

ČASOPIS
STUDIA OECOLOGICA
Ročník VII
Číslo 1/2013

Redakční rada:

doc. Ing. Pavel Janoš, CSc. – šéfredaktor
† doc. Ing. Miroslav Farský, CSc. – výkonný redaktor
prof. RNDr. Olga Kontrišová, CSc.
doc. RNDr. Juraj Lesný, Ph.D.
Ing. Martin Neruda, Ph.D.
doc. MVDr. Pavel Novák, CSc.
prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc.

Technický redaktor:

Mgr. Ing. Petr Novák

Recenzenti:

doc. RNDr. Ivan Bičík, CSc., PŘF Karlovy univerzity, Praha
doc. PhDr. RNDr. Martin Boltziar, Ph.D., Ústav krajinnej ekológie SAV, Bratislava
Mgr. Jiří Čmelík, Ph.D., Výzkumný ústav anorganické chemie, a. s., Ústí nad Labem
Ing. Petr Dvořák, Most
doc. Ing. Danica Fazekášová, CSc., FHPV Prešovské univerzity, Prešov
Ing. Borek Franěk, CHKO České středohoří, Litoměřice
doc. RNDr. Jaromír Hajer, CSc., PŘF Univerzity J. E. Purkyně, Ústí nad Labem
RNDr. Petr Chvátal, AOPK ČR, Ústí nad Labem
Pavel Moravec, CHKO České středohoří, Litoměřice
Ing. Vítězslava Pešková, Ph.D., Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Jíloviště
Ing. Jiří Pospíšil, Ústav pro hospodářskou úpravu lesů, Jablonec nad Nisou
Mgr. Antonín Roušar, ZŠ Ekoškola Údlice, Chomutov
RNDr. Michal Řehoř, Ph.D., Výzkumný ústav pro hnědé uhlí a.s., Most
Ing. Veronika Řezáčová, Ph.D., FCH Vysokého učení technického, Brno
Mgr. Martin Šlachta, Ph.D., ZF Jihočeské univerzity, České Budějovice
Ing. Josef Švec, Palivový kombinát Ústí, s.p., Ústí nad Labem
Ing. Soňa Tichá, Ph.D., LDF Mendelovy univerzity, Brno
RNDr. Slávka Tóthová, Ph.D., Národné lesnícke centrum, Zvolen

Foto obálky:

Mgr. Michal Holec, Ph.D.

Vydává: FŽP UJEP v Ústí nad Labem
Tisk: Tiskárna L. V. Print, Uherské Hradiště

Toto číslo bylo dáno do tisku v srpnu 2013
ISSN 1802-212X
MK ČR E 17061

RELATÍVNA VITALITA DRUHOV BYLINNÉHO PODRASTU V MONOKULTÚRNYCH SMREČINÁCH PO APLIKÁCI DREVNÉHO POPOLA

RELATIVE VITALITY OF HERB LAYER SPECIES IN SPRUCE MONOCULTURE AFTER WOOD ASH APPLICATION

Oľga KONTRIŠOVÁ¹, Hana OLLEROVÁ¹, Jaroslav KONTRIŠ², Andrea ZACHAROVÁ¹

¹ Technická univerzita vo Zvolene, Fakulta ekológie a environmentalistiky, Katedra environmentálneho inžinierstva, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, Slovenská republika; kontriso@tuzvo.sk, ollerova@tuzvo.sk, andrea.m.zacharova@gmail.com,

² Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, Katedra fytoológie, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, Slovenská republika

Abstrakt

V príspevku spracovávame výsledky merania relatívnej vitality bylinného podrastu v smrekovej monokultúre asociácie *Oxali acetosellae* (culti) - *Piceetum excelsae* lesného celku Hriňová, v ktorom bol aplikovaný drewný popol.

Prostredníctvom odporu elektrického prúdu v pletivách asimilačných orgánov bola po dvojročnom pôsobení aplikovaného popola hodnotená relatívna vitalita rastlinných populácií. Na jar a jesennú aplikáciu drewného popola reagovali zvýšenou hodnotou relatívnej vitality semenné hemikryptofyty, *Hieracium murorum*, *Mycelis muralis*, *Luzula pilosa*, *L. luzuloides*, geohemikryptofyt *Oxalis acetosella*, nanofanerofyt *Rubus hirtus*, semenáčiky eu-fanerofytov *Sorbus aucuparia*, *Picea abies*. Populácie výtrusných papradorastových hemikryptofytov *Dryopteris filix-mas*, *D. dilatata*, bylinný plazivý chamaefyt *Veronica officinalis* a terofyt *Galeopsis tetrahit* reagovali na aplikáciu drewného popola znížením hodnoty relatívnej vitality v jarom i jesennom období.

Analýzou variancie sme potvrdili, že rozdiely v relatívnej vitalite medzi hemikryptofytmi a fanerofytmi na plochách s aplikáciou popola sú štatisticky významné.

Kľúčové slová: drewný popol, relatívna vitalita, smreková monokultúra, byliny

Abstract

In a present work are shown measurements of relative vitality of herb layer in a spruce monoculture of association *Oxali acetosellae* (culti) - *Piceetum excelsae* in Forest Management Unit Hriňová, where wood ash had been applied.

After 2 years from woodash application, relative vitality of plant populations was studied through measurement of electric resistance of assimilation organs. After spring and autumn application of wood ash, the relative vitality of seed-bearing hemicryptophytes *Hieracium murorum*, *Mycelis muralis*, *Luzula pilosa*, *L. luzuloides*, geohemicryptophytes *Oxalis acetosella*, nanophanerophyte *Rubus hirtus* and seedlings of eu-phanerophytes *Sorbus aucuparia* and *Picea abies*. On the other hand, populations of fern hemicryptophytes *Dryopteris filix-mas*, *D. dilatata*, trailer herb chamaephyte *Veronica officinalis* and therophyte *Galeopsis tetrahit* responded to the application of wood ash with lower relative vitality in spring and autumn.

On the basis of analysis of variance we can confirmed that the differences in relative vitality between hemicryptophytes and phanerophytes on the plots after wood ash application are statistically significant.

Key words: wood ash, relative vitality, spruce monocultures, herb layer

Úvod

Využívaním drewnej biomasy v energetike dochádza k produkcii odpadov – drewného popola, ktorý sa v prevažnej miere dostáva na skládky komunálneho odpadu, čo prináša výrobcom energie zvýšené výdavky na jeho zneškodnenie. Drewný popol je v zmysle Vyhlášky 284/2001 Ministerstva

životného prostredia SR zaradený do kategórie ostatné odpady, do skupiny odpadov č. 1001 – odpad z elektrární a iných spaľovacích zariadení; 1001 01 – popol, škvára a prach z kotlov (O). Nemá vlastnosti nebezpečného odpadu. Obsahuje množstvo živín (Oberberger et al., 1997), ktoré podľa viacerých literárnych údajov (Ludwig et al., 2002, Bundt et al., 2001, Jacobson, 2003, Tóthová, 2007, Kuokkanen, 2009 a ďalší) je možné využiť na hnojenie pôd v lesnom hospodárstve a ako médium na vápnenie pôd (Sahota, 2007, Lickacz, 2002) aj v poľnohospodárstve. Popol všeobecne znižuje aciditu pôdy, obsah výmenného hliníka, celkového uhlíka v humusovej vrstve, transfer dusíka a rozpustného organického uhlíka, zvyšuje pôdnu respiráciu, podiel prístupného Ca a Mg, jednomocných a dvojmocných katiónov a tým aj výmennú pôdnu kapacitu.

V predložennom príspevku sme sústredili pozornosť na vplyv aplikovaného drewného popola na relatívnu vitalitu druhov bylinného podrastu na experimentálnych plochách v monokultúre smreka na území LZ Hriňová.

Na hodnotenie vitality druhov sa používajú rôzne vizuálne (v lesníckej praxi), prístrojové a experimentálne (laboratórne) metódy. Prístrojové hodnotenie vitality je objektívnou metódou, založenou na exaktne merateľných hodnotách, nezávislých od subjektu posudzovateľa. Vitalita nemá žiadnu mernú jednotku, preto je možné zisťovať len relatívnu vitalitu jedincov prostredníctvom rôznych prístrojov a nimi nameraných hodnôt. Ide o prístroje, ktoré sú technicky jednoduché, ekonomicky nenáročné a objektívne. Úspešné používanie elektronických prístrojov na meranie vitality drewnín je známe od roku 1985 a s rozvojom techniky pokračoval aj vývoj používaných prístrojových metód, ktoré uvádzajú Jura et al. (1988, 1990), Čaboun (1994, 1998), Hlávka (2007), Vrábliková & Vráblik (1999), Kontrišová et al. (2009) a ďalší.

Vitalita rastlinných druhov predstavuje životaschopnosť organizmu, jedinca alebo celej populácie rastlín žiť a obnovovať život v určitých podmienkach prostredia. Ak podmienky prostredia nie sú v príslušnom optime, dochádza vo vývojovom cykle jednotlivých druhov k určitým zmenám. Fyziologická vitalita je prejavom procesu rastu, vývinu, rozmnožovania a zároveň tiež schopnosti reagovať na najrôznejšie vonkajšie podnety. Niektoré druhy veľmi rýchlo reagujú zmenou vitality hlavne v kontaminovanom prostredí.

Materiál a metódy

Vplyv aplikovaného drewného popola na relatívnu vitalitu druhov bylinného podrastu sme sledovali na monitorovacej ploche lokalizovanej v monokultúrnej, cca 40-ročnej smrečine ass. *Oxali acetosellae* (culti) - *Piceetum excelsae* (Kontriš et al., 2010). Z hľadiska základných lesohospodárskych charakteristík patrí vybraný porast do hospodárskeho súboru 45 HV 90, do skupiny lesných typov živné bučiny, lesný typ 4312 marinková typická bučina, ekologický rad B – živný, lesný celok Hriňová, dielec 138B.

Aplikácia drewného popola z teplárne v Hriňovej bola realizovaná v množstve 5 kg.m⁻² (ekv. CaCO₃ 20,53%, C_{ox} 3,48%, K 35 900, Mg 12 300, Ca 118 700, Fe 22600, P 7975, Mn 4 512, Zn 424, Cu 74, Cr 39,05, Pb 30,27, As 9,01, Cd 3,49, Mg 0,0102 mg.kg⁻¹) na monitorovacej ploche P1 na jar 23. apríla 2010 a na monitorovacej ploche P2 v jeseni 21. októbra 2010.

Na sledovanie vplyvu drewného popola na relatívnu vitalitu populácií druhov *Oxalis acetosella*, *Hieracium murorum*, *Mycelis muralis*, *Luzula pilosa*, *L. luzuloides*, *Rubus hirtus*, *Sorbus aucuparia*, *Picea abies* (semenáčiky z prirodzeného náletu), *Galeopsis tetrahit*, *Dryopteris filix-mas*, *D. dilatata* a *Veronica officinalis* sme použili nedeštruktívnu, elektrodiagnostickú metódu. Je to metóda, pri ktorej sme využili meraciu techniku - bioindikačné kliešte KSM-3, model 100 firmy ELASCO Kolín - ČR, modifikované pre naše potreby s prepojeným káblom na digitálny multiméter napájaný 9V batériou. Prietok prúdu sme zaznamenávali hodnotou elektrického odporu v rozsahu 0-2000 kΩ a prepočítali na mA podľa vzorca:

$$RV = \frac{9}{\Omega} \cdot 10^{-3}$$

kde RV je relatívna vitalita, Ω nameraná hodnota el. odporu.

Merania sme urobili jednorazovo 3. 7. 2012 na plochách s jarnou a jesennou aplikáciou popola a na kontrolnej lokalite.

Ekologická terminológia a hodnotenie ekologickej konštitúcie rastlinných populácií bolo urobené podľa metód uvedených v prácach Jurka (1990), Ellenberga (1992) a Jeníka (1964). Botanická terminológia je uvádzaná podľa Marholda a Hindáka (1998).

Významnosť vplyvu drevného popola (skúmaný faktor) na relatívnu vitalitu sledovaných populácií druhov sme overili pomocou analýzy variancie, významnosť rozdielov medzi priemermi jednotlivých úrovní faktora sme testovali s použitím Duncanovho testu (Šmelko 1991).

Výsledky a diskusia

Výsledky meraní relatívnej vitality skúmaných populácií druhov (*Oxalis acetosella*, *Hieracium murorum*, *Mycelis muralis*, *Luzula pilosa*, *L. luzuloides*, *Rubus hirtus*, *Sorbus aucuparia*, *Picea abies*, *Galeopsis tetrahit*, *Dryopteris filix-mas*, *D. dilatata* a *Veronica officinalis*) na trvalej výskumnej ploche P1 po jarnej, na P2 po jesennej aplikácii drevného popola a na kontrole (K – bez aplikácie popola) sú uvedené v tab. 1 a 2 a na obr. 1 a 2. V tab. 1 a na obr. 1 uvádzame skupinu druhov, ktoré vykazovali vyššie hodnoty relatívnej vitality oproti kontrole, v tab. 2 a na obr. 2 uvádzame druhy, u ktorých sme zaznamenali hodnoty nižšie, ako na kontrolnej ploche.

Z tabuliek 1 a 2 a z grafov 1 a 2 je zrejmé, že hodnoty relatívnej vitality (RV) jednotlivých druhov sú rozdielne. Súvisí to s ekologickou, ako aj genetickou konštitúciou jedincov vyskytujúcich sa na plochách. Všeobecne vyššie hodnoty oproti kontrole po aplikácii popola sme zaznamenali u *Oxalis acetosella*, *Hieracium murorum*, *Mycelis muralis*, *Luzula pilosa*, *L. luzuloides*, *Rubus hirtus*, *Sorbus aucuparia* a *Picea abies*. Priemerné hodnoty RV po jarnej aplikácii boli v rozmedzí 14,71 – 22,03 mA, čo predstavovalo zvýšenie nameraných hodnôt oproti kontrole o 5–55 %. Po jesennej aplikácii sa namerané hodnoty pohybovali v rozmedzí 13,98 – 20,94 mA a predstavovali hodnoty vyššie oproti kontrole o 5–74 %. Na kontrole vykazovali priemerné hodnoty 11,98 – 17,97 mA. Všeobecne vyššie hodnoty RV jedincov sme zaznamenali na plochách s aplikovaným popolom na jar. Z tabuliek a grafov je zrejмый rozdiel v relatívnej vitalite aj po porovnaní jarnej a jesennej aplikácie popola. Výrazne sa to prejavilo v populácii *Luzula pilosa*, kde sa po jesennej aplikácii jej hodnota RV zvýšila až o 74 % (8,96 mA) a po jarnej aplikácii o 40 % (4,77 mA).

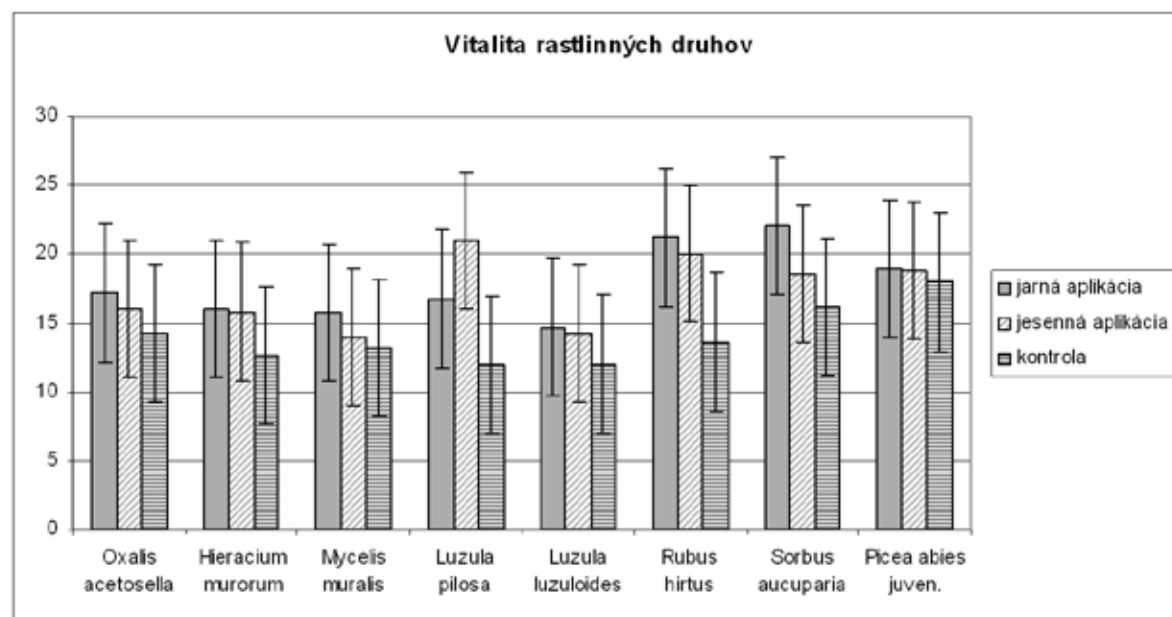
Tabuľka 1 Relatívna vitalita (mA) rastlinných populácií na trvalých monitorovacích plochách

TVP 1	Jarná aplikácia popola							
Názov druhu	<i>Oxalis</i>	<i>Hieracium</i>	<i>Mycelis</i>	<i>Luzula</i>	<i>Luzula</i>	<i>Rubus</i>	<i>Sorbus</i>	<i>Picea</i>
	<i>acetosella</i>	<i>murorum</i>	<i>muralis</i>	<i>pilosa</i>	<i>luzuloides</i>	<i>hirtus</i>	<i>aucuparia</i>	<i>abies</i>
n	20	10	11	10	8	11	10	10
x (mA)	17,17	16,03	15,71	16,75	14,71	21,2	22,03	18,94
median	13,42	15,4	13,21	12,31	13,015	20,88	18,88	16,61
max.	34,35	23,56	28,03	35,85	23,62	36,29	41,09	33,41
min.	9,3	9,27	9,37	9,07	9,37	10,46	12,11	10,53
smer. odch.	8,37	5,28	6,38	9,22	4,76	8,88	8,69	7,51
var. koef. %	48,73	32,91	40,61	55,04	32,35	41,88	39,49	39,66
TVP 2	Jesenná aplikácia popola							
n	10	10	10	10	10	10	10	10
x (mA)	15,98	15,79	13,98	20,94	14,26	20,00	18,57	18,87
median	14,44	14,935	11,56	21,66	14,11	18,83	18,12	17,99
max.	24	23,62	26,08	37,81	22,33	31,57	38,13	28,3
min.	9,22	9,11	9,03	9,92	9,12	9,26	9,05	9,61
smer. odch.	5,47	4,07	6,02	11,48	4,09	8,67	8,28	6,15
var. koef. %	34,29	25,77	43,06	54,87	28,68	43,35	44,58	32,59

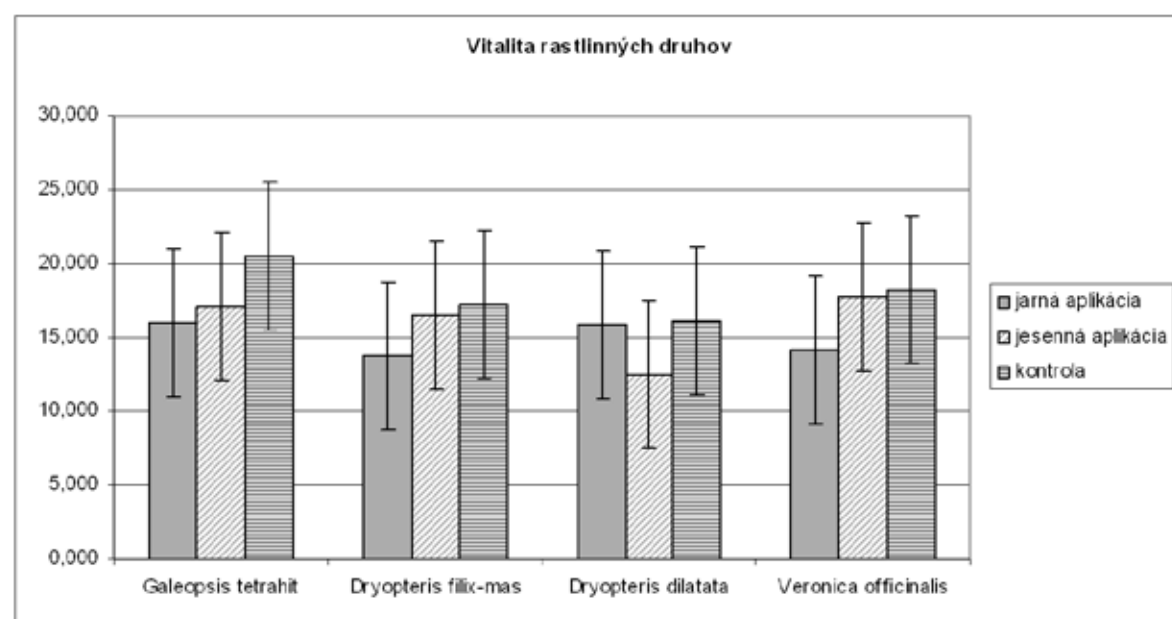
TVP K	Kontrola							
n	10	6	10	10	10	10	10	10
x (mA)	14,23	12,65	13,17	11,98	12,03	13,65	16,11	17,97
median	11,18	11,17	10,31	10,84	11,38	12,49	15,19	13,95
max.	27,52	22,11	27,1	24,19	15,7	21,79	35,01	46,39
min.	9,41	9,51	9	9,03	9,07	9,09	9,7	9,37
smer. odch.	6,85	4,77	5,79	4,44	2,62	3,95	7,76	10,91
var. koef. %	48,13	37,7	43,96	37,06	21,77	28,93	48,16	65,03

Tabuľka 2 Relatívna vitalita (mA) rastlinných populácií na trvalých monitorovacích plochách

TVP 1	Jarná aplikácia popola			
Názov druhu	<i>Galeopsis</i>	<i>Dryopteris</i>	<i>Dryopteris</i>	<i>Veronica</i>
	<i>tetrahit</i>	<i>filix-mas</i>	<i>dilatata</i>	<i>officinalis</i>
n	10	9	10	10
x (mA)	16,01	13,77	15,84	14,17
median	11,75	10,81	14,39	11,89
max.	45,68	33,83	23,31	26,01
min.	9,06	9,13	9,65	9,3
smer. odch.	11,17	7,94	5,62	5,19
var. koef. %	69,78	57,71	35,49	36,66
TVP 2	Jesenná aplikácia popola			
n	9	10	10	11
x (mA)	17,48	16,56	12,47	17,49
median	16,57	16,235	12,015	12,51
max.	28,12	24	18,55	33,68
min.	9,01	10,88	9,2	9,04
smer. odch.	6,95	4,69	3,18	10,23
var. koef. %	39,77	28,36	25,51	58,51
TVP K	Kontrola			
n	2	10	9	10
x (mA)	20,56	17,31	16,18	18,22
median	20,56	12,39	16,69	15,7
max.	25,13	43,68	33,7	35,57
min.	15,98	9,16	9,07	10,63
smer. odch.	6,47	10,53	7,52	9,01
var. koef. %	31,48	60,87	46,46	49,45



Obr. 1 Priemerné hodnoty relatívnej vitality (mA) a rozpätie variability skúmaných druhov (*Oxalis acetosella*, *Hieracium murorum*, *Mycelis muralis*, *Luzula pilosa*, *L. luzuloides*, *Rubus hirtus*, *Sorbus aucuparia*, *Picea abies*) na monitorovacích plochách



Obr. 2 Priemerné hodnoty relatívnej vitality (mA) a rozpätie variability skúmaných druhov (*Galeopsis tetrahit*, *Dryopteris filix-mas*, *D. dilatata* a *Veronica officinalis*) na monitorovacích plochách

Nižšie hodnoty RV oproti kontrole vykazovali druhy *Galeopsis tetrahit*, *Dryopteris filix-mas*, *D. dilatata* a *Veronica officinalis*. Rozpätie variability priemerných hodnôt predstavovalo 13,77–16,01 mA. Po jarnej aplikácii bola hodnota nižšia o 2–28 % po jesennej aplikácii o 4–29 %.

V neovplyvnenom prostredí kontrolnej trvalej výskumnej plochy (TVPK) mali najnižšiu hodnotu RV oligotrofné trsnaté hemikryptofyty *Luzula pilosa* (11,98 mA) a *Luzula luzuloides* (12,03 mA). Najvyššie hodnoty RV mali semenáčiky makrofanerofytov *Picea abies* (17,97 mA) a *Sorbus aucuparia* (16,11 mA), eutrofné hemikryptofyt papradorasty *Dryopteris dilatata* (16,18 mA), *Dryopteris filix mas* (17,31 mA), oligotrofný bylinný plazivý chamaefyt *Veronica officinalis* (18,22 mA) a eutrofný euterofyt *Galeopsis tetrahit* (20,56 mA). Širokolistové a ružicové hemikryptofyty *Mycelis muralis*, *Hieracium murorum*, nanofanerofyt *Rubus hirtus* a geohemikryptofyt *Oxalis acetosella* patria do skupiny druhov so strednými hodnotami RV (12,65–14,23 mA).

RV po jarnej aplikácii drevného popola bola u bylinného hemikryptofytu *Luzula luzuloides* 14,71 mA a u geohemikryptofytu *Oxalis acetosella* 17,17 mA. Vyššiu hodnotu RV ako bylinné hemikryptofyty majú eufanerofyty *Picea abies* (18,94 mA), *Sorbus aucuparia* (22,03 mA) a nanofanerofyt *Rubus hirtus* (21,20 mA). V porovnaní s rastlinnými populáciami z TVPK sa hodnota RV najviac líšila v populácii *Rubus hirtus* o 7,55 mA (55 %) a u *Sorbus aucuparia* o 5,92 mA (36 %). Z bylinných hemikryptofytov sa najviac zvýšili hodnoty RV v populácii trsnatého hemikryptofytu *Luzula pilosa* o 4,85 mA (39 %) a ružicového hemikryptofytu *Hieracium murorum* o 3,38 mA (26 %). Najmenej sa zvýšila RV v populácii bylinno-listnatého hemikryptofytu *Mycelis muralis* o 2,54 mA (19 %). *Luzula luzuloides*, ako druh s najmenej zvýšenou hodnotou RV (14,71 mA) má oproti TVPK vyššiu RV o 2,69 mA (22 %) a geohemikryptofyt *Oxalis acetosella* o 2,9 mA (21 %). V populácii semenáčikov smreka sa hodnota RV zvýšila najmenej, t.j. iba o 0,97 mA (5 %).

Jesenná aplikácia popola mala pozitívny vplyv na RV tých istých populácií, u ktorých sa po jeho jarnej aplikácii zvýšila hodnota RV. Najvyššia variabilita v zvyšovaní hodnôt RV bola v populáciách semených hemikryptofytov. V populácii *Mycelis muralis* sa oproti kontrole zvýšila hodnota RV o 0,81 mA (6 %), *Luzula pilosa* o 8,96 mA (74 %), *Luzula luzuloides* o 2,23 mA (18 %) a *Hieracium murorum* o 3,14 mA (24 %). V populáciách fanerofytov sa v porovnaní s kontrolou najmenej zvýšila hodnota RV o 0,9 mA (5 %) v populácii semenáčikov *Picea abies* a najviac o 2,46 mA (15 %) v populácii semenáčikov *Sorbus aucuparia*. Nanofanerofyt *Rubus hirtus* mal hodnotu RV vyššiu o 6,35 mA (46 %) a geohemikryptofyt *Oxalis acetosella* o 1,75 mA (12 %).

Hemikryptofyty papradorastových populácií, bylinný chamaefyt a terofyt reagovali na jesennú aplikáciu popola podobne ako na jarnú, t.j. znížením hodnoty RV. Hodnota RV sa oproti kontrole znížila o 3,71 mA (29 %) v populácii *Dryopteris dilatata* a *Galeopsis tetrahit* o 3,08 mA (17 %). V populácii *Dryopteris filix-mas* bola hodnota RV v porovnaní s kontrolou nižšia o 0,75 mA (4 %) a *Veronica officinalis* o 0,73 mA (4 %).

Inhibícia chemických látok z popola do pôdy bola pri jesennej aplikácii o jedno vegetačné obdobie kratšia. To sa prejavilo v tom, že hodnoty RV boli oproti jarnej aplikácii nižšie pri druhoch s pozitívnym vplyvom popola na RV o 0,07 mA (0,3 %) u *Picea abies*, až o 3,46 mA (18 %) u *Sorbus aucuparia*. Výnimkou je *Luzula pilosa*, u ktorej bola oproti jarnej aplikácii popola hodnota RV vyššia o 4,19 mA (25 %). Malé rozdiely medzi jarňou a jesennou aplikáciou boli zistené vo všetkých formách semených hemikryptofytov (*Luzula luzuloides* o 0,45 mA (3 %), *Oxalis acetosella* o 1,2 mA (7 %), *Mycelis muralis* o 1,73 mA (12 %).

V populáciách papradorastových hemikryptofytov, bylinného chamaefytu *Veronica officinalis* a terofytu *Galeopsis tetrahit* gradovalo znižovanie hodnoty RV v rozmedzí 13,77 mA (*Dryopteris filix mas*) až 16,01 mA (*Galeopsis tetrahit*). Bylinný chamaefyt *Veronica officinalis* mala hodnotu RV 14,17 mA a *Dryopteris dilatata* 15,84 mA. Po jarnej aplikácii popola sa oproti kontrole najvýraznejšie znížila hodnota RV v populáciách *Dryopteris filix mas* o 3,54 mA (25 %), *Veronica officinalis* o 4,05 mA (28 %) a *Galeopsis tetrahit* o 4,55 mA (28 %). V populácii *Dryopteris dilatata* sa hodnota RV po jarnej aplikácii popola znížila iba o 0,34 mA (2 %).

Z rastlinných populácií, u ktorých popol po jarnej aplikácii pôsobil negatívne na RV, bola hodnota RV po jesennej aplikácii nižšia v populácii *Dryopteris dilatata* o 3,37 mA (27 %). V ostatných populáciách tejto skupiny rastlín je RV po jesennej aplikácii popola oproti jarnej vyššia u *Dryopteris filix-mas* o 2,79 mA (20 %), *Veronica officinalis* o 3,32 mA (23 %) a *Galeopsis speciosa* o 1,47 mA (9 %).

V prirodzených podmienkach kontrolnej monitorovacej plochy mali populácie bylinných hemikryptofytov a geofytov najnižšiu priemernú hodnotu RV (12,8 mA), dreviny mali priemernú hodnotu RV oproti nim vyššiu o 3,0 mA. Populácie rastlín, u ktorých sa popol negatívne prejavil na hodnote RV, majú oproti bylinám v prirodzených podmienkach vyššiu priemernú hodnotu RV o 5,26 mA (43 %) a oproti fanerofytom o 2,26 mA (14 %). Po jesennej a jarnej aplikácii popola mali najvyššiu priemernú hodnotu RV fanerofyty 17,7 mA. Byliny majú oproti nim nižšiu priemernú hodnotu RV o 1,62 mA (9 %). Skupina druhov, u ktorých sa aplikácia popola prejavila znížením hodnoty RV, majú RV oproti fanerofytom nižšiu o 2,8 mA (15 %). Po jesennej aplikácii popola mali dreviny priemernú hodnotu RV 19,7 mA, čo je oproti bylinným hemikryptofytom viac o 2,8 mA (14 %) a oproti papradorastom vrátane bylinného chamaefytu a terofytu o 3,7 mA (18 %). Priemerné hodnoty hemikryptofytov (12,8 mA) boli po jarnej aplikácii vyššie o 3,72 mA (18 %) a po jesennej aplikácii o 4,1 mA (20 %). Dreviny majú po jarnej aplikácii oproti kontrole (18,06 mA) vyššie hodnoty o 1,9 mA (10 %) a po jesennej aplikácii viac o 3,9 mA (21 %). Papradorasty, chamaefyty a terofyty majú oproti kontrole po jarnej aplikácii popola nižšiu priemernú relatívnu vitalitu o 3,16 mA (17 %) a po jesennej aplikácii o 2,06 mA (11 %). V prirodzených podmienkach smeruje gradient zvyšovania RV od hemikryptofytov

(12,8 mA) cez dreviny (15,8 mA) k papraďorastom (18,06 mA). Po jarnej aplikácii je gradient opačný, najnižšiu hodnotu RV majú papraďorasty vrátane chmaefytu a terotyty (16,0 mA), hemikryptofyty (16,9 mA) a najväčšiu dreviny (17,7 mA).

Populácie semenných hemikryptofytov zo zvýšenou RV patria podľa ekologickej konštitúcie do kategórie sciofytných rastlín s relatívnym svetelným požitkom od 1 do 10 %. Táto skupina rastlinných populácií okrem *Mycelis muralis* je k teplote prostredia indiferentná. Ťažiskom ich rozšírenia je oceánická až suboceánická oblasť. Pôdy, na ktorých sú rozšírené, sú čerstvo vlhké až vlhké s kyslou až stredne kyslou pôdnou reakciou. Populácie tejto skupiny indikujú pôdy stredne bohaté, len *Oxalis acetosella* indikuje pôdy humózne. Stromové a krovinné fanerofyty patria do kategórie hemiscio- až hemiheliofytných s relatívnym svetelným požitkom 20–30 %. Vyskytujú sa prevažne v chladných až mierne teplých polohách suboceánickej a subkontinentálnej oblasti na mierne vlhkých pôdach. Druhy tejto kategórie ekoelementov sú indiferentné k pôdnej reakcii i k obsahu živín v pôde. Populácie so zníženou RV patria podľa morfoelementov k sciofytom (*Veronica officinalis*) až hemiheliofytom (*Galeopsis tetrahit*) s relatívnym svetelným požitkom 5–30 %. Voči teplote prostredia sú indiferentné, vyskytujú sa v oceánickej a suboceánickej oblasti na stredne vlhkých až vlhkých, kyslých až stredne kyslých, na živiny spravidla bohatých pôdach. Iba *Veronica officinalis* je indikátorom pôd chudobných na živiny.

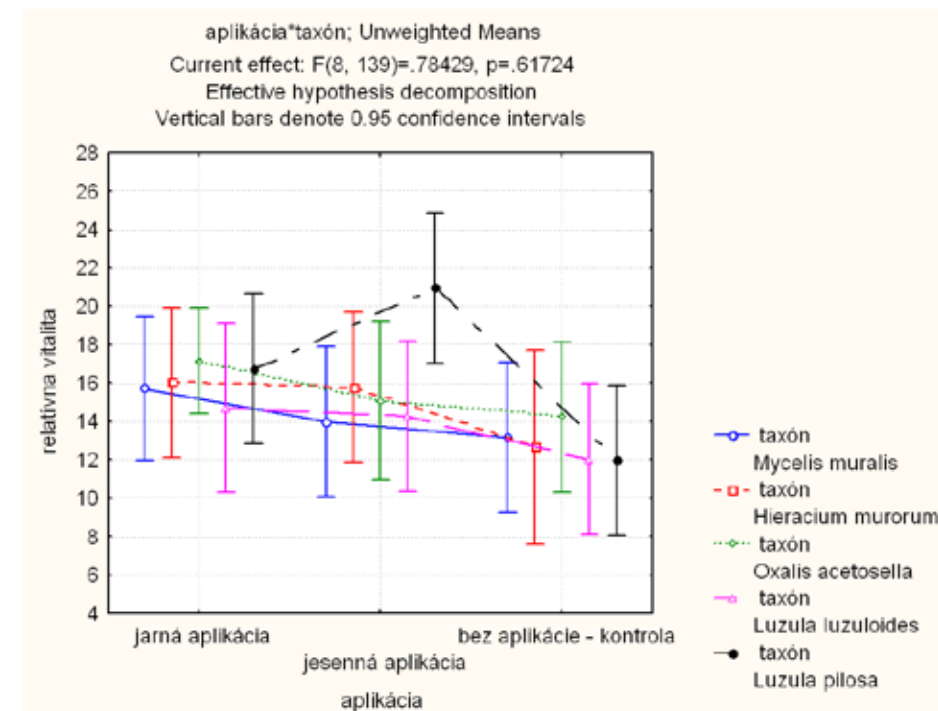
Anatomický typ stavby listov je u väčšiny rastlinných populácií so zvýšenou i so zníženou vitalitou mezotrofný. Len populácia *Oxalis acetosella* má prechodný typ mezohydromorfný. Zo štruktúrnych znakov rastlinných populácií má na diferenciáciu RV najvýhodnejší vplyv trvácnosť listov. V populáciách rastlín so zvýšenými hodnotami RV prevládajú druhy, ktoré majú časť listovej hmoty zelenú počas celej zimy (75 %), druhy so zelenými listami v letnom období majú v tejto skupine len 25% zastúpenie. Pomer týchto druhov je v populáciách rastlín so zníženou RV opačný. Druhy s listami v lete zelenými majú 75% podiel a druhy s listami vytrvalými aj v zime 25% podiel.

Analýza spektra morfoelementov poukazuje na to, že na diferencovanej reakcii rastlinných populácií sa podieľa pozícia, spôsob a ochrana obnovovacích orgánov pred nepriaznivými životnými podmienkami tak v rámci druhov, ktorých RV sa zvýšila, ako aj u druhov so zníženou vitalitou. V populáciách rastlín so zvýšenou RV sa vyskytujú druhy hemikryptofytne (trstnaté), u ktorých sú meristemické pletivá chránené pred nepriaznivými podmienkami živými, alebo odumretými listovými pošvami, listami, resp. stebkami (sitiny), ružicou listov (*Hieracium murorum*), bylňovými listami (*Mycelis muralis*), opadankou a pôdou (*Oxalis acetosella*), alebo šupinami a pokožkovými pletivami (dreviny).

V skupine druhov so zníženou RV sú papraďorastové hemikryptofyty, ktoré majú meristemické pletivá chránené šupinami a odumretými sporotrofofilmi, plazivý bylňový chamaefyt (*Veronica officinalis*) s vytrvalou polievavou zakoreňujúcou bylou nesúcou obnovovacie púčiky a jednoročné terofyty, u ktorých sú meristemické pletivá chránené morfológicko-anatomickými štruktúrami zrna a spór (*Galeopsis tetrahit*). Morfoelementy sa výraznejšie prejavujú na gradiente priemerných hodnôt RV. V prirodzených podmienkach majú najvyššiu priemernú RV druhy papraďorastových hemikryptofytov, bylňových chamaefytov a terofytov (18,06 mA). Fanerofyty majú 15,8 mA, najmenšie hodnoty RV majú bylňové hemikryptofyty (12,8 mA). Po jarnej a jesennej aplikácii majú najvyššiu RV fanerofyty (17,7 mA – jar, 19,7 mA – jeseň), bylňové hemikryptofyty mali na jar a na jeseň takmer rovnakú hodnotu RV (16,07 mA; 16,9 mA). Najnižšiu hodnotu RV mali papraďorasty, *Veronica officinalis* a *Galeopsis tetrahit* (16,0 mA).

Z ekologickeho spektra sa na diferenciácii RV prejavuje vzťah taxónov k parametru svetelného požitku, k teplote prostredia, čiastočne ku kontinentalite, pôdnej reakcii a k živinám. Svetelné pomery sa výrazne prejavujú v rámci druhov, ktoré majú po aplikácii popola vyššiu RV. Podľa priemerného ekočísła 2,5 patria hemikryptofyty tejto skupiny k sciofytom a fanerofyty s priemerným ekočísлом 6,0 k hemisciofytom až hemiheliofytom. Skupina druhov so zníženou RV sa od tejto skupiny odlišuje tým, že sa v nej nevyskytujú sciofyty. Podobne sa na diferenciácii týchto skupín prejavuje vzťah taxónov k teplote a ku kontinentalite. Hemikryptofyty sú hemitermofilné (ekočíslo 5), oceánické (ekočíslo 2,5). Fanerofyty sú viac-menej sciofytné (ekočíslo 3,5) a intermediárne (ekočíslo 5). Všetky druhy so zníženou RV sú k faktoru teplo indiferentné a suboceánické (ekočíslo 3). Vzťah k pôdnej vlhkosti je v oboch skupinách približne rovnaký. Druhy so zvýšenou RV osídľujú pôdy kyslejšieho charakteru (ekočíslo 5) a druhy so zníženou RV pôdy mierne kyslé (ekočíslo 5). Vzťah k živinám je pri oboch skupinách relatívne rovnaký (ekočíslo 4,2; 5,3).

Významnosť vplyvu aplikácie popola na relatívnu vitalitu druhov sme overovali pomocou analýzy variancie (tab. 3–6, obr. 3–6)

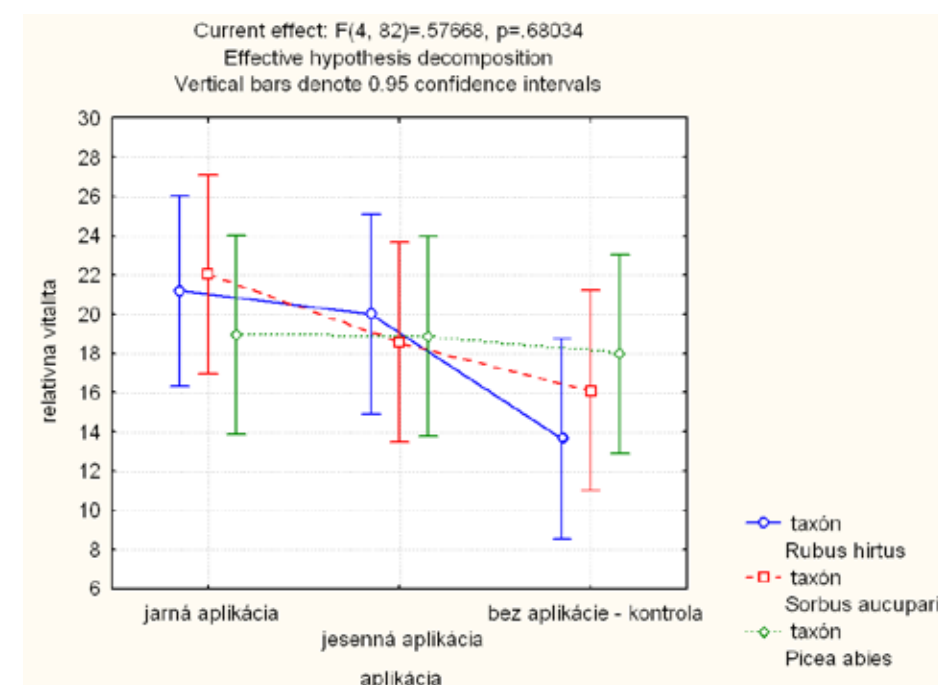


Obr. 3 Porovnanie relatívnej vitality (mA) hemikryptofytov v závislosti od obdobia aplikácie popola

Tabuľka 3 Výsledky analýzy variancie pre hodnotenie významnosti rozdielov v relatívnej vitalite u hemikryptofytov v závislosti od aplikácie popola

	suma štvorcov	stupne voľnosti	rozptyl	F-hodnota	p
vnútorná	32650.32	1	32650.32	832.7856	0.000000
aplikácia popola	322.28	2	161.14	4.1101	0.018442
taxón	146.77	4	36.69	0.9359	0.445172
aplikácia popola*taxón	245.99	8	30.75	0.7843	0.617237
reziduálna	5449.66	139	39.21		

F_{0,05} = 2,03, F_{0,01} = 2,69

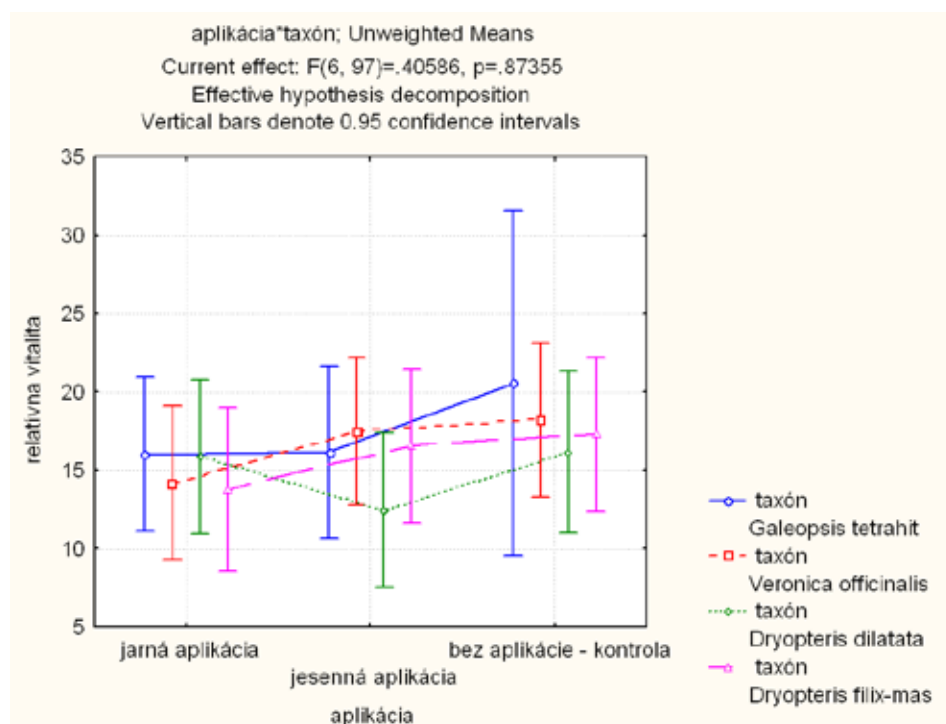


Obr. 4 Porovnanie relatívnej vitality (mA) fanerofytov v závislosti od obdobia aplikácie popola

Tabuľka 4 Výsledky analýzy variancie pre hodnotenie významnosti rozdielov v relatívnej vitalite u fanerofytov v závislosti od aplikácie popola

	suma štvorcov	stupne voľnosti	rozptyl	F-hodnota	p
vnútorná	31433.45	1	31433.45	480.4453	0.000000
aplikácia popola	365.92	2	182.96	2.7965	0.066855
taxón	5.84	2	2.92	0.0446	0.956402
aplikácia popola*taxón	150.92	4	37.73	0.5767	0.680337
reziduálna	5364.90	82	65.43		

$F_{0,05} = 2,46$, $F_{0,01} = 3,51$



Obr. 5 Porovnanie relatívnej vitality (mA) u zmiešanej skupiny morfoelementov v závislosti od obdobia aplikácie popola

Tabuľka 5 Výsledky analýzy variancie pre hodnotenie významnosti rozdielov v relatívnej vitalite u zmiešanej skupiny morfoelementov v závislosti od aplikácie popola

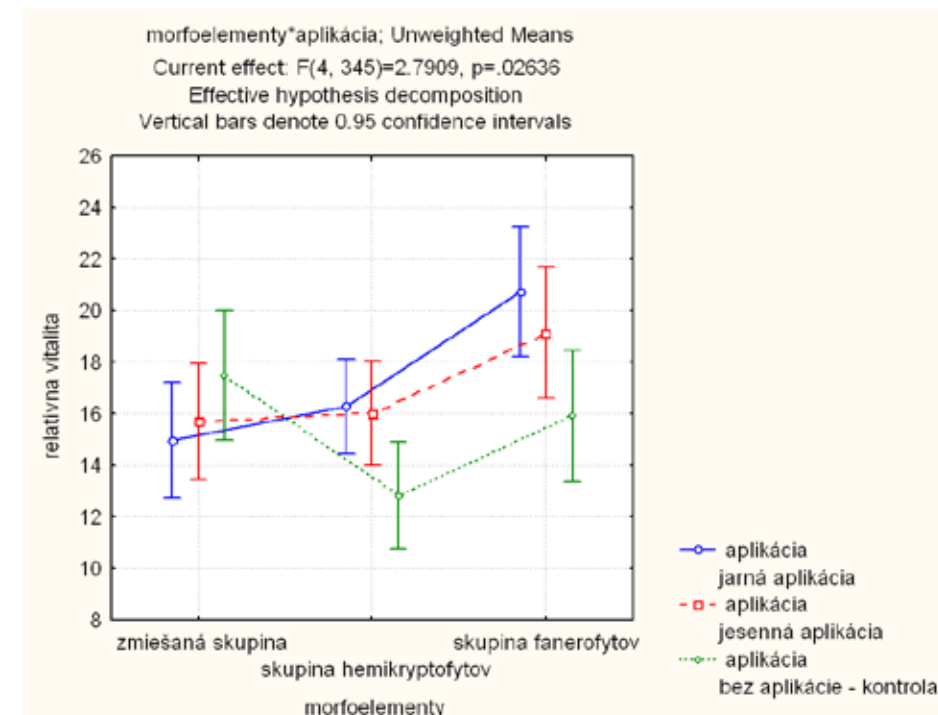
	suma štvorcov	stupne voľnosti	rozptyl	F-hodnota	p
vnútorná	23143.33	1	23143.33	375.7193	0.000000
aplikácia popola	129.82	2	64.91	1.0537	0.352584
taxón	82.99	3	27.66	0.4491	0.718505
aplikácia popola*taxón	150.00	6	25.00	0.4059	0.873554
reziduálna	5974.95	97	61.60		

$F_{0,05} = 2,19$, $F_{0,01} = 2,99$

Na základe získaných výsledkov v analýze variancie môžeme konštatovať, že rozdiely medzi priemernými hodnotami relatívnej vitality druhov v závislosti od aplikácie popola nie sú štatisticky významné. Rozdiely medzi jednotlivými plochami sú malé, intervaly spoľahlivosti sa prekrývajú a aplikácia popola neovplyvnila štatisticky významne vitalitu väčšiny druhov v porovnaní s kontrolnou plochou (obr. 3–5, tab. 3–5).

Výnimky spomedzi 12 druhov tvoria 2 druhy - *Luzula pilosa* a *Rubus hirtus*. Štatisticky významný rozdiel v hodnotách relatívnej vitality je u *Luzula pilosa* len medzi plochou s jesennou aplikáciou popola a kontrolnou plochou (obr. 3). Hodnota relatívnej vitality na ploche s jesennou aplikáciou popola je 20,94 a na kontrolnej ploche 11,98. U *Rubus hirtus* je štatisticky významný rozdiel

v hodnotách relatívnej vitality medzi plochou s jarnou aplikáciou – 21,20 a kontrolnou plochou – 13,65 (obr. 4).



Obr. 6 Relatívna vitalita (mA) bylinného poschodia v závislosti od aplikácie popola a morfoelementov

(hemikryptofyty: *Mycelis muralis*, *Hieracium murorum*, *Oxalis acetosella*, *Luzula luzuloides*, *Luzula pilosa*, fanerofyty: *Picea abies*, *Rubus hirtus*, *Sorbus aucuparia*, zmiešaná skupina: papraďorasty - *Dryopteris dilatata*, *D. filix-mas*, terofyt - *Galeopsis tetrahit*, chamaefyt - *Veronica officinalis*)

Tabuľka 6 Hodnotenie vplyvu dreveného popola a morfoelementov rastlinných populácií na relatívnu vitalitu druhov bylinného poschodia

	suma štvorcov	stupne voľnosti	rozptyl	F-hodnota	p
vnútorná	92035.95	1	92035.95	1806.947	0.000000
morfoelement	724.11	2	362.06	7.108	0.000944
aplikácia popola	226.73	2	113.37	2.226	0.109538
morfoelement * aplikácia popola	568.62	4	142.15	2.791	0.026356
reziduálna	17572.41	345	50.93		

$F_{0,05} = 2,39$, $F_{0,01} = 3,36$

Analýzou variancie sme testovali vplyv dreveného popola a súčasne morfoelementov rastlinných populácií na relatívnu vitalitu (obr. 6). Z obr. 6 vyplýva, že najvyššia vitalita bola zaznamenaná u fanerofytov (*Picea abies*, *Rubus hirtus* a *Sorbus aucuparia*) po jarnej aplikácii dreveného popola – 20,74. Rozdiel medzi priemernými hodnotami hemikryptofytov a fanerofytov po jarnej aj jesennej aplikácii je štatisticky významný. Priemerná hodnota relatívnej vitality hemikryptofytov po jarnej aplikácii je 16,30, po jesennej 16,03, fanerofytov po jarnej aplikácii 20,74 a po jesennej 19,15. Hodnoty relatívnej vitality na kontrolnej ploche bez aplikácie dreveného popola sú u skupiny hemikryptofytov i fanerofytov nižšie (12,83; 15,91). Môžeme preto konštatovať, že aplikácia popola pozitívne vplyva na relatívnu vitalitu. U skupiny druhov (*Dryopteris dilatata*, *D. filix-mas*, *Galeopsis tetrahit* a *Veronica officinalis*) s označením zmiešané je situácia opačná. Najnižšie hodnoty relatívna vitalita dosiahla na ploche s jarnou aplikáciou (14,98) a najvyššie na kontrolnej ploche (17,48). Rozdiel medzi týmito dvomi plochami je štatisticky významný na 5% hladine.

Súhrn

Aplikácia drevného popola z teplárne Hriňová bola realizovaná na monitorovacích plochách v smrekovej 40-50-ročnej monokultúre asociácie *Oxali acetosellae* (culti) - *Piceetum excelsae* lesného celku Hriňová, dielec 138 B. Prostredníctvom odporu elektrického prúdu v pletivách asimilačných orgánov bola hodnotená relatívna vitalita rastlinných populácií. Na jar a jesennú aplikáciu drevného popola reagovali zvýšenou hodnotou relatívnej vitality semenné hemikryptofyty, *Hieracium murorum*, *Mycelis muralis*, *Luzula pilosa*, *L. luzuloides*, geohemikryptofyt *Oxalis acetosella*, nanofanerofyt *Rubus hirtus*, semenáčky eu-fanerofytov *Sorbus aucuparia*, *Picea abies*. Populácie výtrusných papradorastových hemikryptofytov *Dryopteris filix-mas*, *D. dilatata*, bylenný plazivý chamaefyt *Veronica officinalis* a terofyt *Galeopsis tetrahit* reagovali na aplikáciu drevného popola znížením hodnoty relatívnej vitality v jarom i jesennom období. Okrem spôsobu ochrany meristemických pletív a rastových púčikov sa medzi týmito dvomi skupinami vyskytli rozdiely v trvácnosti listov, v priemernej hodnotách ekočísel ekologického faktora svetlo, teplo, v kontinentalite a čiastočne aj pôdnej reakcii a zásobe živín. Analýzou variancie sme potvrdili, že rozdiely v relatívnej vitalite medzi hemikryptofytmi a fanerofytmi a medzi fanerofytmi a zmiešanou skupinou morfoelementov na plochách s aplikáciou popola sú štatisticky významné. Štatistická významnosť sa potvrdila aj na kontrolnej ploche medzi hemikryptofytmi a zmiešanou skupinou morfoelementov.

PodĎakovanie

Práca je súčasťou riešenia projektu „Využitie drevného popola v lesnom hospodárstve“, na základe podpory Operačného programu Výskum a vývoj financovaného z Európskeho fondu regionálneho rozvoja zmluvou č. 26220220016 a projektu VEGA 1/1275/12.

Zoznam literatúry

BUNDT, M., ZIMMERMANN, S., BLASER, P., HAGEDORN, F., 2001: Sorption of metals in preferential flow paths and soil matrix after the addition of wood ash. In: *European Journal of Soil Science*, 52, 3: 423–431.

ČABOUN, V., 1994: Sledovanie relatívnej vitality drevín elektrickou odporovou metódou. *Acta Facultatis Ecologiae* (Zvolen), 1, s. 53–75.

ČABOUN, V., 1998: Elektrický odpor kambialného pletiva a biopole vzorníkov drevín v imisnej oblasti Jelšava – Lubeník. *Vedecké práce Lesníckeho výskumného ústavu vo Zvolene* 42, s. 3–16.

ELLENBERG, H., 1992: Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. *Scripta Geobotanica* 18. Göttingen, s. 1–258.

HLÁVKA, M., 2007: Studium metod environmentálnych analýz v antropogénne postihenej krajine. Dizertačná práca. FEE TU vo Zvolene, 122 s.

JACOBSON, S., 2003: Addition of stabilized wood ashes to Swedish coniferous stands on mineral soils-effects on stem growth and needle nutrient concentrations. *Silva Fennica* 37:437–450.

JENÍK, J., 1964: Geobotanika. SPN Praha, 235 s.

JURA, S., 1988: Conditimetr AS-1, přístroj na zjišťování vitality a hniloby živých stojících stromů. *Lesnická práce* 4, s. 421–423.

JURA, S., SEQUENS, J., GLOMB, V., 1990: Některé výsledky a zkušenosti s měřením vitality stromů elektrickou odporovou metódou. *Lesnictví* 36, 8, s. 663–673.

JURKO, A., 1990: *Ekologické a socioekonomické hodnotenie vegetácie*. Príroda, Bratislava, 195 s.

KONTRIŠ, J., KONTRIŠOVÁ, O., MARUŠKOVÁ, A., 2010: Stav štruktúrnych znakov as. *Oxalido* (culti) – *Piceetum excelsae* na monitorovacích plochách LHC Hriňová pred aplikáciou drevného popola. In: Kontrišová, O., Marušková, A., Válka, J. (eds): Monitorovanie a hodnotenie stavu životného prostredia IX. FEE TU Zvolen, s. 51–56.

KONTRIŠOVÁ, O., KONTRIŠ, J., OLLEROVÁ, H., 2009: Relatívna vitalita rastlín na plochách kontaminovaných impregnačným olejom. *Studia oecologica*, 3, 2, s. 24–30. ISSN 1802-212X

KUOKKANEN, M., POYKIO, R., KUOKKANEN, T., NURMESNIEMI, H., 2009: Wood ash – a potential forest fertilizer. In: *Energy research at the University of Oulu*, s. 89–93.

LICKACZ, J., 2002: Wood ash: An alternative Liming Material for Agricultural Soils. In: *Agdex*, 534,2.

LUDWIG, B., RUMPF, S., MINDRUP, M., METWES, K.J., KHANN, P.K., 2002: Effects of lime and wood ash on soil-solution chemistry, soil chemistry and nutritional status of a pine stand in Northern Germany. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 17:225–237.

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

OBERNBERGER, I., BIEDERMANN, F., WIDMANN, W., RIEDL, R., 1997: Concentrations of inorganic elements in biomass fuels and recovery in the different ash fractions. *Biomass and Bioenergy*, 12 : 211 s.

SAHOTA, T.S., 2007: Lime or wood ash? Which one should I apply? In: *Northwest Link*, s. 6–7.

ŠMELKO, Š., 1991: Štatistické metódy v lesníctve. VŠLD, Zvolen, 276 s.

TÓTHOVÁ, S., 2007: *Aplikácia drevného popola do pôdy a jeho vplyv na chemizmus pôdy a výživu drevín*. Dizertačná práca, Lesnícka fakulta Technickej univerzity vo Zvolene, Depon. LF TU Zvolen. 113 s.

VRÁBLIKOVÁ, J., VRÁBLIK, P., 1999: Rekultivace území po těžbě hnědého uhlí na lome Most. Acta Universitatis Purkynianae 49. *Studia Oecologica* VII. Univerzita J. E. Purkyně, Ústí nad Labem.