Podľa autorov Woodruffa a Siddowaya (1965), ktoré sú prepracované Schwabom et al. (1993) a podľa technickej správy programu WEPS 1.0, rýchlosť vetra je taktiež funkciou nechránenej dĺžky (definovaná dvomi stabilnými plochami). Priemerná rýchlosť vetra bola preto upravená podľa Hagena (1995) a Panofskeho a Duttona (1984). Vy počítaná dynamická rýchlosť DU_R ($m.s^{-1}$) sa vynásobí redukčným faktorom FUM_{br} na získanie konečnej dynamickej rýchlosťi DU_F ($m.s^{-1}$):

$$DU_F = FUM_{br} \times DU_R \quad (3)$$

Podľa upravenej dynamickej rýchlosťi sme vypočítali požadovanú rýchlosť vo výške 9,1 m, ktorá zahŕňa vplyv bariér ako aj aerodynamickú drsnosť pôdneho povrchu, čím sme dosiahli variabilitu C faktora pre jednotlivé plochy (USDA, 1996):

$$U(z) = \frac{DU_R}{k} \times \ln\left(\frac{z-d}{Z_0^R}\right) \quad (4)$$

Tabuľka 1 Faktor erodovateľnosti I

Obsah neerodovateľných častíc v % (1)	Faktor erodovateľnosti pôdy I v t.ha.rok ⁻¹ (2)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	—	694,9	560,4	493,4	437,1	403,5	381,1	358,1	358,7	336,2
10	300,4	293,7	286,9	280,2	271,2	262,3	253,3	244,3	237,6	237,6
20	219,7	213,0	206,2	201,7	197,3	192,8	186,1	181,6	177,1	170,4
30	165,9	161,4	159,2	154,7	150,2	145,7	141,2	139,0	134,5	130,0
40	125,5	121,0	116,6	114,3	112,1	107,6	105,4	100,9	96,4	91,1
50	85,2	80,7	74,0	69,5	65,0	60,5	26,0	53,8	54,6	49,3
60	47,1	44,8	42,6	40,3	38,1	35,9	34,9	33,6	31,4	29,1
70	26,9	24,7	22,4	17,9	15,7	13,4	9,0	6,7	5,7	4,5
80	4,2	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Table 1 Erodibility factor I
(1) content of non erodible particles in %, (2) erodibility factor I in t.ha.year⁻¹

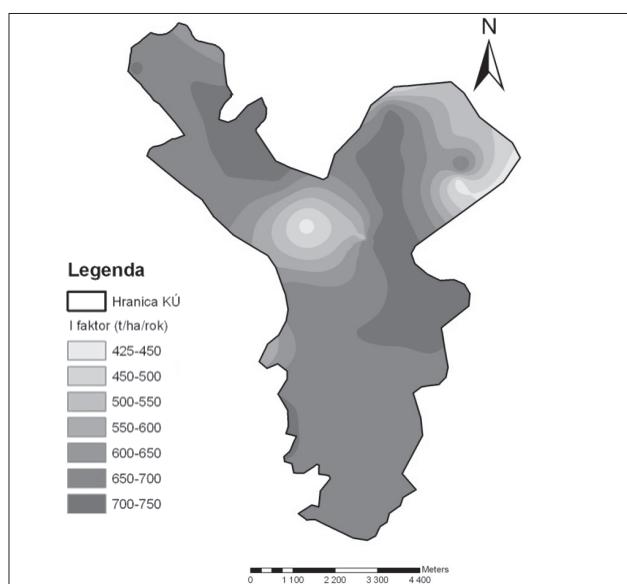
kde:

- $U(z)$ – rýchlosť vetra v akejkoľvek výške ($m.s^{-1}$)
- K – von KARMAN konštantá = 0,4
- z – výška, v ktorej sa rýchlosť počíta
- d – efektívna výška porastu
- Z_0^R – drsnosť pôdneho povrchu

I faktor

I faktor erodibility, vyjadrený ako potenciálna priemerná ročná strata pôdy v $t.ha^{-1}$, ktorá by sa na danom mieste vyskytla, ak by bola daná oblasť izolovaná, rovinatá, hladká, nechránená, na miestach kde sa $C = 100$, holá a kyprá. I faktor závisí od percentuálneho obsahu pôdných častic väčších ako 0,84 mm. I faktor bol zadefinovaný Chepilom (1960). Podľa percentuálneho za stúpenia častic väčších ako 84 mm je možné určiť hodnotu I faktora podľa tabuľky 1.

Podľa údajov získaných z VÚPOP sme si zostrojili súčtové čiary zrnitosti pre každú sondu v riešenom území a určili sme tak hodnotu obsahu zrn (%) neerodovateľných častic, podľa ktoréj sme z tabuľky 1 určili hodnotu I faktora v jednotlivých sondách. Následnou interpoláciou sme vytvorili mapu I faktora pre celé riešené územie (obr. 2)



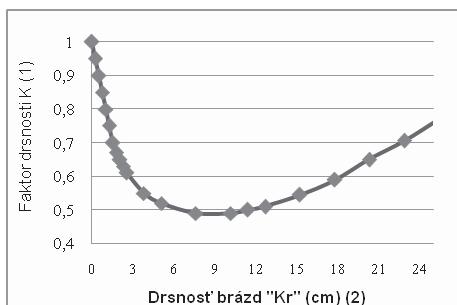
Obrázok 2 Mapa erodovateľnosti pôd

Figure 2 Soil erodibility map
(1) municipal area boundary

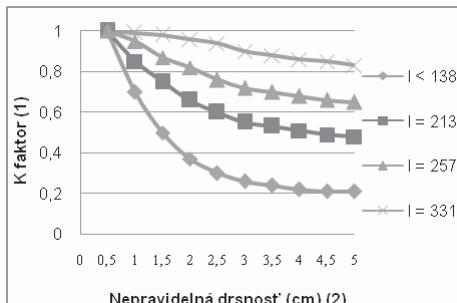
K faktor

Faktor drsnosti je vyjadrením vplyvu hrebeňov a brázd vzniknutých pri orbe a úkonoch sadenia na intenzitu erózie. V prevažnej časti výpočtov sa tento faktor neberie do úvahy, teda vyjadri sa hodnotou 1. Vrána (1977) použil hodnotu „ekvivalentnej drsnosti vln mikroreliéfu K“, ktorá sa menila podľa stavu povrchu pôdneho celku. Model rovnice veternej erózie (WEQ) vyjadroval hodnotu K faktora podľa spôsobu agrotechnického obrábania pôdy a podľa faktora erodibility I pre vybrané územie. Použili sme hodnotu drsnosti brázd podľa Vránu (1977) pre čerstvo zorané pole s hruškovitým a mierne drsným povrhom – 10,2 cm. Z drsnosti brázd Kr sa faktor drsnosti vypočíta podľa závislosti Woodruffa a Siddowaya (1965) (obr. 3)

Hodnoty nepravidelnej drsnosti boli určené podľa príručky RUSLE (Renard et. al., 1997) pre orbu na 4,83 cm a pre sejbu a pre orbu s brázdami paralelnými so smerom prevládajúceho vetra na 1,02 cm. Následne boli z grafu (obr. 4) odvodené hodnoty K faktora pre nepravidelnú drsnosť.



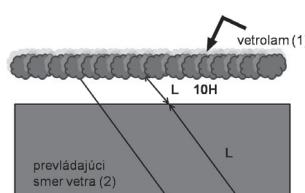
Obrázok 3 Krivka závislosti pravidelnej drsnosti od faktora drsnosti
Figure 3 Dependency curve of regular roughness to roughness factor
(1) ridge roughness factor K, (2) ridge roughness



Obrázok 4 Závislosť K faktora od nepravidelnej drsnosti v závislosti od faktora I
Figure 4 K random roughness value
(1) K factor for random roughness, (2) random doughness

L faktor

Nechránená dĺžka jednotlivých pôdnich celkov bola určená v prostredí GIS, ktoré poskytuje presnejšie vyjadrenie dĺžky L na celej ploche riešeného územia. Z mapy SKŠ boli definované ba-



Obrázok 5 Nechránená dĺžka pôdneho celku od bariéru po bariéru
Figure 5 Unsheltered distance of the field from one barrier to another one
(1) windbreak, (2) prevailing wind direction

riéry prítomné v území. V prostredí programu ArcGIS 9.2 sme vytvorili vrstvu nechránených dĺžok (definovanú dvomi stabilnými plochami prípadne bariérami, obr. 5) rešpektujúc prevládajúci smer vetra. Podľa veterálnych ružíc (SHMÚ, 2009) je prevládajúci smer v danom území pri erozívne významných vetroch severozápadný a z menej výraznej časti východný, z čoho vychádzame pri analýze veterálnych pomerov v prostredí GIS.

V faktor

Účinnosť vegetačného faktora je v rovnici veternej erózie vyjadrená ako množstvo, druh a orientácia vegetačnej pokrývky na pôde. Vegetačný faktor je daný množstvom vegetačného krytu a pozberových zvyškov vyjadrených v $t.ha^{-1}$. Vzorky vegetačného krytu sa očistia, vysušia a odvážia alebo sa zistuje hmotnosť sušiny podľa spracovaných tabuľkových hodnôt (Bedrna a ī., 1982). Vplyv rozmiestnenia vegetácie (v riadkoch, brázdach) a jej rastovej fázy (výška, hustota) je tiež dôležitým jej parametrom. Z vlastných výskumov Lyles a Allison (1980) odvodili vzťah:

$$SG_e = a \times X^b \quad (5)$$

kde:

SG_e – „small – grain equivalent“ = V faktor pre „CP“ ($kg.ha.sušina^{-1}$)
 X – biomasa ($kg.ha.sušina^{-1}$)
 a, b – konštandy charakteristické pre jednotlivé plodiny

Hmotnosť sušiny nadzemnej časti jednotlivých plodín sme zistili vysušením odobratých vzoriek v záujmovom území v sušičke pri teplote 105 °C a ich odvážením. Túto hodnotu sme vynásobili počtom plodín na 1 ha a konečnú hodnotu sme si zvolili ako reprezentatívnu pre hmotnosť sušiny jednotlivých plodín pre jarné obdobie.

Pre výpočet podľa Skidmora (1986) je vzťah medzi vegetačným faktorom a SG_e je podľa Williamsa (1984) definovaný ako:

$$V = 0,2533 \times SG_e^{1,363} \quad (6)$$

Výsledky a diskusia

Vstupné vrstvy erodovateľnosti pôd I, drsnosti pôdneho povrchu variant I., II. a III. $K_{o,kol}$, $K_{o,par}$ a K_s , klimatického faktora C, mapy nechránených dĺžok L a mapy vegetačného faktora V boli zostrojené gridy v prostredí programu ArcGIS 9.2. Pomocou mapového kalkulačora boli zostrojené mapy eróznych odnosov pre I. variant (pôda bez vegetačného krytu a brázdami kolmými vzhľadom na smer vetra), II. variant (pôda bez vegetačného krytu a brázdami paralelnými vzhľadom na smer vetra) a III. variant plodina (pôda pokrytá plodinami podľa osevného postupu z roku 2005).

Výpočet intenzity veternej erózie podľa Schwaba et. al. (1993):

$$E = 0,0015 \times 2,718^{(-SG_e / 4500)} \times (I^{1,87} \times K^2 \times (C / 100)^{1,3}) \times L^{0,3} \quad (7)$$

Zohľadnenie rozdielnych rýchlosťi vetra vplyvom bariér i aerodynamickej drsnosti ako aj nechránenej dĺžky ohraničenej stabilnými plochami sa prejavilo v celkovom výsledku veternej erózie postupným narastaním pôdnich strát vetrom vzhľadom na nechránenú dĺžku v území ako aj vplyvom vetrolamov (zniženie odnosov pred a za vetrolalomom).

Výpočet intenzity veternej erózie podľa Skidmoreho (1986)

Podľa Skidmoreho (1986) existuje niekoľko spôsobov umožňujúcich výpočet veternej erózie, ktorý si však vyžaduje špecifickú kombináciu niekoľkých faktorov. Pomocou GIS sme aplikovali

postupnosť výpočtu podľa Williams, Jones a Dykea (1984). Tento postup pozostáva z viacerých krokov výpočtov:

$$1. E2 = I \times K \quad (8)$$

$$2. E3 = I \times K \times C \quad (9)$$

$$3. E4(WF^{0,348} + E3^{0,348} - E2^{0,348})^{2,87} \quad (10)$$

$$4. WF = E2 \times \left(1,0 - 0,122 \frac{L}{L_0}\right)^{-0,383} \times \exp\left(-3,33 \frac{L}{L_0}\right) \quad (11)$$

$$5. L_0 = E2 \times (1,56 \times 10^6 (E2)^{-1,26} \times \exp(-0,00156 \times E2)) \quad (12)$$

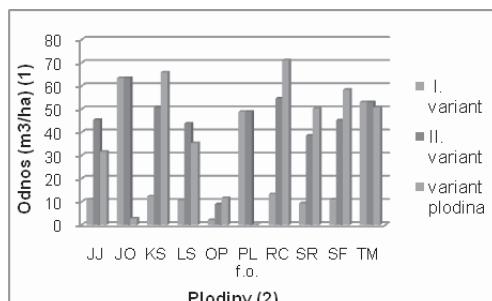
$$6. E5 = \psi_1 \times E4^{\psi_2} \quad (13)$$

kde:

- I – faktor erodovateľnosti pôd ($t.ha.rok^{-1}$)
- K – faktor drsnosti pôdy
- C – klimatický faktor
- WF – faktor dĺžky pôdnego celku (vyjadruje vplyv dĺžky pôdnego celku na eróziu)
- L_0 – maximálna dĺžka pôdnego celku ovplyvňujúca odnosy pôdy vetrom
- ψ_1 a ψ_2 – funkcie vegetačného faktora
- $E5$ – je strata pôdy ($t.ha.rok^{-1}$)

Hodnota $E4$ (variant I., variant II.) predstavuje pôdnú stratu vetrom v jesennom období, keď sme uvažovali so situáciou, keď je pôdny povrch bez vegetačného krytu po agrotechnickom úkone orby, v prípade pestovania ozimných plodín sme uvažovali s agrotechnickým úkonom sejby.

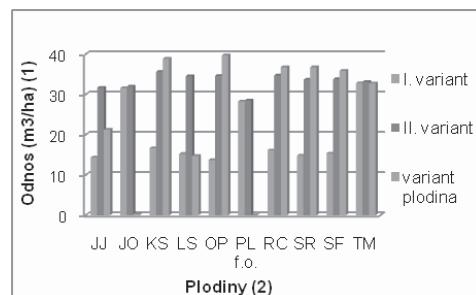
Pri porovnaní výsledných máp jednotlivých variantov v riešených rokoch sa pri oboch metodikách (podľa Skidmoreho, 1986 a Schwaba et al., 1993) prejavil fakt, že najväčší odnos pôdy vetrom je spôsobený širokoriadkovými plodinami (kukurica siata KS – corn, repa cukrová RC – sugar beet, slnečnica ročná SR – sunflower, sója fazuľová SF – soya) pri pestovaní ktorých sa odnos na jar oproti odnosu z holého povrchu zvýšil, čo nastalo vplyvom urovnania povrchu (zmena faktora drsnosti) a nízkou vähou vegetačného faktora. V prípade ozimných plodín (jačmeň ozimný JO – winter barley, pšenica letná forma ozimná PL f.o. – winter wheat) sa erózia v jarnom období znížila na minimum, keďže porast sa vyznačoval hustým zapojením a hodnota V faktora jednoznačne ovplyvnila hodnotu erózneho odnosu. Rozdiely sa prejavili aj v metodikách. Väčšie odnosy pôdy boli vypočítané v metódike podľa Schwaba et al. (1993) (obr. 10), kde do výpočtov vstupuje nechránená dĺžka v území v plnom rozsahu, redukovaná o funkciu redukcie pred a za vetrolamom, kde je dĺžka prerušená. V metódike podľa Skidmoreho (1989), nechránená dĺžka je redukovaná o parameter L_0 , ktorý vyjadruje maximálnu prípustnú dĺžku vzhľadom na erodibilitu a drsnosť pôdy a v tomto prípade sa návrh vetrolamov neprejavil vo výraznom znížení odnosu pôdy (obr. 11), preto je diskutabilná vhodnosť redukcie nechránenej dĺžky o parameter L_0 .



Obrázok 6 Priemerný odnos pôdy vetrom 2005 – podľa plodín, podľa metódiky Schwaba et al., 1993 (Grešová, 2010)

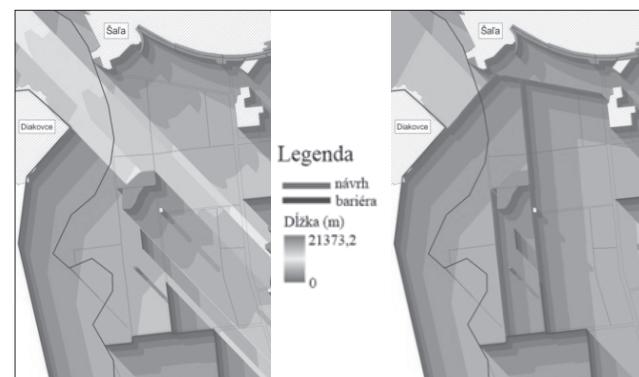
Figure 6 Average soil loss 2005 according to methodology of Schwab, 1993 (1) soil loss, (2) crops, (3) crop variant

Najviac erodovaných plôch spadá do štvrtej a piatej kategórie (podľa Zachara, 1970), čo predstavuje stratu od 15 – 50 a 50 – 200 t.ha.rok⁻¹. Záujmové územie teda patrí medzi vysoko náhylné k odnosu pôdy vetrom. Je to dané druhom pôdy, ktoré sa na danom území vyskytujú, ale aj vysokým podielom pestovania širokoriadkových plodín a nízkym podielom vetrolamov a bariér v území a jeho okolí. Pri variante I., je umiestnenie brázd kolmé na smer prevládajúceho vetra, teda parametrom drsnosti ovplyvňujúcim erózny odnos je pravidelná aj nepravidelná drsnosť. Pri vyšších stupňoch odnosu prevláda nepravidelná drsnosť teda aj odnosy pôdy sú v týchto stupňoch vyššie. Pozitívny účinok úzkoriadkových plodín sa prejavil v prvej a druhej



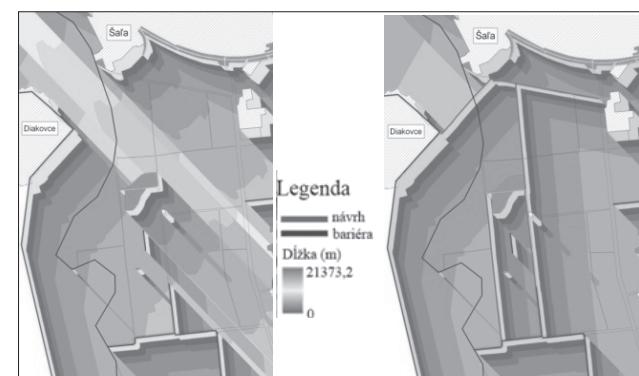
Obrázok 7 Priemerný odnos pôdy vetrom 2005 – podľa plodín, podľa metódiky Skidmoreho, 1986 (Grešová, 2010)

Figure 7 Average soil loss 2005 according to methodology of Skidmore, 1986



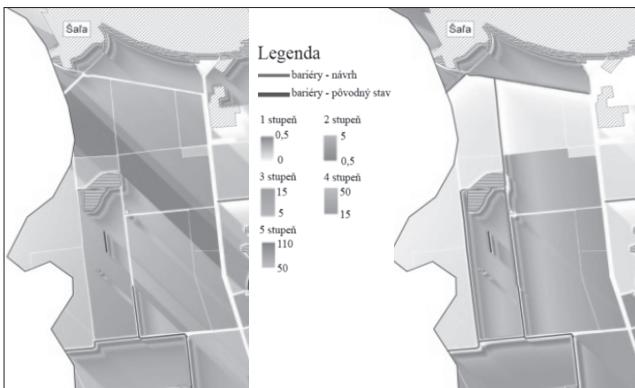
Obrázok 8 Nechránená vzdialenosť podľa Schwaba (1993) pred a po návrhu

Figure 8 Unsheltered distance according to Schwab et al. (1993) before and after projection



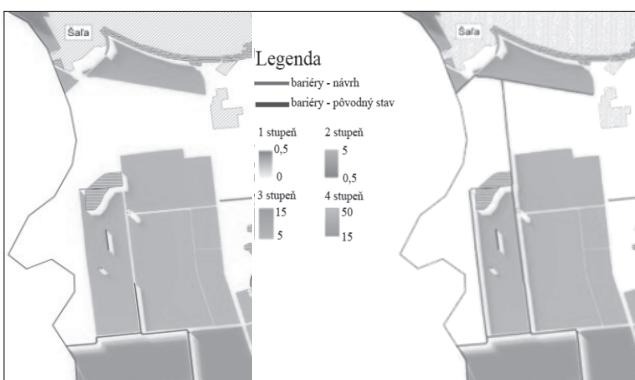
Obrázok 9 Nechránená vzdialenosť podľa Skidmoreho (1986) pred a po návrhu

Figure 9 Unsheltered distance according to Skidmore (1989) before and after projection



Obrázok 10 Detail erózneho odnosu pôdy podľa Schwaba et. al. (1993) pred návrhom a po návrhu

Figure 10 Soil loss detail according to Schwab (1993) before and after barrier projection



Obrázok 11 Detail erózneho odnosu podľa Skidmoreho (1989) pred s po návrhu

Figure 11 Soil loss detail according to Skidmore (1989) before and after barrier projection

kategórii. Pri pestovaní širokoriadkových plodín sa výmera plôch ohrozených vetrom spadajúcich do štvrtého a piateho stupňa výrazne zvýšila.

Návrhové riešenie

Pri návrhu siete vetrolamov sme sa snažili predovšetkým o zníženie nechránenej dĺžky, ktorá v určitých miestach dosahovala vzdialenosť niekoľkých kilometrov. Ako hranice navrhovaných vetrolamov boli využívané prírodné už existujúce siete vodných kanálov (Kráľovský kanál, Selický kanál, Zajarčie, Sládečkovce – Veča), polné cesty a na miestach kde nebolo možné využiť prírodný koridor, bola sieť vetrolamov navrhnutá na hranici katastra. Rozdiely v metodikách sa prejavili pri výsledných mapách rýchlosťi vetra, C faktora ako aj pri výsledných mapách veternej erózie pred a po návrhu.

Súhrn

Geografické informačné systémy predstavujú moderný nástroj na analýzu a tvorbu máp a mapových výpočtov pre riešenie problémov veternej erózie. Využívaním tohto nástroja získava rovnica veternej erózie (WEQ) nový rozmer pri výpočtoch pôdnych strát vetrom, ktoré sa dajú identifikovať konkrétnie pre vybranú oblasť. GIS prinášajú veľkú výhodu v rámci ochranného plánovania krajiny. Priestorové vyjadrenie variability vstupných parametrov rovnice veternej erózie umožňuje hlbšiu analýzu

oblasti ohrozených veternej eróziou. Počítačové modely v GIS umožňujú porovnávanie súčasného stavu s navrhovanými variantmi a výber optimálneho riešenia pred tým ako sa konkrétné opatrenie bude realizovať. Počítači sme veternej eróziu pre rok 2005 podľa rovnice veternej erózie využitím dvoch typov metód (Skidmore, 1986; Schwab, 1993). Z máp faktorov pôdnej erozibility I, drsnosti pôdneho povrchu K_{okol} , K_{par} a K_s , klimatického faktora C, nechránenej vzdialenosť L a rastlinných zvyškov a vegetačného faktora V, sme vytvorili gridy v programe ArcGIS 9.2 ako základ pre konečné mapy pôdnej straty pre 3 varianty riešenia (jesenný variant, keď je pôdný povrch bez vegetácie a brázdy sú (1) paralelné alebo (2) kolmé na smer vetra a (3) jesenný/jarný variant s brázdami vytvorenými sejbou).

Kľúčové slová: veternej erózia, GIS, WEQ, erózny model

Literatúra

- CHEPIL, W. S., 1960. Conversion of relative field erozibility to annual soil loss by wind. In: Soil Science Society of America Proceedings, vol. 24, 1960, no. 2, p. 143 – 145.
- CHEPIL, W. S. – SIDDOWAY, F. H. – ARMBRUST, D. V. 1962. Climatic factor for estimating wind erozibility of farm fields. In: Journal of Soil and Water Conservation, vol. 17, 1962, no. 4, p. 162 – 165.
- GREŠOVÁ, L. 2010. Modelovanie veternej erózie v katastrálnych územiaciach Šala a Kráľová nad Váhom. Dizertačná práca. 2010. Nitra : SPU.
- HAGEN, L. J. 1995. WEPS technical documentation: Erosion submodel. SWCS WEPP/WEPS Symposium. Ankeny, IA.
- LYLES, L. – ALLISON, B. E. 1980. Equivalent wind-erosion protection from selected crop residues. In: Transactions, American Society of Agricultural Engineers, vol. 24, 1980, no. 2, p. 405 – 408.
- PANOFSKY, H. A. – DUTTON, J. A. 1984. Atmospheric turbulence. New York : John Wiley & Sons, 1984, 397 p.
- RENARD, K. G. – FOSTER, G. A. – WEESIES, D. K. – McCOOL, et al.. 1997. Predicting Soil Erosion by Water a Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). Agricultural handbook no. 703. 1997. Washington, D.C.: U.S. Government printing Office. 404 p. ISBN 0160489385.
- SCHWAB, G. – FANGMEIER, W. – ELIOT, W. – FREVERT, K. et. al., 1993. Soil and water conservation engineering. Wind erosion and control practices. Fourth edition. 1993. New York : John Wiley & Sons., 1993, 683 p. ISBN 0471574902.
- SHMU. 2009. [elektronická pošta]. Správa pre Lenka Grešová. 11. 12. 2009. Osobná komunikácia.
- SKIDMORE, E. L. 1986. Wind erosion control. In: Climatic change, vol.9, 1986, no. 1/2, p. 209 – 218. Dostupné na internete <<http://www.springerlink.com/content/t0547542h742m540>>.
- THORNEWAITE, C. W., 1931. Climates of North America according to a new classification. In: Geographical Review, vol. 21, 1931, no. 4, p. 633 – 655.
- USDA – Agricultural Research Service. 1961. A Universal Equation for Measuring Wind Erosion. USDA-ARS. 22 – 69, 22 p, illus.
- USDA-ARS. 1996. Technical documentation WEPS. Hagen, J. L. WEPS Project Leader.
- VRÁNA, K. 1977. Stanovení intenzity větrné eroze v podmírkách ČSSR: kandidátská disertační práce. Praha : ČVUT, 1977. 159 s.
- ZACHAR, D. 1970. Erózia pôdy. 2. vyd. Bratislava: SAV, 1970. 528 s.
- WILLIAMS, J. R. – JONES, C. A. – DYKE, P. T. 1984. A modeling approach to determining the relationship between erosion and soil productivity. In: Transactions, American Society of Agricultural Engineers, vol. 27, 1984, no. 1, p. 129 – 144.
- WOODRUFF, N. P. – SIDDOWAY, F. H. 1965. A Wind Erosion Equation. In: Soil Science Society of America Proceedings, vol. 29, 1965, no. 5, p. 602 – 608.

Kontaktná adresa:

Ing. Lenka Grešová, PhD., Katedra krajinného plánovania a pozemkových úprav, FZKI, SPU v Nitre, Hospodárska 7, 949 01 Nitra, tel.: 037/641 52 55, e-mail: lenka.gresova@gmail.com; prof. Ing. Jozef Stredanský, DrSc., Katedra krajinného plánovania a pozemkových úprav, FZKI, SPU v Nitre, Hospodárska 7, 949 01 Nitra, tel.: 037/641 52 15, e-mail: jozef.stredansky@uniag.sk