

Acta horticulturae et regiotecturae 2  
Nitra, Slovaca Universitas Agriculturae Nitriæ, 2010, s. 29–32

## CHARACTERISTIC OF PLANT COLOURATION IN HERB LAYER OF BREŃ-PODBORZE COUNTRY PARK (POLAND)

### CHARAKTERISTIKA SFARBENIA RASTLÍN V BYLINNOM POSCHODÍ VIDIECKEHO PARKU BREŃ-PODBORZE (POLSKO)

Beata FORNAL-PIENIAK, Czesław WYSOCKI

Department of Environmental Protection, Warsaw University of Life Science – SGGW, Poland

Characteristic of plants colouration in herb layer of Breń-Podborze country park: In Poland, country parks are mostly unattended. That is why many plant species from various syntaxonomic classes grow in the herb layers. The main purpose of this article is to evaluate the diversity of plant colouration in herb layer on an example of Breń-Podborze country park. Breń-Podborze country park was established on an oak-hornbeam site in XVIII/XIX century. As much as 78 plant species belonging to 12 syntaxonomic classes were distinguished there.

**Key words:** plant colouration, herb layer, country park

Country parks are very important and characteristic elements in Polish agricultural landscape. Many plant species from different syntaxonomic classes grow in these objects (Fornal-Pieniak and Wysocki, 2007). Country parks are often the last places with rare forest plant species in herb layer (Olaczek, 1972b; Sikorski and Wysocki, 2003; Fabiańska, 2004; Fornal-Pieniak and Wysocki, 2007). The main purpose of the article is to evaluate the diversity of plant colouration in herb layer on an example of Breń-Podborze country park.

#### Material and methods

Breń-Podborze – historical landscape park (17 ha) – is located by Olesno municipality in southern part of Poland (Małopolska voivodship) (Figure 1). It was established on an oak-hornbeam site in XVIII/XIX century. Olesno municipality belongs to Sandomierska Basin according to geobotanical division by Matuszkiewicz (1993).

The research was done in years 2007–2009. It was done on 60 phytosociological areas (each of 100 m<sup>2</sup>) in herb layer (in spring and summer period) according to Braun-Blanquet methods.

Plant species were grouped into phytosociological systems following Matuszkiewicz (2001). Division of plants by life-forms

was done according to Raunkiaer (1934): phanerophytes phanerogamous plants with renewable buds located on the shoots more than 25 cm above the ground level, hemicryptophytes, hemicryptogamous plants with buds and shoots located directly above the ground, geophytes (buds within the soil, often with storing organs), chamaephytes herbs with buds above the ground and therophytes – annual plants that survive hostile times – drought or low temperatures. Characteristic of plants colouration was based on Seneta and Dolatowski (1997), Wysocki and Sikorski (2009) description.

#### Results and discussion

Seventy-eight plant species were distinguished in herb layer of Breń-Podborze country park. They belong to 12 syntaxonomic classes, e.g.: *Querco-Fagetea*, *Salicetea purpureae*, *Quercetea robori-petraeae*, *Vaccinio-Piceetea*, *Rhamno-Prunetea*, *Molinio-Arrhenatheretea*, *Trifolio-Geranietea sanguinei*, *Epilobetea*



Figure 1 Location of Breń-Podborze park in Poland  
Obrázok 1 Lokalizácia vidieckeho parku Breń-Podborze vzhľadom na Poľsko

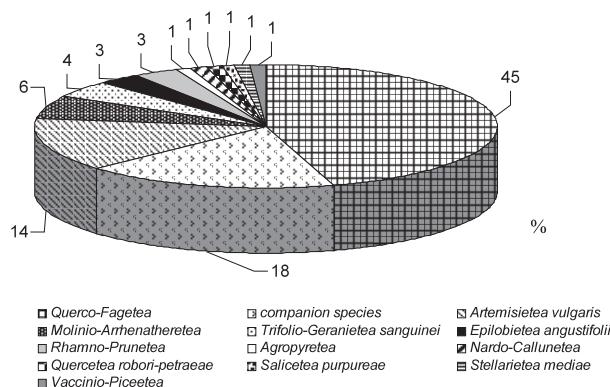


Figure 2 Percentage share of plant species belonging to various syntaxonomic classes in herb layer of Breń-Podborze country park  
Obrázok 2 Percentuálny podiel rastlinných druhov patriacich k rôznym syntaxonomickým jednotkám v bylinnom poschodí vidieckeho parku Breń-Podborze

angustifolii, Agropyretea, Nardo-Callunetea, Artemisietea vulgaris, Stellarietea mediae and companion species. The majority of plant species is represented by plants belonging to Querco-Fagetea (45%), companion species (18%) and Artemisietea vulagris (14%) (Figure 2).

*Anemone nemerosa*, *Aegopodium podagraria*, *Gagea lutea*, *Carpinus betulus*, *Galeobdolon luteum* from Querco-Fagetea class have the highest phytosociological frequency in herb layer (Table 1).

Five life-forms of plants were found on a study area: hemicryptophytes, therophytes, phanerophytes, chamaephytes and geophytes. Hemicryptophytes were dominant on an

**Table 1** List of plant species occurring in herb layer on study area

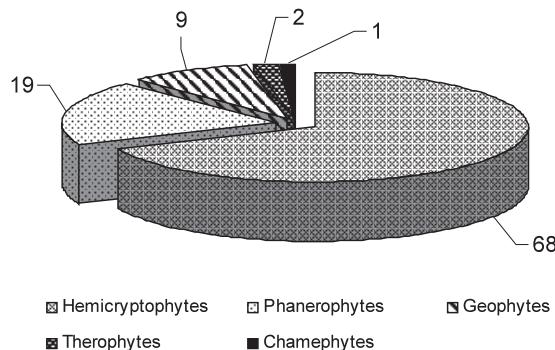
Plant species (1)	Syntaxonomic classes (2)	Phytosociological frequency (3)
<i>Anemone nemerosa</i>	Querco-Fagetea	V
<i>Aegopodium podagraria</i>	Querco-Fagetea	IV
<i>Gagea lutea</i>	Querco-Fagetea	IV
<i>Carpinus betulus</i>	Querco-Fagetea	IV
<i>Galeobdolon luteum</i>	Querco-Fagetea	IV
<i>Acer platanoides</i>	Querco-Fagetea	III
<i>Geranium sylvaticum</i>	Artemisietea vulgaris	III
<i>Ficaria verna</i>	Querco-Fagetea	III
<i>Stellaria holostea</i>	Querco-Fagetea	III
<i>Milium effusum</i>	Querco-Fagetea	III
<i>Dactylis glomerata</i>	Molinio-Arrhenatheretea	III
<i>Viola mirabilis</i>	companion species	III
<i>Ajuga reptans</i>	companion species	III
<i>Geum urbanum</i>	Artemisietea vulgaris	III
<i>Polygonatum odoratum</i>	Querco-Fagetea	II
<i>Dactylis polygama</i>	Querco-Fagetea	II
<i>Galium schultesii</i>	Querco-Fagetea	II
<i>Poa nemoralis</i>	Querco-Fagetea	II
<i>Impatiens noli-tangere</i>	Querco-Fagetea	II
<i>Pulmonaria officinalis</i>	Querco-Fagetea	II
<i>Lathyrus vernus</i>	Querco-Fagetea	II
<i>Tilia cordata</i>	Querco-Fagetea	II
<i>Euonymus verrucosa</i>	Querco-Fagetea	II
<i>Corydalis cava</i>	Querco-Fagetea	II
<i>Asarum europaeum</i>	Querco-Fagetea	II
<i>Polygonatum multiflorum</i>	Querco-Fagetea	II
<i>Moehringia trinervia</i>	companion species	II
<i>Oxalis acetosella</i>	companion species	II
<i>Quercus robur</i>	companion species	II
<i>Luzula pilosa</i>	companion species	II
<i>Lamium purpureum</i>	Artemisietea vulgaris	II
<i>Chaerophyllum aromaticum</i>	Artemisietea vulgaris	II
<i>Glechoma hederacea</i>	Artemisietea vulgaris	II
<i>Trifolium europaea</i>	Vaccinio-Piceetea	I

**Tabuľka 1** Zoznam rastlinných druhov vyskytujúcich sa v bylinnom poschodí na skúmanom území  
(1) rastlinné druhy, (2) syntaxonomické jednotky, (3) fyto-sociologická početnosť

**Table 1 – continue**

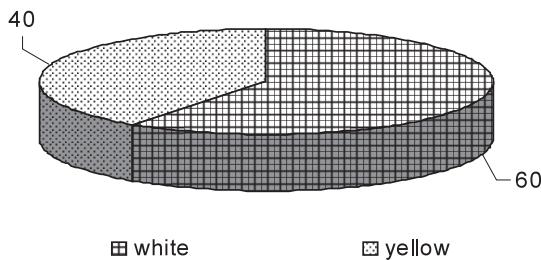
Plant species (1)	Syntaxonomic classes (2)	Phytosociological frequency (3)
<i>Galium mollugo</i>	Trifolio-Geranietae sanguinei	I
<i>Melampyrum nemorosum</i>	Trifolio-Geranietae sanguinei	I
<i>Peucedanum oreoselinum</i>	Trifolio-Geranietae sanguinei	I
<i>Lapsana communis</i>	Stellarietea mediae	I
<i>Populus alba</i>	Salicetea purpureae	I
<i>Crataegus monogyna</i>	Rhamno-Prunetea	I
<i>Rosa rugosa</i>	Rhamno-Prunetea	I
<i>Stachys sylvatica</i>	Querco-Fagetea	I
<i>Anemone ranunculoides</i>	Querco-Fagetea	I
<i>Mercurialis perennis</i>	Querco-Fagetea	I
<i>Allium ursinum</i>	Querco-Fagetea	I
<i>Fraxinus excelsior</i>	Querco-Fagetea	I
<i>Paris quadrifolia</i>	Querco-Fagetea	I
<i>Scilla bifolia</i>	Querco-Fagetea	I
<i>Geranium phaeum</i>	Querco-Fagetea	I
<i>Rubus alpinum</i>	Querco-Fagetea	I
<i>Ulmus laevis</i>	Querco-Fagetea	I
<i>Ranunculus lanuginosus</i>	Querco-Fagetea	I
<i>Hieracium murorum</i>	Quercetea robori-petraeae	I
<i>Veronica officinalis</i>	Nardo-Callunetea	I
<i>Lysimachia nummularia</i>	Molinio-Arrhenatheretea	I
<i>Plantago major</i>	Molinio-Arrhenatheretea	I
<i>Taraxacum officinale</i>	Molinio-Arrhenatheretea	I
<i>Prunella vulgaris</i>	Molinio-Arrhenatheretea	I
<i>Trisetum flavescens</i>	Molinio-Arrhenatheretea	I
<i>Rubus idaeus</i>	Epilobieteа angustifolii	I
<i>Fragaria vesca</i>	Epilobieteа angustifolii	I
<i>Sorbus aucuparia</i>	companion species	I
<i>Aesculus hippocastanum</i>	companion species	I
<i>Hedera helix</i>	companion species	I
<i>Oxalis fontana</i>	companion species	I
<i>Maianthemum bifolium</i>	companion species	I
<i>Convallaria majalis</i>	companion species	I
<i>Impatiens parviflora</i>	Artemisietea vulgaris	I
<i>Cerastium sylvaticum</i>	Artemisietea vulgaris	I
<i>Lamium maculatum</i>	Artemisietea vulgaris	I
<i>Chelidonium majus</i>	Artemisietea vulgaris	I
<i>Urtica dioica</i>	Artemisietea vulgaris	I
<i>Lamium album</i>	Artemisietea vulgaris	I
<i>Alliaria petiolata</i>	Artemisietea vulgaris	I
<i>Galium sylvaticum</i>	Artemisietea vulgaris	I
<i>Convolvulus arvensis</i>	Agropyretea	I
<i>Rubus caesius</i>	Rhamno-Prunetea	+
<i>Sambucus nigra</i>	Epilobieteа angustifolii	+

**Tabuľka 1** Zoznam rastlinných druhov vyskytujúcich sa v bylinnom poschodí na skúmanom území  
(1) rastlinné druhy, (2) syntaxonomické jednotky, (3) fyto-sociologická početnosť



**Figure 3** Classification of plants according to life-forms in Bren-Podborze park

**Obrázok 3** Klasifikácia rastlín podľa životných foriem vo vidieckom parku Breň-Podborze



**Figure 4** Percentage share of blooming plants with yellow and white flowers in spring time

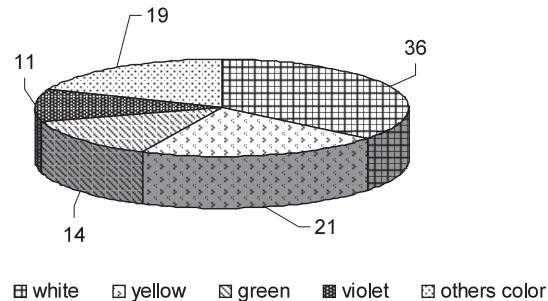
**Obrázok 4** Percentuálny podiel kvitnúcich rastlín so žltými a bielymi kvetmi v jarnom období

embankment along a railway line, represented by: *Milium effusum*, *Poa nemoralis*, *Luzula pilosa*, *Glechoma hederacea*, *Convalaria majalis*, *Galium sylvaticum*. Percentage share of hemicryptophytes (68%) was the highest on the study area. Phanerophytes were represented by *Carpinus betulus*, *Acer platanoides*, *Tilia cordata*, *Quercus robur*, *Crataegus monogyna*. Geophytes were mostly common plant species for *Querco-Fagetea* represented by *Anemone nemerosa*, *Galeobdolon luteum*, *Ficaria verna*, *Gagea lutea*. Chamaephytes (1%), therophytes (2%) had the smallest share among all five life-forms of plants along a railway line.

Evaluation of plants colouration was done. Yellow and white flowers of plants are typical in spring time: *Anemone nemerosa* with white flowers, *Gagea lutea*, *Galeobdolon luteum*, *Fragaria vesca*, *Anemone ranunculoides* with yellow flowers are dominant in this period (Figure 4).

Higher number of plants with different colour (for example: white, yellow, violet, brown) of flowers blooms during summer time. The plants with white colour of flowers (36%) are dominant in the herb layer: *Aegopodium podagraria*, *Polygonatum multiflorum*, *Maianthemum bifolium*, *Alliaria petiolata*. The plants with yellow flowers are represented by *Chelidonium majus*, *Impatiens parviflora*, *Hieracium murorum* (21%). The plants with green flowers occur on study area, too; e.g.: *Plantago major*, *Hedera helix*. The plant species with violet flowers like *Ajuga reptans*, *Viola mirabilis*, *Vinca minor* were observed there. There are also other plants with pink, brown or mixed colour of flowers (Figure 5).

The vegetation of country parks had been modified by people mostly but this was changed after the World War II. Many parks are still without human interference because



**Figure 5** Percentage covers of blooming plants with various colour of flowers in summer time

**Obrázok 5** Percentuálny podiel kvitnúcich rastlín podľa farby kvetov v letnom období

they are unattended and Polish government does not have enough money for their restoration. In disturbance landscape, country parks are called relicts of the past in natural aspects (Majdecki 1993) and they are often the last places with rare plant species (Olaczek, 1970, 1972; Sikorski and Wysocki, 2003, Fabiańska 2004). The forest species were noticed in parks by many scientists, for example Dzwonko and Loster (1988, 2001), Sikorski, Wysocki (2003), Fornal-Pieniak and Wysocki (2007).

The diversity of forest plants structure depends on habitat sites in parks (Sikorski and Wysocki, 2003). Breň-Podborze is colonized mostly by forest species with white and yellow flowers characteristic for oak-hornbeam habitat. Hemicryptophytes, phanerophytes and geophytes are dominant on study area. They occur in the other objects on oak-hornbeam site in Poland, too (Fornal-Pieniak and Wysocki 2007). The Breň-Podborze park has got very high visual values of herb layer. Many blooming plants with white, yellow, violet and green colour of flowers were observed there in the whole vegetation period. Most of these plants are characteristic for oak-hornbeam site. Some forest seeds could migrate from nearby forest. The succession process has got an impact on transformation of forest communities into parks (Olaczek, 1970). Meadows and synantropical plant species migrate to the park from surrounding ecosystems, too. The synantropical plants occur mostly on arable lands and settlements (Fornal-Pieniak and Wysocki, 2007). Moreover, country parks as "green islands" (Fornal-Pieniak and Wysocki, 2007) have important role as the elements of green corridors in non-forest agricultural landscape.

### Conclusion

- Forest species with white and yellow flowers characteristic for oak-hornbeam habitat are dominant in Breň-Podborze park.
- High percentage share of hemicryptophytes, phanerophytes and geophytes is typical for the herb layer of oak-hornbeam sites.
- The visual values of Breň – Podborze park could have impact on the natural and visual values of local area.

### Súhrn

Vidiecke parky v Poľsku sú väčšinou zanedbané. To je príčinou, pre ktorú v ich bylinných poschodiach rastie veľa rastlinných druhov z rôznych syntaxonomických jednotiek. Hlavným cieľom tohto článku je zhodnotiť diverzitu sfarbenia rastlín v by-

linom poschodí na príklade vidieckeho parku Breň-Podborze. Tento vidiecky park bol založený na dubovo-hrabovom stanovišti na prelome 18. a 19. storočia. Rozlišujeme v ňom 78 druhov rastlín patriacich do 12 syntaxonomických jednotiek.

**Kľúčové slová:** sfarbenie rastlín, bylinné poschodie, vidiecky park

## References

- DZWONKO, Z. – LOSTER, S. 1988. Species richness of small woodlands on the western Carpathian Foothills. In: *Vegetatio*, vol. 76, 1988, no. 1/2, p. 15–27.
- DZWONKO, Z. – LOSTER, S. 2001. Wskaźnikowe gatunki roślin starych lasów i ich znaczenie dla ochrony przyrody i kartografii roślinności. In: *Prace Geograficzne*, 2001, no. 178, p. 119–132.
- FABIANSKA. 2004. Rola parków podworskich w krajobrazie wsi. Krajobraz i ogród wiejski, t. 1: Nowe idee i metody w architekturze krajobrazu, 2004, p. 165–175.
- FORNAL-PIENIAK, B. – WYSOCKI, Cz. 2007. Country parks as 'green islands' in agricultural landscape. Ann. Warsaw Univ. of Life Sc. – SGGW, In: *Horticul. and Landsc. Architect.*, 2007, no. 28, p. 179–188.
- MAJDECKI, L. 1993. Ochrona i konserwacja zabytkowych założen ogrodowych. PWN, Warszawa

- MATUSZKIEWICZ, J. M. 1993. Krajobrazy roślinne i regiony geobotaniczne. In: *Prace Geograficzne*, 1993, no. 158, p. 1–107.
- MATUSZKIEWICZ, W. 2001. Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski. PWN. Warszawa.
- OLACZEK, R. 1970. Aktualne zagadnienia ochrony i zagospodarowania parków wiejskich. In: *Chrońmy Przyrodę Ojczystą*, vol. 26, 1970, no. 1, p. 10–25.
- OLACZEK, R. 1972b. Parki wiejskie ostoja rodzinnej flory leśnej. In: *Chrońmy Przyrodę Ojczystą*, vol. 28, 1972, no. 2, p. 5–22.
- RAUNKIAER, C. 1934. The life forms of plants and statistical plant geography. Clarendon. Oxford.
- SENETA, W. – DOLATOWSKI, J. 1997: *Dendrologia* PWN, Warszawa.
- SIKORSKI, P. – WYSOCKI, Cz. 2003. Charakter zmian struktury i składu gatunkowego zadrzewień parków wiejskich na przykładzie Podkrainy Zachodniomazurskiej, In: *Acta Scien. Polo. Form. Circu.*, vol. 2, 2003, no. 1, p. 71–86.
- WYSOCKI, Cz. – SIKORSKI, P. 2009. Fitosocjologia stosowana w ochronie i kształtowaniu krajobrazu. Wyd. SGGW. Warszawa

### Contact address:

Dr inż. Beata Fornal-Pieniak, prof. dr hab. Czesław Wysocki, Warsaw University of Life Science, Department of Environmental Protection, Faculty of Horticulture and Landscape Architecture Nowoursynowska Str. 159 02-787 Warszawa (Poland),  
+48 22 59-320-61 or +48 22 59 320 66, e-mail: [fornalb@op.pl](mailto:fornalb@op.pl)

Acta horticulturae et regiotecturae 2  
Nitra, Slovaca Universitas Agriculturae Nitriae, 2010, s. 32–37

## VÝZNAM PRÍRODNÝCH REZERVÁCIÍ ŽITAVSKÝ LUH A ALÚVİUM ŽITAVY Z HĽADISKA BIODIVERZITY EPIGEICKÝCH SKUPÍN

## THE IMPORTANCE OF THE NATURE RESERVE ŽITAVSKÝ LUH AND ALÚVİUM ŽITAVY ON THE PART OF EPIGEIC GROUPS BIODIVERSITY

Jana PORHAJAŠOVÁ, Jaroslav NOSKOVIČ, Jana URMINSKÁ, Peter ONDRÍŠK

Slovenská polnohospodárska univerzita v Nitre

The aim of our research was to detect and consequently compare biodiversity of basic epigeic groups in the nature reserve Žitavský luh and in the nature reserve Alúvium Žitavy. It both localities the results from three-year period were compared. The research at the nature reserve Žitavský luh and Alúvium Žitavy was realized during the years 2003–2005 and years 2006–2008, respectively. The sampling of biological materials was performed by terrestrial trap method, having high profile in the selected localities. In 6 sampling places in the nature reserve Žitavský luh, 57 182 ex epigeic animal components were obtained, representing 30 taxonomic groups. 9 315 ex epigeic animal components representing 27 taxonomic groups were obtained within the scope of 4 sampling places in the nature reserve Alúvium Žitavy. Dominant abundance of species *Formicoidea*, *Coleoptera*, *Araneida*, *Collembola*, *Acarina* was registered there. The others species, e.g. *Diplopoda*, *Isopoda*, *Diptera*, showed lower level of receding or subreceding occurrence. Nevertheless, these species also contributed to the specific biodiversity of both biotopes. The values of species identity index by Jaccard ranged from 57.14 to 88.46 per cent in the nature reserve Žitavský luh. The values of dominant identity index by Rennkenen ranged from 54.01 to 85.24 per cent. The average value of diversity by Shannon-Weaver was 1.60332. The values of species identity index by Jaccard ranged from 72.00 to 87.50 per cent in the nature reserve Alúvium Žitavy. The values of dominant identity index by Rennkenen ranged from 66.51 to 82.50 per cent. The average value of diversity by Shannon-Weaver was 2.10171. The obtained and calculated results confirmed suitability and sustainability of specific environment biotopes.

**Key words:** bioindicator, epigeic groups, nature reserve

Mokradové typy ekosystémov predstavujú z biologického hľadiska podľa Mitsha a Gosselinka (Mitsch a Gosselink, 1993) najproduktívnejšie ekosystémy mierneho pásma, ktoré možno pripojiť k tropickým dažďovým lesom a majú zároveň ne-

smierny význam pre zachovanie biodiverzity. Podľa Porhajašovej a ī. (Porhajašová a ī., 2005) mokradové typy ekosystémov slúžia predovšetkým pre zachovanie rozmanitosti živých organizmov, slúžia ako prirodzené čističky vôd pri odstraňovaní

chemických a organických odpadov, živín a sedimentov, zadržavajú vodu v krajine a vystupujú ako kontrolný mechanizmus povodní a ochrany pred eróziou. Petřvalský a Porhajašová (1998), Cardamo a Spence (1994) konštatujú, že výskyt epigeických skupín živočíchov je nielen v agroekosystémoch, ale i v prirozených ekosystémoch, akými sú i nami monitorované prírodné rezervácie bezprostredne späť s celým radom trofických a topických vzťahov a samozrejme aj kvantititou antropogénnych vstupov. Mnohí autori sú názorom, že druhová skladba a početnosť výskytu epigeických skupín je preukazne ovplynená typom biotopu. Majzlan (2002), Chabert a Beaufreton (2005) a Purchardt a Kula (2007) považujú za dominantné epigeické skupiny sledovaných biotopov *Collembola*, *Acarina* a *Araneida*, predpokladajú, že ich vysoká dominancia pravdepodobne súvisí s ich trofickou preferenciou, prípadne ich toleranciou na dané podmienky biotopu. Na základe uvedeného bolo cieľom práce zistiť a porovnať biodiverzitu epigeických skupín na lokalitách Prírodných rezervácií Žitavský luh a Alívium Žitavy počas sledovaného trojročného obdobia.

## Materiál a metódy

Epigeický materiál bol odoberaný v mesačných intervaloch a to počas vegetačného obdobia v mesiacoch apríl až október, metódou zemných pascí, ide o 1 litrové fľaše, ktoré sú naplnené po okraj fixačnou tekutinou (4 % formalín) a zhora sú chránené striekšou. Získaný epigeický materiál bol konzervovaný v 75 % alkohole a následne determinovaný a vyhodnocovaný. Hodnotené boli ukazovatele: kvalitatívne a kvantitatívne hodnotenie celkového množstva epigeického materiálu s vyhodnotením základných epigeických skupín, výpočet indexov druhovej identity podľa Jaccarda ( $I_J$ ) (Losos a ī., 1984), identity dominancie podľa Renkonnenia ( $I_D$ ) (Losos a ī., 1984), stupňa diverzity podľa Shannon-Weavera (d), upravené podľa Scherdfegera (Schwerdtfeger, 1978), celkové zhodnotenie výskytu populácií a ich biodiverzita.

- **PR Žitavský luh** sa nachádza na rozlohe 74,68 ha, geografické súradnice sú  $48^{\circ} 08'$  severnej zemepisnej šírky a  $18^{\circ} 18'$  východnej zemepisnej dĺžky, zbery epigeického materiálu sme realizovali počas trojročného obdobia (rokov 2003–2005), na šiestich odberových miestach.
- **PR Alívium Žitavy** sa nachádza na rozlohe 32,53 ha, geografické súradnice sú  $47^{\circ} 51'$  severnej zemepisnej šírky a  $18^{\circ} 09'$  východnej zemepisnej dĺžky, zbery epigeického materiálu boli realizované počas trojročného obdobia (rokov 2006–2008), na štyroch odberových miestach.

## Výsledky a diskusia

Odber epigeického materiálu bol realizovaný na dvoch lokalitách a to Prírodnej rezervácii Žitavský luh a na lokalite Prírodnnej rezervácie Alívium Žitavy. Počas trojročného obdobia sme metódou zemných pascí získali na lokalite PR Žitavský luh v rámci 6 odberových miest 57 182 ex epigeickej zložky živočíchov, ktoré boli zastúpené 30 skupinami (tabuľka 1). V PR Alívium Žitavy sme v rámci 4 odberových miest získali 9 315 ex, ktoré boli zastúpené 27 skupinami (tabuľka 2). Ak porovnáme nami získaný počet epigeických skupín s výsledkami Pospíšila a ī. (Pospíšil a ī., 2009), ktorí svoje pozorovania realizovali v agroekosystéme, výrazne ovplyvnenom inputmi organických hnojív a agrotechnickými zásahmi, kde zistili zastúpenie len

23 epigeických skupín, čo potvrdzuje, že nenarušené prírodné prostredie poskytuje jednoznačne vhodnejšie podmienky na rozdiel od ekosystémov, kde sa uplatňuje vplyv človeka. Na základe porovnania lokalít môžeme konštatovať, že výskyt a dominancia jednotlivých skupín je takmer zhodná, nakoľko ide o podobný charakter lokality. Ako dominantné skupiny oboch rezervácií boli zistené *Acarina*, *Coleoptera*, *Araneida*, *Collembola* a *Formicoidea*.

Eudominantné zastúpenie sme v PR Žitavský luh zaznamenali pri skupine *Formicoidea*, s takmer 58% zastúpením (33 095 ex), v rámci jednotlivých odberových miest sme zaznamenali zhodný výskyt počtu jedincov, čo súvisí s podobným charakterom biotopu a potravou preferenciou uvedenej skupiny. Najnižšie zastúpenie formikocenáz bolo na odberovom mieste č. 6, čo súvisí s nevhodnosťou prostredia – močiarne prostredie (tabuľka 1). V PR Alívium Žitavy sme zaznamenali 9,85% zastúpenie (917 ex), čo je taktiež na úrovni dominantného zastúpenia. Môžeme konštatovať, že zastúpenie formikocenáz bolo aj v PR Alívium Žitavy v jednotlivých rokoch a v rámci jednotlivých odberových miest rovnomenne (tabuľka 2). Podľa Holecovej a ī. (Holecová a ī., 2003) v skultúrnenej krajine sú formikocenózy vplyvom poľnohospodárstva postupne zatláčané a v súčasnosti v nich zostávajú len zvyšky a tie sú vo veľkej mieri antropogenizované. Ďalšími z dominantných epigeických skupín sú *Collembola*. V PR Žitavský luh bol výskyt 13,62 % (7 788 ex) a v PR Alívium Žitavy bol výskyt takmer 31 % (2 885 ex). Z hľadiska hodnotenia môžeme konštatovať, že rozmiestnenie skupiny *Collembola* bolo v závislosti od roka a miesta výskytu rovnomenne. Podľa Čarnogurského (2000) základným činitelom, ktorý limituje život v inundačnom pásme riek je hydrologický režim a schopnosť prežívania pôdných živočíchov v týchto územiaciach. V prácach Majzlanu (Majzlan, 2003), Viciána a ī. (Vicián a ī., 2007), Kvasničáka a Drdulu (Kvasničák a Drdul, 2004) je podrobne rozpracovaná problematika výskytu jednej zo základných epigeických skupín *Coleoptera*, ktorá vykazuje v rámci ich pozorovaní dominantné zastúpenie a zároveň vystupuje ako bioindikátor zmien prírodného prostredia a pomerne rýchlo a signifikantne reaguje na zmeny stanovištných podmienok. V rámci našich pozorovaní môžeme konštatovať, že výskyt epigeickej skupiny *Coleoptera* je na lokalite PR prirodzený, neovplyvnený žiadnymi antropogénnymi vstupmi a na oboch lokalitách PR vykazuje dominantné zastúpenie. Na lokalite PR Žitavský luh dosiahla skupina *Coleoptera* 7,61 % zastúpenie (4 354 ex) s takmer totožným zastúpením v rámci jednotlivých odberových miest (tabuľka 1). PR Alívium Žitavy predstavuje ekosystém charakteristický veľkou pestroštvou biotopov, najteplejšou, pomerne homogénnou klímom v rámci SR, čoho dôkazom sú aj zistené vyššie abundancie epigeických skupín. Rad *Coleoptera* dosiahol takmer 12 % zastúpenie (1 096 ex), s maximom výskytu v 1., 2. a 3. odberovom mieste, ktoré vytvárajú najvyhovujúcejšie podmienky z hľadiska výskytu nielen coleopter, ale aj ostatných epigeických skupín (tabuľka 2). Na lokalite PR Alívium Žitavy 4. odberové miesto vykazovalo z hľadiska početnosti najnižší výskyt a najnižšie zastúpenie epigeických skupín. Ďalšími z epigeických skupín, ktoré svojim výskytom prispeli k biodiverzite daného biotopu boli *Acarina* a *Araneida*. V PR Žitavský luh bol výskyt akarinocenáz 5,25 % (2 996 ex) a takmer podobné zastúpenie vykazovali *Araneida*, pri ktorých sme zaznamenali výskyt 5,28 % (3 014 ex), (tabuľka 1). V PR Alívium Žitavy sme získali 11,16 % (1 040 ex) *Acarina* a 11,56 % (1 077 ex) *Araneida* (tabuľka 2). Z hľadiska hodnotenia počtu jedincov v rámci jednotlivých odberových miest pri oboch rezerváciách možno konštatovať, že ich výskyt je rovnomený. Skupina *Acarina* je

Tabuľka 1 Zastúpenie epigeických skupín v Prírodnnej rezervácii Žitavský Luh v rokoch 2003 až 2005

Epigeická skupina (1)	1. odberové miesto (2)	2. odberové miesto (2)	3. odberové miesto (2)	4. odberové miesto (2)	5. odberové miesto (2)	6. odberové miesto (2)	Spolu (3)
	03	04	05	03	04	05	ex (3) % (4)
<i>Acarina</i>	1 139	158	75	90	78	37	71
<i>Amphipoda</i>							
<i>Anomopoda</i>						6	
<i>Aphidoidea</i>	2	6	12	228	30	7	6
<i>Araneida</i>	192	102	97	278	205	148	220
<i>Auchenorrhyncha</i>	5	8	4	5	9	14	21
<i>Bivalvia</i>			1			1	
<i>Blattodea</i>							
<i>Coleoptera</i>	418	172	227	188	193	412	146
<i>Collembola</i>	793	998	457	308	586	260	435
<i>Diplopoda</i>	5	6	18	26	18	33	50
<i>Diptera</i>	46	59	24	36	69	27	29
<i>Dermoptera</i>				1	13	7	2
<i>Formicoidae</i>	1 539	3 454	5 375	5 043	2 549	3 083	1 059
<i>Heteroptera</i>	5	5	7	5	1	2	14
<i>Hymenoptera*</i>	8	9	2	19	9	8	10
<i>Gastropoda</i>					4	2	
<i>Chilopoda</i>	6	8	8	7	9	7	13
<i>Isopoda</i>	78	71	64	41	48	27	101
<i>Lacertidae</i>					2		
<i>Larvae</i>	98	76	58	53	76	71	103
<i>Lepidoptera</i>	1					1	
<i>Lumricidae</i>	1		5	1	1	2	
<i>Muridae</i>					1	1	
<i>Ophiionida</i>					1	2	
<i>Pseudoscorpionidea</i>					15	7	1
<i>Psocoptera</i>					10	13	3
<i>Saltatoria</i>	1					3	
<i>Siphonaptera</i>	1					1	
<i>Thysanoptera</i>	1	1			1		
Spolu (3)	4 344	5 144	6 449	6 335	3 888	3 903	2 637
					1 132	1 591	2 397
					2 387	1 801	2 369
						3 542	2 906
						2 317	2 429
							1 614
							57 182
							100,00

\* okrem Formicoidae

Occurrence of epigeic groups in the Nature reserve Žitavský luh in the years 2003–2005  
(1) epigeic group, (2) sampling place, (3) total, (4) per cent

Table 1

**Tabuľka 2** Zastúpenie epigeických skupín v Prírodnej rezervácii Alúvium Žitavy v rokoch 2006 až 2008

Epigeická skupina (1)	1. odberové miesto (2)			2. odberové miesto (2)			3. odberové miesto (2)			4. odberové miesto (2)			Spolu (3)	
	2006	2007	2008	2006	2007	2008	2006	2007	2008	2006	2007	2008	ex (3)	% (4)
Acarina	63	38	85	22	36	204	52	38	248	57	52	145	1 040	11,16
Anura	1						7	1	1	5			1	0,17
Aphidoidea	2	14		3	2					1	2	3	27	0,29
Araneida	88	124	79	91	180	133	103	36	54	30	81	78	1 077	11,56
Auchenorrhyncha	16	8	5	22	15	4	8	3	5	6	7	2	101	1,08
Coleoptera	216	108	62	53	101	34	182	75	77	29	63	96	1 096	11,76
Collembola	242	162	628	276	266	198	137	30	526	216	71	133	2 885	30,97
Diplopoda	47	19	38		3	22				20	1	7	192	2,06
Diptera	37	16	1	64	14		8	10	8	9	8	3	178	1,92
Dermaptera		1					1						2	0,02
Formicoidea	72	54	60	34	70	37	210	15	119	136	42	68	917	9,85
Heteroptera		9	3		17		4	9	1	1	2	3	49	0,53
Hymenoptera*	10	5	3	6	7	1	10	4	3	4	4	8	65	0,69
Gastropoda	1				4	1		1			5		12	0,13
Chilopoda	10	3	2	1	6	8	1		3	1	1	2	38	0,42
Isopoda	181	35	65	23	109	200	12	12	20	5	25	107	794	8,53
Lacertidae	1	1											2	0,02
Larvae	37	26	34	12	39	17	85	7	289	24	12	29	611	6,56
Lumricidae	3	2	4			3	1	13	4	32			2	0,68
Muridae	2	2			3	2		1					10	0,11
Odonata					1					1	1		3	0,03
Opilionida	9	30	18	4	8	5		1			5	4	84	0,91
Pseudoscorpionidea									1				1	0,01
Saltatoria	1	2		1			17	6	5	4		5	41	0,44
Siphonaptera	1	2			3			2					8	0,08
Stylomatophora												1	1	0,01
Talpidae			1										1	0,01
Spolu (3)	1 040	661	1 088	612	884	869	838	264	1 384	562	388	725	9 315	100,00

\*okrem Formicoidea

**Table 2** Occurrence of epigeic groups in the Nature reserve Aluvium Žitavy in the years 2006–2008  
(1) epigeic group, (2) sampling place, (3) total, (4) per cent

ypická tým, že je druhovo najbohatšia, na Slovensku bolo dote- raz zaznamenaných až 714 druhov (David a i., 2007), je známa aj pre svoj cudzopasný spôsob života, niektoré druhy sú dravé a práve tie sú súčasťou pôdneho edafónu a podielajú sa aj na rozklade organických zvyškov v pôde. Bohaté zastúpenie vykazovali aj Araneida, ktoré sú charakteristické tým, že sú rozšírené v širokom areáli, ale pritom sú úzko viazané na svoje prostredie a citlivо reagujú na zmeny v ňom, faktorom ich výskytu je kvalita životného prostredia, z čoho vyplýva vhodnosť podmienok prostredia pri oboch rezerváciach. Z hľadiska ďalšieho hodnotenia ostatných epigeických skupín môžeme konštatovať, že zastúpenie na úrovni subdominancie bolo na oboch porovnávaných lokalitách takmer zhodné. Nižšie zastúpenie sme zaznamenali pri skupinách Diplopoda, Isopoda, Diptera a ďalších. Možno konštatovať, že z hľadiska hodnotenia biodiverzity cenóz zohrávajú dôležitú úlohu všetky epigeické skupiny bez ohľadu na ich zastúpenie (Kvasničák a Drdul, 2004). Získané výsledky korešpondujú z početnými prácammi Petřvalského a i. (Petřvalský a i., 2007), Porhajašovej

a i. (Porhajašová a i., 2008) a Porhajašovej a i. (Porhajašová a i., 2005), ktorí realizovali svoj výskum v agroekosystémoch a v prírodných ekosystémoch.

Pri hodnotení kvalitatívnych ukazovateľov môžeme konštatovať, že druhová bohatosť a počet dominantných epigeických skupín odráža kvalitu prostredia. Pri výpočte druhovej identity/podobnosti podľa Jaccarda medzi jednotlivými stanovišiami/odberovými miestami na lokalite PR Žitavský luh boli vypočítané hodnoty od 57,14 do 88,46 % (tabuľka 3) a hodnoty identity dominancia podľa Rennkonena v intervale od 54,01 do 85,24 % (tabuľka 3). Na lokalite PR Aluvium Žitavy sa hodnoty druhovej identity podľa Jaccarda pohybovali od 72,00 do 87,50 % (tabuľka 4) a hodnoty identity dominancia podľa Rennkonena sa pohybovali od 66,51 do 82,50 % (tabuľka 4). Z uvedeného vyplýva určitá podobnosť medzi jednotlivými biotopmi odberových miest, s výrazným uplatnením širokého spektra živých rastlín nevyhnutných predovšetkým pre fytofágov spomenutých epigeických skupín. Podľa Kvasničáka a Drdula (Kvasničák a Drdul, 2004) horizontálna migrácia jednotlivých

**Tabuľka 3** Výsledky indexu druhovej identity podľa Jaccarda ( $I_J$ ) a indexu identity dominancie podľa Renkonného ( $I_D$ ) v rokoch 2003–2005 na lokalite PR Žitavský luh

Odberové miesto (1)	$I_J$ v % (2)	$I_D$ v % (3)	Odberové miesto (1)	$I_J$ v % (2)	$I_D$ v % (3)
1.–2.	73,08	83,23	2.–6.	80,77	58,25
1.–3.	74,07	61,29	3.–4.	64,28	76,54
1.–4.	79,17	75,00	3.–5.	88,46	63,47
1.–5.	70,37	85,24	3.–6.	88,46	84,16
1.–6.	76,92	58,19	4.–5.	60,71	71,19
2.–3.	92,00	61,29	4.–6.	66,67	72,99
2.–4.	57,14	75,00	5.–6.	87,50	54,01
2.–5.	80,77	85,24			

**Table 3** Results of species identity index according to Jaccard ( $I_J$ ) and dominant identity index according to Renkonnen ( $I_D$ ) in the years 2003–2005 in the Nature reserve Žitavský luh

(1) sampling place, (2) species identity index according to Jaccard, (3) index of dominant identity according to Renkonnen

**Tabuľka 4** Výsledky indexu druhovej identity podľa Jaccarda ( $I_J$ ) a indexu identity dominancie podľa Renkonného ( $I_D$ ) v rokoch 2006–2008 na lokalite PR Alúvium Žitavy

Odberové miesto (1)	$I_J$ v % (2)	$I_D$ v % (3)	Odberové miesto (1)	$I_J$ v % (2)	$I_D$ v % (3)
1.–2.	83,33	77,38	2.–3.	79,16	66,51
1.–3.	87,50	70,87	2.–4.	82,61	77,54
1.–4.	76,00	79,81	3.–4.	72,00	82,50

**Table 4** Results of species identity index according to Jaccard ( $I_J$ ) and dominant identity index according to Renkonnen ( $I_D$ ) in the years 2006–2008 in the Nature reserve Alúvium Žitavy

(1) sampling place, (2) species identity index according to Jaccard, (3) index of dominant identity according to Renkonnen

**Tabuľka 5** Výsledky hodnôt diverzity podľa Shannon-Weavera ( $d$ ) na lokalite PR Žitavský luh (v rokoch 2003–2005) a na lokalite PR Alúvium Žitavy (v rokoch 2006–2008)

Odberové miesto (1)	1.	2.	3.	4.	5.	6.	$\phi$ (4)
PR Žitavský luh (2)	1,23861	1,04292	2,04914	1,93341	1,31736	2,03847	1,60332
PR Alúvium Žitavy (3)	2,12191	2,08125	2,04559	2,15811	–	–	2,10171

**Table 5** Reaults of diversity index according to Shannon-Weaver ( $d$ ) in the Nature reserve Žitavský luh (in the years 2003–2005) and in the Nature reserve Alúvium Žitavy (in the years 2006–2008)

(1) sampling place, (2) the Nature reserve of Žitavský luh, (3) the Nature reserve of Alúvium Žitavy, (4) average

epigeických skupín podmieňuje kvalitatívnu podobnosť skupín, čo je dôsledok nie veľkej vzdialenosť stanovišť, čo sa jednoznačne odráža aj v hodnotách diverzity.

Pri hodnotení stability/diverzity uvedeného spoločenstva bola počas trojročného obdobia na lokalite PR Žitavský luh vypočítaná priemerná hodnota 1,60332 a na lokalite PR Alúvium Žitavy priemerná hodnota 2,10171 (tabuľka 5). Podľa Ravera (Ravera, 2001) majú stabilné spoločenstvá vysokú diverzitu, ktorá vždy poklesne s environmentálnym rozkladom. Vypočítané hodnoty diverzity sú podľa našich zistení po vzájomnom porovnaní výsledkov Kvasničáka a Drdulu (Kvasničák a Drdul, 2004) odrazom stability podmienok oboch stanovišť, v ktorom sú biotické, abiotické a antropogénne vzťahy vo vzájomnej ekologickej rovnováhe.

Na základe pozorovaní a získaných výsledkov môžeme konštatovať, že monitorované lokality PR Žitavský luh a Alúvium Žitavy predstavujú z hľadiska biodiverzity špecifické biotopy, ktoré vystupujú ako dôležitý členok z hľadiska udržania ekologickej stability krajiny. Spoločenstvá živočíchov obývajúce tieto biotopy sú dokonale prispôsobené prírodným podmienkam územia a ich životné aktivity prebiehajú v každej časti rezervácie. Svojou prítomnosťou uvedené biotopy prispievajú k zachovaniu biologickej rozmanitosti krajiny.

## Súhrn

Cieľom predkladanej práce bolo zistiť a následne porovnať biodiverzitu základných epigeických skupín na lokalitách PR Žitavský luh a PR Alúvium Žitavy. Na oboch lokalitách boli navzájom porovnávané trojročné výsledky. Na lokalite PR Žitavský luh bol výskum realizovaný v rokoch 2003–2005 a na lokalite PR Alúvium Žitavy v období rokov 2006–2008. Na odber biologickej materiálu bola použitá metóda zemných pascí, ktoré boli exponované na vybraných lokalitách PR. Na lokalite PR Žitavský luh bolo v rámci 6 odberových miest získaných 57 182 ex epigeickej zložky živočíchov, ktoré boli zastúpené 30 taxonomickými skupinami. Na lokalite PR Alúvium Žitavy bolo v rámci 4 odberových miest získaných 9 315 ex, ktoré boli zastúpené 27 taxonomickými skupinami. Na oboch lokalitách vystupovali ako dominantné skupiny *Formicoidea*, *Coleoptera*, *Araneida*, *Collembola*, *Acarina*. Pri ostatných skupinách ako napr. *Diplopoda*, *Isopoda*, *Diptera* a ďalších sme zaznamenali nižšie rečedentné, resp. subrecedentné zastúpenie, napriek tomu svojou prítomnosťou prispeli k biodiverzite daných biotopov. Na lokalite PR Žitavský luh boli vypočítané hodnoty indexu druhovej

identity podľa Jaccarda od 57,14 do 88,46 %. Hodnoty indexu identity dominancie podľa Renkonnena sa pohybovali od 54,01 do 85,24 %. Priemerná hodnota indexu diverzity bola 1,60332. Na lokalite PR Alívium Žitavy boli vypočítané hodnoty indexu druhovej identity podľa Jaccarda od 72,00 do 87,50 %. Hodnoty indexu identity dominancie podľa Renkonnena boli od 66,51 do 82,50 %. Priemerná hodnota indexu diverzity bola 2,10171. Získané a vypočítané výsledky potvrdili vhodnosť podmienok týchto špecifických biotopov a sú odrazom stability prostredia.

**Kľúčové slová:** bioindikátor, epigeické skupiny, prírodná rezervácia

Práca vznikla za podpory projektov: VEGA 1/0275/08, VEGA 1/0457/08, VEGA 1/0551/08, VEGA 1/0466/10, VEGA 1/0804/11.

## Literatúra

- CARDAMO, H. A. – SPENCE, J. R. 1994. Crop Type Effects on the Activity and Distribution of Ground Beetles (*Coleoptera, Carabidae*). In: Environmental entomology, vol. 23, 1994, no. 3, p. 123–140. ISSN 0046-225X.
- ČARNOGURSKÝ, J. 2000. K faune chvostoskokov (*Collembola*) zaplavovaných lúk v povodí Moravy. In: Entomofauna Carpathica, 2000, č. 12, s. 49–52. ISSN 1335-1214.
- DAVID, S. a ī. 2007. Xerothermné biotopy Slovenska. Edícia Biosféra. Série vedeck. liter, vol. A 3, 2007, s. 16–22. ISBN 978-80-968030-8-8.
- HOLECOVÁ, M. – LUKÁŠ, J. – HARAKAĽOVÁ, E. 2003. Mravce (*Hymenoptera, Formicidae*) dubovo-hrabových lesov v okolí Bratislavы (JZ Slovensko). In: Folia faunistica Slovaca, 2003, č. 8, s. 63–69. ISSN 1335-7522.
- CHABERT, A. – BEAUFRETON, Ch. 2005. Impact de quelques pratiques culturales sur les Carabes, Araignees, Staphylin. In: AFPP-7 Conférence Internationale sur les ravageurs en agriculture, 2005, p. 33–37.
- KVASNIČÁK, R. – DRDUL, J. 2004. Spoločenstvo chrobákov (*Coleoptera*) lúčneho biotopu v okolí Krupského potoka (JZ Slovensko). In: Acta Fac. Paed. Univ. Tyrnaviensis. Ser. B, 2004, č. 8, s. 4–10. ISSN 80-8082-013-9.
- LOSOS, B. a ī. 1984. Ekologie živočichů. Praha : SPN, 1984. 300 s.
- MAJZLAN, O. 2002. Migrácia chrobákov (*Coleoptera*) na kmeňoch pagaštana konského (*Aesculus hippocastum*). In: Folia faunistica Slovaca, 2002, č. 7, s. 49–53. ISSN 1335-7522.
- MAJZLAN, O. 2003. Limity pre manažment Ramsarskej lokality „Niva rieky Moravy“ na príklade vybraných skupín *Coleoptera*. In: Acta Fac. Paed. Univ. Tyrnaviensis. Série B, 2003, č. 7, s. 5–13. ISBN 80-89074-85-5.

- MITSH, W.J. – GOSSELINK, J.G. 1993. Weltlands. 2. Edition. New York : Van Nostrand Reinhold, 1993, p. 78–86.
- PETŘVALSKÝ, V. – PORHAJAŠOVÁ, J. 1998. Hodnotenie epigeónu a populácií bystruškovitých (*Carabidae, Coleoptera*) v rozdielnych sústavách úhorového hospodárenia. In: Zborník z medzinárodnej konferencie – „Voda v bioklimatických systémoch“. Nitra : SPU. Príloha Acta horticulturae et regiotecturae, 1998, č. 2, s. 220–222. ISSN 1335-2563.
- PETŘVALSKÝ, V. – PORHAJAŠOVÁ, J. – URMINSKÁ, J. – ONDRÍŠIK, P. – MACÁK, M. 2007. Výskyt základných epigeických v závislosti od množstva organickej hmoty. In: Acta Fac. Ecol., roč. 15, 2007, s. 15–19. ISSN 1336-300X.
- PORHAJAŠOVÁ, J. – PETŘVALSKÝ, V. – URMINSKÁ, J. – ONDRÍŠIK, P. 2005. Monitorovanie výskytu epigeických skupín s dôrazom na čeľad *Carabidae (Coleoptera)* v Prírodnej rezervácii Žitavský luh. In: Acta fyt. et zoot., roč. 8, 2005, č. 3, s. 57–62. ISSN 1335-258X.
- PORHAJAŠOVÁ, J. – PETŘVALSKÝ, V. – MACÁK, M. – URMINSKÁ, J. – ONDRÍŠIK, P. 2008. Occurrence of species family *Carabidae (Coleoptera)* independence on the input of organic matter into soil. In: JCEA, vol. 9, 2008, no. 3, p. 557–566. ISSN 1332-9049.
- POSPIŠIL, R. a ī. 2009. Využitie biokalu pri pestovaní plodín. In: Vedecká monografia. Nitra : SPU, 2009, s. 76–88. ISBN 978-80-552-0289-1.
- PURCHARDT, L. – KULA, E. 2007. Content of heavy metals in bodies of field ground beetles (*Coleoptera, Carabidae*) with respect to selected ecological factors. In: Polish Journal of Ecology, vol. 55, 2007, no. 2, p. 305–314. ISSN 1505-2249.
- RAVERA, O. 2001. A comparison of some species-individuals diversity indices applied to samples of field insects. In: Ecology, vol. 45, 2001, no. 4, p. 859–861.
- SCHWERDTFEGER, F. 1978. Lehrbuch der Tierökologie. Verlag Paul Parey – Hamburg und Berlin, 1978, 384 s.
- VICIAN, V. – STAŠIOV, S. – KOČÍK, K. – HAZUCHOVÁ, L. 2007. Štruktúra chrobákov (*Coleoptera, Carabidae*) na rôzne obhospodarovaných poľnohospodárskych plochách. In: Zb. ved. prác „Vplyv forem obhospodarovania poľn. krajiny na základné zložky agroekosystémov vo vzťahu k optimalizácii využívania krajiny“, 2007, s. 67–77. ISBN 978-80-89183-35-7.

### Kontaktná adresa:

Ing. Jana Porhajašová, PhD., Katedra environmentalistiky a zoologie, Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, 949 76, Slovenská republika, e-mail: Jana.Porhajsova@uniag.sk

Acta horticulturae et regiotecturae 2  
Nitra, Slovaca Universitas Agriculturae Nitriae, 2010, s. 38–41

## ZHODNOTENIE FENOLOGICKEJ AKTIVITY POTOMSTIEV JARABINY OSKORUŠOVEJ (*SORBUS DOMESTICA L.*) Z LOKALITY JELENEC

## EVALUATION OF PHENOLOGICAL ACTIVITY OF PROGENIES OF TRUE SERVICE TREE (*SORBUS DOMESTICA L.*) FROM THE LOCALITY JELENEC

Ladislav BAKAY, Viera PAGANOVÁ

Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

In this paper we deal with the phenological activity of 6 progenies of true service tree (*Sorbus domestica L.*) from the locality Jelenec. The true service tree as a drought tolerant, xerophytic woody plant has a growing utilization potential in the ongoing trend of climate change. Our results showed that the onset dates of the phenological phases in all progenies were synchronous in both observed years (2008–2009). We observed the largest variance in the principal growth stage 3 (Shoot growth). We also constructed growth models of the shoot growth for all progenies. The end of the vegetation period was also synchronous in all progenies in both observed years. We also found a statistically significant difference in the length of the vegetation period in the observed years. According to the results, there is an obvious influence of the maternal tree on its progeny.

**Key words:** true service tree (*Sorbus domestica L.*), phenological growth stages, phenology

Príspevok je zameraný na zhodnotenie fenologickej aktivity potomstiev jarabiny oskorušovej z lokality Jelenec. Jarabina oskorušová patrí medzi naše zriedkavé, sucho a teplo tolerujúce druhy drevín. Tolerancia voči vodnému deficitu v pôde bola pri tejto drevine potvrdená aj experimentálne (Paganová et al., 2009). Schopnosť oskoruše rást aj v extrémnejších podmienkach prostredia na stanovištiach s nedostatkom vody jej dáva perspektívnu pre širšie uplatnenie v krajinie aj v urbanizovanom prostredí.

V dôsledku globálneho otepľovania môžeme rátat so zmenami v štruktúrach ekosystémov. Z hľadiska zachovania ich funkčnosti je dôležité monitorovať druhy, ktoré sú súčasťou ekosystému. Sledovanie a kvantifikácia zmien vo fenologickej aktivite a populačnej biológii umožňuje indikovať reakcie drevín na zmeny v prostredí.

Predpokladá sa, že pre druhové zloženie ekosystémov bude rozhodujúci vzostup priemerných ročných teplôt a rozloženie zrážok vo vegetačnom období (Peñuelas et Filella, 2001).

V príspevku sa kvantifikoval vzťah medzi teplotnými sumami a fenologickou aktivitou potomstiev jarabiny oskorušovej a otestovali sa rozdiely medzi potomstvami rôznych materinských stromov.

### Materiál a metódy

Fenologická aktivity potomstiev sa sledovala na dvojročných sadeniciach zo šiestich materinských stromov jarabiny oskorušovej z lokality Jelenec.

V tejto lokalite prevažuje nízinná klíma, prevažne teplá s priemernou teplotou 8,3–9 °C s ročným úhrnom zrážok 610–650 mm (Tarábek, 1980). Stanovište z hľadiska klimatických podmienok predstavuje ekologické optimum pre jarabiu oskorušovú (Paganová et Gavorová, 2006).

Nástup fenofáz sa pri každom potomstve hodnotil v súbore 50 jedincov. Rastliny sa pestovali v obaloch v tieňovisku v aklimatizačných priestoroch Laboratória explantátových kultúr Katedry biotechniky parkových a krajinných úprav FZK SPU v Nitre. Na pestovanie sa použil štandardný substrát TS3 (pH 5,5–6,0 s prímesou hnojiva 1,0 kg/m<sup>3</sup>) obohatený o ilovú frakciu hrúbky 0,25 mm/m (20 kg il/m<sup>3</sup>).

Pre hodnotenie fenologickej aktivity sa zostavil identifikačný kľúč fenofáz vypracovanej Bakayom (2009), ktorá bola upravená na základe BBCH škály pre určovanie fenologických fáz drevín s plodom malvica (rod *Malus*, *Pyrus*) (Meier et al., 1994).

Fenologické údaje sa zaznamenávali periodicky v trojdňovom intervale od 10. 3. 2008 do 20. 11. 2009 a priebežne sa vytvárala fotodokumentácia. Základná rastová fáza 3 (Vývin terminálneho výhonu) sa zaznamenávala meraním prírastkov v dvojdňových intervaloch. Prepočítaním percentuálneho podielu z celkového jednorocného prírastku sa charakterizovali fenologické rastové fázy. Taktiež sa vydohnocovali prírastky v rámci potomstva jedného stromu a medzi potomstvami materinských stromov. Pri hodnotení sa za nástup fenofázy pri potomstvách považoval deň (ďalej len JDAYS – deň juliánskeho kalendária), kedy sa charakteristiky príslušnej fenofázy zaznamenali minimálne pri polovici pozorovaných jedincov.

**Tabuľka 1** Charakteristika lokality Jelenec

Lokalita (1)	Geomorfologická jednotka (2)	Expozícia (3)	Nadmorská výška (4)	Charakteristika a zastúpenie drevín (5)
Jelenec	Podunajská pahorkatina – Tribeč	J-JV (6)	230 m n. m.	vinohrady; Db, hrb, jvp, trnka, drieň (7)

Zdroj: Pagan, Paganová, 2000

**Table 1** Characteristics of the locality Jelenec

(1) locality, (2) geomorphological unit, (3) exposition, (4) altitude, (5) characteristics and representation of woody plants, (6) S-SW, (7) vineyards; oak, hornbeam, field maple, blackthorn, cornelian cherry

Pre klimatickú charakteristiku experimentálneho stanovišta sa použili údaje o priemerných teplotách vzduchu za roky 2008 a 2009 zaznamenané Katedrou biometeorológie a agrohydrologie SPU v Nitre. Z priemerných hodnôt teploty vzduchu sa vypočítali teplotné sumy pre jednotlivé fenologické rastové fázy.

Fenologické a klimatologické údaje sa vyhodnotili polynomickou regresiou a jednofaktorovou analýzou rozptylu v programme Statgraphics Centurion XV.

## Výsledky a diskusia

Našim prvotným cieľom bolo zhodnotiť prípadné odchýlky vo fenologickej aktivite potomstiev jednotlivých materských stromov. V obidvoch hodnotených rokoch 2008–2009 sa zaznamenal jednotrnný nástup potomstiev do prvých fenologických rastových fáz (01, 03, 09, 10, 11, 15). Nezaznamenali sa výrazné odchýlky medzi potomstvami rozličných materských stromov.

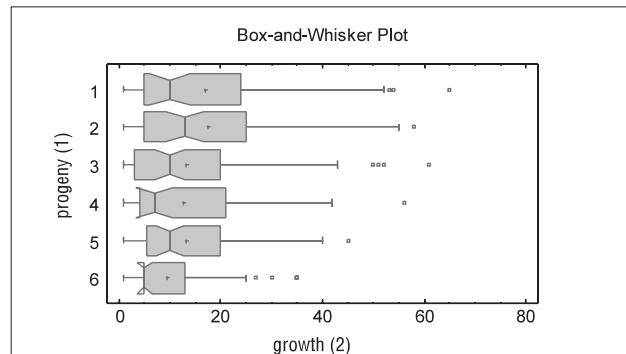
Naproto tomu Gavorová (2008), ktorá sledovala v období 2006–2007 fenologickú aktivitu potomstiev J1 – J4 jarabiny oskorušovej z lokality Jelenec, zaznamenala preukazné rozdiely medzi potomstvami v nástupe do fenofáz: 01, 03, 07, 15. Autorka však pracovala s menším výberovým súborom rastlín ( $N = 25$ ), čo mohlo ovplyvniť výsledky.

V roku 2009 všetky hodnotené potomstvá začali fenologickú aktivitu (fenofáza 01) pomerne skoro, pri nízkych teplotných sumách TS0 (77 °C). Podobné zistenia môžeme nájsť v práci Gavorovej (2008), kde potomstvá J1 – J4 začali v rokoch 2006 a 2008 svoju fenologickú aktivitu pri nízkej teplotnej sume (2006 – TS5 (32,2 °C); 2008 – TS2 (17,7 °C), výnimkou bol rok 2007, kde potomstvá vstúpili do fenofázy 01 pri TS5 (167,3 °C).

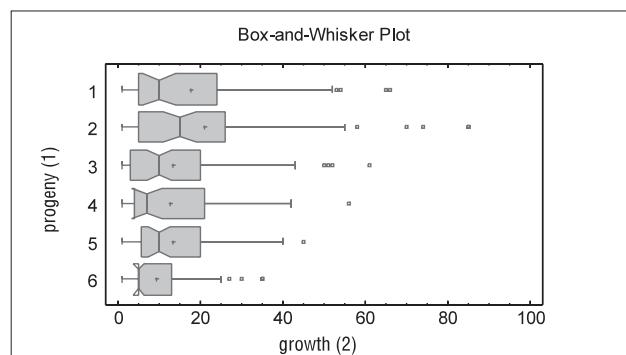
Fenologická rastová fáza 15 (Začiatok vývinu listov) nastúpila v obidvoch hodnotených rokoch 2008 a 2009 pri teplotnej sume TS5 (236–288 °C) a to pri všetkých potomstvách jarabiny oskorušovej, čo je v súlade s poznatkami iných autorov (Gavorová 2008, Peñuelas et al., 2002) o tesnej korelácií medzi teplotnými sumami a nástupom jednotlivých fenofáz.

V roku 2008 bol nástup potomstiev do fenofázy 15 v 95 JDAYS, zatiaľ čo v roku 2009 v 108 JDAYS. Gavorová (2008) zaznamenala priemerný deň nástupu potomstiev J1 – J4 do fenofázy 15 v rokoch: 2006 – 112 JDAYS, 2007 – 93 JDAYS a 2008 – 103 JDAYS. 4 ročný priemer nástupu potomstiev z lokality Jelenec do fenofázy 15 pripadá na 102,2 JDAYS.

Overoval sa aj vplyv materského stromu na rastové vlastnosti a na fenologickú aktivitu potomstiev. Rozdiely medzi potomstvami sa výraznejšie prejavili až v základnej rastovej fáze 3 (Vývin terminálneho výhonu) a to v oboch sledovaných rokoch. Zaznamenala sa veľká variabilita v nástupe a priebehu



Obrázok 1 95% Kruskal-Wallis test preukaznosti rozdielov v stredných hodnotach prírástku potomstiev *Sorbus domestica* L. za rok 2008  
Figure 1 95% Kruskal-Wallis test for significance of distinction in median values of *Sorbus domestica* L. progeny growth in 2008  
(1) potomstvo, (2) prírástok



Obrázok 2 95% Kruskal-Wallis test preukaznosti rozdielov v stredných hodnotach prírástku potomstiev *Sorbus domestica* L. za rok 2009  
Figure 2 95% Kruskal-Wallis test for significance of distinction in median values of *Sorbus domestica* L. progeny growth in 2009  
(1) potomstvo, (2) prírástok

fenofáz medzi jedincami v rámci potomstva jedného stromu, ale aj medzi potomstvami rozličných stromov.

V rámci jedného potomstva mal predĺžovací rast výhonov výrazne variabilnú dynamiku. V oboch rokoch sa zistili štatisticky preukazné rozdiely medzi mediánmi prírástku potomstiev na 95% hladine významnosti (v roku 2008:  $p = 0,0181$ ; 2009,  $p = 0,0337$ ) čo môžeme vidieť v tabuľke 2 a 3.

V roku 2008 boli rozdiely v predĺžovacom raste výhonov medzi potomstvami menej výrazné. V roku 2009 sa rozdiely znásobili pravdepodobne kvôli poškodeniu hubou *Venturia inaequalis* (Cooke) Wint., ktorá oslabuje vitalitu sadeníc.

Pri troch potomstvách J1, J3 a J5 sa v celom hodnotenom období zaznamenali zhodné prírástky, pri ostatných boli v pre-

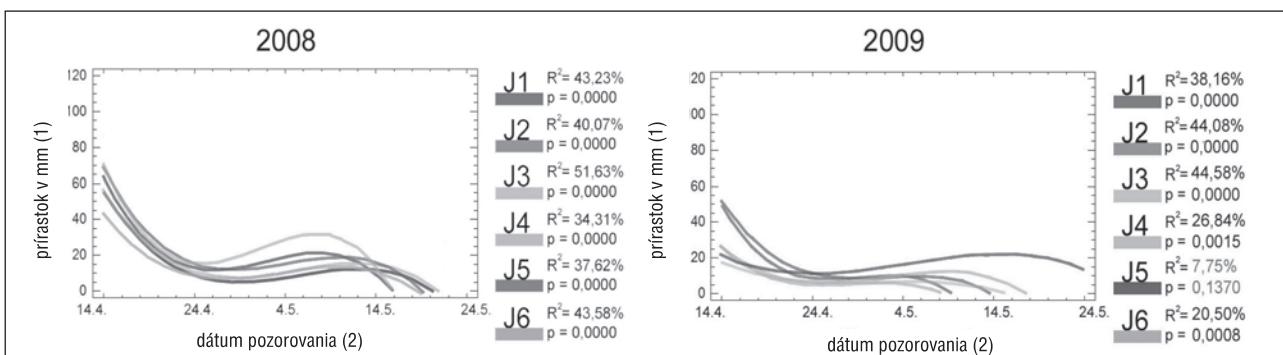
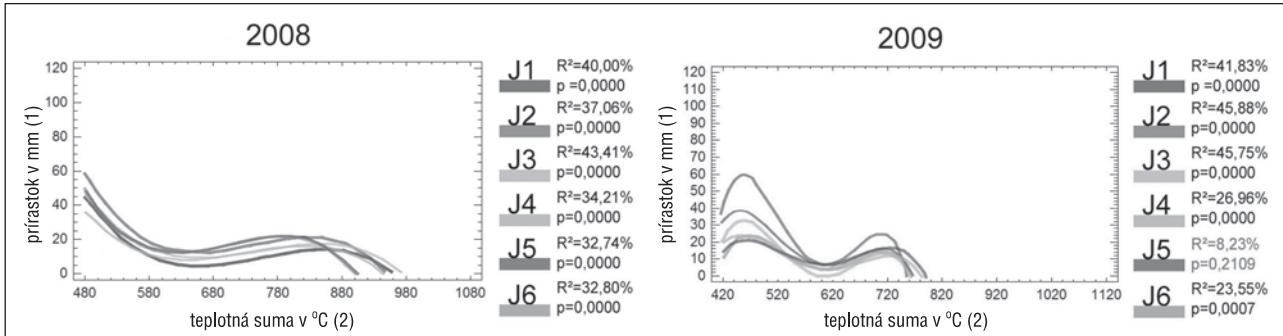
Tabuľka 2 Základné štatistické charakteristiky pre prírástok potomstiev *Sorbus domestica* L. v roku 2008

Potomstvo (1)	$N$ v ks (2)	Počet meraní (3)	$X$ v mm	$Sx$ v mm	min v mm	max v mm	$\tilde{x}$ v mm
1	50	55	16,8727	16,3809	1,0	65,0	11A
2	50	65	17,5231	15,0438	1,0	58,0	13B
3	50	84	13,2976	13,2518	1,0	61,0	11A
4	50	53	12,7547	12,4482	1,0	56,0	7C
5	50	72	13,3472	10,6125	1,0	45,0	11A
6	50	76	9,36842	8,18265	1,0	35,0	5D

Table 2 Basic characteristics of *Sorbus domestica* L. progeny growth in 2008  
(1) progeny, (2) number, (3) number of measurements

**Tabuľka 3** Základné štatistické charakteristiky pre prírastok potomstiev *Sorbus domestica* L. v roku 2009

Potomstvo (1)	N v ks (2)	Počet meraní (3)	X v mm	Sx v mm	min v mm	max v mm	$\tilde{x}$ v mm
1	19	56	17,75	17,5087	1,0	66,0	10A
2	17	69	21,058	20,534	1,0	85,0	13B
3	27	84	13,2976	13,2518	1,0	61,0	10A
4	19	53	12,7547	12,4482	1,0	56,0	7C
5	29	72	13,3472	10,6125	1,0	45,0	10A
6	25	76	9,36842	8,18265	1,0	35,0	5D

**Table 3** Basic statistical characteristics of *Sorbus domestica* L. progeny growth in 2009  
(1) progeny, (2) number, (3) number of measurements**Obrázok 3** Regresné krivky prírastkov potomstiev vo vzťahu k dátumu pozorovania  
**Figure 3** Regression curve of progeny growths related to the date of observation  
(1) shoot growth in mm, (2) date of observation**Obrázok 4** Regresné krivky prírastkov potomstiev vo vzťahu k teplotným sumám  
**Figure 4** Regression curve of progeny growths related to temperature sums  
(1) shoot growth in mm, (2) temperature sum in °C

dlžovacom raste výhonov štatisticky preukazné rozdiely (obr. 1 a 2). Potomstvo J2 sa vyznačovalo najväčšími prírastkami ( $\tilde{x} = 13$  mm) kým potomstvá J4 ( $\tilde{x} = 7$  mm) a J6 ( $\tilde{x} = 5$  mm) najmenším.

Priebeh predlžovacieho rastu potomstiev je charakterizovaný regresnými krivkami na obr. 3 a 4. Rastové krivky jednotlivých potomstiev znázorňujú rovnaký priebeh predlžovacieho

rastu jedincov. Rastové krivky majú dva vrcholy, to znamená, že predlžovací rast výhonov má dve fázy intenzívnejšieho rastu. V oboch rokoch sme zaznamenali, že predlžovací rast je najintenzívnejší pri teplotnej sume TS5 (460 °C). Druhý vrchol rastovej krivky pripadal v sledovaných rokoch na iné teplotné sumy (2008: TS5 (800–840 °C); 2009: TS5 (710 °C)). Na rastových krivkách (obr. 3, 4) vidíme skrátenie obdobia predlžovania

**Tabuľka 4** 95% LSD-test a základné štatistické charakteristiky pre dĺžku vegetačného obdobia potomstiev *Sorbus domestica* z lokality Jelenec

Rok (1)	x	$S_x\%$	$S_x$	min	max
2008	217,667 A	3,01109	1,38335 %	215,0	221,0
2009	205,833 B	5,63619	2,73823 %	200,0	215,0
Spolu (2)	211,75	7,53326	3,55762 %	200,0	221,0

**Table 4** 95% LSD-test and basic statistical characteristics for vegetation period length of *Sorbus domestica* progenies in Jelenec  
(1) year, (2) average

rastu výhonov a taktiež nejednotné ukončenie tejto fázy v roku 2009 medzi potomstvami.

V oboch sledovaných rokoch všetky potomstvá do fenologickej rastovej fázy 97 (opadnuté listy) vstúpili jednotne. Úplný opad listov sme zaznamenali v 2008 aj v 2009 2. novembrový týždeň (v priemere 312 JDAYS v roku 2008, 314 JDAYS v 2009). Vegetačné obdobie dospelých stromov jarabiny oskorušovej v okolí Barcelony končí v 331 JDAYS (Peñuelas et al., 2002).

Dĺžka vegetačného obdobia potomstiev bola v rokoch 2008–2009 rovnaká, zistili sme však štatisticky preukazný rozdiel ( $p = 0,0011$ ) na hladine významnosti 95% v dĺžke trvania vegetačného obdobia v sledovaných rokoch (tab. 4), čo bolo spôsobené rýchlejším nástupom do vegetácie v roku 2008. Dĺžka vegetačného obdobia potomstiev bola 205 dní v roku 2008 a 217 dní v roku 2009. Tieto údaje môžeme porovnať s údajmi Peñuelasa a ī. (2002), ktorí sledovali fenologickú aktivity dospelých stromov v okolí Barcelony. Dlhodobý priemer dĺžky vegetačného obdobia stanovili na 230 dní.

### Záver

Príspevok bol zameraný na zhodnotenie fenologickej aktivity šiestich potomstiev jarabiny oskorušovej z lokality Jelenec v rokoch 2008–2009.

Výsledky poukázali na rovnaký nástup potomstiev do väčšiny fenologickej fázok okrem základnej rastovej fázy 3 (Vývin terminálneho výhonu), kde sa zistila vysoká variabilita v rámci potomstva, ale i medzi potomstvami. Pri dvoch potomstvách J1, J3 a J5 sa v celom hodnotenom období zaznamenali zhodné prírastky, pri ostatných boli v predlžovacom raste výhonov štatisticky preukazné rozdiely. Potomstvo J2 sa vyznačovalo najväčšími prírastkami ( $\bar{x} = 13$  mm) kým potomstvá J4 ( $\bar{x} = 7$  mm) a J6 ( $\bar{x} = 5$  mm) najmenšími.

Rastové modely predlžovacieho rastu znázorňujú rovnaký priebeh predlžovacieho rastu jedincov. Rastové krivky majú dva vrcholy, to znamená, že predlžovaci rast výhonov má dve fázy intenzívnejšieho rastu a závisí od teplotných súm. Taktiež sme zaznamenali rýchlejšie ukončenie predlžovacieho rastu v roku 2009 čo mohlo byť spôsobené pestovaním v obaloch.

V oboch sledovaných rokoch všetky potomstvá do fenologickej rastovej fázy 97 (opadnuté listy) vstúpili jednotne. Zistili sme však rozdielnu dĺžku vegetačného obdobia potomstiev v sledovaných rokoch.

Z výsledkov vyplýva, že materský strom má výrazný vplyv na vlastnosti potomstva, najmä čo sa týka intenzity predlžovacieho rastu. V ďalších rokoch chceme overiť naše výsledky, budeme pokračovať v zaznamenávaní fenologickej aktivity potomstiev z lokality Jelenec.

### Súhrn

Príspevok sa zaobrá fenologicou aktivitou potomstiev jarabiny oskorušovej (*Sorbus domestica L.*) z lokality Jelenec. Jarabina oskorušová ako sucho tolerujúca, teplomilná drevina môže mať v urbanizovanej, ale i vo vidieckej krajine väčší výz-

nam pri trendoch globálneho otepľovania. Zistili sme jednotný nástup potomstiev do fenologickej rastových fáz pri všetkých šiestich potomstvách v sledovaných rokoch (2008–2009). Najväčšia variabilita medzi potomstvami a v rámci potomstva je v základnej rastovej fáze 3 (Vývin terminálneho výhonu). Vyhotovili sme rastové modely tejto rastovej fázy pri všetkých potomstvách. Koniec vegetačného obdobia jednotlivých potomstiev bol taktiež jednotný. Zistili sme štatisticky preukazný rozdiel medzi dĺžkou vegetačného obdobia potomstiev v hodnotených rokoch. Z výsledkov vyplýva, že materský strom má výrazný vplyv na vlastnosti potomstva.

**Kľúčové slová:** jarabina oskorušová (*Sorbus domestica L.*), fenologické fázy, fenológia

### Literatúra

- BAKAY, L. 2009. Rast, vývin a vitalita jarabiny oskorušovej (*Sorbus domestica L.*) vo vzťahu k jej využitiu v urbanizovanom prostredí, Nitra : SPU
- GAVOROVÁ, M. 2008. Hodnotenie rastu a fenológie jarabiny oskorušovej (*Sorbus domestica L.*) v extrémnych podmienkach sucha, Dizertačná práca, Nitra : SPU
- MEIER et al. 1994. Phenological growth stages and identification key of stone fruit, in: BBCH Monograph, editby Uwe Meier, Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry, 2. edition, 2001
- PAGAN, J. – PAGANOVÁ, V. 2000. Premenlivosť Jarabiny oskorušovej (*Sorbus domestica L.*) na Slovensku. In: Acta Forestalis, Zvolen, vol. 42, 2000, s. 51–67
- PAGANOVÁ, V. – GAVOROVÁ, M. 2006. Zhodnotenie rastu potomstiev jarabiny oskorušovej (*Sorbus domestica L.*) zo voľného opelenia na lokalite Jelenec = Growth evaluation of the open pollinated progenies of service tree (*Sorbus domestica L.*) on locality Jelenec In Sídlo – park – krajina IV [elektronický zdroj] : kultúrna vegetácia v sídlach a v krajinie : 11. kolokvium katedier záhradnej a parkovej tvorby : zborník vedeckých prác a referátov z konferencie s medzinárodnou účasťou, Nitra, 22. novembra 2006. Nitra : SPU, 2006, s. 273–281. ISBN 80-8069-810-4.
- PAGANOVÁ, V. – JUREKOVÁ, Z. – DRAGÚNOVÁ, M. – LICHNEROVÁ, H. 2009. Physiological responses of service tree (*Sorbus domestica L.*) under conditions of differentiated water regime, In: Acta horticulturae et regiotecturae, mimoriadne číslo, Nitra, s. 13–33
- PEÑUELAS, J. – FILELLA, I. 2001. Phenology: Responses to a warming world. In: Science, 294, p. 793–794
- PEÑUELAS, J. – IOLANDA, F. – COMAS, P. 2002. Changed plant and animal life cycles from 1952 to 2000 in the Mediterranean region, Global Change Biology, Blackwell Science Ltd, 2002, p. 531–544
- TARÁBEK, K. 1980. Klimageografické typy. In. Atlas Slovenskej socialistickej republiky. Slovenská akadémia vied, Bratislava : Slovenský úrad geodézie a kartografie, 1980, s.64.

### Kontaktná adresa:

Ing. Ladislav Bakay, KBKPÚ FZKI, Tulipánova 7, 94976 Nitra, Slovensko, ☎ 0907 291 872, e-mail: lazlo.bakay@gmail.com

Acta horticulturae et regiotecturae 2  
Nitra, Slovaca Universitas Agriculturae Nitriae, 2010, s. 42–46

## VPLYV RÔZNYCH ÚPRAV POVRCHU PÔDY NA PROCES VYPAROVANIA

### THE EFFECT OF THE VARIOUS MODIFICATIONS OF SOIL SURFACE ON THE EVAPORATION PROCESS

Zuzana LAGÍNOVÁ, Jaroslav ANTAL

Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

The aim of the study was to research how different types of cultivation and modification of soil surface, as well as various additives added directly to the soil surface or soil profile, affect the evaporation process. Monitoring the process of evaporation, the total amount and intensity of evaporation, as well as changes in intensity with time of evaporation and soil moisture was carried out by a laboratory experiment on 13 experiment specimens. The experiment with free water surface, the zero option and the sample for measurement of potential evaporation were established for general comparison. The adjustment of surface to convex and concave shape, adjustment of granularity by adding dust particles, adjustment of evaporation area size by covering the surface with glass balls and the adjustment of surface layer moisture were applied on the other variants. Agro-technical measures were simulated by loosening the soil profile to the depth of 0.5 cm and 2.0 cm and rolling. The evaporation process in a variant with adjusted hydrophysical parameters by detergent application and in a variant with modified capillary properties by placing a net on the soil surface were studied, too. Initial weights of all samples were reported and subsequently, at intervals during the experiment, the samples were weighted by digital scales. The amount of evaporated water in grams was converted to millimetre of water column. Then, the measured and calculated data were processed by mathematical and statistical program Microsoft Excel. Based on the experiment it can be stated that the largest amount of water was evaporated from the free water surface (VZ.1). By adjusting the capillary properties of the surface layer (VZ.13) the process of evaporation was supported. Adjustment of the surface composition granularity (VZ.9) caused that the value of evaporation exceeded the value of zero evaporation variant (VZ.2) in a large extent. Agro-technical measures used for surface adjustment of experimental variants had the expected effect on the evaporation process. Rolling (VZ.8) supported the evaporation rate from the soil surface. Aerating (VZ.6, VZ.7) reduced the evaporation from the soil. After the evaluation of the evaporation process from the surface on which the hydrophysical adjustment of surface layer was performed (VZ.11) it could be stated that the reduced evaporation may be credited to the change of the soil particles wetting angle and the different surface tension of detergents. The reduction of the size of evaporation area (VZ.10) led to the lowest value of evaporated water.

**Key words:** evaporation, soil water regime, soil cultivation

Jedna z najväčších strát zrážkovej vody v dôsledku hydrogeologických a topografických podmienok Slovenska vzniká v prirodzenom procese premeny vody z kvapalného skupenstva na plynné skupenstvo, výparom. Evapotranspiráciou sa dostane do atmosféry na Slovensku za rok približne 2/3 ročného úhrnu zrážok (Novák, 2001). Celkový výpar má zásadný význam pre obej vody v prírode, zároveň však ovplyvňuje objem povrchových vôd a zásob vody v pôde (Kutílek, 1978). Zdrojom vody pre evapotranspiráciu je pôdná voda.

Rastlinná výroba posudzuje výpar z ekonomickeho hľadiska ako produktívny (transpirácia) a neproduktívny (výpar z pôdy). Každá rastlina pri tvorbe organickej hmoty spotrebovača určité množstvo vody na základné fyziologické procesy – dýchanie. Všetky ostatné straty pôdnej vody, ktoré nesúvisia s transpiráciou pestovaných poľnohospodárskych plodín, sa označujú ako neproduktívny výpar.

Kedže riešenie nedostatku prístupnej pôdnej vody je aktuálnym problémom, začína sa poľnohospodárska prax čoraz viac zaoberať riešeniami, ktoré vedú k obmedzovaniu strát vody neefektívnym výparom. Z tohto hľadiska je hlavnou úlohou poľnohospodárov znížiť neproduktívny výpar z pôdy v prospech produktívneho (užitočného výparu) pre zvýšenie rastlinnej výroby pri najmenších stratách pôdnej vláhy. Minimalizácia výparu z neporastených povrchov je v pôdohospodárstve využívaná ako dôležitá súčasť technológií, ktorých cieľom je zachovanie vody v pôde pre porasty (Novák, 2001). Znižovanie strát vody z územia ovplyvňovaním intenzity výparu z pôdy

si vyžaduje opatrenia, z ktorých najúčinnejším a jednoducho realizovateľným je úprava povrchovej vrstvy pôdneho profilu systémom agrotechnických zásahov, ktoré okrem zlepšenia hospodárenia s vodou v pôde pozitívne ovplyvňujú i množstvo ďalších pôdných procesov a charakteristik (Kazda, 1996). Mechanické obrábanie pôdy má pri pestovaní poľnohospodárskych plodín význam ako regulačné opatrenie so širokou škálou možností regulovať pôdnú úrodnosť a pôdne prostredie, najmä objemovú hmotnosť, termodynamické podmienky v pôde, v súlade s požiadavkami pestovaných rastlín, regulovať zaburinenosť polí a celý rad ďalších prvkov výrobného územia a krajinného priestoru (Demo, 1995).

## Materiál a metódy

### Pôdná vzorka

Za pôdnú vzorku, ktorej hydraulické vlastnosti by sa blížili k homogenite, bola odobratá piesočnatá pôda. Následne bola preosíata cez sito s veľkosťou ôk 1 mm, z dôvodu eliminácie menšej schopnosti držania vody kapilárnymi silami rozmerovo veľkých častí v pôde.

Vzorky pôdneho profilu boli umiestnené do valcov s priemerom 67 mm, šírkou stien 4 mm a výškou v rozpätí 220–222 mm. Do všetkých valcov (s výnimkou jedného pokusného variantu)

bolo nasypaných 900 g vzorky pôdy. Potom nasledovalo zavlaženie všetkých variantov dávkou 250 ml vody.

### Organizácia pokusu

Sledovanie procesu vyparovania, celkového množstva a intenzity výparu, ako aj zmeny intenzity výparu s časom a vlhkosťou pôdy bolo realizované na trinástich pokusných vzorkách, na ktorých boli aplikované rôzne opatrenia.

- **Voľná vodná hladina (vzorka 1)**

Valec bol naplnený vodou tak, aby vodná hladina dosiahla výšku približne 2 cm pod povrchom valca.

- **Nultý variant (vzorka 2)**

Príprava variantu spočívala v naplnení valca pôdnou vzorkou a nasýtení vodou. Vzorka bola založená za účelom získania hodnôt intenzity výparu zo štandardného rovného povrchu bez akejkoľvek povrchovej úpravy.

- **Potenciálny výpar (vzorka 3)**

Valec bol naplnený pôdnou vzorkou bez nasledujúcej povrchovej úpravy, nasýtený vodou a následne bola po každom vážení dopĺňaná nasýtenosť pôdy vodou do začiatočnej hmotnosti valca pri prvom vážení.

- **Konkávny povrch (vzorka 4)**

Povrch pôdnej vzorky bol upravený do konkávneho tvaru tak, aby sa dno vytvorenej priehlbiny odchylovalo od jej okrajov o 2 cm.

- **Konvexný povrch (vzorka 5)**

Povrch vzorky bol upravený do konvexného tvaru tak, aby vrchol vytvorenej pukliny presahoval jej okraje o 2 cm.

- **Kyprenie do 0,5 cm (vzorka 6)**

Úprava pôdnej vzorky sa realizovala prekyprením do hĺbky 0,5 cm, čím sa povrchová vrstva pôdy zvýšila o 1–2 mm.

- **Kyprenie do 2,0 cm (vzorka 7)**

Prekyprenie povrchu pôdnej vzorky bolo vykonané do hĺbky 2,0 cm, čo spôsobilo zvýšenie povrhovej vrstvy pôdy o 2–3 mm.

- **Valcovanie (vzorka 8)**

Štandardne pripravená pokusná vzorka bola zatlačená použitím pomocného valčeka o 3 cm nižšie oproti pôvodnému stavu.

- **Piesok a prach (vzorka 9)**

Plnenie valca pôdnou vzorkou prebiehalo v dvoch fázach. V prvej fáze bol valec naplnený pôdnou vzorkou do 1 cm svojej výšky. Zvyšok objemu pôdnej vzorky bol zmiešaný s rovnakým objemom prachových častíc (priemer častíc < 0,05 mm). Následne bol touto zmesou doplnený valec.

- **Guličky (vzorka 10)**

Povrch vzorky bol pokrytý rovnomernou vrstvou skleneňných guličiek konštantného priemeru 3 mm.

- **Saponát (vzorka 11)**

Po nasýtení pôdnej vzorky 249 ml vody bol na povrch aplikovaný 1 ml saponátu značky JESI, rovnomerným kvapkaním po celej povrhovej ploche.

- **95 % + 5 % (vzorka 12)**

Príprava pokusného variantu prebehla v dvoch fázach. V prvej fáze bol valec naplnený 95 % pôdnej vzorky (855 g), ktorá bola zavlažená 250 ml vody. V druhej fáze bol valec doplnený zvyšnými 5 % (45 g) pôdnej vzorky.

- **Sieťka (vzorka 13)**

Do povrchu pôdnej vzorky bola zatlačená sieťka s veľkosťou ôk 1,6 mm.

### Postup získavania výsledkov meraní

Po príprave jednotlivých pokusných vzoriek boli tieto valce umiestnené v laboratóriu na mieste bez priameho slnečného žiarenia na plochu valcov, z dôvodu eliminácie kolísania meteorologických činiteľov významných pre výpar z pôdy – teploty a vlhkosti okolitého ovzdušia.

Boli zaznamenané počiatocné hmotnosti všetkých vzoriek a následne bolo v určitých časových intervaloch počas celého trvania pokusu vykonávané váženie vzoriek pomocou digitálnych váh. Trvanie pokusu bolo stanovené na 720 hodín.

Prepočet odpareného množstva v hmotnostnej jednotke gram na dĺžkovú jednotku milimeter vodného stípca sa realizoval pomocou vzorca :

$$h_e = m_e \frac{10}{\pi \cdot r^2}$$

kde:

$h_e$  – výška vody odparenej z valca v mm

$m_e$  – hmotnosť vody odparenej z valca v g

$\pi$  – Ludolfovo číslo

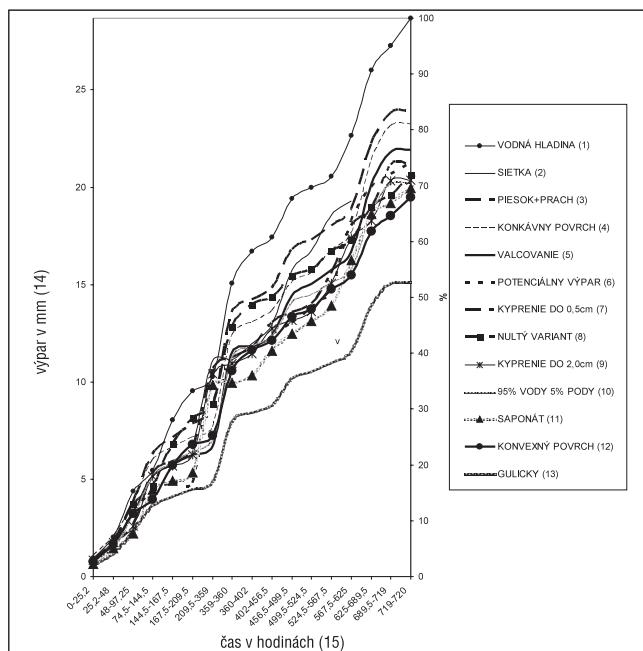
$r$  – polomer kruhového dna valca ( $r = 3,35$  mm)

10 – prepočítavací koeficient

Namerané a výpočtom získané údaje boli následne spracované matematicko-štatistickým programom MS Excel.

### Výsledky a diskusia

Kumulatívne krivky závislostí odpareného množstva vody, vyjadreného v mm vodného stípca, od času, v priebehu ktorého bol výpar skúmaný, vyjadruje obrázok 1.



Obrázok 1 Krivky závislosti výparu od času  
Figure 1 The evaporation-time curves

(1) water level, (2) net, (3) sand + dust, (4) concave surface, (5) rolling, (6) potential vapor, (7) aerating to 0.5 cm, (8) zero variant, (9) aerating to 2.0 cm, (10) 95 % water 5 % soil, (11) detergent, (12) convex surface, (13) balls, (14) evaporation, (15) time in hours

Intenzita výparu aj celková suma vodného stípca odpareného zo voľnej vodnej hladiny (VZ.1) dosahovala najvyššie hodnoty zo všetkých pozorovaných vzoriek.

Priebeh procesu evaporácie z nultého variantu (VZ.2), z povrchu pôdneho profilu, ktorý modeluje v prírode najrozšírenejší stav – rovný povrch bez akejkoľvek úpravy, môže byť rozdelený do dvoch fáz. Prvá fáza je charakteristická intenzitou výparu pohybujúcemu sa vzhľadom na výsledky ostatných variantov stabilne, tesne pod hodnotami výparu z vodnej hladiny (VZ.1) a výparu zo vzorky piesok + prach (VZ.9). Začiatok druhej fázy bol približne stanovený v intervale 350–400 hodín od začiatku realizácie pokusu. Od tohto časového úseku intenzita výparu postupne prudko poklesávala až na hranicu najmenej sa vyparujúcej vzorky guličky (VZ.10). Tento jav možno vysvetliť stotožnením s druhým štádiom výparu, ako ho popisuje Kutílek (1978). Druhé štádium je charakteristické klesajúcou rýchlosťou výparu. Výpar z pôdy je menší než potenciálny výpar z vodnej hladiny a závisí od transportu vody z hlbších polôh k povrchu pôdy. Pretože s časom opäť klesá vlhkosť a teda i nenasýtená vodivosť pôdy a pretože vzrast gradientu potenciálu je už nepatrny, klesá rýchlosť prítoku vody k povrchu pôdy, a preto klesá i výpar. Na povrchu vzniká vyschnutá zóna, ktorej hrúbka časom vzrastá. Táto vyschnutá zóna má bariérový efekt.

Vzorka potenciálneho výparu (VZ.3) bola charakteristická intenzitou vyparovania zodpovedajúcemu vedeckým predpokladom, teda vyššimi hodnotami než výpar z nultého variantu (VZ.2) a nižšími ako výpar z vodnej hladiny (VZ.3).

Porovnaním priebehu intenzít vyparovania z konkávneho povrchu (VZ.4) so vzorkou s konvexným povrhom.

(VZ.5) bolo zistené, že počas celého trvania pokusu boli hodnoty z konkávneho povrchu vyššie ako z povrchu upraveného do konvexného tvaru. Táto skutočnosť môže byť vysvetlená tým, že prístup suchšieho vzduchu k vydutému povrchu pôdy (VZ.4) je lepší. Teda aj odvádzanie vzduchu nasýteného vodnými parami je jednoduchšie a rýchlejšie.

Pozorovaním priebehu procesu vyparovania zo vzorky prekyprené do 0,5 cm (VZ.6) a vzorky prekyprené do 2,0 cm (VZ.7) bolo potvrdené, že agrotechnické opatrenia realizované v praxi ako kyprenie, bránenie, orba, spôsobujú obmedzenie

výparu z pôdy. S rastúcou hĺbkou prekyprenia nepriamoúmerne klesala aj intenzita výparu.

Výsledky merania intenzity výparu na vzorke s povrhom upraveným valcovaním (VZ.8) potvrdili, že toto agrotechnické opatrenie podporuje rýchlosť evaporácie.

Na vzorke piesok a prach (VZ.9) bolo prostredníctvom obohatenia povrchovej vrstvy pôdnej vzorky o častice prachu dosiahnuté zmenšenie veľkosti pôrov, čo súviselo so zväčšením celkovej plochy výparného povrchu. Z tohto dôvodu hodnoty výparu z tejto pôdnej vzorky výrazne prekročili hodnoty výparu z nultého variantu (VZ.2), pričom v určitých časových intervaloch boli presiahnuté aj hodnoty intenzity výparu z voľnej vodnej hladiny (VZ.1).

Vzorka s gulôčkami (VZ.10) vykazovala počas celého priebehu pokusu najmenšie hodnoty intenzity výparu i celkového množstva odparenej vody. Táto skutočnosť bola zapríčinená pokrytím povrchu pôdnej vzorky vrstvou sklenených guličiek, v dôsledku čoho dochádzalo k minimálnemu styku povrchu pôdnej vzorky s prúdiacim okolitým vzduchom.

Intenzita evaporácie zo vzorky s aplikovaným saponátom (VZ.11) dosahovala počas realizácie experimentov priemerne druhé najnižšie hodnoty. V závere pozorovania však začala intenzita výparu stúpať, čo je možné vysvetliť odparením sa saponátu z vrchnej vrstvy pôdneho profilu.

Pri vzorke 95 % + 5 % (VZ.12) intenzita výparu z povrchu pôdy systematicky stúpala do uplynutia asi 100 hodín od začiatku pokusných meraní. Tento vzostup hodnôt je možné odôvodniť procesom postupného nasycovania vrchnej vrstvy pôdneho profilu prostredníctvom kapilárneho vzlínania a difúziou vodných párov z nižších vrstiev profilu. Následne (po 100 hodinách od začiatku realizácie meraní) došlo ku stabilizovaniu hodnôt výparu na výsledky nižšie od výparu z nultého variantu (VZ.2).

Krivka intenzity evaporácie zo vzorky so sieťkou (VZ.13) mala analogický priebeh. Pokrytie povrchu pôdy sieťkou, spôsobilo zvýšenie intenzity výparu nielen na jednotku plochy, ale aj na celej ploche vyparujúceho kruhu valca. V ojedinelých časových intervaloch hodnoty výparu z tohto variantu presiahli aj hodnoty evaporácie zo vzorky z voľnej vodnej hladiny (VZ.1).

**Tabuľka 1** Hodnoty evaporácie zo všetkých vzoriek po 720 hodinách

Vzorky (14)	Výška výparu v mm (15)	Výška výparu v % (16)
VZ.1 – voľná vodná hladina (1)	28,68	100
VZ.13 – sieťka (2)	24,2	84,46
VZ.9 – piesok + prach (3)	23,92	83,48
VZ.4 – konkávny povrch (4)	23,24	81,11
VZ.8 – valcovanie (5)	21,92	76,56
VZ.3 – potenciálny výpar (6)	21,29	74,30
VZ.6 – kyprenie do 0,5 cm (7)	21,17	73,88
VZ.2 – nultý variant (8)	20,62	71,96
VZ.7 – kyprenie do 2,0 cm (9)	20,36	71,06
VZ.12 – 95 % + 5 % (10)	20,26	70,71
VZ.11 – saponát (11)	19,93	69,56
VZ.5 – konvexný povrch (12)	19,48	67,98
VZ.10 – guličky (13)	15,12	52,77

**Table 1** The evaporation values from all specimens after 720 hours

(1) free water level, (2) net, (3) sand + dust, (4) concave surface, (5) rolling, (6) potential vapor, (7) aerating to 0.5 cm, (8) zero variant, (9) aerating to 2.0 cm, (10) 95 % + 5 %, (11) detergent, (12) convex surface, (13) balls, (14) samples, (15) height of evaporation in mm, (16) height of evaporation in %

Výsledné dosiahnuté odparené množstvá vody z jednotlivých pokusných vzoriek spolu s percentuálnymi hodnotami výšky výparu sú znázornené v klesajúcim poradí v tab. 1.

Najväčšie množstvo vody, vyjadrené v mm vodného stĺpca, bolo odparené z voľnej vodnej hladiny (VZ.1). Úpravou kapilárnych vlastností povrchovej vrstvy (VZ.13) sa podporil proces vyparovania. Úprava zrnitostného zloženia povrchu (VZ.9) spôsobila, že hodnota výparu výrazne prekročila hodnoty evaporácie z nultého variantu (VZ.2). Agrotechnické opatrenia využité na úpravu povrchov pokusných variantov mali na proces vyparovania predpokladaný vplyv. Valcovanie (VZ.8) podporilo rýchlosť evaporácie z povrchu pôdy. Kyprenie (VZ.6, VZ.7) obmedzilo výpar z pôdy. Po vyhodnotení procesu vyparovania z povrchu, na ktorom bola realizovaná úprava hydrofyzikálnych vlastností povrchovej vrstvy (VZ.11), bolo možné konštatovať, že znižený výpar možno pripisať zmene uhlia zmäčavosti pôdnich častíc a odlišnému povrchovému napätiu saponátov. Zmenšenie veľkosti výparnej plochy (VZ.10) viedlo k dosiahnutiu najnižšej výslednej hodnoty odparenej vody.

Voda sa do atmosféry dostáva predovšetkým ako vodná para výparom z rôznych aktívnych povrchov a vrstiev, ktoré obsahujú vodu v kvapalnom a tuhom skupenstve, alebo prostredníctvom transpirácie rastlín. Tento proces sa nazýva evapotranspirácia (Lapin, Damborská a Tomlain, 2001).

Novák (2001) uvádzá, že vyparovanie z povrchu pôdy tvorí významnú časť evapotranspirácie a často sa označuje ako „neužitočný“ výpar preto, lebo ho rastliny nevyužívajú pri produkčnom procese.

Podľa Willisa a Bonda (2003) je evaporácia hlavným komponentom straty vody z pôdy, ktorej štruktúra je upravená obrábaním.

Kazda (1996) konštatuje, že ako najúčinnejšie a jednoducho realizovateľné opatrenie, využívané v poľnohospodárstve z dôvodu minimalizácie strát vody z pôdy, sa javí úprava povrchovej vrstvy pôdneho profilu systémom agrotechnických zásahov.

Obrábanie pôdy a fyzikálne vlastnosti sú vo vzájomných obojstranných vzťahoch. Obrábanie pôdy sa najvýraznejšie dotýka pôrovitosti, objemovej hmotnosti, vodnej a vzdušnej kapacity, vzlinavosti, výparu, to znamená vlastnosti, ktoré závisia od pomeru medzi pevnou, kvapalnou a vzdušnou fázou pôdy. Obrábanie pôdy má so zreteľom k hospodáreniu s vodou zabezpečiť dve základné úlohy:

- hospodárenie s atmosférickými zrážkami – zlepší podmienky jej vodného režimu tak, aby atmosférické zrážky boli čo v najväčšej mieri prijímané pôdou,
- obmedziť výpar vody z povrchu pôdy, spravidla regulať neproduktívny výpar, ktorý značne súvisí so vzlínaním kapilárnej vody (Šimon a Lhotský, 1989).

Smatana, Ciglar a Týr (2001) uvádzajú, že smykovanie ako spravidla prvá operácia predsejbovej prípravy pôdy, slúži k šetreniu pôdnou vlahou a na urovnávanie povrchu pôdy (oráčiny). Súčasne sa v závislosti od použitého typu smyku viac alebo menej nakypruje povrchová vrstvička pôdy, urovnáva sa povrch a vytvára sa na ňom kyprá izolačná vrstvička zložená z makroagregátov, ktorá chráni pred kapilárnym výparom vody.

Plytká podmietka strniska, ktorá zlepšuje hospodárenie pôdy s vodou – znižuje výpar, ovplyvňuje reguláciu zaburinenosti pozemkov, slúži na zapracovanie pozberových zvyškov, podporuje rozvoj a činnosť pôdnej mikroflóry, má značný vplyv na vodnú a veternú eróziu. Z hľadiska hospodárenia pôdy s vodou umožňuje včas vykonaná podmietka lepšiu infiltráciu zráž-

kovej vody do pôdy. Prerušením kapilárnych pôrov sa podmietkou obmedzuje vzlínanie kapilárnej vody k povrchu pôdy a jej neproduktívne vyparovanie. Nastielanie zlepšuje hospodárenie pôdy s vodou. Znižuje neproduktívny výpar vody z povrchu pôdy. Významným činiteľom znižovania výparu je súvislý porast, ktorý znižuje teplotu nad povrchom pôdy. Platí zásada, že výpar znižujeme udržiavaním pôdy v kyprom stave a urovnávaním jej povrchu, aby výparná plocha bola čo najmenšia (Fridlecký, 1966).

## Záver

Na základe vyhodnotenia meraní skúmaného laboratórneho experimentu sa dá skonštatovať, že vplyv úprav povrchovej vrstvy pôdneho profilu na proces evaporácie sa prejavil v jednotlivých pokusných variantoch nasledovne:

- **Volná vodná hladina** (vzorka 1). Intenzita výparu dosahovala priemerne najvyššie hodnoty. Celková suma vodného stĺpca bola 28,68 mm, čo je najvyššia hodnota zo všetkých variantov.
- **Nulty variant** (vzorka 2). Priebeh procesu evaporácie potvrdil vedecké predpoklady publikované Kutíkom (1978) a teda, že v počiatocnom štádiu výparu bola rýchlosť vyparovania konštantná, rovná približne výparu z voľnej vodnej hladiny. Keďže hodnota výparu je podmienená vonkajšími atmosférickými podmienkami existujúcimi nad pôdnym povrhom, ktorý sa zároveň vysušuje. Keď sa vlhkosť povrchu zníži na hodnotu približne rovnakú s atmosférickými pomermi končí sa prvé štádium. Druhé štádium je charakteristické klesajúcou rýchlosťou výparu. Výpar z pôdy je menší než potenciálny výpar z vodnej hladiny a závisí od transportu vody z hlbších polôh k povrchu pôdy.
- **Potenciálny výpar** (vzorka 3). Hodnoty intenzity výparu sa počas celého trvania experimentu pohybovali medzi hodnotami nameranými zo vzorky nultého variantu a voľnej vodnej hladiny.
- **Úprava tvaru povrchu – konkávny tvar** (vzorka 4) a **konvexný tvar** (vzorka 5). Konkávny povrch bol menej odolný voči strate vody z pôdy ako konvexný povrch.
- **Úprava agrotechnickými opatreniami – kyprenie do 0,5 cm** (vzorka 6) a **kyprenie do 2,0 cm** (vzorka 7). Kypriace agrotechnické opatrenia zapríčinili na skúmaných variantoch zníženie výparu z povrchu pôdy. Pri väčšej hĺbke prekyprenia bola nižšia intenzita výparu.
- **Valcovanie** (vzorka 8). Utlačacie agrotechnické opatrenie malo za následok zvýšené hodnoty evaporácie.
- **Úprava zrnitostného zloženia – piesok a prach** (vzorka 9). Pôdná vzorka obohatená povrchovou vrstvou prachových častic získala schopnosť silnejšej väzby pôdnej vody kapilárnymi silami. Zväčšením hodnoty špecifického povrchu jednotlivých častic a súčasne aj celej výparnej plochy výrazne stúpli hodnoty intenzity evaporácie v porovnaní s nultým variantom.
- **Úprava veľkosti výparnej plochy – guličky** (vzorka 10). Výparná plocha bola na tejto pokusnej vzorke, pokrytím povrchu sklenenými guličkami, natoliko zmenšená, že boli zaznamenané najnižšie hodnoty intenzity, aj celkovej sumy odpareného množstva 15,12 mm.
- **Úprava hydrofyzikálnych vlastností povrchovej vrstvy – saponát** (vzorka 11). Hodnoty evaporácie boli počas pokusných meraní priemerne druhé najnižšie. Je možné konštatovať, že saponát v nepriaznivo vplyvajú na vedenie vody v pôrovitej prostredí.

- Úprava vlhkosti povrchovej vrstvy – 95 % + 5 %** (vzorka 12). Pokiaľ prebiehal proces nasycovania vrchnej vrstvy pôdy vo vzorke, variant vyzkazoval vyššie hodnoty intenzity evaporácie. Pri postupnom spomalení kapilárneho vzlínania z nižších vrstiev pôdy dochádzalo k ustáleniu hodnôt výparu na hranicu porovnatelnú s nultým variantom.
- Úprava kapilárnych vlastností povrchovej vrstvy – sieťka** (vzorka 13). Umiestnenie sieťky na povrch pôdy spôsobilo výrazné podporenie procesu evaporácie. Boli namerané druhé najvyššie hodnoty intenzity, dokonca v určitých časových intervaloch bola prekročená suma výparu z voľnej vodnej hladiny.

## Súhrn

Cieľom predkladanej práce bolo zistiť akým spôsobom jednotlivé druhy obrábania a úprav povrchovej vrstvy pôdy, ako aj rozličné prídavné látky pridávané priamo na povrch pôdy alebo do pôdneho profilu, pôsobia na proces evaporácie. Sledovanie procesu výparovania, celkového množstva a intenzity výparu, ako aj zmeny intenzity výparu s časom a vlhkostou pôdy bolo realizované prostredníctvom laboratórneho experimentu na trinástich pokusných vzorkách. Pre všeobecné porovnania bol založený experiment s voľnou vodnou hladinou, nultý variant a vzorka na meranie potenciálneho výparu. V ostatných variantoch bola realizovaná úprava povrchu na konvexný a konkávny tvar, úprava zrnitostného zloženia pridaním prachových častic, úprava veľkosti výparnej plochy pokrytím povrchu sklenenými guličkami, úprava vlhkosti povrchovej vrstvy. Agrotechnické opatrenia boli simulované prekyprením pôdneho profilu do hĺbky 0,5 cm a 2,0 cm a valcováním. Tiež bol skúmaný priebeh evaporácie vo variante s úpravou hydrofyzikálnych vlastností aplikáciou saponátu a vzorke s upravenými kapilárnymi vlastnosťami umiestnením sieťky na povrch pôdy. Boli naznamenané počiatočné hmotnosti všetkých vzoriek a následne bolo v určitých časových intervaloch počas celého trvania pokusu vykonávané váženie vzoriek pomocou digitálnych váh. Množstvo odparenej vody v hmotnosti jednotke gram bolo prepočítané na dĺžkovú jednotku milimeter vodného stĺpca. Namerané a výpočtom získané údaje boli následne spracované matematicko-štatistickým programom MS Excel. Na základe zhodnotenia vykonávaného experimentu možno konštatovať, že najväčšie množstvo vody bolo odparené z voľnej vodnej hladiny (VZ.1). Úpravou kapilárnych vlastností povrchovej vrstvy (VZ.13) sa podporil proces výparovania. Úprava zrnitostného zloženia povrchu (VZ.9) spôsobiла, že

hodnota výparu výrazne prekročila hodnoty evaporácie z nultého variantu (VZ.2). Agrotechnické opatrenia využité na úpravu povrchov pokusných variantov mali na proces výparovania predpokladaný vplyv. Valcovanie (VZ.8) podporilo rýchlosť evaporácie z povrchu pôdy. Kyprenie (VZ.6, VZ.7) obmedzilo výpar z pôdy. Po vyhodnotení procesu výparovania z povrchu, na ktorom bola realizovaná úprava hydrofyzikálnych vlastností povrchovej vrstvy (VZ.11), bolo možné konštatovať, že znížený výpar možno pripisať zmene uhlia zmáčavosti pôdných častic a odlišnému povrchovému napätiu saponátov. Zmenšenie veľkosti výparnej plochy (VZ.10) viedlo k dosiahnutiu najnižšej výslednej hodnoty odparenej vody.

**Kľúčové slová:** evaporácia, vodný režim pôdy, obrábanie pôdy

## Literatúra

- DEMO, M. et al. 1995. Obrábanie pôdy. Nitra : VŠP. ISBN 80-7137-255-2.
- FRIDECKÝ, A. 1966. Obrábanie pôdy. 2. vyd. Bratislava : Slovenské vydavateľstvo pôdohospodárskej literatúry, 1966. 336 s.
- KUTÍLEK, M. 1978. Vodohospodárska pedologie. 2. vyd. Praha : SNTL, Nakladatelství technické literatury, 1978. 296 s. ISBN 04-721-78.
- LAPIN, M. – DAMBORSKÁ, I. – TOMLAIN, J. 2001. Water in the atmosphere. In: Životné prostredie, vol.35, 2001, no.3, p. 117.
- NOVÁK, V. 2001. Evapotranspiration and its distribution over Slovakia. In: Životné prostredie, vol. 35, 2001, no. 3, p. 133.
- SMATANA, J. – CIGLAR, J. – TÝR, Š. 2001. Obrábanie pôdy. 1. vyd. Nitra : SPU, 2001. 127 s. ISBN 80-7137-825-9.
- ŠIMON – LHOTSKÝ a ī. 1989. Zpracování a zúrodňování půd. 1. vyd. Praha : Státní zemědělské nakladatelství, 1989, 320 s. ISBN 80-209-0048-9.
- WILLIS, W. O. – BOND, J. J. 2003. Soil water evaporation : Reduction by simulated tillage. In: Geoderma, vol. 116, 2003, no. 2, p. 249.

### Kontaktná adresa:

Ing. Zuzana Lagíňová, Katedra biometeorológie a hydrologie, Hospodárska 7, 949 76 Nitra, Slovenská republika, ☎ +421-037-641 52 49, e-mail: zuzana.laginova@uniag.sk  
prof. Ing. Jaroslav Antal, DrSc., Katedra biometeorológie a hydrologie, Hospodárska 7, 949 76 Nitra, Slovenská republika, ☎ +421-037-641 52 40, e-mail: jaroslav.antal@uniag.sk

Acta horticulturae et regiotecturae 2  
Nitra, Slovaca Universitas Agriculturae Nitriae, 2010, s. 47–50

## METODIKA KVANTIFIKÁCIE VOZOVÉHO PARKU V INTEGROVANOM SYSTÉME SEPAROVANÉHO ZBERU KOMUNÁLNEHO ODPADU

## METHODOLOGY FOR QUANTIFICATION OF THE VEHICLE FLEET IN INTEGRATED SYSTEM OF SEPARATED MUNICIPAL WASTE COLLECTION

Anna BÁREKOVÁ

Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Current waste management legislation of Slovakia gives municipalities the obligation to separate at least four components of household waste. The increased number of separated commodities in the system of separated municipal waste collection will cause a need for an adequate increase in the number of collection vehicles. The size of required vehicle fleet for collection of each waste stream depends on these basic parameters: number and size of households and their locations, waste quantities, waste quantity in the bins, total resulting density of the bins content ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ), collection frequency, collection vehicles (data on type, power, capacity, unloading time, compaction rate). This paper describes the methodology for calculation of appropriate vehicle number needed for collection of source-separated waste from the territory consisting of 65 villages of Nitra association for separated collection of waste. Presented methodology can be applied in similar village associations with rural built-up area.

**Key words:** separate collection, municipal waste, rural area, vehicle fleet

Transport odpadu od pôvodcov na miesto jeho spracovania je najnákladnejšia časť logistiky separovaného zberu komunálneho odpadu (KO). Okrem vysokých investičných nákladov na nákup zberových vozidiel a potrebného príslušenstva, má zvoz odpadu aj vysoké prevádzkové náklady. Sú to hlavne výdavky na pohonné hmoty a mzdové náklady na zberový personál. Legislatíva odpadového hospodárstva SR obce zaväzuje, aby od začiatku roku 2010 mali zavedený na svojom území separovaný zber papiera, plastov, kovov a skla (zákon 223, 2001). Túto podmienku po prvom štvrtroku 2010 ešte nespĺňalo 200 obcí. Navyše zákon nariaduje do roku 2013 zaviesť aj separovaný zber bioodpadu z domácností. To si však vyžaduje okrem náku-pu špeciálnych zbernych nádob prípadne vriec, aj zodpovedajúce rozšírenie vozového parku. Podstatná časť týchto investičných nákladov môže byť hradená formou nenávratných finančných príspevkov z fondov EÚ. V záujme vyšej efektívnosti je ich čerpanie v prípade malých obcí (do 2000 obyvateľov) možné cestou vytvorenia obecných záujmových združení. Združeniami podávané projektové žiadosti musia obsahovať aj odhad predpokladaných investičných nákladov na realizáciu zámeru. Našim cieľom bolo navrhnuť metodiku stanovenia potrebného počtu zberových vozidiel na zvoz vyseparovaných zložiek KO v danom regióne s vidieckou zástavbou, ktorá bude ľahko aplikovateľná v podmienkach obecných združení.

### Materiál a metódy

Uvedená metodika bola vypracovaná pre integrovaný systém nakladania s KO v Ponitrianskom združení 65 obcí, čo predstavuje územie s rozlohou takmer  $854 \text{ km}^2$ , s počtom samostatných domácností cca 26 000, pričom v každej žije v priemere 3,14 obyvateľa. Toto združenie bude využívať skládku tuhého KO v obci Rišňovce, plánuje výstavbu spoločného zariadenia na zhodnocovanie biologicky rozložiteľných komunálnych odpadov (BRKO) v obci Výčapy-Opatovce a lo-



Obrázok 1 Katastrálne územia 65 členských obcí Ponitrianskeho združenia  
Legenda (1): ● – plánované zariadenie na zhodnocovanie BRKO v obci Výčapy-Opatovce (2), ■ – skládka na tuhý komunálny odpad v obci Rišňovce (3), ● – logistické centrum v obci Lužianky (4)

Figure 1 The cadastral area of 65 villages of Nitra association  
(1) legend, (2) planned recovery facility for biodegradable municipal waste in the village Výčapy-Opatovce, (3) landfill for municipal solid waste in the village Rišňovce, (4) logistics center in the village Lužianky

gistického centra pre vyseparované zložky KO v obci Lužianky (obrázok 1). Lokálny systém zberu (t. j. zber priamo v domácnostiach) bude použitý okrem zvyškového KO aj pre papier, plasty a BRKO. Zber skla a kovových obalov bude zabezpečený prinášacím systémom (t. j. formou zberných stanovišť) (Báreková, 2010).

Pre odhad výsledných investičných nákladov na nákup zberových vozidiel zabezpečujúcich lokálny systém zberu je potrebné najskôr zvoliť vhodný typ vozidla na danú zložku KO s ohľadom na navrhnuté frekvencie zvozu, počty a typy zberových nádob (Báreková a Sklenár, 2009). V našom prípade môže byť použité zberové vozidlo buď s bočným nakladaním, alebo s klasickým zadným nakladaním. Rozdiel je hlavne vo veľkosti posádky týchto vozidiel. Pri zadnom nakladaní je potrebné, aby okrem vodiča, bol vo vozidle minimálne jeden pomocný pracovník. Bočné nakladanie je vodič schopný po určitom zaškolení vykonávať samostatne, čo výrazne znižuje personálne náklady. Je tu však nevyhnutná disciplinovanosť občanov, ktorí svoje nádoby musia pripraviť na vyprázdenie na vopred určené miesta. Okrem toho, týmto spôsobom nakladania je možné vyprázdrovať menej typov zberových nádob ako zadným nakladaním. Ak očakávame, že pomocný personál bude plniť v navrhovanom systéme separovaného zberu aj kontrolnú funkciu (kontrola čistoty vyseparovanej zložky v nádobe), je vhodnejšie použiť zberové vozidlá so zadným nakladaním s posádkou 1 + 1 (t. j. vodič s jedným pomocným pracovníkom). Objem nádob, ktoré je možné vyprázdrovať zberovým vozidlom so zadným nakladaním, je v rozmedzí 0,06 m<sup>3</sup> až 1,1 m<sup>3</sup>.

Pre potreby našich ďalších výpočtov sme uvažovali s použitím vozidla so zadným nakladaním, ktoré má pevnú nadstavbu s regulovaťným lineárnym lisom, ktorého parametre sú nasledovné:

- objem nadstavby 20 m<sup>3</sup>,
- maximálne zafázenie zberového vozidla naloženým odpadom 13 500 kg,
- max. pomer lisovania 1 : 6,
- dĺžka zberového vozidla 8,35 m,
- šírka zberového vozidla 2,50 m.

## Výsledky a diskusia

Pre výpočet potrebného množstva vozidiel na zber jednotlivých zložiek KO musíme v prvom rade určiť počet nádob na danú zložku, ktorý je možné zvoleným typom vozidla vyprázdníť za jednu pracovnú zmenu, teda tzv. **dennú normu (DN<sub>z</sub>)**. DN<sub>z</sub> závisí od viacerých faktorov, ktorími sú:

- dĺžka pracovnej zmeny,
- priemerná doba prepravy vyseparovanej zložky na miesto vykládky a späť,
- počet nádob vyprázdených zberovým vozidlom za hodinu (tzv. hodinová norma),
- počet okružných jázd zberového vozidla za zmenu. Ten je odvodnený od:
  - a) nosnosti zberového vozidla,
  - b) objemovej kapacity nadstavby zberového vozidla,
  - c) pomeru lisovania zložky v nadstavbe zberového vozidla,
  - d) priemernej hmotnosti zložky v nádobe v čase jej vyprázdrovania do vozidla,
  - e) priemerného objemu zložky v nádobe v čase jej vyprázdrovania do vozidla.

### Dĺžka pracovnej zmeny

Podľa Zákonníka práce §85 a §91 (Zákon 311, 2001) pracovný čas zamestnanca je 40 h týždenne, pričom prestávky na odpočinok a jedenie sa do pracovného času nezapočítavajú. Zamestnávateľ je povinný poskytnúť zamestnancovi prestávku na odpočinok a jedenie v trvaní 0,5 h. V prípade rovnomenného rozvrhnutia pracovného času (§ 86) je teda denný pracovný čas 8 h a dĺžka pracovnej zmeny 8,5 h. Počas pracovnej zmeny trávi zamestnanec okrem povinnej polhodinovej obednej prestávky určitý čas aj prípravou na prácu. Po jeho odpočítaní dostaneme **čistý čas na prácu za jednu zmenu (PČ<sub>(8,5)</sub>)**. Pri 8,5 h zmene budeme počítať s čistým časom na prácu PČ<sub>(8,5)</sub> = 7,7 h.

### Priemerná doba prepravy vyseparovanej zložky (DP<sub>z</sub>)

Zberové vozidlo počas pracovnej zmeny vykoná minimálne jednu okružnú jazdu. Každá jazda sa skladá z dvoch rôznych činností zberového vozidla:

- vyprázdrovanie nádob,
- preprava vyseparovanej zložky na miesto vykládky a späť.

Aby sme mohli určiť kolko času vozidlu zostáva na vyprázdrovanie nádob počas jednej okružnej jazdy, musíme zistiť kolko v priemere trvá:

- jazda na miesto vykládky danej zložky (t. j. skladka tuhého KO, zariadenie na zhodnocovanie BRKO, logistické centrum),
- výženie vozidla a vyprázdenie nadstavby v mieste vykládky (t. j. cca 0,25 h (Mallée, 2003)),
- jazda späť na miesto zberu danej zložky.

Po sčítaní uvedených časových intervalov dostaneme priemernú dobu prepravy (DP<sub>z</sub>) vyseparovanej zložky počas jednej okružnej jazdy. Pri výpočte použijeme priemernú jazdnú rýchlosť zberového vozidla 40 km.h<sup>-1</sup> (Mallée, 2003) a priemernú vzdialenosť miesta zberu od miesta vykládky danej zložky. Potom:

$$DP_z = DV_v + 2 \cdot \frac{VV_z}{JR_v} \quad (1)$$

kde:

- |                 |  |
|-----------------|--|
| DP <sub>z</sub> | – doba prepravy danej zložky počas jednej okružnej jazdy (h)   |
| DV <sub>v</sub> | – doba vykládky vozidla (h) (DV <sub>v</sub> = 0,25 h)   |
| VV <sub>z</sub> | – priemerná vzdialenosť miesta vykládky od miesta zberu danej zložky (km)                            |
| JR <sub>v</sub> | – priemerná jazdná rýchlosť vozidla (km.h <sup>-1</sup> ) (JR <sub>v</sub> = 40 km.h <sup>-1</sup> ) |

Z toho ďalej vyplýva, že čistý čas, ktorý vozidlu zostane na vyprázdrovanie nádob počas jednej zmeny, sa vypočíta podľa vzťahu:

$$DV_{z(8,5)} = P\check{C}_{(8,5)} - DP_z \cdot PJ_{z(8,5)} \quad (2)$$

kde:

- |                      |   |
|----------------------|---|
| DV <sub>z(8,5)</sub> | – doba vyprázdrovania nádob na danú zložku v prípade 8,5 h zmeny (h)        |
| P\check{C}_{(8,5)}   | – čistý čas na prácu v prípade 8,5 h zmeny (h) (P\check{C}_{(8,5)} = 7,7 h) |
| DP <sub>z</sub>      | – doba prepravy danej zložky počas jednej okružnej jazdy (h)                |
| PJ <sub>z(8,5)</sub> | – počet okružných jázd pri zbere danej zložky za 8,5 h zmenu                |

### Počet nádob vyprázdených zberovým vozidlom za hodinu ( $HN_z$ )

Je to tzv. hodinová norma ( $HN_z$ ) zberového vozidla počas vyprázdňovania nádob na danú zložku. Pri lokálnom systéme zberu vo vidieckej zástavbe vyprázdní zberové vozidlo so zadným nakladaním cca 100 nádob za hodinu (Mallée, 2003).

### Počet nádob vyprázdených zberovým vozidlom za zmenu ( $DN_{z(8,5)}$ )

Je to tzv. denná norma ( $DN_{z(8,5)}$ ) zberového vozidla, čiže počet nádob na danú zložku vyprázdených zberovým vozidlom za jednu 8,5 h pracovnú zmenu. Vypočítava sa podľa nasledovného vzťahu:

$$DN_{z(8,5)} = HN_z \cdot DV_{z(8,5)} \quad (3)$$

kde:

- $DN_{z(8,5)}$  – denná norma vozidla, t. j. počet nádob na danú zložku vyprázdených za 8,5 h zmenu
- $HN_z$  – hodinová norma vozidla, t. j. počet nádob na danú zložku vyprázdených za hodinu
- $DV_{z(8,5)}$  – doba vyprázdňovania nádob na danú zložku zberovým vozidlom za 8,5 h zmenu (h)

### Počet okružných jázd zberového vozidla za zmenu ( $PJ_{z(8,5)}$ )

Pri stanovení počtu okružných jázd za jednu zmenu ( $PJ_{z(8,5)}$ ) pri zbere jednotlivých zložiek KO je potrebné zohľadniť vplyv viačerých faktorov. Okrem charakteristík zvoleného typu zberového vozidla (objemová kapacita vozidla, max. zaťaženie vozidla a pomer lisovania), musíme brať do úvahy aj dennú normu vozidla pre konkrétnu zložku a rozdielne objemové hmotnosti jednotlivých zložiek v zbernych nádobách v čase ich vyprázdňovania do vozidla. Hmotnosť zložky v nádobe stanovíme pomocou objemu príslušnej nádoby v  $m^3$  a objemovej násypnej hmotnosti danej zložky v  $kg \cdot m^{-3}$  (Báreková a Sklenár, 2009). Obmedzenie týkajúce sa maximálnej objemovej kapacity nadstavby zberového vozidla je možné ovplyvniť voľbou vhodného pomeru lisovania pre jednotlivé zložky KO. Po zvážení všetkých spomenutých faktorov sme odvodili nasledovné vzťahy 4, 5 a 6, pomocou ktorých je možné stanoviť minimálny počet okružných jázd potrebný pri zvoze danej zložky za zmenu.

$PJ_{z(8,5)}$  musí súčasne spĺňať tieto tri podmienky:

$$PJ_{z(8,5)} \in \{1, 2, 3, 4, 5\} \quad (4)$$

$$PJ_{z(8,5)} \geq \frac{HN_z \cdot O_z \cdot PL_z \cdot PČ_{(8,5)}}{HN_z \cdot O_z \cdot PL_z \cdot DP_z + OK_v} \quad (5)$$

$$PJ_{z(8,5)} \geq \frac{HN_z \cdot H_z \cdot PČ_{(8,5)}}{HN_z \cdot H_z \cdot DP_z + HK_v} \quad (6)$$

kde:

- $PJ_{z(8,5)}$  – počet okružných jázd pri zbere danej zložky za zmenu
- $HN_z$  – hodinová norma vozidla, t. j. počet nádob na zložku vyprázdených za hodinu
- $PČ_{(8,5)}$  – čistý čas na prácu v prípade 8,5 h zmeny (h) ( $PČ_{(8,5)} = 7,7$  h)
- $DP_z$  – doba prepravy danej zložky počas jednej okružnej jazdy (h)
- $O_z$  – objem danej zložky v nádobe v čase jej vyprázdňovania do vozidla ( $m^3$ )
- $PL_z$  – pomer lisovania zvolený pre danú zložku (1 : 1 až 1 : 6)

- $H_z$  – hmotnosť danej zložky v nádobe v čase jej vyprázdnovania do vozidla (kg)
- $OK_v$  – objemová kapacita nadstavby zberového vozidla ( $m^3$ )
- $HK_v$  – hmotnostná kapacita nadstavby zberového vozidla, t. j. max. zaťaženie (kg)

Po stanovení  $PJ_{z(8,5)}$  a jeho dosadení do vzťahu 2 je možné vypočítať dennú normu  $DN_{z(8,5)}$  zberového vozidla pre jednotlivé zložky (vzťah 3).

**Potrebný počet zberových vozidiel na danú zložku KO** nakoniec stanovíme pomocou vzťahu:

$$PV_{z(8,5)} = \frac{PN_z \cdot FZ_z}{DN_{z(8,5)} \cdot PDr} \quad (7)$$

kde:

- $PV_{z(8,5)}$  – počet vozidiel potrebný na zvoz danej zložky pri 8,5 h pracovných zmenach
- $PN_z$  – počet nádob na danú zložku, ktoré je potrebné vyprázdníť v jednom zvoze
- $FZ_z$  – frekvencia zvozu danej zložky, t. j. počet zvozov za rok
- $DN_{z(8,5)}$  – denná norma vozidla, t. j. počet nádob na zložku vyprázdených za zmenu
- $PDr$  – počet pracovných dní v kalendárnom roku

### Záver

Prezentovanú metodiku sme použili pri výpočte potrebného množstva zberových vozidiel na zvoz zvyškového KO, bioodpadu, papiera a plastov v Ponitrianskom združení obcí. Zistili sme, že pre zabezpečenie lokálneho systému separovaného zberu týchto zložiek pre 26 tisíc domácností na území s rozlohou cca  $854 km^2$  je potrebných (pri 10% rezerve) 15 zberových vozidiel s objemom nadstavby  $20 m^3$ . Analogický postup je možné aplikovať v podmienkach obecných združení aj v prípade zberu ďalších zložiek KO (napr. sklo, kovové obaly). Pri rozširovaní existujúceho systému separovaného zberu o lokálny zber ďalších zložiek KO (najmä bioodpadu) je v záujme efektívnosti celého systému dôležité prehodnotiť používané frekvencie zvozu zvyškového KO. Pokles jeho objemu v zbernych nádobách umožňuje predĺžiť interval ich vyprázdňovania, a tým aj zníženie počtu zberových vozidiel na túto zložku.

### Súhrn

Aktuálna legislatíva obciam stanovuje povinnosť separovať minimálne štyri zložky komunálneho odpadu. Zvýšenie množstva separovaných komodít spôsobí aj adekvátnie zvýšenie potrebného počtu zberových vozidiel. Veľkosť vozového parku pre zber jednotlivých zložiek komunálneho odpadu závisí od týchto základných parametrov: počet, veľkosť a rozmiestnenie domácností, množstvo odpadu, množstvo odpadu v zbernych nádobách, výsledná hustota obsahu nádob ( $kg \cdot m^{-3}$ ), frekvencie zvozu jednotlivých zložiek, údaje o zberových vozidlách (typ, výkon, kapacita, doba trvania vykládky, pomer lisovania). Predkladaná práca popisuje metódiku pre výpočet množstva zberových vozidiel potrebných pre zvoz vyseparovaných odpadov v lokálnom systéme zberu, ktorá bola použitá pre územie Ponitrianskeho združenia 65 obcí pre separovaný zber. Prezentovaná metódika môže byť aplikovaná v podobných obecných združeniach s vidieckou zástavbou.

**Klúčové slová:** separovaný zber, komunálny odpad, vidiecka oblasť, vozový park

## Literatúra

- BÁREKOVÁ, A. 2010. Príspevok k aplikácii integrovaného systému zberu komunálneho odpadu v oblasti vidieckych sídiel. In: ENVIRO NITRA 2009 : 14. medzinárodná vedecká konferencia : zborník príspievkov. Nitra : SPU, 2010, s. 7–12. ISBN 978-80-552-0372-0.
- BÁREKOVÁ, A. – SKLENÁR, Š. 2009. Návrh frekvencí zvozu v integrovanom systéme separovaného zberu komunálneho odpadu. In: Odpady, roč. 9, 2009, č. 5, s. 14–17. ISSN 1335-7808,
- MALLÉE, T. 2003. Software-gestützte Angebotsberechnung in der kommunalen Entsorgungssammellogistik [online]. 2003. [cit. 2007-10-08]. Dostupné na internete: <[http://elib.uni-stuttgart.de/opus/volltexte/2004/1903/pdf/Diss\\_Mallee.pdf](http://elib.uni-stuttgart.de/opus/volltexte/2004/1903/pdf/Diss_Mallee.pdf)>.
- HŘEBÍČEK, J. et al. 2009. Integrovaný systém nakladania s odpadmi na regionálni úrovni. Brno : Littera, 2009, 202 s. ISBN 978-80-85763-54-6.

Zákon NR SR č. 223/2001 Z. z. o odpadoch a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov.  
Zákon NR SR č. 311/2001 Z. z. ZÁKONNÍK PRÁCE. Úplné znenie Zákonníka práce po novele 460/2008 Z. z.

Kontaktná adresa:

Ing. Anna Báreková, PhD., Katedra krajinného plánovania a pozemkových úprav, Fakulta záhradníctva a krajinného inžinierstva, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Hosopárska 7, 949 76 Nitra, ☎ 037/6415222, e-mail: anna.barekova@uniag.sk

Acta horticulturae et regiotecturae 2  
Nitra, Slovaca Universitas Agriculturae Nitriae, 2010, s. 50–53

## REGULAČNÉ MECHANIZMY V POPULÁCIACH JARNÉHO GEOFYTA ALLIUM URSINUM

## REGULATION MECHANISMS IN POPULATIONS OF SPRING GEOPHYTE ALLIUM URSINUM

Žaneta PAUKOVÁ

Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Regulation mechanisms (self-infilling, self-layering and self-thinning) were evaluated in populations of clonal plant *Allium ursinum* ssp. *ucrainicum* KLEOP. et OXNER (*Liliaceae*), a bulbiferous spring ephemeral and geophyte. The population dynamics and size structure of ramets were studied in woodland communities (with *Acer campestre*, *Acer pseudoplatanus*, *Fraxinus excelsior*) in the Hlohovec town park (SW Slovakia). Populations of bear's garlic were measured in four permanent plots (0.25 × 0.25 m) during three growing seasons (2001–2003) in 14-day intervals. The highest density of bear's garlic (from 512 to 1056 individuals/m<sup>2</sup>) was observed in April, 2003. The lowest plant density (from 480 to 672 individuals/m<sup>2</sup>) was recorded in April, 2002. Self-infilling was observed up to second census (in March) and then the decrease of ramets density between 5<sup>th</sup> and 6<sup>th</sup> census (in May). In our research, *Allium ursinum* was not self-thinning in natural conditions. Mortality of ramets was indicated by environmental stress-soil drought.

**Key words:** regulation mechanisms, population density, clonal plants, spring geophytes, *Allium ursinum*

Existujú dve predstavy o regulácii veľkosti populácií klonálnych rastlín. Prvá predpokladá regulovanie produkcie výhonkov (a preto absenciu samozriedovania) tým, že tieto populácie sú schopné vzájomne spojenými výhonkami (tvoriacimi polykormón) riadiť rýchlosť vyrastania výhonkov a synchronizáciu ich rastu. Druhá predstava predpokladá nadprodukciu výhonkov a ich reguláciu samozriedovaním ako pri neklonálnych druhoch z dôvodu úspešnej kompetície s inými druhami rastlín o priestor a zdroje živín, zabezpečenia prežívania na stanovišti, ako aj kolonizácie susedných stanovišť. Regulačnými mechanizmami vo vyvíjajúcim sa poraste sa zaoberali mnohí autori aj na Slovensku (Eliáš, 1986, 1998; Končeková, 2003; Fehér, 2007), no doposiaľ nemáme podrobnejšie informácie k mnohým druhom.

Populačná dynamika jarných geofytov je charakteristická krátkym trvaním nadzemných orgánov, ktoré rýchlo rastú, kvitnú a produkujú semená. Prezimujú len podzemné orgány (podzemky, cibule a pod.) (Shorina a Smirnova, 1995; Skripčinskij a Skripčinskij, 1976). Typickým jarným efemoroidným geofytom rastúcim v eutrofných častiach listnatých lesov je *Allium ursinum* L. (Liliaceae).

Rozlišujú sa dva poddruhy: *Allium ursinum* subsp. *ursinum* – cesnak medvedí pravý a *A. ursinum* subsp. *ucrainicum* KLEOP. et OXNER – cesnak medvedí ukrajinský (Marhold a Hindák, 1998). Je to trvalka s trojhranou stonkou vysokou 0,2–0,5 m. Okolíkovité súkvetie je na stonke 0,3–0,5 m vysoké. Skladá sa z 10–30 bielych kvetov (Eggert, 1992). Dcérská cibaľa vzniká vo vnútri materskej cibule. Obidve cibule majú rovnakú veľkosť. Intenzita vegetatívneho rozmnožovania je malá (0–12,5 %), ale aj napriek tomu zohráva dôležitú úlohu na okrajoch lesných stanovišť (Pauková, 2004).

Cieľom príspevku bolo hodnotenie regulačných mechanizmov v populáciách klonálnych rastlín na príklade jarného efemoroidného geofytu *Allium ursinum* v lesnom poraste a posúdenie spôsobu akým tento druh reguluje produkciu výhonkov. Príspevok nadvázuje na predchádzajúcu štúdiu (Gažová, 1998, 1999, 2000; Pauková, 2001, 2004, 2008, 2009) a prináša ďalšie poznatky z vývoja populácií na trvalých výskumných plochách.

## Materiál a metódy

Vybrané populácie *Allium ursinum* subsp. *ucrainicum* KLEOP. et OXNER sme sledovali v opadavom listnatom lesnom poraste (s výskytom *Acer pseudoplatanus*, *Acer campestre*, *Fraxinus excelsior*) v Zámockom parku v Hlohovci (JZ Slovensko). Výskum sme uskutočnili na svahu orientovanom k rieke Váh so západnou a južnou expozíciou a sklonom 40°. Pozorovania sme uskutočnili na štyroch nedeštrukčných plôškach s veľkosťou 0,25 × 0,25 m, pričom bola použitá metóda náhodného výberu plochy. Na sledovanej lokalite tvoril cesnak medved monodominantný porast. Plochy sme lokalizovali vo vnútri porastu, nie na jeho okrajoch, aby sme sa vyhli okrajovým efektom. Bližšia charakteristika územia, pedologické, geologické a ostatné podmienky počas sledovaných rokov 2001–2003 boli uvedené v práci Pauková (2004). Disperzia ramiet bola skupinová (Pauková, 2008).

Na každej trvalej výskumnej ploche (TVP) sme sledovali všetky nadzemné výhonky (ramety, jedince, individuá – označenie i) a zisťovali sme ich počet metódou opakovaného sčítania v pravidelných dvojtýždňových intervaloch počas troch vegetačných období (2001–2003) (tab. 1). Zistené údaje sme prepočítali na 1m<sup>2</sup>. Na rovinatom okraji pôvodnej nivy so západnou expozíciou sme založili 1. a 2. TVP. Na svetelnej strane svahu s južnou expozíciou sme založili 3.TVP a na svahu so západnou expozíciou 4.TVP.

Získané výsledky sme štatisticky vyhodnotili s využitím programu Statgraphics Plus. Na testovanie rozdielov medzi sledovanými faktormi sme použili viacfaktorovú analýzu rozptylu a štatisticky preukazná rozdiely sme testovali LSD testom. Veľkostnú štruktúru populácie sme zisťovali na základe merania výšky všetkých ramiet pravítkom pri každom sčítaní na pokusnej plôške, pričom údaje sme opäť prepočítali na 1m<sup>2</sup>. Na základe minimálnej a maximálnej hodnoty sme určili veľkostné triedy a výsledky vyhodnotili. Klimadiagramy úhrnu atmosféric-

**Tabuľka 1** Termíny meraní populácií rastlín *Allium ursinum* v lesnom poraste v parku v Hlohovci v rokoch 2001–2003

Cenzus/rok (1)	2001	2002	2003
1.	9. 3.	3. 3.	8. 3.
2.	23. 3.	17. 3.	22. 3.
3.	6. 4.	31. 3.	5. 4.
4.	20. 4.	14. 4.	19. 4.
5.	4. 5.	28. 4.	3. 5.
6.	18. 5.	12. 5.	17. 5.
7.	1. 6.	26. 5.	31. 5.

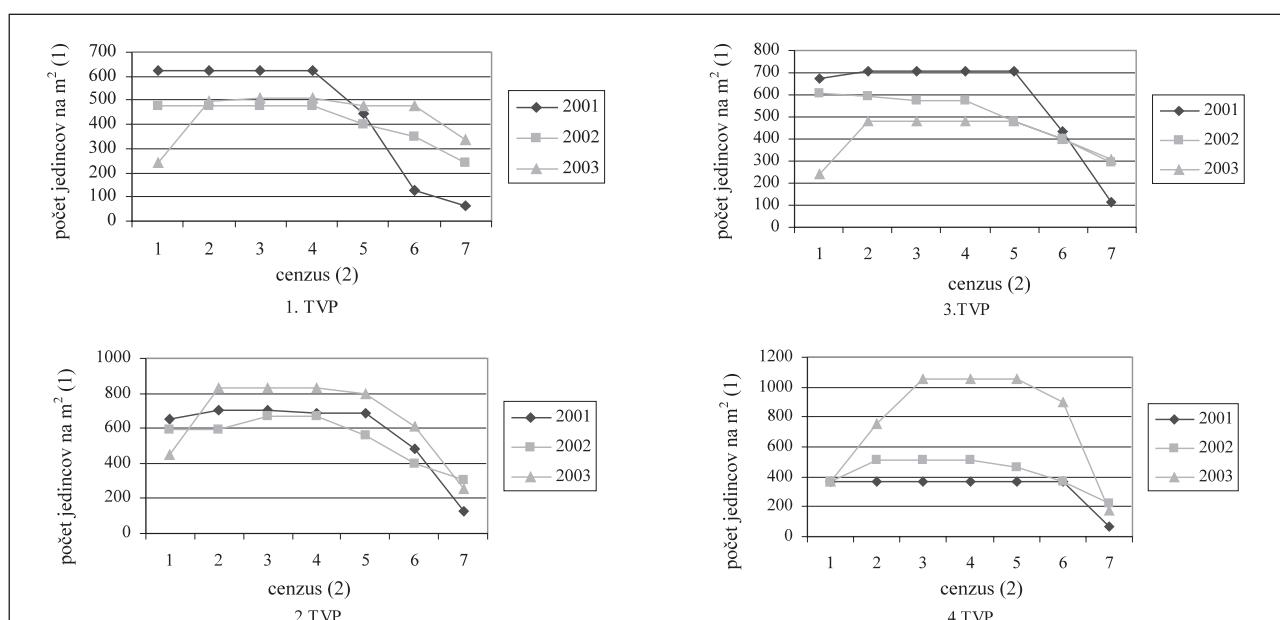
**Table 1** Measuring dates of plants *Allium ursinum* populations in woodland communities in Hlohovec Park in 2001–2003  
(1) census/year

kých zrážok a priemerných denných teplôt z najbližej meteorologickej stanice (vzdialenosť Nitra – Hlohovec je približne 25 km) sú znázornené v práci Pauková (2008).

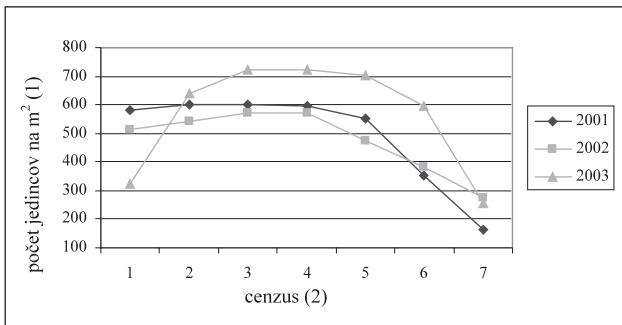
## Výsledky a diskusia

Medziročným hodnotením hustoty ramiet *A. ursinum* počas vegetačného obdobia roku 2001 sme nezistili výrazne rozdiely v počte ramiet na TVP až do konca apríla (do 4. cenzusu). V nasledujúcom vegetačnom období došlo k výraznému poklesu jedincov samozriedovaním až o 89,7 % na 1. TVP (o 560i na konci vegetačnej sezóny) a o 83,3 % na 2.TVP (obr. 1). Ramety mali na konci vegetačnej sezóny žlté starnúce listy a ohýbajúce sa kvetné stopky s čiernymi guľatými plodmi.

Najmenšia počiatočná hustota jedincov na sledovaných pokusných plôškach bola zaznamenaná v roku 2003, čo súvisí s dĺhsou zimou a neskorším nástupom teplejších dní oproti predchádzajúcim rokom výskumu. V marci v roku 2003 na



**Obrázok 1** Populačná hustota ramiet *Allium ursinum* na 1.–4. TVP v lesnom poraste v parku na lokalite Hlohovec v rokoch 2001–2003 (i. m<sup>2</sup>)  
**Figure 1** Population density of *Allium ursinum* ramets in 1<sup>st</sup>–4<sup>th</sup> TVP (permanent research plots) in woodland communities in Hlohovec park in 2001–2003 (i. m<sup>2</sup>)  
(1) individuals in m<sup>2</sup>, (2) census



**Obrázok 2** Populačná hustota ramiet *Allium ursinum* na všetkých TVP v lesnom poraste v parku na lokalite Hlohovec v rokoch 2001–2003 (i. m<sup>2</sup>)

**Figure 2** Population density of *Allium ursinum* ramets in all permanent research plots in woodland communities in Hlohovec park in 2001–2003 (i. m<sup>2</sup>)  
(1) individuals in m<sup>2</sup>, (2) census

4. TVP došlo k výraznému samozahusťovaniu až o 384 ramiet, pretože február bol studený s priemernou teplotou iba -1,8 °C a teplé dni nastúpili neskôr. Najväčšiu variabilitu v počte jediniek sme zaznamenali počas apríla a začiatkom mája (pri 3. až 5. meraní) na sledovanej 4. TVP, kedy sme zistili rekordný počet semenáčikov, ktoré tvorili až 53 % z celkového počtu jediniek (1056i). Predpokladáme, že uvedený vysoký počet semenáčikov súvisí so aj zvýšenou vlhkostou v predchádzajúcim roku 2002, tiež je známe, že semená zotravávajú v stave dormancie niekoľko rokov (Eggert, 1992; Morschhauser et al., 2009), ktorá mohla práve uplynúť.

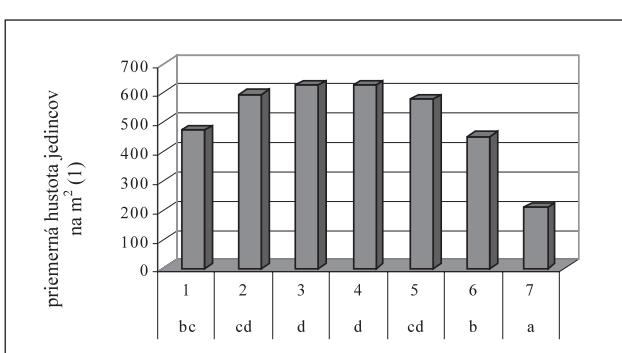
Súhrne za všetky pokusné plôšky sme najmenšiu mortalitu ramiet *A. ursinum* len 48,2% zistili na konci vegetačného obdobia začiatkom júna 2002 (7. cenzus) (obr. 2), čo súvisí s najvyšším úhrnom zrázok počas vegetačnej sezóny (marec–máj) (135,8mm), najvyššou priemernou teplotou vzduchu vo februári a v marci (3,5 °C; 6,3 °C) a s najvyššou vlhkostou pôdy. Jandl, Kopešzki a Glatzel (1997) potvrdili, že pre cesnak medvedí je nevyhnutná vysoká pôdná vlhkosť a úrodnosť pôdy, pretože z asimilátov, akumulovaných v procese fotosyntézy, musí pokryť dopyt po energii pri produkcií nadzemnej biomasy a respiračné straty počas dormancie v lete, na jeseň a v zime. Najvýraznejšiu mortalitu ramiet cesnaku medvedieho na 27,3%

sme zistili začiatkom júna v roku 2001, pretože koniec vegetačnej sezóny bol veľmi suchý. Február a marec boli veľmi vlhké, priemerné teploty vzduchu normálne čo iniciovalo skorší nástup rastu jedincov ako i najvyššiu populáčnu hustotu na začiatku vegetačnej sezóny 2001. Naopak február a marec v roku 2003 boli mimoriadne suché (február aj studený), čo spôsobilo neskorší nástup fenofázy rastu listov *A. ursinum* na všetkých plôškach.

Hustota populácie bola štatisticky vysoko preukazne závislá od fenofázy, nakoľko dochádzalo k mortalite ramiet najmä na konci vegetačného obdobia. Pri hodnotení interakcie hustota × vývinová fáza rastlín sme najvýraznejší rozdiel sme zistili medzi 3. a 7. meraním a medzi 4. a 7. meraním (LSD<sub>0,05</sub> test ± 125; LSD<sub>0,01</sub> test ± 164) (obr. 3).

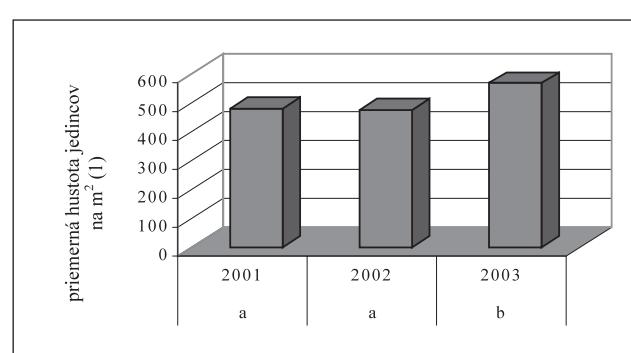
Hustota populácie *A. ursinum* bola štatisticky významne ovplyvnená prvým a druhým ako i prvým a posledným rokom sledovania (LSD<sub>0,05</sub> test ± 82,1; LSD<sub>0,01</sub> test ± 113,2) (obr. 4). Znamená to, že priebeh počasia (ročník) významne ovplyvňoval počet jediniek na pokusnej plôške. Podľa našich pozorovaní je mortalita ramiet indikovaná environmentálnym stresom – pôdnym suchom. Samozriedovanie ako mortalitu vyvolanú vysokou hustotou porastu pozorovali mnohí autori u klonálnych druhov, napr. *Hellanthus tuberosus* (Končeková, 2003), *Fallopia × bohemica* (Halmová a Fehér, 2009), *Aster lanceolatus* (Fehér, 2007).

V hlavnom reprodukčnom období koncom apríla 2001–2003 hustota populácie cesnaku medvedieho v lesnom poraste v parku v Hlohovci varírovala od 368 do 1 056 i.m<sup>2</sup>. Podľa výskumu v opadavom lesnom poraste v Karpatoch na Ukrajine varírovala hustota *A. ursinum* od 371 do 840 i.m<sup>2</sup> (Šmanova a Kričafušij, 1995), v zmiešaných lesoch v severozápadnom Nemecku na konci hlavného reprodukčného obdobia (polovica mája) zistili 939 i.m<sup>2</sup>, z toho 260 semenáčikov na m<sup>2</sup> (Eggert, 1992). V bukovom lese v severnom Nemecku sa pohyboval počet jediniek od 320 do 3 350 i.m<sup>2</sup> (Ernst, 1979). Rychnovská a Bednář (1998) uvádzajú, v lužnom lese v Českej republike hustotu ramiet cesnaku medvedieho 700–900 na m<sup>2</sup>. Tieto údaje sú porovnatelné s našimi výsledkami a zhodujú sa najmä s hodnotami meraní na Ukrajine. Naopak, Kuklová, Kukla (2006) v Prírodnej rezervácii Chyniansky luh uvádzajú v lesnom poraste priemerne iba 92 jediniek *A. ursinum* na m<sup>2</sup>.



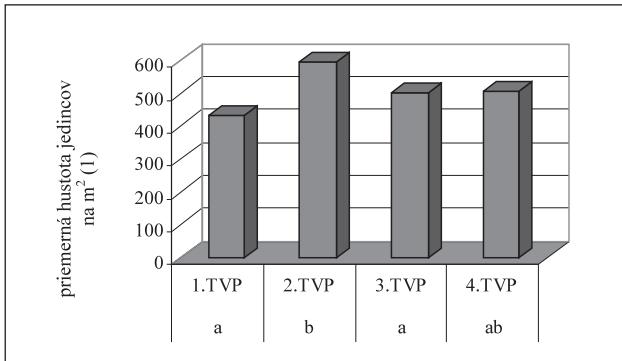
**Obrázok 3** Štatistické vyhodnotenie preukazných rozdielov počtu ramiet *Allium ursinum* v závislosti od fenofázy. Hodnoty s rozdielnymi písmenami (a, b, c, d) v stĺpcach poukazujú na štatisticky preukazný rozdiel podľa LSD testu ( $P < 0,05$ )

**Figure 3** Statistical evaluation of significant differences in the number of *Allium ursinum* ramets depending on phenology. Values with different letters (a, b, c, d) in columns indicate statistically significant difference according to LSD test ( $P < 0,05$ )  
(1) average density of individuals in m<sup>2</sup>



**Obrázok 4** Štatistické vyhodnotenie preukazných rozdielov počtu ramiet *Allium ursinum* v závislosti od ročníka. Hodnoty s rozdielnymi písmenami (a, b) v stĺpcach poukazujú na štatisticky preukazný rozdiel podľa LSD testu ( $P < 0,05$ )

**Figure 4** Statistical evaluation of significant differences in the number of *Allium ursinum* ramets depending on the season. Values with different letters (a, b) in columns indicate statistically significant difference according to LSD test ( $P < 0,05$ )  
(1) average density of individuals in m<sup>2</sup>



**Obrázok 5** Štatistické vyhodnotenie preukazných rozdielov počtu ramiet *Allium ursinum* v závislosti od jednotlivých TVP. Hodnoty s rozdielnymi písmenami (a, b) v stĺpcoch poukazujú na štatisticky preukazný rozdiel podľa LSD testu ( $P < 0,05$ )

**Figure 5** Statistical evaluation of significant differences in the number of *Allium ursinum* ramets depending on the permanent plots. Values with different letters (a, b) in columns indicate statistically significant difference according to LSD test ( $P < 0,05$ )  
(1) average density of individuals in m<sup>-2</sup>

Počet jedincov na pokusných plôškach bol štatisticky vysoko preukazný medzi 1.–2. TVP a medzi 2.–3. TVP ( $LSD_{0,05}$  test  $\pm 107$ ;  $LSD_{0,01}$  test  $\pm 142$ ) (obr. 5), to znamená že hustotu populácie ovplyvňovalo miesto založenia výskumnej plôšky. Vysoko preukazná bola interakcia medzi plôškami založenými v rovinatnej časti pôvodnej nivy so západnou expozíciou a s plôškou založenou na svetelnej strane svahu s južnou expozíciou.

## Súhrn

Na základe hodnotenia dynamiky populácie *Allium ursinum* v rokoch 2001–2003 sme zistili, že na začiatku vegetačného obdobia po dosiahnutí najväčšej hustoty samozahustňovaním cez mechanizmus rastu ramiet zistenom v marci (do 2. cenzusu), v nasledujúcom vegetačnom období pretrvávala približne rovnaká hustota ramiet až do apríla (do 5. cenzusu). Pokles hustoty populácie sme zaznamenali hlavne na konci vegetačného obdobia koncom mája a začiatkom júna (6.–7. cenzus). Na konci vegetačného obdobia hynuli najskôr zatienené jedince teda semenáky a juvenilné rastliny, následne sme pozorovali úhyn generatívnych rastlín, ktoré tvorili jedno alebo dve súkvetia. Podľa našich pozorovaní sa *Allium ursinum* vyhýba samozriedovaniu a v skutočnosti zlyháva v uplatňovaní samozriedovacieho pravidla, ak rastie v prirodzených podmienkach. Mortalita ramiet je indikovaná environmentálnym stresom – pôdnym suchom.

**Kľúčové slová:** regulačné mechanizmy, populačná hustota, klonálne rastliny, jarné geofity, *Allium ursinum*

## Literatúra

- EGGERT, A. 1992. Dry-matter economy and reproduction of temperate forest spring geophyte, *Allium ursinum*. In: Ecography, vol. 15, 1992, no. 1, p. 45–55.  
ELIÁŠ, P. 1986. Regulačné mechanizmy v rastlinných populáciach. In: Repka, J. (ed.): Štruktúrna funkčná a faktorová podmienenosť produktivity rastlín : zborník referátov, Smolenice, 1986, s. 187–201.

ELIÁŠ, P., 1998. Regulačné mechanizmy v populáciách rastlín s klonálnym rastom. In: ELIÁŠ P. (ed.): Populačná biológia rastlín V. Bratislava : SEKOS, 1998, s. 99–101.

ERNST, W. H. O., 1979. Population biology of *Allium ursinum* in northern Germany. In: Journal of Ecology, vol. 67, 1979, p. 347–362.

FEHÉR, A. 2007. Unusual ramet demography and invasive behaviour of ring-forming populations of *Aster lanceolatus*. In: Neobiota, vol. 7, 2007, p. 225–232.

GAŽOVÁ, Ž. 1998. Populačná dynamika *Allium ursinum* v mestskom parku v Llohošti. In: Eliáš, P. (ed.) Populačná biológia rastlín V. Bratislava : SEKOS, 1998, s. 48–53.

GAŽOVÁ, Ž., 1999. Populačno-ekologické štúdium jarných geofytov na príklade *Allium ursinum* L. : diplomová práca. Nitra : SPU, 1999. 50 s.

GAŽOVÁ, Ž. 2000. Veľkostná štruktúra hľúz *Allium ursinum* L. v lesnom spoločenstve. In: Eliáš, P. (ed.) Populačná biológia rastlín VI. Bratislava : SEKOS, 2000, s. 50–57.

JANDL, R. – KOPESZKI, H. – GLATZEL, G. 1997. Effect of a dense *Allium ursinum* L. ground cover on nutrient dynamics and mesofauna of a *Fagus sylvatica* (L.) woodland. In: Plant and soil, vol. 186, 1997, no. 2, p. 245–255. ISSN 0032-079X.

HALMOVÁ, D. – FEHÉR, A. 2009. Možnosti využívania fytomasy inváznych druhov bylín na výrobu biopalív a tepelnej energie. In: Acta regionalia et environmentalistica, Nitra : SPU, roč. 6, 2009, č. 2, s. 49–53. ISBN 1336-5452

KONČEKOVÁ, L. 2003. Regulačné mechanizmy v rastlinných populáciach: slnečnica hľuznatá (*Helianthus tuberosus* L.) : doktorandská práca (PhD.). Nitra : SPU, 2003. 120 s.

KUKLOVÁ, M. – KUKLA, J. 2006. Natural reserve Chynoriantsky luh, its ecology and biometry of dominant herb species. In: Ekológia. Bratislava, vol. 25, 2006, no. 4, p. 341–351.

MARHOLD, K. – HINDÁK, F. (eds.) 1998. Zoznam nižších a vyšších rastlín Slovenska., Bratislava : Veda SAV, 1998. 687 s.

MORSCHAUSER, T. et al. 2009. Density-dependences in the establishment of juvenile *Allium ursinum* individuals in a monodominant stand of conspecific adults. In: Acta Oecologica, vol. 35, 2009, no. 5, p. 621–629.

PAUKOVÁ, Ž. 2001. Charakteristika ontogenetických štadií jarného geofytu *Allium ursinum* L. In: Halada, Ľ., Olah, B. (eds.): Prehľad ekologického výskumu na Slovensku (3. ekologické dni). Ekologické štúdie IV. Banská Štiavnica, 2001, s. 103–107.

PAUKOVÁ, Ž. 2004. Populačná dynamika *Allium ursinum* L. – význam vegetatívneho rozmnzožovania. In: ELIÁŠ P. (ed.): Populačná biológia rastlín VIII. Bratislava : SEKOS, 2004, s. 49–54.

PAUKOVÁ, Ž. 2008. Populačná dynamika rastlín s klonálnym rastom: *Allium ursinum* L. a *Fallopia x bohemica* : dizertačná práca (PhD.). Nitra : SPU, 2008, 132 s.

PAUKOVÁ, Ž. 2009. Dynamika rastu ramiet druhu *Allium ursinum* L. v prírodných podmienkach. In: ELIÁŠ P. (ed.): Populačná biológia rastlín X. Abstrakty a program. Bratislava : SEKOS, 2009, s. 30.

RYCHNOVSKÁ, M. – BEDNÁŘ, V. 1998. Floodplain forest: herbarium as indicator of its ecological status. In: Acta Univ. Palack. Olomoec. Fac. Rerum Natur., vol. 36, 1998, p. 7–15.

SHORINA, N. I. – SMIRNOVA, O. V. 1995. The population biology of ephemeraloids. In: WHITE, J., (ed.): The population structure of vegetation. Dordrecht : Dr. V. Junk, 1995, p. 225–240.

SKRIPČINSKIJ, V. V. – SKRIPČINSKIJ, VI. V. 1976. Morfologičeskie osnovy ontogeneza efemeroidnykh geofytov i problema jeno evolucionnovo stanovlenija. Moskva : Trudy Moskov. Obsč. Ispit. Prirody, vol. 62, 1976, p. 167–185.

ŠMANOVA, I. V. – KRIČFALUŠIJ, V. V. 1995. Biomorfologičeskaja i ekologo-cenotičeskaja charakteristika *Allium ursinum* L. v Karpathach. In: Rastitelniye resursy, vol. 3, 1995, p. 1–17.

Kontaktná adresa:

Ing. Žaneta Pauková, PhD., Katedra ekológie, Fakulta európskych štúdií a regionálneho rozvoja, Slovenská polnohospodárska univerzita v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, ☎ 037/641 56 20, e-mail: zaneta.paukova@uniag.sk

Acta horticulturae et regiotecturae 2  
Nitra, Slovaca Universitas Agriculturae Nitriae, 2010, s. 54–56

## PÔSOBENIE POZBEROVÝCH ZVYŠKOV A BIOSTIMULÁTOROV NA BAZÁLNU, POTENCIÁLNU A RELATÍVNU RESPIRÁCIU

## EFFECT OF CROP RESIDUES AND BIOPREPAREATES ON BASAL, POTENTIAL AND RELATIVE RESPIRATION

Vladimír ŠIMANSKÝ

Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

The effect of application of crop residues (winter wheat, oil rape) and biopreparates (BETA-LIQ, TRICHOMIL) in Haplic Luvisols (Lo) on values of basal, potential and relative respiration was studied. The laboratory experiments with variants: A - Lo, B - Lo + WR, C - Lo + WR + B, D - Lo + WR + T, E - Lo + RR, F - Lo + RR + B, G - Lo + RR + T were established there. Applied crop residues of oil rape marked effect on increasing of  $\text{CO}_2$  production in initial phase as well as statistically significant influence on amount of  $\text{CO}_2$  evolved during incubation. Crop residues of oil rape had influence on potential and relative respiration, and utilization and stability of organic substances in soil. BETA-LIQ marked effect on the increase of  $\text{CO}_2$  production in initial phase as well as on potential and relative respiration and utilization of organic substances in soil. TRICHOMIL marked effect on stability of organic substances in soil.

**Key word:** relative and potential respiration,  $\text{CO}_2$ , crop residues, biopreparates

V súčasnom období, kedy sa neustále hovorí o globálnom otepľovaní v súvislosti s narastaním skleníkových plynov, nadobúda veľký význam sledovanie ich produkcie. 16. februára 2005 vstúpil do platnosti tzv. Kjótsky protokol Rámcovej konferencie OSN o klimatických zmenách. Kjótsky protokol bol vytvorený v roku 1997 a je dôležitým krokom v celosvetovom boji proti klimatickým zmenám. Zavázuje vyspelé krajiny k znižovaniu emisií skleníkových plynov. Aj cieľom Európskej únie je znižiť ich obsah počas rokov 2008–2012 o 8% oproti úrovni roku 1990. K významným producentom skleníkových plynov okrem priemyselnej činnosti a urbanizácie patrí i poľnohospodárstvo. V dôsledku predpokladaného nárastu obsahu atmosférického  $\text{CO}_2$  rastie záujem environmentalistov redukovať emisie  $\text{CO}_2$  z pôdy a zvyšovať zásoby C v pôde (Gregorich et al., 1998). Uvoľnený  $\text{CO}_2$  z pôdy môže predstavovať relatívne vysoké hodnoty. Sú to stovky kilogramov, až niekoľko ton uhlíka na hektár za rok (Anderson, 1995).

Cieľom tejto práce bolo posúdiť vplyv pozberových zvyškov a biostimulátorov na pôdnú respiráciu.

### Materiál a metódy

Skúmaná problematika bola riešená formou modelových laboratórnych experimentov. Na založenie bola použitá zemina z lokality Golianovo (Haplic Luvisols), pozberové zvyšky plodín pšenice letnej formy ozimnej (*Triticum aestivum L.*) a kapusty repkovej pravej (*Brassica napus* var. *chinensis* convar. *napus* L.) a z biostimulátorov BETA-LIQ a TRICHOMIL. Základné chemické parametre použitej zeminy z hnedozemí sú v tabuľke 1. Experimenty boli zakladané do nádob s objemom  $0,22 \text{ dm}^3$  na dobu inkubácie 4, 7, 14, 28, 60, 93, 180 dní. Navážilo sa 200 g zeminy a 4 g rastlinných zvyškov. Na úpravu pomeru C : N vo variantoch s rastlinnými zvyškami bol použitý roztok síranu amónneho. Počas trvania experimentov boli udržiavané optimálne podmienky pre rozklad organickej hmoty.

Založené boli nasledovné varianty:

- A hnedozem (HM)
- B hnedozem + pšeničná hmota (HM + PH)
- C hnedozem + pšeničná hmota + BETA-LIQ (HM + PH + B)
- D hnedozem + pšeničná hmota + TRICHOMIL (HM + PH + T)
- E hnedozem + repková hmota (HM + RO)
- F hnedozem + repková hmota + BETA-LIQ (HM + RO + B)
- G hnedozem + repková hmota + TRICHOMIL (HM + RO + T)

Počas inkubácie bola sledovaná bazálna, potenciálna a relatívna respirácia – interferometricky (Novák a Apfelthaler, 1964).

### Výsledky a diskusia

Dynamika uvoľňovania  $\text{CO}_2$  počas inkubácie bola rozdielna. Aplikácia pozberových zvyškov a biostimulátorov sa prejavila zvýšením produkcie  $\text{CO}_2$  v počiatocnom období. Najvýraznejší nárast bol zaznamenaný po 4 dňoch inkubácie vo variantoch s pozberovými zvyškami kapusty repkovej pravej a testovaných biostimulátorov, o čom svedčia i najvyššie hodnoty bazálnej respirácie ( $G = 11,84 \text{ mg CO}_2/24 \text{ h}/100\text{g}$ ,  $F = 11,40 \text{ mg CO}_2/24 \text{ h}/100\text{g}$ ). S rastúcou dobou inkubácie produkcia  $\text{CO}_2$  postupne klesala. Množstvo uvoľneného  $\text{CO}_2$  bolo štatistiky preukazne závislé od dĺžky inkubácie a pridaných rastlinných zvyškov (tab. 2). Z pozberových zvyškov mali výraznejší vplyv na množstvo uvoľneného  $\text{CO}_2$  zvyšky kapusty repkovej pravej. Pozberové zvyšky kapusty repkovej pravej ako uvádzá Tobiasová (2001) majú priaznivejšie chemické, ale i prvkové zloženie s ISB = 0,976 a C : N = 40 : 1. Pridanie minerálneho dusíka malo výrazný vplyv na aktiváciu pôdnej mikroflóry, pretože potenciálna respirácia s príďavkom dusíka bola vyšia takmer vo všetkých variantoch ako bazálna (B), čo je v súlade s výsledkami Horníka (1990). Najväčšia aktivita pôdnej mikroflóry bola zaznamenaná po pridani glukózy ako aj glukózy a minerálneho dusíka po 7 dňoch inkubácie. Najvyššia produkcia  $\text{CO}_2$  s príďavkom glukózy, ale i glukózy a dusíka v hnedozemí bola zaznamenaná vo variante s pozberovými zvyškami kapusty

**Tabuľka 1** Základné parametre hnedozeme

C <sub>ox</sub> v %	N <sub>t</sub> v mg.kg <sup>-1</sup>	C : N	pH <sub>H2O</sub>	pH <sub>KCl</sub>	pH <sub>CaCl<sub>2</sub></sub>	H	S	T	V v %
							v mmol(p <sup>+</sup> ).kg <sup>-1</sup>		
1,08	1 539	7,02	6,47	5,27	5,93	23,4	166,2	189,4	87,8

C<sub>ox</sub> – obsah celkového uhlíka, N<sub>t</sub> – obsah celkového dusíka, C : N – pomer uhlíka k dusíku, pH<sub>H2O</sub> – aktívna pôdná reakcia, pH<sub>KCl, CaCl<sub>2</sub></sub> – výmenná pôdná reakcia, H – hydrolytická kyslosť, S – suma bázických katiónov, T – celková sorpčná kapacita, V – stupeň nasýtenia bázickými katiónmi

C<sub>ox</sub> – total carbon content, N<sub>t</sub> – total nitrogen content, C : N – carbon to nitrogen ratio, pH<sub>H2O</sub> – active soil reaction, pH<sub>KCl, CaCl<sub>2</sub></sub> – exchange soil reaction, H – hydrolytic acidity, S – sum of exchange basic cations, T – sorption capacity, V – base of saturation

**Table 1** Basic chemical parameters of Haplic Luvisols**Tabuľka 2** Štatistické zhodnotenie pôdnej respirácie – analýza variancí

	Inkubačná doba (1)				Pozberové zvyšky (2)				Biostimulátory (3)			
	P-value	F-ratio	LSD <sub>0,05</sub>	LSD <sub>0,01</sub>	P-value	F-ratio	LSD <sub>0,05</sub>	LSD <sub>0,01</sub>	P-value	F-ratio	LSD <sub>0,05</sub>	LSD <sub>0,01</sub>
B	0,0000	13,51	1,925	2,572	0,0067	5,63	1,644	2,196	–	–	–	–
N	0,0000	26,40	1,500	2,004	0,0001	12,15	1,281	1,712	–	–	–	–
G	0,0000	36,14	8,574	11,45	0,0000	20,88	7,322	9,781	–	–	–	–
NG	0,0000	41,90	7,988	10,67	0,0000	18,90	6,821	9,112	–	–	–	–
NG : B	0,0001	5,50	8,163	10,90	0,0000	16,82	6,970	9,311	–	–	–	–

N – potenciálna respirácia s prídomkom dusíka, G – potenciálna respirácia s prídomkom glukózy, NG – potenciálna respirácia s prídomkom glukózy a dusíka, NG : B – relatívna respirácia

N – potential respiration with nitrogen, G – potential respiration with glucose, NG – potential respiration with nitrogen and glucose together, NG : B – relative respiration

**Table 2** Statistical evaluation of soil respiration – analyse of variance

(1) incubation time, (2) crop residues, (3) biopreparates

**Tabuľka 3** Priemerné hodnoty relatívnej respirácie (N : B) počas inkubácie

	4	7	10	14	28	60	93	180
HM	7,64	1,29	4,19	2,37	1,19	1,59	1,45	1,48
RZ	2,27	1,39	0,94	0,99	1,51	1,02	1,16	1,04
PH	3,59	1,43	0,91	0,85	1,61	1,04	1,25	1,06
RO	0,94	1,34	0,97	1,13	1,40	1,00	1,07	1,03
Biost.	0,95	1,22	0,90	1,06	1,43	0,91	1,10	1,01
B	0,95	1,04	0,89	0,93	1,41	0,75	1,17	1,01
T	0,96	1,41	0,92	1,18	1,46	1,08	1,04	1,00

HM – hnedozem, RZ – pozberové zvyšky, PH – zvyšky pšenice letnej formy ozimnej, RO – zvyšky kapusty repkovej pravej, Biost. – biostimulátory, B – BETA-LIQ, T – TRICHOMIL

HM – Haplic Luvisols, RZ – crop residues, PH – crop residues of winter wheat, RO – crop residues of oil rape, Biost. – biopreparates, B – BETA-LIQ, T – TRICHOMIL

**Table 3** Average values of relative respiration (N : B) during incubation

	4	7	10	14	28	60	93	180
HM	11,94	13,95	17,47	8,82	17,87	12,71	8,01	12,99
RZ	15,18	13,07	9,01	11,52	13,25	9,12	6,28	11,20
PH	14,27	10,38	9,48	10,29	13,11	9,59	6,31	10,92
RO	3,28	15,75	8,55	12,74	13,39	8,65	6,25	11,42
Biost.	3,63	14,23	8,77	11,84	12,94	8,38	7,22	9,39
B	3,79	11,84	9,03	11,58	13,45	8,17	7,20	8,26
T	3,47	16,63	8,50	12,09	12,44	8,60	7,24	10,52

HM – hnedozem, RZ – pozberové zvyšky, PH – zvyšky pšenice letnej formy ozimnej, RO – zvyšky kapusty repkovej pravej, Biost. – biostimulátory, B – BETA-LIQ, T – TRICHOMIL

HM – Haplic Luvisols, RZ – crop residues, PH – crop residues of winter wheat, RO – crop residues of oil rape, Biost. – biopreparates, B – BETA-LIQ, T – TRICHOMIL

**Table 4** Average values of relative respiration (G : B) during incubation

repkovej pravej s BETA-LIQom (G = 69,86 mg CO<sub>2</sub>/24 h./100 g, NG = 66,87 mg CO<sub>2</sub>/24 h./100 g) ako i celá produkcia CO<sub>2</sub> počas inkubačného obdobia. Zvýšenie produkcie CO<sub>2</sub> poukázalo na to, že skúmaná pôda mala nedostatok ľahko oxidovateľného uhlíka, a preto sa zvýšenie obsahu tohto prvku v pohotovej forme primerane odrazilo v jeho vysokej produkcií. Z nameraných hodnôt potenciálnej respirácie boli vypočítané hodnoty relatívnej respirácie (tab. 3, 4, 5, 6). Na začiatku inkubačného obdobia bola využiteľnosť pôdnego dusíka menšia vplyvom aplikovaných pozberových zvyškov s upraveným pomerom C : N. Výraznejší vplyv na využiteľnosť dusíka v pôde na začiatku inkubácie malí zvyšky pšenice letnej formy ozimnej. S rastúcou dobou inkubácie sa priemerné hodnoty N : B pohybovali od 1,39 do 0,94, z čoho vyplýva, že v pôde bolo dostatok dusíka a ďalší dusík už respiráciu nezvyšoval. Aplikované biostimulátory nemali výrazný vplyv na využiteľnosť dusíka pri respirácii. Množstvo ľahko využiteľných organických látok v pôde z pozberových zvyškov (G : B) kolísalo v závislosti od variantu a doby inkubácie (tab. 4). Z prie-

pozberových zvyškov s upraveným pomerom C : N. Výraznejší vplyv na využiteľnosť dusíka v pôde na začiatku inkubácie malí zvyšky pšenice letnej formy ozimnej. S rastúcou dobou inkubácie sa priemerné hodnoty N : B pohybovali od 1,39 do 0,94, z čoho vyplýva, že v pôde bolo dostatok dusíka a ďalší dusík už respiráciu nezvyšoval. Aplikované biostimulátory nemali výrazný vplyv na využiteľnosť dusíka pri respirácii. Množstvo ľahko využiteľných organických látok v pôde z pozberových zvyškov (G : B) kolísalo v závislosti od variantu a doby inkubácie (tab. 4). Z prie-

**Tabuľka 5** Priemerné hodnoty relatívnej respirácie (G : N) počas inkubácie

	4	7	10	14	28	60	93	180
HM	1,56	10,81	4,17	3,73	14,96	8,01	5,54	8,78
RZ	3,98	9,62	9,75	11,97	9,17	9,12	5,67	10,99
PH	4,42	7,99	10,46	12,15	8,51	9,43	5,06	10,03
RO	3,53	11,25	9,03	11,79	9,83	8,82	6,29	11,96
Biost.	3,85	11,09	9,89	11,61	9,21	9,44	6,79	9,47
B	4,03	11,46	10,29	12,65	9,62	10,88	6,20	8,41
T	3,67	10,72	9,49	10,57	8,80	8,01	7,38	10,52

HM – hnedozem, RZ – pozberové zvyšky, PH – zvyšky pšenice letnej formy ozimnej, RO – zvyšky kapusty repkovej pravej, Biost. – biostimulátory, B – BETA-LIQ, T – TRICHOMIL

HM – Haplic Luvisols, RZ – crop residues, PH – crop residues of winter wheat, RO – crop residues of oil rape, Biost. – biopreparates, B – BETA-LIQ, T – TRICHOMIL

**Table 5** Average values of relative respiration (G : N) during incubation**Tabuľka 6** Priemerné hodnoty relatívnej respirácie (NG : B) počas inkubácie

	4	7	10	14	28	60	93	180
HM	24,53	31,1	50,85	21,66	73,24	16,00	16,39	27,29
RZ	7,05	12,42	10,60	10,31	22,62	10,26	7,43	12,95
PH	11,29	9,86	10,96	9,19	24,53	11,63	7,00	11,31
RO	2,80	14,98	10,23	11,44	20,71	8,89	7,86	14,59
Biost.	2,95	13,38	10,42	10,36	21,77	8,82	7,05	11,35
B	3,11	10,90	10,58	10,28	24,23	8,73	7,18	10,04
T	2,80	15,86	10,26	10,45	19,32	8,92	6,92	12,67

HM – hnedozem, RZ – pozberové zvyšky, PH – zvyšky pšenice letnej formy ozimnej, RO – zvyšky kapusty repkovej pravej, Biost. – biostimulátory, B – BETA-LIQ, T – TRICHOMIL

HM – Haplic Luvisols, RZ – crop residues, PH – crop residues of winter wheat, RO – crop residues of oil rape, Biost. – biopreparates, B – BETA-LIQ, T – TRICHOMIL

**Table 6** Average values of relative respiration (NG : B) during incubation

merných hodnôt relatívnej respirácie (G : B) vyplýva, že aplikácia pozberových zvyškov a biostimulátorov mala pozitívny vplyv na využiteľnosť organických látok v pôde (HM = 12,97, RZ = 10,27, biost. = 9,56). Vo variantoch s pozberovými zvyškami kapusty repkovej pravej (10,00) bolo viac ľahko využiteľných organických látok, ktoré boli spotrebované v procese respirácie ako vo variantoch s pšenicou letnou formou ozimou (10,54), čo súvisí s chemickým a prvkovým zložením použitých rastlinných zvyškov (Tobiašová, 2001; Zaujec a Šimanský, 2006). Z biostimulátorov mal BETA-LIQ (9,17) pozitívnejší vplyv na využiteľnosť organických látok v pôde ako TRICHOMIL (9,94). Z pomery potenciálnej respirácie s prídavkom glukózy k dusíku (G : N) bola zistená využiteľnosť uhlíka a dusíka v pôde. S rastúcou dobu inkubácie sa vo všetkých variantoch, ako to dokumentujú údaje v tabuľke 5, výraznejšie v procese respirácie spotreboval uhlík z ľahko dostupného uhlíkatého zdroja (glukóza), pričom výraznejšie vo variantoch s aplikovanými pozberovými zvyškami a biostimulátormi (H = 5,71, RZ = 8,79, biost. = 8,92). Vo variantoch s aplikovanými pozberovými zvyškami, ale i biostimulátormi, bola zaznamenaná tendencia zvyšovania stability organických látok (tab. 6). Z pozberových zvyškov výraznejší vplyv na stabilitu organických látok mali zvyšky kapusty repkovej pravej ( $LSD_{0,05} = 6,970$ ,  $LSD_{0,01} = 9,311$ ) a z biostimulátorov TRICHOMIL, ale bez štatistickej preukaznosti.

## Súhrn

Pozberové zvyšky kapusty repkovej pravej mali výraznejší vplyv na nárast produkcie  $\text{CO}_2$  v počiatocnom období, ale aj štatisticky preukazný vplyv na celkové množstvo uvoľneného  $\text{CO}_2$  počas inkubácie. Rovnako pozberové zvyšky kapusty repkovej pravej mali výraznejší vplyv na potenciálnu a relatívnu

respiráciu, ako aj využiteľnosť a stabilitu organických látok v pôde. Z biostimulátorov BETA-LIQ pôsobil výraznejšie na nárast produkcie  $\text{CO}_2$  v počiatocnom období, na potenciálnu a relatívnu respiráciu, ako aj využiteľnosť organických látok v pôde. Na stabilitu organických látok v pôde však výraznejšie vplýval testovaný TRICHOMIL.

**Kľúčové slová:** relatívna a potenciálna respirácia,  $\text{CO}_2$ , pozberové zvyšky, biostimulátory

## Literatúra

- ANDERSON, D. V. 1995. Soil organic structures in macro and microaggregates of a cultivated brown chernozem. In: Soil Biol. Biochem., 27, 1995, s. 845–853.  
 GREGORICH, E. G. – GREER, K. J. – ANDERSON, D. W. – LIANG, B. C. 1998. Carbon distribution and losses: erosion and deposition effects. In: Soil and Tillage Research, 1998, 47, p. 291–302.  
 HORNIK, A. 1990. Respiračná aktivity hnedozemných pôd a čiernic Podunajskej nížiny. In: Acta Fytotechnica. Nitra : Príroda, 1990, s. 47–65.  
 NOVÁK, B. – APFELTHALER, R. 1964. Příspěvek k metodice stanovení respirace jako indikátoru mikrobiologických pochodů v půdě. In: Rostlinná výroba, roč. 10, 1964, č. 2, s. 145–148.  
 TOBIAŠOVÁ, E. 2001. Transformácia pozberových zvyškov v rôznych pôdnich typoch. Dizertačná práca. Nitra : SPU, s. 115.  
 ZAUJEC, A. – ŠIMANSKÝ, V. 2006. Vplyv biostimulátorov rozkladu rastlinných zvyškov na pôdnu štruktúru a organickú hmotu pôdy. Vedecká monografia. Nitra : SPU, 2006. 112 s. ISBN 80-8069-779-5.

Kontaktná adresa:

Ing. Vladimír Šimanský, PhD., Katedra pedológie a geológie, Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov, SPU v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, e-mail: Vladimír.Simansky@uniag.sk