LESNICTVÍ FORESTRY

Volume 44, No. 9, 1998

OBSAH – CONTENTS

Pasuthová J., Lomský B.: Výživa mladých smrkových porostů s různou imisní zátěží – Nutrition of young spruce stands with various pollutant load 385

Podrázský V.: Akumulace uhlíku v lesních ekosystémech – příklad smrkového a bukového porostu ve vyšších nadmořských výškách – Accumulation of carbon in forest ecosystems – examples of spruce and beech stand at higher altitudes 392

Scheer Ľ., Ďurský J.: Zisťovanie produktívnosti porastov pomocou kozmických snímok – Assessment of stand productivity employing satellite data 398

Kelbel P.: Monitoring karpofágov šišiek a semien borovíc (*Pinus* spp.) – Monitoring of carpophages of pine (*Pinus* spp.) cones and seeds 406

Švecová M., Čížková D., Veselý D.: Vliv mykoparazita *Pythium oligandrum* Drechsler na druhy hub rodu *Ceratocystis s.l.* – The effect of *Pythium oligandrum* Drechsler mycoparasite on fungal species of the genus *Ceratocystis s.l.* 411

Zelinka L.: Možnosti uplatnenia medzných stavov z teoretického i praktického hľadiska pri opravách lesných ciest – Application of limit states to forest road repairs from theoretical and practical aspects 421

PRAHA 1998
CS ISSN 0024-1105

ÚSTAV ZEMĚDĚLSKÝCH A POTRAVINÁŘSKÝCH INFORMACÍ
ČESKÁ AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÝCH VĚD

LESNICTVÍ-FORESTRY

Mezinárodní vědecký časopis vydávaný z pověření Ministerstva zemědělství České republiky a pod gescí České akademie zemědělských věd

An international journal published under the authorization by the Ministry of Agriculture and under the direction of the Czech Academy of Agricultural Sciences

Managing Editorial Board – Redakční rada

Chairman – Předseda

Prof. Ing. Vladimír Chalupa, DrSc., Praha

Members – Členové

Prof. Ing. Jiří Bartuněk, DrSc., Brno
Ing. Josef Běle, CSc., Praha
Doc. Ing. Josef Gross, CSc., Praha
Doc. Ing. Jaroslav Koblížek, CSc., Brno
Prof. Ing. Jan Kouba, CSc., Praha
Ing. Vladimír Krečmer, CSc., Praha
Ing. Václav Lochman, CSc., Praha
Ing. František Šach, CSc., Opočno
RNDr. Stanislav Vacek, CSc., Opočno

Advisory Editorial Board – Mezinárodní poradní sbor

Prof. Dr. Don J. Durzan, Davis, California, U.S.A.
Prof. Dr. Lars H. Frivold, Aas, Norway
Doc. Ing. Milan Hladík, CSc., Zvolen, Slovak Republic
Prof. Dr. Hans Pretzsch, Freising, Germany
Dr. Jack R. Sutherland, Victoria, B.C., Canada
Prof. Dr. Sara von Arnold, Uppsala, Sweden
Prof. Dr. Nikolaj A. Voronkov, Moskva, Russia

Executive Editor – Vedoucí redaktorka

Mgr. Radka Chlebečková, Praha, Czech Republic

Odborná náplň: Časopis publikuje původní výsledky základního a aplikovaného výzkumu ze všech oborů lesnictví, mající vztah k evropským lesním ekosystémům.
Abstrakty z časopisu jsou zahrnuty v těchto databázích: Agris, CAB Abstracts, Czech Agricultural Bibliography, Toxline Plus, WLAS.

Periodicita: Časopis vychází měsíčně (12x ročně), ročník 44 vychází v roce 1998.

Přijímání rukopisů: Rukopisy ve dvou vyhotoveních je třeba zaslat na adresu redakce: Mgr. Radka Chlebečková, vedoucí redaktorka, Ústav zemědělských a potravinářských informací, Slezská 7, 120 56 Praha 2, tel.: 02/24 25 51 06, fax: 02/24 25 39 38, e-mail: editor@login.cz. Den doručení rukopisu do redakce je publikován jako datum přijetí k publikaci.

Informace o předplatném: Objednávky na předplatné jsou přijímány pouze na celý rok (leden–prosinec) a měly by být zaslány na adresu: Ústav zemědělských a potravinářských informací, Slezská 7, 120 56 Praha 2. Cena předplatného pro rok 1998 je 744 Kč.

Scope: The journal publishes original results of basic and applied research from all fields of forestry related to European forest ecosystems.
Abstracts from the journal are comprised in the databases: Agris, CAB Abstracts, Czech Agricultural Bibliography, Toxline Plus, WLAS.

Periodicity: The journal is published monthly (12 issues per year), Volume 44 appearing in 1998.

Acceptance of manuscripts: Two copies of manuscript should be addressed to: Mgr. Radka Chlebečková, executive editor, Institute of Agricultural and Food Information, Slezská 7, 120 56 Praha 2, tel.: 02/24 25 51 06, fax: 02/24 25 39 38, e-mail: editor@login.cz. The day the manuscript reaches the editor for the first time is given upon publication as the date of receipt.

Subscription information: Subscription orders can be entered only by calendar year (January–December) and should be sent to: Institute of Agricultural and Food Information, Slezská 7, 120 56 Praha 2. Subscription price for 1998 is 177 USD (Europe), 195 USD (overseas).

© Institute of Agricultural and Food Information, Prague 1998

LESNICTVÍ-FORESTRY, *44*, 1998 (9): 385–391

VÝŽIVA MLADÝCH SMRKOVÝCH POROSTŮ S RŮZNOU IMISNÍ ZÁTĚŽÍ

NUTRITION OF YOUNG SPRUCE STANDS WITH VARIOUS POLLUTANT LOAD

J. Pasuthová, B. Lomský

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, 156 04 Jíloviště-Strnady

ABSTRACT: Data on the nutrition level of spruce young stands below 30 years of age are presented as acquired by observations on locations in the Krušné hory Mts., Jizerské hory Mts. and Krkonoše Mts. Nutrition level was evaluated at 50 localities with different pollution loads by determining basic nutrient contents (N, P, K, Ca, Mg) in current-year needles in 1994, 1995 and 1996. Analyses of nutrient contents in needles were compared with data on nutrient contents in soil samples (humus, mineral soil) obtained by analyses in 1995 and with direct contamination of needles in 1995, which was evaluated previously. The data indicate nitrogen and magnesium deficiencies in needles at some localities, and a large deficiency of available magnesium in mineral soils at most localities.

Norway spruce; young stands; nutrition; needles; soil; air pollutants

ABSTRAKT: Článek obsahuje výsledky sledování úrovně výživy mladých smrkových porostů do 30 let v Krušných horách, Jizerských horách a Krkonoších. Na 50 lokalitách s různou imisní zátěží byla úroveň výživy hodnocena podle obsahu základních živin (N, P, K, Ca, Mg) v jehličí běžného ročníku v letech 1994, 1995 a 1996. Analýzy živin v jehličí byly konfrontovány s analýzou živin v půdních vzorcích (humus, minerální půda) v roce 1995 a s přímou imisní zátěží jehličí v roce 1995, která byla hodnocena dříve. Výsledky ukazují nedostatek dusíku a hořčíku v jehličí na některých lokalitách a výrazný nedostatek přístupného hořčíku v minerální půdě na většině lokalit.

smrk ztepilý; mladé porosty; výživa; jehličí; půda; imise

ÚVOD

V posledních letech u nás (podobně jako v Evropě) poklesla celková úroveň imisního zatížení ovzduší imisemi oxidu siřičitého, což je doloženo jednak nižším vstupem síry do lesních ekosystémů (Lochman, 1993), jednak nižší akumulací síry v jehličí (např. Lomský, Pasuthová, 1996). Nepříznivé ovlivnění lesních porostů trvá i nadále.

Dlouhodobé působení imisí, doprovázené vstupem kyselých depozic včetně dusíkatých sloučenin, vyvolává změny půdních vlastností. Dochází k postupnému okyselování půd, k vyplavování živin a tím k poklesu zásoby přístupných živin (Hüttl, 1993). Nedostatečná výživa hořčíkem je častou příčinou chřadnutí lesních porostů, zvláště smrkových monokultur. Přes pokles sirných imisí trvá proces acidifikace v půdách pod smrkem (Hüttl, Schaaf, 1995). To může být způsobeno trvajícím vstupem dalších kyselých polutantů, stále vysokým obsahem dříve naakumulovaného síranového iontu v půdním roztoku a nízkým atmosférickým vstupem bazických prvků vápníku a hořčíku (Wesselink et al., 1995; Manderschmeid et al., 1995).

V různých oblastech Evropy se sledoval vliv imisí na výživu a zdravotní stav porostů, např. v Hesensku (Hocke, 1991; Riebeling, 1991), v Bavorsku (Oren et al., 1988), v Durynském lese (Heinsdorf et al., 1988), v rakouských Alpách (Herman, 1992). Úrovní výživy lesních porostů a stavy deficience živin se zabývali např. Wöhler, Thomas (1991), Glavac (1987), Nebe, Rossbach (1990). Snižující se vitalita lesních porostů a výrazné změny v obsahu živin v půdě – zvláště bazických prvků – vyvolaly potřebu nápravných opatření. Mezi tato opatření i v zahraničí patřilo široce používané provozní vápnění dolomitickým vápencem (Hüttl, Zöttl, 1993). Od sedmdesátých let se u nás vápnily lesní porosty prakticky ve všech horských oblastech včetně Krušných a Jizerských hor a Krkonoš (Lomský, Uhlířová, 1993; Materna, Skoblík, 1988; Podrázský, 1990).

MATERIÁL A METODY

POKUSNÉ PLOCHY

Smrkové mlaziny v lesních oblastech Krušné hory, Jizerské hory a Krkonoše sledujeme od roku 1990. Plochy v hřebenových polohách ve smrkových porostech do 30 let charakterizují danou lokalitu. V Krušných horách se 14 vybraných mlazin nachází v nadmořské výšce 800–1 230 m v pásmech ohrožení A a B (podle údajů z roku 1989 a kritérií pro pásma ohrožení – Jirgle et al., 1983), tedy v lokalitách nejvíce ovlivňovaných imisemi. Celkem 19 ploch v hřebenové oblasti Jizerských hor v nadmořské výšce 810–1 060 m postihuje pásmo ohrožení A až C. V Krkonoších jsou zastoupena všechna pásma ohrožení a 17 ploch je umístěno v nadmořské výšce od 825 do 1 260 m.

Na každé pokusné ploše bylo označeno 20 stromů, ze kterých se opakovaně odebírají vzorky jehličí pro analýzu stavu výživy a zatížení. Vzorky se v roce 1994, 1995 a 1996 odebíraly vždy v horní třetině koruny z nejmladšího ročníku jehličí. Z odebraných větví se připravil směsný vzorek jehličí, který byl vysušen při 60 °C. V roce 1995 byly na všech plochách odebrány půdní vzorky (humus a minerální půda do hloubky 20 cm).

CHEMICKÁ ANALÝZA JEHLIČÍ A PŮDNÍCH VZORKŮ

Analýzy se prováděly v laboratoři Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti Jíloviště-Strnady. V analýze jehličí byl zájem soustředěn na obsahy hlavních živin. Obsah dusíku se stanovil po mineralizaci podle Kjeldahla spektrofotometricky na přístroji Skalar SAN Plus Analyzer. Obsah dalších živin (P, K, Ca, Mg) se stanovil po mineralizaci mikrovlnným rozkladem v prostředí HNO_3 s pomocí metody ICP-AES.

Ve vzorcích humusu a minerální půdy bylo stanoveno pH v KCl a H_2O. Obsah N byl stanoven po mineralizaci podle Kjeldahla spektrofotometricky na přístroji Skalar SAN Plus Analyzer. Výměnné kationty – Ca, Mg a K – se stanovily ve výluhu chloridem amonným metodou ICP-AES. Obsah přístupného P se stanovil v kyselém výluhu spektrofotometricky na přístroji Spektralphotometr PM2DI Zeiss.

HODNOCENÍ VÝŽIVY POKUSNÝCH PLOCH

Úroveň výživy smrkových mlazin hodnotíme podle obsahu základních živin v jehličí běžného ročníku v konfrontaci s obsahem přístupných živin v minerální půdě a v humusu. Při hodnocení obsahů základních živin v jehličí vycházíme z hodnot závazně používaných od roku 1995 Expertním panelem pro listové analýzy v rámci ICP-Forests.

Půdní rozbory byly hodnoceny podle kritérií používaných Ústavem pro hospodářskou úpravu lesů (Lokvenc et al., 1992), hodnotících zásoby živin jako nízké, střední a dobré, a hodnoty pH v KCl jako velmi silně kyselé (pH 2–3), silně kyselé (3–4), středně kyselé (4–5) a mírně kyselé (5–6).

VÝSLEDKY

ANALÝZA JEHLIČÍ

Celkový stav výživy sledovaných smrkových mlazin v Krušných horách, Jizerských horách a Krkonoších uvádí tab. I. Obsah jednotlivých živin v jehličí běžného ročníku je vyjádřen průměrnou hodnotou a rozsahem hodnot. Průměrné hodnoty obsahu jednotlivých živin vykazují ve sledovaném období kolísání, ale pohybují se ještě v rozmezí dobré výživy. Výjimku tvoří nedostatečná výživa dusíkem v roce 1996 v Jizerských horách a Krkonoších. Výživu fosforem, draslíkem a vápníkem lze označit za dobrou. Průměrné hodnoty obsahu hořčíku dosahují sice úrovně dobré výživy, ale klesají. V roce 1996 se v Krkonoších a Krušných horách blíží hranici deficience. Doplňující informaci o stavu výživy v celém souboru ploch poskytuje zjištěný rozsah koncentrací jednotlivých živin. Některé minimální hodnoty již indikují nedostatek. Detailněji je počet případů deficience živin vyjádřen v tab. II, ze které je zřejmá nedostatečná výživa dusíkem v Krkonoších v roce 1994 a 1995 téměř u třetiny a v roce 1996 u více než poloviny sledovaných mlazin. Rovněž v Jizerských horách se výživa dusíkem v roce 1996 zhoršila, o čemž svědčí nedostatečná výživa téměř na polovině ploch. Závažná byla rovněž deficience hořčíku v Krkonoších v roce 1995; v roce 1996 stoupl počet těchto ploch o další dvě.

ANALÝZA PŮDY

Rozsahy hodnot pH a průměrné obsahy živin v humusu a minerální půdě uvádí tab. III. Nejnižší hodnoty pH (KCl) vykazují půdy a humus v Krušných horách, a to v rozsahu již od velmi silně kyselých k převážně silně kyselým půdám. Lokalita s pH půdy 5,6 (Skelný vrch) je výjimkou. Hodnota pH je zde ovlivněna vápněním, o čemž svědčí i vysoký obsah vápníku v humusu i v minerální půdě. Hodnoty pH minerálních půd i humusu v Jizerských horách lze klasifikovat jako silně až středně kyselé, v Krkonoších minerální půdy jako silně kyselé, humusy od velmi silně kyselých po středně kyselé. Průměrná zásoba přístupného dusíku se pohybuje v kategorii dobré zásoby v půdách i humusu ve všech třech oblastech. Obsah fosforu v minerálních půdách dosahuje v Krušných horách hranice střední zásoby, v Jizerských horách a Krkonoších je jeho zásoba v průměru nízká, v humusech je zásoba střední. Obdobně charakterizujeme i zásobu draslíku v minerálních půdách, v humusech je jeho zásoba dobrá. Minerální půdy Krušných hor v průměru obsahují střední zásobu vápníku, zatímco Jizerské hory a Krkonoše zásobu nízkou, vzorky humusu střední zásobu v Jizerských horách a Krko-

I. Obsah živin v jehličí smrku (běžný ročník) – Nutrient contents in spruce needles (current year)

Oblast[1]	Hodnota[2]	N (%)	P	K	Ca	Mg
Jehličí[3] 1994						
Jizerské hory[4]	průměr	1,825	1 810	7 692	4 726	1 189
	maximum	2,040	2 100	10 089	7 489	1 558
	minimum	1,202	400	3 598	2 827	456
Krkonoše[5]	průměr	1,301	1 910	7 327	3 341	958
	maximum	1,593	2 800	9 597	5 631	1 416
	minimum	0,942	1 200	3 807	2 019	479
Krušné hory[6]	průměr	1,435	2 270	7 999	4 593	896
	maximum	1,798	3 100	10 526	7 921	1 221
	minimum	1,192	1 300	5 696	2 043	507
Jehličí[3] 1995						
Jizerské hory[4]	průměr	1,556	1 730	6 836	4 609	1 000
	maximum	2,001	2 200	9 726	7 602	1 520
	minimum	1,222	1 300	5 238	2 935	532
Krkonoše[5]	průměr	1,343	1 900	6 452	3 693	889
	maximum	1,695	2 600	8 236	5 607	1 271
	minimum	0,799	1 200	3 992	2 172	451
Krušné hory[6]	průměr	1,620	1 406	7 062	4 746	933
	maximum	1,970	2 400	9 132	8 233	1 210
	minimum	1,288	700	2 322	1 994	257
Jehličí[3] 1996						
Jizerské hory[4]	průměr	1,275	1 830	7 603	4 717	987
	maximum	1,652	2 633	9 206	6 572	1 363
	minimum	0,923	1 062	5 519	3 069	561
Krkonoše[5]	průměr	1,230	2 043	6 345	3 590	814
	maximum	1,489	2 981	8 845	4 986	1 153
	minimum	1,037	1 333	3 198	1 423	372
Krušné hory[6]	průměr	1,448	2 180	7 868	4 365	782
	maximum	1,778	2 814	10 890	6 138	1 063
	minimum	1,290	1 659	5 754	2 834	516
Obsah[7] P, K, Ca, Mg v $mg.kg^{-1}$						

[1]area, [2]value, [3]needles, [4]Jizerské hory Mts., [5]Krkonoše Mts., [6]Krušné hory Mts., [7]contents of P, K, Ca, Mg in $mg.kg^{-1}$

II. Deficience živin v jehličí – počet případů – Nutrient deficiencies in needles – number of cases

Oblast[1]	Počet ploch[2]	N	P	K	Ca	Mg
1994						
Jizerské hory[3]	19	0	1	0	0	2
Krkonoše[4]	17	5	0	0	0	1
Krušné hory[5]	14	1	0	0	0	1
1995						
Jizerské hory[3]	19	0	0	0	0	1
Krkonoše[4]	17	5	0	0	0	3
Krušné hory[5]	14	0	2	1	0	1
1996						
Jizerské hory[3]	19	7	0	0	0	2
Krkonoše[4]	17	8	0	0	1	5
Krušné hory[5]	14	0	0	0	0	1

[1]area, [2]number of plots, [3]Jizerské hory Mts., [4]Krkonoše Mts., [5]Krušné hory Mts.

III. Rozsahy hodnot pH a průměrné obsahy základních živin v humusu a minerální půdě – pH value ranges and average contents of basic nutrients in humus and mineral soils

Oblast/prvek[1]		pH H_2O	pH KCl	N	P	K	Ca	Mg
Krušné hory[2]	humus[5]	3,50–7,10	2,70–5,90	1,418	50,7	175	2 093	153,8
Jizerské hory[3]		3,70–4,37	3,11–4,30	1,387	39,2	142	408,7	145,3
Krkonoše[4]		3,50–4,80	2,80–4,30	1,307	35,4	170	574,3	127,1
Krušné hory[2]	minerální půda[6]	3,30–6,60	2,60–5,60	0,336	38,8	52,6	398	23,3
Jizerské hory[3]		3,82–4,81	3,28–4,43	0,285	24,9	26,9	68,6	21,3
Krkonoše[4]		3,50–4,90	3,00–4,00	0,261	33,1	36,7	84,7	19,6

[1]area/element, [2]Krušné hory Mts., [3]Jizerské hory Mts., [4]Krkonoše Mts., [5]humus, [6]mineral soil

noších a v průměru dobrou zásobu v Krušných horách. Průměrná zásoba přístupného hořčíku se ve všech třech oblastech v minerálních půdách pohybuje v kategorii „nízká", v humusech v kategorii „dobrá".

DISKUSE

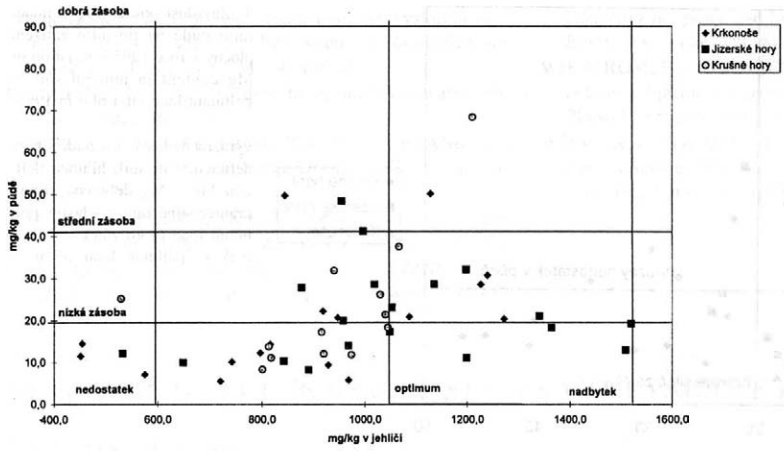
Článek navazuje na dřívější hodnocení imisní zátěže v mladých smrkových porostech v horských oblastech. Tyto porosty zatím relativně lépe odolávají působení imisí než dospělé, které většinou v hřebenových polohách Krušných hor, Jizerských hor i Krkonoš již chybějí. Imisní zatížení, které se v současné době mění kvantitativně i kvalitativně, neboť se snižuje podíl oxidu siřičitého a zvyšuje podíl ostatních polutantů, stále negativně ovlivňuje zdravotní stav lesních porostů. Rozdílná imisní zátěž byla sledována v Krušných horách, Jizerských horách a Krkonoších počátkem devadesátých let (Lomský, Pasuthová, 1996) a je zřejmé, že relativně nejzatíženější oblastí zůstávají Krušné hory. Vlivem vysoké imisní zátěže Krušných hor v minulosti a trvalým vstupem kyselých depozic pokračují procesy degradace lesních půd, spojené s vyplavováním živin (Kubelka, 1992), což dokazují i získané výsledky. Nejmarkantněji se začíná projevovat nedostatek hořčíku v půdách.

Podobná situace je v půdách Krkonoš, jejichž imisní zátěž je nižší; tam vzrostla v období 1982–1993 kyselost aktivní i výměnná, klesl obsah výměnně poutaných bází i nasycení sorpčního komplexu bázemi, a tak klesla i schopnost půd poskytovat vhodné prostředí pro růst kořenů a výživu lesních dřevin (Vacek, Podrázský, 1994). Naše výsledky ukázaly, že pH v minerální půdě i humusu je nízké, silně kyselé. To má za následek i relativně nízké obsahy dusíku a hořčíku v minerální půdě. V Krkonoších se nedostatek hořčíku v minerální půdě projevil nejvyšším počtem případů jeho deficience v jehličí v roce 1996.

V Krkonoších i Jizerských horách jsou půdy v hřebenových oblastech v důsledku probíhajících pedogenetických procesů přirozeně kyselé až silně kyselé. Vysoké srážky a působení imisí tento proces ještě urychlují. To potvrdily i námi zjištěné rozsahy pH z těchto oblastí, ačkoliv v Jizerských horách byla řada ploch v minulosti provozně vápněna. Nízké obsahy hořčíku v minerální půdě se odrazily počátkem devadesátých let i v deficienci hořčíku v jehličí (Pasuthová, 1994). Analýzy v následujících letech ukázaly v Jizerských horách nedostatek hořčíku v jehličí a v roce 1996 se k nedostatku hořčíku přidal i nedostatek dusíku, kterého je však v minerální půdě dostatečné množství (tab. II). Kromě zhoršujících se podmínek výživy a vlivu imisí se v těchto oblastech na zhoršení stavu některých porostů výrazně podílí i jejich poloha ve vyšších nadmořských výškách a nepříznivé půdní a meteorologické podmínky (Lomský, Pasuthová, 1996).

Ze souhrnného hodnocení všech tří oblastí vyplývají některé charakteristické nedostatky ve výživě. Analýzou jehličí byly zjištěny nedostatky dusíku a hořčíku podobně jako v roce 1991 (Pasuthová, 1994). Minerální půdy v Krkonoších a Jizerských horách na většině ploch vykázaly nízké zásoby všech živin kromě dusíku, v Krušných horách nízkou zásobu hořčíku. U dusíku byla zjištěna jeho dobrá zásoba v půdách na všech sledovaných lokalitách, a to nezávisle na vlivu imisí. Nedostatek dusíku v jehličí na některých plochách nebyl tedy způsoben jeho nedostatkem v půdě, ale příčinou může být např. nedostatečný příjem při nízké aktivitě kořenů ve vyšších nadmořských výškách (Bäumler et al., 1995) nebo při letním vysychání půdy (Liu et al., 1994).

Poruchy ve výživě hořčíkem byly avizovány ve střední Evropě v souvislosti s fenoménem „novodobé poškozování lesů" (Roberts et al., 1989). Deficience hořčíku se projevuje akutním žloutnutím jehličí smrku a je výsledkem nízkého příjmu hořčíku z důvodu nízké přístupnosti hořčíku v kyselých půdách (Kuhn et al., 1995). Deficience a poškození postupuje od starších ročníků jehličí. Při nedostatečném zásobení hořčíkem z půdy dochází k jeho přesunu z nejstarších ročníků jehličí přednostně do nejmladšího, fyziologicky nejaktivnějšího ročníku jehličí. Translokaci hořčíku prokázali Lange et al. (1987) odstraněním pupenů před rašením, což se odrazilo ve zvýšení obsahu hořčíku v posledním ročníku jehličí. Přesun hořčíku ze staršího jehličí do nejmladšího prokazují i naše výsledky. Při velmi nízké zásobě přístupného hořčíku v půdě byl jeho nedostatek v jehličí v roce 1995 prokázán jen ve čtyřech případech, 19 lokalit ze všech tří oblastí i při velmi nízké zásobě hořčíku v půdě vykazuje již dostatečný obsah hořčíku v jehličí. Dalších 16 lokalit ještě při nízké zásobě hořčíku v půdě vykazuje



1. Závislost obsahu Mg v jehličí na obsahu Mg v půdě – Relation between Mg content in needles and Mg content in soil

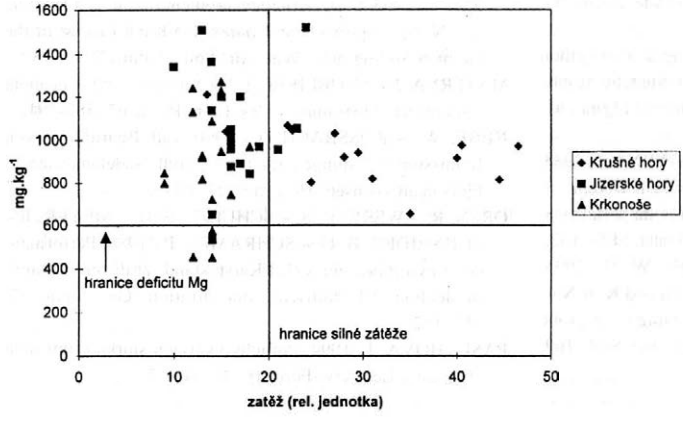
dobrá zásoba – good reserve, střední zásoba – intermediate reserve, nízká zásoba – low reserve, nedostatek – deficiency, optimum – optimum, nadbytek – surplus, mg/kg v jehličí – mg/kg in needles, mg/kg v půdě – mg/kg in soil

v jehličí již obsahy blízké optimu (obr. 1). Wikström, Ericsson (1995) uvádějí, že nízká zásoba hořčíku v půdě (50% redukce optimální koncentrace) ovlivnila u smrku a břízy jeho obsahy k prahu přežití. V našem sledování při podobné redukci obsahu hořčíku v půdě byly redukovány obsahy hořčíku v jehličí na hodnoty blízké fyziologickému minimu pouze u 10 % lokalit. Snižující se tendence obsahu hořčíku v jehličí smrkových mlazin v horských oblastech během našeho sledování (tab. I) potvrdily obecnou tendenci posledních dvaceti let.

Všechny tři oblasti se nacházejí pod dlouhodobým, ale z hlediska intenzity různým imisním zatížením. Celková přímá imisní zátěž lokalit (stav v roce 1995) při hodnocení (Lomský, Pasuthová, 1996) vyjadřovala v relativních jednotkách akumulaci zátěžových prvků v jehličí – S, F, Cl – a působení ozonu akumulací MDA (malonyldialdehydu). Ze vztahu této zátěže a obsahu hořčíku v jehličí vyplynulo, že přímá imisní zátěž výrazně neovlivnila obsah hořčíku v jehličí (obr. 2).

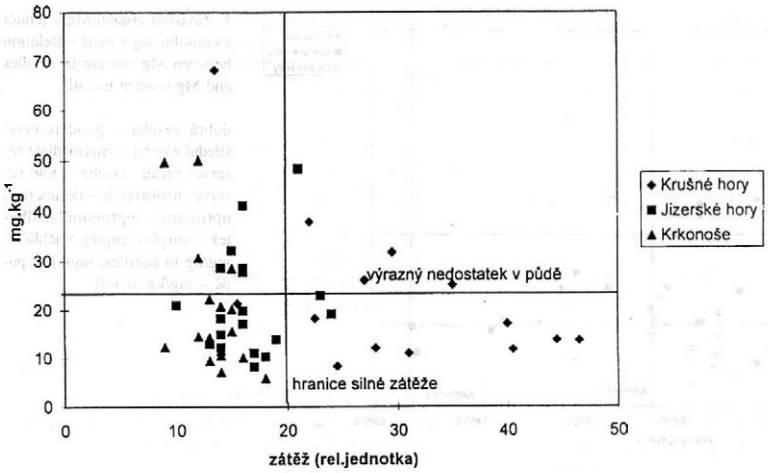
Nedostatek hořčíku byl zjištěn pouze u čtyř lokalit s nízkou imisní zátěží (Krkonoše a Jizerské hory). Většina lokalit v Krušných horách a část v Jizerských horách se nachází pod silnou imisní zátěží, ale obsah hořčíku v jehličí zatím není deficientní. Ještě při poměrně vysoké imisní zátěži lze klasifikovat výživu hořčíkem jako dobrou.

Opačnou situaci ukazuje obr. 3, hodnotící obsah hořčíku v minerální půdě ve vztahu k imisnímu zatížení lokality. Většina ploch se nachází v úseku, charakterizujícím nízkou imisní zátěž, ale výrazný nedostatek hořčíku v půdě. Stejně tak i lokality v Krušných horách s vysokou imisní zátěží se z hlediska analýzy živin v jehličí jeví jako dobré, avšak obsah hořčíku v půdě je ve výrazném nedostatku. To svědčí o využívání vnitřních rezerv rostliny (starších ročníků jehličí) při tvorbě nových výhonů. Tyto rezervy jsou rovněž limitovány. Pokud se zásadně nesníží vstup kyselých depozic a nebudou nedostatky živin – zvláště hořčíku – kompenzovány vápněním nebo hnojením, projeví se během několika let ve všech třech hodnocených oblastech nedostatek hořčíku i v jehličí mladších ročníků a tento stav se následně negativně odrazí ve zdravotním stavu porostů.



2. Závislost obsahu Mg v jehličí na imisním zatížení plochy v roce 1995 – Relation of Mg content in needles to pollutant load on a plot in 1995

hranice deficitu Mg – Mg deficiency limit, hranice silné zátěže – heavy pollutant load limit, zátěž (rel. jednotka) – pollutant load (rel. unit)



3. Závislost obsahu Mg v minerální půdě na imisním zatížení plochy v roce 1995 – Relation of Mg content in mineral soil to pollutant load on a plot in 1995

výrazný nedostatek v půdě – high deficiency in soil, hranice deficitu Mg – Mg deficiency limit, hranice silné zátěže – heavy pollutant load limit, zátěž (rel. jednotka) – pollutant load (rel. unit)

Literatura

BÄUMLER, R. – GOERTLER, T. – ZECH, W., 1995. Nährelement- und Schwermetallgehalte in den Nadeln von Fichten und Tannen eines Bergmischwaldes auf Flysch (TedernseerAlpen). Forstwiss. Cbl., 114: 30–39.

GLAVAC, V., 1987. Calcium-, Magnesium-, Kalium und Zinkgehalte in Blättern eines immissionsgeschädigten Rendzina-Buchenwaldes. Allg. Forstz., 42: 303–305.

HEINSDORF, D. – KRAUSS, H. H. – HIPPELI, P., 1988. Ernährungs- und bodenkundliche Untersuchungen in Fichtenbeständen des mittleren Thüringer Waldes unter Berücksichtigung der in den letzten Jahrenaugetreteten Umweltbelastungen. Beit. Forstwirtsch., 22: 160–167.

HERMAN, F., 1992. Nährstoffgehalte von Fichtennadeln sowie Schadstoffgehalte in Fichtennadel- und -borkenprobe des Untersuchungsgebietes Achenkirch. Wien, FBVA Berichte, 70: 83–94.

HOCKE, R., 1991. Hessiche Waldböden heute. Allg. Forstz., 46: 58–61.

HÜTTL, R. F., 1993. Forest Soil Acidification. Angew. Bot., 67: 66–75.

HÜTTL, R. F. – SCHAAF, W., 1995. Nutrient supply of forest soils in relation to management and site history. Pl. and Soil, 168–169: 31–41.

HÜTTL, R. F. – ZÖTTL, H. W., 1993. Liming as a mitigation tool in Germany's declining forests – reviewing results from former and recent trials. Forest Ecol. and Mgmt., 61: 325–338.

JIRGLE, J. – KUČERA, J. – TICHÝ, J. – MATERNA, J., 1983. Problematika Krušných hor. Zpr. lesn. Výzk., 1: 6–16.

KUBELKA L. et al., 1992. Obnova lesa v imisemi poškozované oblasti severovýchodního Krušnohoří. Praha, MZe: 133.

KUHN, A. J. – BAUCH, J. – SCHRODER, W. H., 1995. Monitoring uptake and contents of Mg, Ca and K in Norway spruce as influenced by pH and Al, using microprobe analysis and stable isotope labelling. Pl. and Soil, 169: 135–150.

LANGE, O. L. – ZELLNER, H. – GEBEL, J. – SCHRAMEL, P. – KOSTNER, B. – CZYGAN, F. C., 1987. Photosynthetic capacity, chloroplast pigments, and mineral content of the previous year's spruce needles with and without the new flush: analysis of the forest decline phenomenon of needle bleaching. Oecologia, 73: 351–357.

LIU, J. C. – KELLER, T. – RUNKEL, K. H. – PAYER, H. D., 1994. Bodenkundliche Untersuchungen zu Ursachen des Nadelverlusts der Fichten [*Picea abies* (L.) Karst.] auf Kalkstandorten der Alpen. Forstwiss. Cbl., 113: 86–100.

LOCHMAN, V., 1993. Pollutant fall-out into forest ecosystem as related to changes in forest soils. Lesnictví-Forestry, 39: 58–72.

LOKVENC, T. et al., 1992. Zalesňování Krkonoš. Správa KRNAP Vrchlabí a VÚLHM VS Opočno.

LOMSKÝ, B. – PASUTHOVÁ, J., 1996. Imisní zatížení a defoliace mladých smrkových porostů. Lesnictví-Forestry, 42: 449–459.

LOMSKÝ, B. – UHLÍŘOVÁ, H., 1993. Evaluation of an experiment with fertilization and liming of young-growth spruce stands in the Jizerské hory Mts. Lesnictví-Forestry, 39: 80–86.

MANDERSCHMEID, B. – MATZNER, E. – MEIWES, K. J. – XU, Y., 1995. Long-term development of element budgets in a Norway spruce [*Picea abies* (L.) Karst.] forest of the German Solling area. Wat. Air. Soil. Pollut., 79: 3–18.

MATERNA, J. – SKOBLÍK, J., 1988. Vápnění – nutné opatření pro omezení vlivu imisí na les. Lesn. Práce, 67: 387–391.

NEBE, W. – ROSSBACH, T., 1990. Zur Beurteilung von Immissionsbelastungen im Harz durch Nadelanalysen in Fichtenaufwüchsen. Hercynia, 27: 82–91.

OREN, R. – WERK, K. S. – SCHULZE, E. D. – MEYER, J. – SCHNEIDER, B. U. – SCHRAMEL, P., 1988. Performance of two *Picea abies* (L.) Karst. stands at different stages of decline. VI. Nutrient concentration. Oecologia, 77: 151–162.

PASUTHOVÁ, J., 1994. Poruchy výživy u smrku v imisních oblastech. Lesnictví-Forestry, 40: 10–17.

PODRÁZSKÝ, V., 1990. Dosavadní výsledky výzkumu vápnění v imisních oblastech Jizerských hor, Orlických hor a Krkonoš. Práce VÚLHM, 74: 169–205.

RIEBELING, R., 1991. Waldernährung und Waldwachstum. Allg. Forstz., 46: 62–67.

ROBERTS, T. M. – SKEFFINGTON, R. A. – BLANK, W., 1989. Causes of Type 1 Spruce Decline in Europe. Forestry, 62: 179–222.

VACEK, S. – PODRÁZSKÝ, V., 1994. Změny chemismu v lesních půdách Krkonoš. Zprávy lesn. Výzk., 4: 51–52.

WESSELINK, L. G. – MEIWES, K. J. – MATZNER, E. – STEIN, A., 1995. Long-term changes in water and soil chemistry in spruce and beech forests, Solling, Germany. Envir. Sci. Techn., 29: 51–58.

WIKSTRÖM, F. – ERICSSON, T., 1995. Allocation of mass in trees subject to nitrogen and magnesium limitation. Tree Physiol., 15: 339–344.

WÖHLER, I. – THOMAS, F. M., 1991. Der SO_2-Einfluss auf die Kationengehalte von Eichen- und Buchenblattgeweben. Allg. Forstz., 46: 200–202.

Došlo 26. 2. 1998

NUTRITION OF YOUNG SPRUCE STANDS WITH VARIOUS POLLUTANT LOAD

J. Pasuthová, B. Lomský

Forestry and Game Management Research Institute, 156 04 Jíloviště-Strnady

The unfavourable influence of forest stands is still continuing in spite of a decrease in the total level of sulphur pollutants. This situation is caused by long-term changes in soils, these are reflected in stand nutrition. In the Krušné hory Mts., Jizerské hory Mts. and Krkonoše Mts. forest areas 50 localities with various pollutant load have been observed since 1990.

In the years 1994, 1995 and 1996 the nutrition level, according to the content of basic nutrients (N, P, K, Ca, Mg) in current needle age classes was evaluated. In 1995 nutrient analysis in needles was completed by the nutrient analysis in soil samples (humus, mineral soil). These results were compared with direct pollutant load in needles in 1995 that was evaluated by Lomský, Pasuthová (1996).

Tab. I presents the total nutrition state of investigated spruce young growth in the Krušné hory Mts., Jizerské hory Mts. and Krkonoše Mts. The content of individual nutrients in current needle age classes is expressed by average value and value range. The average values showing the individual nutrients are various in individual years but they keep within the limits of good nutrition. Only nitrogen nutrition in 1996 in the Jizerské hory Mts. and the Krkonoše Mts. can be marked as insufficient. The information about nutrition state in the whole complex of plots is completed with detected range of concentrations of individual nutrients. Some minimal values demonstrate a deficiency. Tab. II expresses the number of cases of nutrient deficiency in greater detail. These data show evident deficiencies of nitrogen and magnesium. A decreasing tendency of magnesium content in needles of spruce young growth in the mountainous regions proved the common phenomenon of the last 20 years.

Tab. III informs about causes of deficiency and gives value ranges of pH and average contents of available nutrients in humus and mineral soil. The lowest values of pH (KCl) were found out in soils and humus in the Krušné hory Mts. including already very heavy acidic soils. Mineral soils in the Krušné hory Mts. contained very low supply of magnesium, low supply of all nutrients except nitrogen was on the average in the Krkonoše Mts. and the Jizerské hory Mts. However, this low supply of magnesium in soil reduced its contents in needles to values approaching physiological minimum only in 10% of localities (Fig. 1). The good supply of nitrogen in soils was detected not only on the average but also on all observed localities. We suppose that its deficiency in needles is caused by insufficient uptake due to low activity of roots in the higher altitudes or by drought during the soil drying up in summer.

The article is linked up with the previous evaluation of pollutant load on identical localities as well as evaluates the impact of pollutant load on nutrient level by magnesium. A majority of localities in the Krušné hory Mts. and a part of the Jizerské hory Mts. is hit by heavy pollutant load, but the magnesium content has not yet been deficient (see Fig. 2). Fig. 3 evaluates the dependence of magnesium content in mineral soil on pollutant load of the plot. Most plots are situated in the area with low pollutant load but with significant deficiency of available magnesium in soil. If no fertilizing and liming are applied, in future the mentioned deficiency could be reflected much significantly in magnesium deficiency in needles and in a worsening of the health state of stands in all three evaluated areas.

Kontaktní adresa:

RNDr. Jarmila Pasuthová, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, 156 04 Jíloviště-Strnady, Česká republika

AKUMULACE UHLÍKU V LESNÍCH EKOSYSTÉMECH – PŘÍKLAD SMRKOVÉHO A BUKOVÉHO POROSTU VE VYŠŠÍCH NADMOŘSKÝCH VÝŠKÁCH

ACCUMULATION OF CARBON IN FOREST ECOSYSTEMS – EXAMPLES OF SPRUCE AND BEECH STAND AT HIGHER ALTITUDES

V. Podrázský

Česká zemědělská univerzita, Lesnická fakulta, 165 21 Praha-Suchdol

ABSTRACT: Results of the estimation of carbon fixation potential in mountain forests at altitudes above 1050 m a.s.l. are presented from the Krkonoše Mts. (Czech Republic). Examples are documented of natural spruce and beech forest stands. The fixed amount of carbon was determined for the following components of ecosystems: above-ground biomass and necromass of stands, holorganic layers and particular pedogenetic horizons of mineral soil. The carbon accumulation was approximately double in spruce stand in all these components, reaching in total more than 880 $t.ha^{-1}$ for spruce and more than 440 $t.ha^{-1}$ in the beech ecosystem. General trends for organic matter dynamics were substantially modified by local geological and relief conditions. The evaluation of carbon accumulation rate is desirable in a wider spectrum of site and stand conditions.

Krkonoše Mts.; mountain forests; carbon fixation; carbon dynamics; forest soils; organic matter

ABSTRAKT: Příspěvek uvádí výsledky stanovení množství uhlíku poutaného horskými lesními porosty Krkonoš. Jsou uvedeny příklady přirozeného smrkového a bukového lesa v nadmořské výšce kolem 1 050 m. Zásoba fixovaného uhlíku byla zjišťována pro následující složky ekosystémů: nadzemní biomasu a nekromasu porostů, vrstvy nadložního humusu a jednotlivé horizonty minerální půdy. Ve všech těchto složkách bylo množství uhlíku v porostu smrku zhruba dvojnásobné. Celková hodnota akumulace C dosáhla přes 880 $t.ha^{-1}$ pro smrk a přes 440 $t.ha^{-1}$ pro buk. Obecné trendy dynamiky organické hmoty byly silně modifikovány lokálními geologickými a terénními podmínkami. Žádoucí je vyhodnocení poměrů v širším spektru stanovištních a porostních podmínek.

Krkonoše; horské lesy; fixace uhlíku; koloběh uhlíku; lesní půdy; organická hmota

ÚVOD

Poutání oxidu uhličitého vegetací je jedním z důležitých faktorů globálního systému ekologické rovnováhy biosféry. Toky uhlíku mezi biomasou a atmosférou, jeho uvolňování např. sopečnou činností a fixace (tezaurace, imobilizace, akumulace) v biogenních (organogenních a karbonátových) sedimentech určovaly výsledný obsah CO_2 v atmosféře Země. Tento stav je v posledních tisíciletích soustavně narušován antropogenní činností a zejména v posledním půlstoletí lze mluvit o výrazné a ekologicky významné změně složení ovzduší naší planety. Drtivá většina odborníků, kteří se danou problematikou zabývají, totiž předpokládá globální klimatické změny v důsledku zvyšování atmosférického obsahu tzv. skleníkových plynů, v první řadě právě oxidu uhličitého (Leggett, 1992). V posledních 160 000 letech jsou k dispozici jednoznačné doklady o vzájemné úzké korelaci obsahu atmosférického CO_2 a průměrné globální teploty (Gore, 1994; Leggett, 1992), třebaže příčinné vazby nejsou dosud plně objasněny.

Lesní ekosystémy jsou významným činitelem stabilizace složení atmosféry díky své schopnosti fixovat oxid uhličitý ve velkém množství v biomase dřevin i v půdě. Jejich fixační potenciál mnohonásobně převyšuje analogickou schopnost jiných vegetačních formací. Pro narušení vztahu mezi fixační schopností globální biomasy a obsahem CO_2 v zemské atmosféře se sice v současné době projevuje jako kritické odlesňování v tropických oblastech a také znečištění oceánů, významnou schop-

Práce vznikla v rámci výzkumu financovaného nadací FACE a MŽP na VS VÚLHM v Opočně.

nost fixace CO_2 však vykazují i lesní ekosystémy mírného pásma. Právě orientačním zachycením tohoto akumulačního potenciálu dvou výrazných typů lesních ekosystémů horských poloh střední Evropy – přirozeného smrkového a bukového lesa – se zabývá tento příspěvek.

ROZBOR PROBLEMATIKY

Hlavními příčinami zvyšování obsahu oxidu uhličitého v atmosféře Země jsou spalování fosilních paliv na jedné straně a snižování fixačních schopností biomasy (především v důsledku odlesňování) na straně druhé. Tím je narušena rovnováha mezi uvolňováním CO_2 z biosféry a litosféry a jeho opětným poutáním v sedimentech a biomase vegetace. Koncentrace atmosférického CO_2 jsou tak nyní zvýšeny z hodnoty necelých 300 (280) ppm v předindustriální době na dnešních 360 ppm. Roční nárůst činí několik ppm, přičemž se vzestup prozatím zrychluje; předpokládá se další zvýšení v důsledku kladných zpětných vazeb (Gore, 1994; Leggett, 1992).

Spalováním fosilních paliv je atmosféra každoročně obohacena o 5–6 Gt (10^9 t) uhlíku ve formě CO_2, přičemž současné zásoby obsahují ještě dalších 4 000–10 000 Gt. Globální bilanci uhlíku a jeho toky v biosféře naší planety podává např. Leggett (1992). Celkové množství C v atmosféře je dnes zhruba 750 Gt (v předindustriální době 575 Gt). Z tohoto množství je každoročně fixováno rostlinami okolo 102 Gt (hrubá primární produkce), což se projevuje mj. pravidelnými oscilacemi obsahu atmosférického CO_2 v době maxima růstu vegetace na severní polokouli (Keeling, 1982). Přibližně 50 Gt je však opětně uvolněno respirací. Zásoba uhlíku v současné vegetaci je zhruba 560 Gt, před zásahem člověka toto množství činilo až 900 Gt (Burschel, Weber, 1992). Mnohem větší množství uhlíku je však přitom poutáno v půdách v podobě nekromasy a humusu (1 500 Gt); z toho je ročně asi 50 Gt uvolněno dekompozičními procesy. Celkem 2 Gt jsou tak v současné době fixovány v nově vznikající biomase, což je ale vyrovnáno zhruba stejným množstvím (2 Gt) uvolněným v důsledku odlesňování. V oceánských ekosystémech je pak ročně fixováno 92 Gt, biologickými a chemickými procesy je za stejnou dobu uvolněno 90 Gt a 2 Gt představuje propad – převážně v biogenních a karbonátových sedimentech. Výrazným rezervoárem CO_2 je i mořská voda, obsahující v rozpuštěné formě 39 000 Gt. Poutání a uvolňování CO_2 mořskou vodou představuje jednu z nejnebezpečnějších kladných zpětných vazeb v důsledku oteplování biosféry – s rostoucí teplotou kapaliny rozpustnost plynů výrazně klesá.

Řešení nepříznivého vývoje koncentrací CO_2 v atmosféře se pohybuje ve dvou rovinách. Za prvé je to nevyhnutelné snížení jeho emisí; druhý směr představuje jeho zvýšená fixace v ekosystémech a geosystémech. Ke stabilizaci koncentrací oxidu uhličitého by však bylo třeba snížit jeho produkci až o 60 %, což je opatření v současné době politicky a ekonomicky neprůchodné. Rovněž by se musela snížit produkce a únik ostatních skleníkových plynů (NOx, metanu), nebo by musela být naprosto zastavena, jako např. v případě freonů. Ty – kromě toho, že rozhodující měrou přispívají k destrukci ozonosféry – jsou i výraznými skleníkovými plyny, ve srovnání s CO_2 až 150krát účinnějšími.

Biomasa rostlin a v první řadě lesní společenstva jsou mimořádně silným prostředkem vázání atmosférického uhlíku (oxidu uhličitého). Burschel, Weber (1992) uvádějí, že v lesích je poutáno nejméně 90 % suchozemské biomasy. Také lesy mírného pásma mají značný potenciál poutání oxidu uhličitého (Burschel, Weber, 1992; Weber, Burschel, 1992; Jeník, 1995). V našich podmínkách je tomuto tématu věnována dosud minimální pozornost, disponibilní práce se týkají většinou zprostředkovaných zahraničních poznatků (Šindelář, 1995a), popřípadě se zaměřují na otázky skladby budoucích lesních ekosystémů z hlediska jejich ekologické stability (Šindelář, 1995b). V dalším období je pak imobilizaci oxidu uhličitého různými ekosystémy nutné věnovat zvýšenou pozornost, neboť se jedná o mezinárodně sledovanou problematiku. Než budou k dispozici výsledky přímo orientovaného výzkumu, je možné pro odhad fixačního potenciálu lesních porostů v různých stanovištních podmínkách českých zemí využít výsledků jiných projektů, jako je tomu v případě předkládaného příspěvku.

METODIKA

Pro stanovení fixačního potenciálu uhlíku v horských lesních ekosystémech byly využity výsledky pedologického výzkumu v oblasti Krkonoš. Ten je prováděn v souboru trvalých výzkumných ploch, založených Výzkumnou stanicí Opočno Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti se zřetelem na sledování vývoje lesních porostů (Vacek, 1985; Podrázský, 1996a). Šetření se zaměřilo na dvě plochy, umožňující srovnání akumulace uhlíku v přírodních porostech smrku a buku v odpovídajících si poměrně vysokých nadmořských výškách (nad 1 000 m).

Smrkový porost charakteru přirozeného lesa se nachází v porostu 117 C17 na území LZ Vrchlabí v nadmořské výšce 1 050 m. Expozice je SV, sklon svahu 24°. Geologický podklad tvoří biotitická žula, na které se v daných stanovištních podmínkách (LT 8N1 – kamenitá kyselá smrčina s kapradí osténkatou) vyvinuly půdy typu podzolu. Pásmo ohrožení imisemi je určeno jako C. Porosty zde mají výraznou ochrannou funkci, což se odrazilo v jejich zařazení do HS 01 – lesy na mimořádně nepříznivých stanovištích. Střední věk byl určen 186 let, střední výška 26 m, střední tloušťka 30 cm. Bonitní stupeň pro smrk byl stanoven jako 9. a byla zjištěna zásoba 350 $m^3.ha^{-1}$.

Bukový porost přirozeného až přírodního charakteru byl vyhledán v masivu Rýchor v porostu 525 C16 v obvodu LZ Horní Maršov. Expozice je JZ, velice mírný svah (3°) přechází ve vrcholovou rovinu v nadmořské výšce okolo 1 030 m. Na fylitech se vyvinuly půdy

kambizemního typu, LT zde byl určen jako 7K2 – kyselá buková smrčina borůvková (pomístně mozaika 7K3 – kyselá buková smrčina třtinová). HS byl vylišen jako 72, pásmo ohrožení imisemi B. Bližší popis lokalit jsme již publikovali (Podrázský, Vacek, 1994; Podrázský, Souček, 1995; Podrázský, 1996a). Věk porostu byl stanoven na 147 let, střední výška 10 m, střední tloušťka 21 cm. Rovněž v tomto případě byl vylišen 9. bonitní stupeň (ovšem pro buk), zásoba byla stanovena 190 $m^3.ha^{-1}$.

Akumulace uhlíku byla v obou porostech stanovena v jednotlivých složkách (kompartmentech) ekosystémů: v biomase dřevin, v holorganických horizontech (horizontech nadložního humusu) a v minerální zemině.

Pro stanovení zásoby uhlíku poutané biomasou porostů byly využity výsledky studií určujících biomasu porostů (Vacek et al., 1994, 1996). Hmotnost dendromasy dřeva kmenů byla z objemových charakteristik stanovena s použitím převodních koeficientů podle Kollmanna (1951). Množství jednotlivých frakcí biomasy bylo odhadnuto podle obecných frakcionací uváděných v literatuře (např. Dejmal, 1985; Klimo, 1994) a pro odhad zásoby fixovaného uhlíku v biomase porostů a v mrtvém dřevě byla použita hodnota obsahu 50 % (Burschel, Weber, 1992).

V obou porostech bylo provedeno stanovení zásoby horizontů nadložního humusu (L, F_1, F_2, H) podle metod publikovaných dříve (Podrázský, Souček, 1995; Podrázský, 1996b; van Wesemael, 1992). Obsah uhlíku v holorganickém materiálu byl odhadnut pomocí analytické metody Springer-Klee; té bylo užito i v případě minerálních půdních horizontů. V minerálních půdních horizontech byl obsah uhlíku stanoven v jemnozemi, v terénu pak byl odhadován obsah skeletu v půdě a měřena mocnost jednotlivých pedogenetických horizontů. Pro jemnozem byla použita hodnota objemové hmotnosti 1,5 $g.cm^{-3}$ (Šarman, 1981).

VÝSLEDKY A DISKUSE

Výsledky jsou shrnuty v tab. I až IV. Z nich vyplývá, že ekosystém horského bukového lesa poutal přibližně polovinu (50,2 %) uhlíku ve srovnání s porostem smrkovým. Relativní rozdíly byly zhruba vyrovnané ve všech složkách ekosystémů; největší byly v množství C poutaného porosty (porost buku obsahoval 42,5 % množství ve srovnání s porostem smrku), menší v množství fixovaném nadložním humusem (47,2 %) a poměrně nejmenší v minerální půdě (56,4 %). Zde byly naopak největší absolutní rozdíly; půda smrkového porostu vázala o 199,73 $t.ha^{-1}$ více uhlíku než horizonty minerální zeminy porostu buku. O něco menší diference (189,51 $t.ha^{-1}$) byla v množství uhlíku fixovaného v biomase a nekromase porostů. Nejmenší diference pak byla mezi oběma porosty v zásobě C vázaného v horizontech nadložního humusu (49,281 $t.ha^{-1}$).

Rozdíl v akumulaci C biomasou a nekromasou porostů (tab. I) byl dán především výrazně nižší objemovou produkcí bukového porostu ve stanovištních (zejména klimatických) podmínkách, jež růst buku již značně omezují. Také množství mrtvého dřeva bylo v bukovém porostu podstatně menší – jeho malá aku-

I. Tezaurace uhlíku biomasou a nekromasou jednotlivých porostů – Fixation of carbon by biomass and necromass of particular stands

	Smrk[1]	Buk[2]
Mrtvé dřevo[3]		
$m^3.ha^{-1}$	388,36	23,90
koeficient	0,43	0,68
$t.ha^{-1}$	166,995	16,25
koeficient	0,50	0,50
$tC.ha^{-1}$	83,497	8,125
Živé dřevo[4]		
$m^3.ha^{-1}$	726,44	198,10
koeficient	0,43	0,68
$t.ha^{-1}$	312,369	134,708
koeficient	0,50	0,50
$tC.ha^{-1}$	156,185	67,354
Koruny[5]		
$tC.ha^{-1}$	32,018	43,107
Kořeny[6]		
$tC.ha^{-1}$	57,945	21,553
Celkem[7]		
$tC.ha^{-1}$	329,645	140,139

[1]spruce, [2]beech, [3]dead wood, [4]living wood, [5]crowns, [6]roots, [7]total

II. Tezaurace uhlíku v horizontech nadložního humusu jednotlivých porostů – Fixation of carbon in the surface humus layers of particular stands

	Hmotnost[1] (t.ha^{-1})	C (%)	Hmotnost[1] C (t.ha^{-1})
Smrk[2]			
L	13,238	48,28	6,391
F_1			
F_2	56,216	46,75	26,281
H	174,040	34,85	60,653
Celkem[3]			93,325
Buk[4]			
L	2,040	50,00	1,020
F_1	7,738	51,40	3,977
F_2	22,994	53,20	12,233
H	51,389	52,10	26,774
Celkem[3]			44,044

[1]mass, [2]spruce, [3]sum, [4]beech

III. Tezaurace uhlíku v horizontech minerální zeminy jednotlivých porostů – Fixation of carbon in the mineral horizons of particular stands

Plocha[1]	Horizont[2]	Mocnost[3] (cm)	Obsah jemnozemě[4] (%)	Obsah[5] C (%)	Zásoba[6] C (t.ha^{-1})
Smrk[7]	Aeh	4	88,3	9,62	50,967
	Bh	6	88,3	10,71	85,112
	Bs	5	77,7	3,86	22,494
	B	15	61,8	15,26	212,190
	B	20	17,7	2,93	15,558
	C	20	17,7	4,40	23,364
	Cn	20	17,7	3,83	48,488
Celkem[8]					458,173
Buk[9]	Ah	5	70,3	10,00	52,725
	Ahe	10	70,3	10,20	107,559
	(B_1)	25	51,2	3,92	75,264
	(B_2)	10	51,2	1,17	8,986
	Cn	20	26,8	1,73	13,909
Celkem[8]					258,443

[1]plot, [2]horizon, [3]thickness, [4]fine earth, [5]content, [6]amount, [7]spruce, [8]total, [9]beech

IV. Tezaurace uhlíku v ekosystému horského bukového a smrkového lesa (t.ha^{-1}) – Fixation of carbon in the ecosystem of mountain beech and spruce forest stand (t.ha^{-1})

Složka ekosystému[1]	Smrk[2]	Buk[3]
Porost[4]	329,645	140,139
Nadložní humus[5]	93,325	44,044
Půda[6]	458,173	258,443
Celkem[7]	881,143	442,626

[1]component, [2]spruce, [3]beech, [4]stand, [5]surface humus, [6]soil, [7]total

mulace je dána nižší produkcí a menšími dimenzemi ve spojení se snazší rozložitelností dřeva buku. Vysoký je u této dřeviny naopak podíl dřevní hmoty korun, určený relativně vyšším podílem větví.

Diference v množství uhlíku poutaného vrstvou humusu (tab. II) odpovídá obecným představám o dynamice humusu v porostech smrku a buku. Nižší rozložitelnost smrkového opadu determinuje větší akumulaci

nerozloženého i humifikovaného materiálu na povrchu půdy ve smrkovém porostu. Relativní rozdíl je patrný zejména ve slabě transformovaných holorganických vrstvách.

Nejvýrazněji se zásoba poutaného uhlíku lišila v případě horizontů minerální zeminy (tab. III). Tento trend neodpovídá obecným přepokladům a zjištěním, podle kterých je v ekosystému listnatého opadavého lesa poutáno méně organické hmoty ve vrstvách nadložního humusu, ale více v minerální půdě v důsledku lepší humifikace a mísení organického a minerálního půdního podílu (Schulz, 1988 in Jeník, 1995). Ve studovaném případě má tato odlišnost několik příčin.

Sledované porosty buku a smrku nerostou ve stejných stanovištních podmínkách. Smrkový porost leží na svažité lokalitě s akumulací organické hmoty i jemnějších půdních částic, kdežto bukový porost leží v ploché vrcholové poloze, kde lze naopak předpokládat i ztráty organického a minerálního půdního podílu posunem z vrcholových do níže položených partií. To se odráží i ve výrazně odlišné vertikální dynamice jemnozemě. Ve svrchních vrstvách minerálního profilu je obsah skeletu ve smrkovém porostu značně nižší. Právě tyto horizonty však mají díky nejvyššímu obsahu uhlíku (humusu) v jemnozemi z hlediska jeho akumulace rozhodující úlohu. Nakolik se na tomto faktu projevuje odlišná matečná hornina a průběh jejího zvětrávání, je otázkou pro eventuální další zkoumání. Akumulační procesy na svažitém terénu smrkového porostu jsou doložitelné i díky nepravidelnému poklesu obsahu C s hloubkou půdního horizontu.

Akumulace uhlíku v minerálních půdních horizontech odpovídá obecným výsledkům dosavadního šetření dynamiky humusu (organické hmoty) v půdě odpovídajících půdních typů. V bukovém porostu je maximum akumulace doloženo v humusových horizontech (Ah, Ahe), zatímco v porostu smrku v horizontech akumulace humusu a sesquioxidů (B horizonty). Je však nutné znovu zdůraznit, že výsledky výzkumu nedokládají vliv smrku a buku na dynamiku půdní organické hmoty na stanovištně si odpovídajících lokalitách, ale uvádějí příklady smrkového a bukového horského lesního ekosystému ve srovnatelných – vyšších – nadmořských výškách. Zatímco smrk zde díky svým vlastnostem a charakteru terénu vytváří ještě produktivní ekosystémy s intenzivním koloběhem látek, tedy i organické hmoty, buk již dosahuje hranice vhodných podmínek pro své rozšíření. Nicméně i v těchto poměrech si zachovává příznivé působení na stav půd, což se odráží v jejich přiřazení k půdnímu typu kambizem.

ZÁVĚR

Horské lesní ekosystémy se vyznačují značným potenciálem tezaurace uhlíku. Ve sledovaných porostech byly zjištěny hodnoty přes 880 $t.ha^{-1}$ ve smrkovém porostu a přes 440 $t.ha^{-1}$ v porostu buku. V porostu smrku bylo stanoveno větší množství poutaného uhlíku ve všech složkách ekosystému, tj. v biomase a nekromase porostů, ve vrstvě nadložního humusu i v minerální půdě. Obecné trendy dynamiky organické hmoty jsou silně modifikovány lokálními geologickými a topografickými poměry. V další etapě je žádoucí vyhodnocení fixačního potenciálu pro uhlík v rozsáhlejším spektru stanovištních a porostních podmínek, aby bylo možné usuzovat na funkci lesa v poutání atmosférického oxidu uhličitého v širších souvislostech.

Literatura

BURSCHEL, P. – WEBER, M., 1992. Der Wald als CO_2--Senke. Energiewirtschaftliche Tagesfragen, 42: 582–588.

DEJMAL, J., 1985. Koeficienty výtěžnosti nadzemních složek lesní dendromasy. Lesnictví, 31: 273–286.

GORE, A., 1994. Země na misce vah. Praha, Argo: 372.

JENÍK, J., 1995. Ekosystémy. Praha, Univerzita Karlova: 135.

KEELING, C. D., 1982. Measurements of the concentration of carbon dioxide at Mauna Loa observatory. In: CLARC, W. C. (ed.), Carbon dioxide rewiew. Clarendon, Oxford.

KLIMO, E., 1994. Lesnická ekologie. Brno, VŠZ: 170.

KOLLMANN, F., 1951. Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe. 2. vyd. Berlin, Springer Verlag: 1050.

LEGGETT, J., 1992. Nebezpečí oteplování Země. Praha, Academia: 360.

PODRÁZSKÝ, V., 1996a. Vývoj půdního chemismu v bukových, smíšených a smrkových porostech Krkonoš. Lesnictví-Forestry, 42: 92–99.

PODRÁZSKÝ, V., 1996b. Silvicultural effects on soil organic matter: preliminary results. Lesnictví-Forestry, 42: 245–249.

PODRÁZSKÝ, V. – VACEK, S., 1994. Půdy ochranných lesů Krkonoš. Opera corcont., 31: 5–21.

PODRÁZSKÝ, V. – SOUČEK, J., 1995. Humus accumulation and its quality in beech stands of the Rýchory massif (the Krkonoše Mts.). Communicationes Inst. forest. bohem., 18: 47–58.

SCHULZ, J., 1988. Die Ökozonen der Erde. Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer.

ŠARMAN, J., 1981. Lesnické půdoznalství s mikrobiologií. Praha, SPN: 225.

ŠINDELÁŘ, J., 1995a. Les jako nástroj omezení emisí a vázání oxidu uhličitého. Lesn. Práce, 74: 5–6.

ŠINDELÁŘ, J., 1995b. Předpokládané změny klimatu. In: Lesnický průvodce, č. 1. Jíloviště-Strnady, VÚLHM: 103.

VACEK, S., 1985. Výzkum struktury, růstu a vývoje ochranných lesů v horských polohách. [Závěrečná zpráva.] Opočno, VÚLHM VS Opočno: 278.

VACEK, S. – CHROUST, L. – SOUČEK, J., 1994. Produkční analýza autochtonní smrčiny. Lesnictví-Forestry, 40: 457–467.

VACEK, S. – CHROUST, L. – SOUČEK, J., 1996. Produkční analýzy autochtonních bučin. Lesnictví-Forestry, 42: 54–66.

WEBER, M. – BURSCHEL, P., 1992. Wald und Holz als Kohlenstoffspeicher. Der Wald, 42: 148–151.

WESEMAEL, B. VAN, 1992. Soil organic matter in Mediterranean forests and its implications for nutrient cycling and weathering of acid, low-grade metamorphic rocks. [Thesis Universiteit van Amsterdam.] Amsterdam, University of Amsterdam: 140.

Došlo 24. 2. 1998

ACCUMULATION OF CARBON IN FOREST ECOSYSTEMS – EXAMPLES OF SPRUCE AND BEECH STAND AT HIGHER ALTITUDES

V. Podrázský

Czech Agricultural University, Forestry Faculty, 165 21 Praha-Suchdol

The paper presents the results of the carbon accumulation estimation in two characteristic mountain forest ecosystems in the Krkonoše Mts. – in the beech and spruce stands at altitudes around 1050 m a.s.l. Despite the fact that tropical forests are considered to play a decisive role for the global CO_2 atmospheric balance today, the temperate forest ecosystems possess also significant carbon accumulation potential.

Spruce stand is characterized by the following site conditions: altitude 1050 m, NE exposition, 24° slope, biotitic granite as parent rock, soil type podzol, forest type 8N1 (stony spruce stand with *Athyrium distentifolium*), immission zone C (probable survival of mature spruce stands 40–60 years). Forest has a great protective role. Beech stand is located in the Rýchory massif at the altitude 1030 m in the flat top part (3° slope). The exposition is SW, parent rock is formed by phyllites, soil type is represented by cambisols, forest type is a mossaic of 7K3 and 7K2 (acid beech-spruce stand with *Calamagrostis villosa* or *Vaccinium myrtillus*). Immission zone is determined as B (survival 20–40 years – for spruce).

Accumulated carbon was estimated in these ecosystem components: above-ground biomass and necromass, in holorganic layers and in the mineral soil horizons. Mass of the first component mentioned (volume of stem living and dead wood) was published in the literature by other authors. Weight was calculated using the volume-weight coefficients for spruce and beech, the calculation of the mass of other biomass fractions was made using published percentage data. Carbon content of 50% in the biomass was considered. Surface humus was collected by iron frame 25 x 25 cm according to the particular layers (L, F_1, F_2, H). Carbon content was estimated by the Springer-Klee method – as well as in the case of the mineral soil samples. The amount of fine earth, in which the C content was analysed, was determined by the horizons width measuring, skeleton volume estimation and using volume density of 1.5 $g.cm^{-3}$.

The results do not document carbon fixation potential of spruce and beech stands in comparable site conditions, they present only examples of this potential in mountain forests of different species composition at higher altitudes. Results are presented in Tabs. I to IV. The accumulated carbon amount reached over 880 $t.ha^{-1}$ in the spruce stand and more than 440 $t.ha^{-1}$ in the beech one. The higher C amount fixed was confirmed in all followed ecosystem component proportionally. Greatest fixation potential was documented for the mineral soil, in B horizons for spruce and in A horizons for beech – supporting the considerations about different organic matter dynamics in the corresponding ecosystems of both species. Global organic matter dynamic trends are influenced by local site factors. More detailed analysis of the relation to site will be done in further steps.

Kontaktní adresa:

Doc. Ing. Vilém Podrázský, CSc., Česká zemědělská univerzita, Lesnická fakulta, 165 21 Praha-Suchdol

ZISŤOVANIE PRODUKTÍVNOSTI PORASTOV POMOCOU KOZMICKÝCH SNÍMOK

ASSESSMENT OF STAND PRODUCTIVITY EMPLOYING SATELLITE DATA

Ľ. Scheer, J. Ďurský

Technická univerzita, Lesnícka fakulta, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen

ABSTRACT: The paper deals with an assessment of spruce stand productivity from spectral signatures of satellite images SPOT XS and Landsat TM. An experiment was conducted in spruce stands in the management-plan area Oravská Polhora situated in the northern part of Slovakia. Empirical material consisted of n = 277 spruce stands of the total acreage 2480 ha. For the three indexes of productivity, the results confirmed the most satisfactory relationship between the index of a reduced level of growing stock (I_{red}) and spectral signatures of some channels from the visible part of electromagnetic spectrum as well as of derived transformed variables. Even though the derived regression models are relatively close to each other, their accuracy ranges from ±37 to ±66%. The estimate of stand productivity by these models is not accurate enough for the particular stands, its accuracy will proportionally improve to the value $\sqrt{n}$ for sets of stands, which is mainly important at large-scale applications to stand productivity estimate.

satellite imagery; spectral signature; indices of stand productivity

ABSTRAKT: Práca je zameraná na problematiku odhadu produktívnosti smrekových porastov pomocou spektrálnych charakteristík kozmických snímok SPOT XS a Landsat TM. Experiment sa uskutočnil na výskumnom objekte lesného hospodárskeho celku Oravská Polhora v severnej časti Slovenska. Empirický materiál tvorilo n = 277 porastov o celkovej výmere 2 480 ha. Výsledky potvrdili, že z troch použitých indexov produktívnosti existuje najlepšia závislosť medzi indexom redukovanej úrovne zásoby (I_{red}) a spektrálnymi charakteristikami niektorých kanálov z viditeľnej oblasti spektra, ako aj odvodených transformovaných premenných. Aj keď tesnosť odvodených regresných modelov je pomerne vysoká, ich presnosť sa pohybuje v rozmedzí ±37 až ±66 %. Pre jednotlivé porasty bude teda odhad produktívnosti pomocou týchto modelov málo presný, pre súbory porastov sa bude presnosť zlepšovať úmerne k hodnote $\sqrt{n}$, čo je dôležité hlavne pri veľkoplošných aplikáciách odhadu produktívnosti lesa.

kozmické snímky; spektrálna charakteristika; indexy produktívnosti

ÚVOD A PROBLEMATIKA

Metódy zisťovania porastových charakteristík pomocou kozmických snímok patria medzi progresívne technológie zisťovania stavu lesa. Ich súčasný rozvoj súvisí s existujúcimi (SPOT, Landsat), ale predovšetkým plánovanými kozmickými misiami, ktorých cieľom je vybudovanie všeobecnej platformy družíc, rádiometrov, údajov, informačných systémov a príbuzného výskumu v prospech ľudskej spoločnosti. Spoločným rysom týchto programov, ktoré sú plánované na roky súčasného, ale i budúceho tisícročia, je permanentné poskytovanie informácií s lepšou spektrálnou a priestorovou rozlišovacou schopnosťou nielen v panchromatickom, ale aj v multispektrálnom móde. Z tohoto pohľadu sú pre lesnícke aplikácie prísľubom prvé skúšky a aplikácie s multispektrálnym stereoscannerom MOMS-02/D_2 s rozlišovacou schopnosťou 4,5 x 4,5 m v móde HR (mód s vysokým rozlíšením), ktorý bol vyvíjaný Nemeckou kozmickou agentúrou (DARA), ako aj americký program Earth Watch so satelitmi Early Bird a Quick Bird s rozlišovacou schopnosťou 3, resp. 1 m v panchromatickom móde. Komerčné poskytovanie týchto kvalitatívne nových kozmických údajov sa kladne prejaví i v nových možnostiach zisťovania charakteristík stavu lesa.

Trend zisťovania stavu lesa pomocou kozmických snímok smeruje ku kombinovaným, kozmicko-terestrickým metódam s aplikáciou rôznych výberových postupov. Spojenie informácií kozmických snímok s údajmi terestrického merania vyúsťuje do metód, prednosťou ktorých je hlavne ekonomická efektívnosť; požadovanú presnosť je možné dosiahnuť zvýšením rozsahu výbero-

vého merania alebo korekciou odhadnutých údajov. Výskumom i aplikáciami spomínaných metód sa doteraz zaoberalo mnoho autorov, napr. Jaakkola et al. (1988), Tomppo (1986, 1990), Hagner (1990), Bucha, Bothár (1996) a Scheer et al. (1997). Dosiahnuté výsledky potvrdzujú, že údaje kozmických snímok sú veľmi dôležitým a cenným zdrojom informácií pri zisťovaní niektorých porastových veličín pre rôzne priestorové a organizačné jednotky v rôznych časových úrovniach.

Základom kombinovaných, kozmicko-terestrických metód zisťovania stavu lesa sú empirické a semiempirické modely spektrálnej odraznosti, ktoré vyjadrujú závislosť charakteristík lesa na hodnotách ich elektromagnetickej radiácie (spektrálnych signatúrach). Práca bola preto v nadväznosti na problematiku riešenú v grantovom projekte VGA 1/4030/97 zameraná na preskúmanie a odvodenie empirických modelov pre odhad produktívnosti smrekových porastov pomocou kozmických snímok SPOT XS a Landsat TM.

MATERIÁL A METODIKA

Riešená problematika bola naviazaná na výskumný objekt Katedry hospodárskej úpravy lesov a geodézie Technickej univerzity vo Zvolene – na modelové územie časti lesného hospodárskeho celku (LHC) Oravská Polhora, kde katedra orientuje už dlhšiu dobu svoj komplexný výskumný program.

CHARAKTERISTIKA ÚZEMIA A VÝSKUMNÉHO OBJEKTU

Z orografického hľadiska patrí územie LHC do Kysucko-oravských Beskýd, z klimatického hľadiska do klimatickej oblasti C – chladná oblasť. Územie je značne orograficky členené, čo má priamy vplyv aj na rozloženie klimatických charakteristík najmä vo vzťahu k nadmorskej výške. Priemerná ročná teplota vzduchu sa pohybuje zhruba od hodnoty 5,6 °C (okrajové časti Oravskej kotliny) po 0,8 °C (vrcholové časti Babej hory a Pilska). Ročné úhrny zrážok sa pohybujú od 800 do 2 000 mm v závislosti od nadmorskej výšky a expozície svahov. Územie je pod vplyvom západného a severozápadného prúdenia vzduchu.

Najrozšírenejším pôdnym typom je hnedá lesná pôda (77 % plochy) a podzol (15 %). V dôsledku geomorfologickej stavby prevládajú južné expozície. Územie patrí do flyšovej oblasti, ktorá je charakterizovaná miernymi oblými reliéfmi. Porasty v nadmorskej výške asi do 900 m n. m. patria do jedľovo-bukového lesného vegetačného stupňa (lvs) (30,2 % plochy), na ktorý naväzuje do výšky cca 1 250 m n. m. smrekovo-bukovo-jedľový lvs (64,3 %). Vyššie položené porasty (až po stromovú hranicu – po nadmorskú výšku 1 450 m n. m.) patria do smrekového lvs (2 %). Klimaticky najextrémnejšie polohy v oblasti Pilska a Babej hory sú porastené kosodrevinou. Na podmáčaných lokalitách v inundačných pásmach sa vyvinuli spoločenstvá súborov „a" a „c" (2 %). Najväčšia časť územia (59 %) patrí do medziradu A/B (Zlatník, 1963), charakterizovaného mierne zhoršenou humifikáciu opadu. Rad A (22,9 %) je zastúpený vo všetkých lvs vyskytujúcich sa na území LHC. Humifikácia opadu je v ňom pomalá, charakterizovaná hromadením surového humusu. Menej zastúpený je živný rad B (10,9 %) a medzirad B/C (5,1 %).

Lesnícky výskumný ústav vo Zvolene vylíšil na území LHC zóny ohrozenia porastov imisiami. Do zóny A sú zaradené dielce na výmere 977,53 ha (19,1 %), do zóny B pripadá 804,3 ha (15,7 %) a do zóny slabého ohrozenia C 3175,51 ha (65,2 %) lesov. Územie je podľa rozhodujúcich zdrojov imisií zaradené do hlavného imisného typu A – kyslý, resp. A_3 – kyslý s hutnými prachmi (Grék et al., 1991) a je chemickými analýzami pôdy a asimilačných orgánov dokázaná signifikantná prítomnosť imisií (Maňkovská, 1991).

Experiment sa uskutočnil na časti územia LHC o výmere 2 480 ha. Empirický materiál tvorilo $n = 277$ smrekových porastov (sm 100 %) so zakmenením 0,7–1,0.

KOZMICKÉ SNÍMKY A POMOCNÉ ÚDAJE

V rámci spolupráce so Švédskou kozmickou agentúrou (SSC) Satellitbild Kiruna boli z výskumného objektu získané kozmické snímky Landsat TM (Thematic Mapper 5) a SPOT XS (Multispektrálny mód). Ich parametre a rozlišovacia schopnosť sú uvedené v tab. I.

Základné spracovanie kozmických snímok so zameraním na geometrickú korekciu pomocou pozemných vlícovacích bodov a metód orbitálneho modelovania sa uskutočnilo na pracovisku SSC Satellitbild v Kirune. Ako pomocné (doplňujúce) údaje boli použité topografické mapy územia v mierke 1 : 50 000, digitálne formy lesníckych organizačných a porastových máp 1 : 25 000, 1 : 10 000 ako i existujúce údaje LHP.

Následné spracovanie kozmických snímok (topografická normalizácia a meranie spektrálnych charakteristík) sa uskutočnilo v prostredí Erdas Imagine Ver. 8.2. Dôležitou fázou bola topografická normalizácia kozmických údajov pomocou Lambertovho reflexčného modelu na základe digitálneho výškového modelu územia objektu zhotoveného v prostredí ARC/INFO, azimutu a výšky Slnka:

$$BV\,(normálne) = \frac{BV\,(pozorované)}{\cos(i)} \qquad (1)$$

kde: BV – hodnoty jasu,
i – uhol, ktorý zviera normála k terénu a smer dopadajúcich slnečných lúčov (uhol slnečného dopadu).

Týmto postupom bola eliminovaná vzájomná synergia polohy Slnka a topografie terénu na hodnoty spektrálnej odraznosti.

MERANIE SPEKTRÁLNYCH CHARAKTERISTÍK

K meraniu spektrálnych charakteristík jednotlivých porastov boli použité pôvodné údaje jednotlivých kaná-

I. Parametre kozmických snímok z výskumného objektu Oravská Polhora – Parameters of satellite images of spruce stands in the area Oravská Polhora

Parameter[1]	Landsat TM	SPOT XS
Dátum snímania[2]	August 1990	August 1992
Veľkosť snímky[3]	185 x 170 km	60 x 60 km
Počet spektrálnych kanálov[4]	7	3
Spektrálne rozlíšenie[5]	x_1 = 0,45–0,52 μm x_2 = 0,52–0,60 μm x_3 = 0,63–0,69 μm x_4 = 0,76–0,90 μm x_5 = 1,55–1,74 μm x_6 = 10,40–12,50 μm x_7 = 2,08–2,35 μm	x_1 = 0,50–0,59 μm x_2 = 0,61–0,68 μm x_3 = 0,79–0,89 μm
Rádiometrické rozlíšenie[6]	0–255	0–255
Priestorové rozlíšenie[7]	30 x 30 m x_6 = 120 x 120 m	20 x 20 m
Časové rozlíšenie[8]	16 dní	26, 4, 2 dni

[1]parameter, [2]date of remote sensing, [3]image size, [4]number of spectral channels, [5]spectral resolution, [6]radiometric resolution, [7]spatial resolution, [8]time resolution

lov kozmických snímok Landsat TM (DN_{x1-x7}), SPOT (DN_{x1-x3}), kde hodnoty DN (Digital Numbers) vyjadrujú spektrálnu odraznosť obrazových prvkov v rádiometrickom rozsahu 0–255 úrovní optickej hustoty.

Okrem týchto údajov boli v rámci multiobrazovej manipulácie odvodené rôzne typy spektrálnych (vegetačných) indexov. Zvýraznením sledovaných charakteristík slúžia k zlepšeniu interpretovateľnosti kozmických snímok. Vznikajú delením hodnôt spektrálnej odraznosti (DN) identických obrazových prvkov v dvoch spektrálnych kanáloch (pomerové indexy) alebo lineárnou kombináciou spektrálnych kanálov (ortogonálne indexy). V nadväznosti na doterajšie poznatky (Hagner, 1990; Jaakkola et al., 1988; Bauer et al., 1994) a vlastné skúsenosti (Scheer et al., 1997) boli v rámci nášho experimentu použité nasledovné typy spektrálnych indexov:

– *Pomerové indexy:*

$TM_{VI1} = x_4/x_3$

$TM_{VI2} = x_4/x_2$

$TM_{NDVI} = (x_4-x_3)/(x_4 + x_3)$

$SPOT_{VI} = x_3/x_2$

$SPOT_{TNDVI} = (x_3-x_2)/(x_3 + x_2) + 0,5$

– *Ortogonálne indexy:*

– Komponenty „Tasseled Cap" Transformácie

$TM_{GR} = 0,33183.x_1 + 0,33121.x_2 + 0,55177.x_3 + 0,42514.x_4 + 0,48087.x_5 + 0,25252.x_7$

$TM_{BR} = -0,24717.x_1 - 0,16263.x_2 - 0,40639.x_3 + 0,85468.x_4 + 0,05493.x_5 - 0,11749.x_7$

– *Perpeundikulárny vegetačný index*

$TM_{PVI} = -0,43 + 0,91.x_4$

Hodnoty spektrálnych charakteristík pôvodných údajov kozmických snímok i odvodených vegetačných indexov boli použité ako nezávislé premenné k odhadu produktívnosti porastov. Ako ďalšia premenná, v súvislosti s poznatkami získanými pri odhade zásob porastov (Scheer, 1995), bola použitá transformovaná veličina $z_{1...n} = (DN_{x1...n})^2/Vek$, kde index $x_{1...n}$ vyjadruje príslušný kanál kozmickej snímky. Pri aplikáciách kozmických snímok patrí vek medzi premenné, ktoré je možné výhodne získať aktualizáciou zo starších údajov LHP.

UKAZOVATELE HODNOTENIA PRODUKTÍVNOSTI POROSTOV

V súčasnosti sa produkčná schopnosť porastu vyjadruje termínmi bonita stanovišťa a bonita porastu. Bonitu stanovišťa určujú vlastnosti pôdy, reliéf a klimatické podmienky bez ohľadu na to, aká drevina (stanovištne vhodná alebo nevhodná) momentálne na konkrétnom stanovišti rastie (Halaj, 1978). Ako základ určovania bonity stanovišťa možno použiť typologický prieskum, ktorý produkčnú silu stanovišťa charakterizuje súborom jeho pôdnych vlastností, vegetácie a klimatických podmienok. Bonita porastu je potom výrazom intenzity produkcie konkrétneho porastu alebo dreviny. Vzhľadom na to, že nezávisí len od kvality stanovišťa, ale aj od obhospodarovania porastu a od jeho genetických vlastností, platí len pre presne definované programy obhospodarovania len pre jednu drevinu (Šmelko et al., 1992).

Taxačnou pomôckou pri určovaní bonity dreviny je niektorá z hlavných porastových veličín (najčastejšie ide o strednú výšku, hornú výšku, zásobu na 1 ha, strednú hrúbku, objem stredného kmeňa, prípadne ich kombináciu). V súvislosti s konštrukciou rastových tabuliek

je dnes najpoužívanejšou bonitačnou veličinou stredná alebo horná výška porastu. Je to hlavne preto, že pri bonitovaní porastu je žiadúce, aby bonitačný ukazovateľ bol čo najmenej závislý od hospodárskych zásahov, nezávisel od absolútnej hustoty porastu a bol ľahko kvantifikovateľný.

Ak však máme záujem produktívnosť porastu vyjadriť aj s ohľadom na štruktúru porastu, je vhodné na hodnotenie produktívnosti použiť celkovú objemovú produkciu alebo zásobu porastu. Celková objemová produkcia na 1 ha by bola najspoľahlivejším ukazovateľom výnosu drevín na danom stanovišti za produkčné obdobie, no problematické zostáva určenie výšky uskutočnených predrubných ťažieb. Zásoba porastu síce charakterizuje momentálny stav produkcie, ale zároveň odráža aj realizovaný spôsob výchovy.

Tebera (1987) zostavil model integrálneho kritéria produktívnosti porastov na báze porastových zásob ($V_{max} = f(t)$), a to pre všetky hlavné dreviny v Litve. Produktívnosť sa vyjadruje indexom v štandardnom veku 100 rokov, ktorý sa určuje lineárnou interpoláciou s ohľadom na skutočnú zásobu medzi V_{max} a 0 v skúmanom veku. Indexy teda zohľadňujú produkčnú zdatnosť stanovišťa a stav momentálnej absolútnej hustoty porastu (čím menšie zakmenenie, tým menšia zásoba). Vyjadruje tak integrálne výsledok rastového procesu do veku t, ale aj vplyv hospodárskych opatrení a antropogénnych činiteľov na hustotu porastu.

Na Katedre hospodárskej úpravy lesov a geodézie Lesníckej fakulty Technickej univerzity vo Zvolene sme sa danou metódou podrobnejšie zaoberali a odvodili sa príslušné modely integrálnych kritérií na hodnotenie produktívnosti porastov v podmienkach SR (Šmelko et al., 1994). Okrem toho sa odvodil algoritmus a vypracovalo sa programové riešenie na automatizovaný výpočet produktívnosti porastov, vychádzajúc z databázy diel HÚL (Fabrika, 1994). Ukazovateľmi produktívnosti sú:

a) Index absolútnej úrovne zásoby – I_a

Vyjadruje produktívnosť dreviny v konkrétnom veku t, ale premietnutú na štandardný vek (100, resp. 50 rokov) a ohodnotenú absolútnym indexom vyjadrujúcim stotinu zásoby v tomto veku. Index teda odráža vplyv rôznej produkčnej úrovne jednotlivých drevín. Tým, že je premietnutý do štandardného veku, nadobúda charakter absolútnych bonitných indexov. Z modelov sa určí pre skutočnú zásobu na ha (V_{sk}) v danom veku (t) spojitou lineárnou interpoláciou:

$$I_a = \frac{V_{sk(t)} \cdot b}{V_{max(t)}} \qquad (2)$$

kde: $b = I_{a(max)}$ v štandardnom veku.

b) Index relatívnej úrovne zásoby – I_r

Vyjadruje, ako daná drevina na danom stanovišti vo veku (t) využíva svoju maximálne možnú produkciu. Z modelu sa určí podľa vzťahu:

$$I_r = \frac{V_{sk(t)}}{V_{max(t)}} \qquad (3)$$

c) Index redukovanej úrovne zásoby – I_{red}

Vypočíta sa podľa vzťahu:

$$I_{red} = \frac{V_{sk(t)}}{V_{max(t)} \cdot z} \qquad (4)$$

kde: z – zakmenenie porastu. Tento index poukazuje, aký je produkčný stav len v závislosti od kvality stanovišťa, zohľadňuje vplyv zakmenenia na výšku indexu.

V zmiešaných porastoch sa ukazovatele úrovne zásoby vypočítajú ako vážené aritmetické priemery indexov jednotlivých drevín, kde váhou je zastúpenie drevín. Pre vyššie hospodársko-úpravnícke jednotky (alebo typologické) sa ukazovatele určia taktiež ako vážené aritmetické priemery indexov jednotlivých porastov, ale váhov je výmera porastu.

Pre analýzu produktívnosti porastov pomocou kozmických snímok boli v tejto práci využité všetky tri spomínané indexy.

VÝSLEDKY

K preskúmaniu a odvodeniu empirických modelov spektrálnej odraznosti pre odhad produktívnosti porastov pomocou uvádzaných ukazovateľov boli použité odpovedajúce spektrálne signatúry, vyjadrené priemernou hodnotou $\overline{DN}$ porastu. Z údajov SPOT XS bolo odvodených šesť nezávislých premenných ($\overline{DN}_{x1}$, $\overline{DN}_{x2}$, $\overline{DN}_{x3}$ – pôvodné kanály, $\overline{DN}_{VI}$, $\overline{DN}_{TNDVI}$ – pomerové indexy, $\overline{DN}_{zl}$ – transformovaná premenná), z údajov Landsat TM 15 nezávislých premenných ($\overline{DN}_{x1}$, $\overline{DN}_{x2}$, $\overline{DN}_{x3}$, $\overline{DN}_{x4}$, $\overline{DN}_{x5}$, $\overline{DN}_{x7}$ – pôvodné kanály, $\overline{DN}_{VI1}$, $\overline{DN}_{VI2}$, $\overline{DN}_{NDVI}$, $\overline{DN}_{BR}$, $\overline{DN}_{GR}$, $\overline{DN}_{PVI}$ – pomerové a ortogonálne indexy, $\overline{DN}_{z1}$, $\overline{DN}_{z2}$, $\overline{DN}_{z3}$ – transformované premenné). V prvom kroku riešenia úlohy boli krokovou regresiou vybrané tie nezávislé premenné, ktoré vykazovali k indexom produktívnosti štatisticky signifikantnú (P = 95 %) koreláciu. V nadväznosti na to boli potom preskúmané a odvodené lineárne, ale aj niektoré nelineárne modely spektrálnej odraznosti. Výsledky tejto regresnej analýzy sú uvedené v tab. II a III.

Skúmané závislosti sú stredne až veľmi tesné, väčšina modelov je štatisticky preukazná pri spoľahlivosti 99, resp. 95 % (**, *). Z troch uvádzaných indexov produktívnosti vykazuje najlepšiu závislosť na spektrálnych charakteristikách index redukovanej úrovne zásoby (I_{red}) v lineárnych i nelineárnych modeloch. Táto skutočnosť môže do určitej miery súvisieť s elimináciou zakmenenia pri výpočte tohoto indexu, pretože v podmienkach, keď porasty z hľadiska zakmenenia sú pomerne homogénne (v našom prípade 0,7–1,0), nemôže zakmenenie s ohľadom na rozlišovaciu schopnosť kozmických snímok výrazne ovplyvniť spektrálnu charakteristiku porastu v súvislosti so stanovením jeho produktívnosti,

II. Parametre modelov pre odhad produktívnosti smrekových porastov pomocou kozmických snímok SPOT XS – Parameters of models to estimate spruce stand productivity from satellite images SPOT XS

Lineárny regresný model[1] $\hat{y} = a + b.x$						
Závislá premenná[2]	Nezávislá premenná[3]	a	b	r_{yx} resp. I_{yx}	s_{yx}%	F
I_a	$\overline{DN}_{x1}$	10,426	–0,110	0,72	25,2	**
	$\overline{DN}_{TNDVI}$	8,631	–0,031	0,39	33,5	*
	$\overline{DN}_{z1}$	4,917	–0,012	0,71	25,6	**
I_r	$\overline{DN}_{x1}$	0,816	–0,008	0,72	23,9	**
	$\overline{DN}_{TNDVI}$	0,674	–0,002	0,38	31,8	*
	$\overline{DN}_{z1}$	0,397	–0,001	0,71	24,2	**
I_{red}	$\overline{DN}_{x1}$	1,094	–0,012	0,79	21,5	**
	$\overline{DN}_{TNDVI}$	0,962	–0,004	0,47	31,0	**
	$\overline{DN}_{z1}$	0,514	–0,001	0,83	19,5	**
Mocninový regresný model[4] $\hat{y} = a.b^x$						
I_a	$\overline{DN}_{z1}$	5,348	0,996	0,72	25,2	**
I_r	$\overline{DN}_{z1}$	0,421	0,996	0,72	23,9	**
I_{red}	$\overline{DN}_{z1}$	0,573	0,995	0,85	18,5	**

[1]linear regression model, [2]dependent variable, [3]independent variable, [4]power regression model

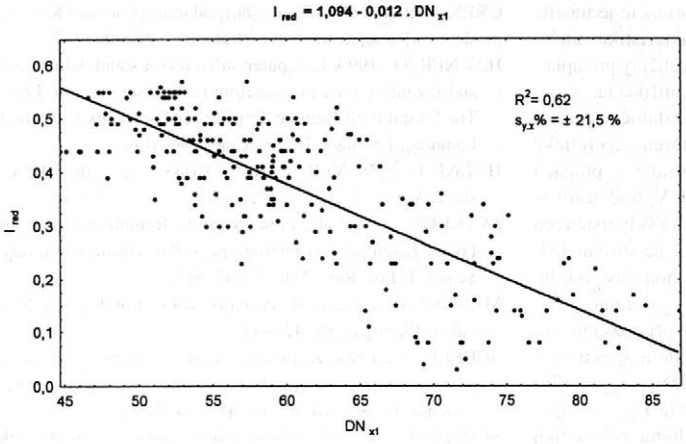
III. Parametre modelov pre odhad produktívnosti smrekových porastov pomocou kozmických snímok Landsat TM, n = 277 – Parameters of models to estimate spruce stand productivity from satellite images Landsat TM, n = 277

Lineárny regresný model[1] $\hat{y} = a + b.x$						
Závislá premenná[2]	Nezávislá premenná[3]	a	b	r_{yx} resp. I_{yx}	s_{yx}%	F
I_a	$\overline{DN}_{x1}$	30,774	–0,751	0,52	31,1	**
	$\overline{DN}_{x3}$	12,192	–0,812	0,65	27,7	**
	$\overline{DN}_{z1}$	4,201	–0,016	0,59	29,4	**
	$\overline{DN}_{z2}$	4,139	–0,110	0,58	29,7	**
	$\overline{DN}_{z3}$	5,438	–1,599	0,48	31,9	**
I_r	$\overline{DN}_{x3}$	0,957	–0,063	0,65	26,2	**
	$\overline{DN}_{z1}$	0,332	–0,001	0,59	27,8	**
	$\overline{DN}_{z2}$	0,336	–0,008	0,59	27,8	**
	$\overline{DN}_{z3}$	0,438	–0,126	0,48	30,2	**
I_{red}	$\overline{DN}_{x1}$	3,271	–0,080	0,57	28,9	**
	$\overline{DN}_{BR}$	1,063	–0,017	0,69	25,4	**
	$\overline{DN}_{z1}$	0,433	–0,002	0,64	26,9	**
	$\overline{DN}_{z2}$	0,427	–0,010	0,63	27,3	**
	$\overline{DN}_{z3}$	0,564	–0,165	0,51	30,2	**
Mocninový regresný model[4] $\hat{y} = a.b^x$						
I_a	$\overline{DN}_{z1}$	5,481	0,986	0,71	25,6	**
I_r	$\overline{DN}_{z1}$	0,437	0,986	0,72	23,9	**
I_{red}	$\overline{DN}_{z1}$	0,601	0,982	0,81	20,6	**
Exponenciálny regresný model[5] $\hat{y} = a.\exp[-b.(x^{2,2})]$						
I_{red}	$\overline{DN}_{z1}$	0,477	0,0001	0,84	19,1	**

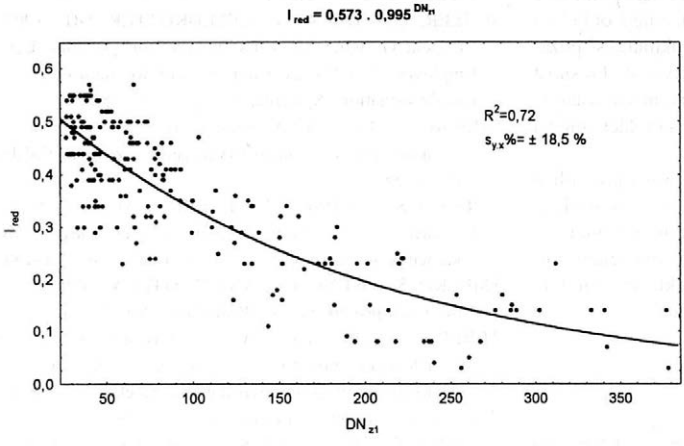
For 1–4 see Tab. II, [5]exponential regression model

resp. zásoby. Scheer (1996) skúmal závislosť snímkového zápoja (zakmenenia) od spektrálnych charakteristík porastov. Použitie jednotlivých kanálov a ich kombinácií však neprinieslo uspokojivé výsledky, tesnosť závislostí bola slabá, hodnoty koeficientu determinácie neprekročili úroveň 23 %.

K vyrovnaniu závislosti I_{red} na spektrálnych charakteristikách pôvodných kanálov i odvodených spektrálnych indexov sú vhodné lineárne regresné modely. Na obr. 1 je priebeh takejto závislosti pre údaje SPOT XS, I_{red} = f ($\overline{DN}_{x1}$). V prípade, že ako nezávislú premennú použijeme transformovanú veličinu z, priebeh závislosti



1. Závislosť I_{red} = f($\overline{DN}_{x1}$) pre údaje SPOT XS – The relation I_{red} = f($\overline{DN}_{x1}$) for SPOT XS data



2. Závislosť I_{red} = f($\overline{DN}_{z1}$) pre údaje SPOT XS – The relation I_{red} = f($\overline{DN}_{z1}$) for SPOT XS data

I_{red} = f ($\overline{DN}_{z1}$) je krivočiary (obr. 2). Táto skutočnosť platí aj pre ostatné indexy produktívnosti a obidva typy kozmických údajov.

Aj keď tesnosť niektorých závislostí je pomerne vysoká, odvodené rámce presnosti nie sú veľmi priaznivé. Dosahujú hodnoty ±37 až ±66 %, z čoho vyplýva, že odhad produktívnosti pre jednotlivé porasty pomocou odvodených modelov bude málo presný, no pre súbory porastov bude presnosť stúpať úmerne k hodnote $\sqrt{n}$.

DISKUSIA A ZÁVER

Všeobecne lepšie parametre dosahujú modely odvodené na podklade spektrálnych charakteristík kozmických snímok SPOT XS, čo súvisí predovšetkým s ich lepšou priestorovou rozlišovacou schopnosťou. Ako najvhodnejšie kanály pre odhad produktívnosti sa javia niektoré kanály z viditeľnej oblasti spektra SPOT XS (0,50– 0,59 μm, Landsat TM (0,45–0,52 μm, 0,63–0,69 μm) a z nich odvodené transformované premenné. Odvodené spektrálne indexy nepriniesli očakávané výsledky, signifikantne sa prejavila transformovaná normalizovaná diferencia vegetačného indexu ($SPOT_{TNDVI}$) a druhý komponent Tasseled Cap transformácie – brightness (BR), ktorý je spolu s prvým komponentom (greenness) indikátorom vegetačného krytu a biomasy.

Odvodené spektrálne modely pre odhad produktívnosti patria do kategórie empirických modelov, ktorých nevýhodou je obmedzená časová i priestorová platnosť, ako už bolo spomenuté, i malá presnosť hlavne pre nižšie jednotky priestorového rozdelenia lesa. Preto sa v poslednom období objavujú snahy postihnúť v týchto modeloch tiež fyzikálne a fyziologické zákonitosti interakcie radiácie s objektami krajiny. Táto problematika je však zatiaľ pomerne komplikovaná hlavne z hľadiska získavania podporných údajov k modelovaniu zákonitostí odraznosti korunového zápoja s ohľadom na veľkú rozmanitosť v horizontálnej i vertikálnej štruktúre lesa.

Napriek spomínaným nedostatkom môžu byť empirické modely spektrálnej odraznosti veľmi cenným zdrojom informácií pri odhade produktívnosti pre súbory porastov v rámci väčších organizačných jednotiek,

oblastí, regiónov a štátov. Získané informácie je možné využiť ako pomocné (spektrálna charakteristika) alebo cieľové (charakteristika produktívnosti) veličiny pre uplatnenie rôznych výberových metód (stratifikácia, viacfázové výbery). Zvlášť efektívny a aj dostatočne presný sa javí dvojfázový regresný výber, ktorého teoretické základy i praktické aplikácie sú popísané v prácach Šmelka (1990) a Scheera (1995). Výhodou tohoto postupu je, že umožňuje korekciu všetkých zistených (odhadnutých) údajov cieľovej veličiny na úrovni jednotiek prvej fázy alebo jej priemernej hodnoty. Ak by sme tento postup aplikovali na našom výskumnom objekte (n = 277 porastov), potom napr. pri rozsahu výberu n_1 = 150, n_2 = 30 a použití modelu spektrálnej odraznosti z údajov SPOT XS ($I_{red} = f\overline{DN}_{x1}$; r_{xy} = 0,79; s_{yx}% = ±21,5 %) môžeme pri variabilite I_{red} z údajov n_2 s_y% = ±30 % očakávať strednú chybu priemernej hodnoty produktívnosti $s_{\bar{y}}$% = ±3,8 %. Z tohoto príkladu vyplýva, že v takýchto prípadoch môžu spomínané metódy poskytovať cenné informácie hlavne s ohľadom na veľkosť inventarizovaného územia, aktuálnosť požadovaných údajov a ekonomickú efektívnosť. Presnosť sa bude úmerne zlepšovať k veľkosti inventarizovaného územia, k jeho homogenite a rastúcej korelácii medzi pomocnou a cieľovou veličinou.

Výhodou modelov spektrálnej odraznosti pre odhad produktívnosti je tiež ich digitálna báza – kozmické snímky, ktoré sú dôležitým informačným zdrojom pre prostredie GIS. V takomto prostredí pri existencii ďalších údajov môžu byť odvodené spektrálne modely dôležitým nástrojom analýzy stavu lesa.

Literatúra

BAUER, M. E. et al., 1994. Satellite Inventory of Minesota Forest Resources. Photogrammetric Engineering Remote Sensing, 60: 287–298.

BUCHA, T. – BOTHÁR, I., 1996. Classification of forest tree species in forest region Volovské Vrchy Mnt. using Landsat TM Data. In: Aplikácia diaľkového prieskumu Zeme v lesníctve. Zvolen, ES TU: 77–84.

FABRIKA, M., 1994. Posúdenie produktívnosti porastov ŠLP TU Zvolen metódou integrálnych ukazovateľov. [Diplomová práca.] Zvolen, TU, LF: 50.

GRÉK, J. et al., 1991. Zásady hospodárenia v lesoch Slovenska postihnutých imisiami. Bratislava, Príroda: 145.

HAGNER, O., 1990. Computer aided forest stand delineation and inventory based on satellite remote sensing. In: Proc. The Usability of Remote Sensing for Forest Inventory and Planning, February 26–28, Umea: 94–106.

HALAJ, J., 1978. Výškový rast a štruktúra porastov. Bratislava, Veda: 282.

JAAKKOLA, S. et al., 1988. Sattelite Remote Sensing for Forest Inventory – Experiences in the Nordic Countries. Scand. J. For. Res., Vol. 3: 545–567.

MAŇKOVSKÁ, B., 1991. Pollution deposition types in Slovakia. Ekológia, 10: 423–431.

SCHEER, Ľ., 1995. Zisťovanie zásob dvojfázovým regresným výberom pomocou družicových scén a terestrického merania. Lesnictví-Forestry, 41: 224–229.

SCHEER, Ľ., 1996. Modely odhadu niektorých charakteristík stavu lesa pomocou kozmických snímok. Acta Fac. for. zvolen., XXXVIII: 165–175.

SCHEER, Ľ. – AKÇA, A. – FELDKÖTTER, CH., 1997. Efficient Growing Stock Estimation from Satellite Data Employing Two-Phased Sampling with Regression. GIS – Geo-Informations-Systeme, 10, No. 3: 22–25.

ŠMELKO, Š., 1990. Zisťovanie stavu lesa kombináciou odhadu a merania dendrometrických veličín. Zvolen, VŠLD, VPA, 6: 88.

ŠMELKO, Š. – ĎURSKÝ, J. – FABRIKA, M., 1994. Návrh hodnotenia produktívnosti metódou integrálneho kritéria pre podmienky SR. Lesn. Čas. – Forestry Journal, 40: 271–284.

ŠMELKO, Š. – WENK, G. – ANTANAJTIS, V., 1992. Rast, štruktúra a produkcia lesa. Bratislava, Príroda: 342.

TEBERA, A., 1987. Ispoľzovanie dannych lesoustrojstva v celach ocenki, prognoza sostojania proizvoditeľnosti lesnych resursov. In: Biomonitoring lesnych ekosystem. Kaunas, Poľnohospodárska akadémia: 175–180.

TOMPPO, E., 1986. Stand delineation and estimation of stand variates by means of satellite images. Research notes No. 19, University of Helsinki: 20.

TOMPPO, E., 1990. Designing a satellite image aided National Forest Survey in Finland. In: Proc. The Usability of Remote Sensing for Forest Inventory and Planning, February 26–28, Umea: 43–48.

ZLATNÍK, A., 1963. Fytocenológia lesa. Praha, SPN: 372.

Došlo 31. 10. 1997

ASSESSMENT OF STAND PRODUCTIVITY EMPLOYING SATELLITE DATA

Ľ. Scheer, J. Ďurský

Technical University, Forestry Faculty, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen

A large, but unknown number of satellites is orbiting the earth. The majority are communication and military satellites, but more important for us, researchers in the field of forestry are the civil Earth Observation Satellites and imaging sensors e.g. Landsat TM, SPOT XS, registering information about the vegetation cover and forests.

Forestry is a very important area for remote sensing (R.S.) applications, because a large portion of the Earth's renewable natural resources is made up of for-

ests. In recent years, mainly satellite imagery have developed to become a new tool for the forest condition monitoring. They relinquish a wealth of up-to-date information, satisfying the requirements for accuracy and efficiency when applying modern sampling methods in connection with GIS. The rapid quality development of satellite R.S. and the lower cost per area unit, result in a noticeable time and cost reduction.

Based on the present situation in satellite R.S. and recent results in this field it is possible to recommend satellite data not only for the forest damage, species composition and age structure assessment but also for the forest productivity estimation. Therefore results and experience of stands productivity estimation employing satellite data are presented in this paper.

Spruce stands (n = 277) of Management Plan Unit Oravská Polhora in Northern Slovakia have been chosen as a test area. The Landsat TM and SPOT XS satellite images were taken in August 1990 and 1992 respectively. Using Erdas Imagine Ver. 8.2 software, satellite data processing and spectral signatures measurement were performed. Spectral signatures of individual spruce stands were measured in the following data sets:

– original Landsat TM ($DN_{x1—x7}$) and SPOT XS ($DN_{x1–x3}$) bands

– ratio indices

$TM_{VI1} = x_4/x_3$

$TM_{VI2} = x_4/x_2$

$TM_{NDVI} = (x_4–x_3)/(x_4 + x_3)$

$SPOT_{VI} = x_3/x_2$

$SPOT_{TNDVI} = (x_3–x_2)/(x_3 + x_2) + 0.5$

– orthogonal indices of Tasseled Cap Transformation, greenness (TM_{GR}) and brightness (TM_{BR}) of Landsat TM data

– perpendicular vegetation index TM_{PVI}

– transformed variables $z_{1...n} = (DN_{x1...n})^2/Age$, where $x_{1...n}$ is competent band of satellite image.

Spectral signatures of all above mentioned data sets were utilized as independent variables for the stand productivity estimation employing linear and nonlinear regression models. The indices of stand productivity – *Ia* (index of absolute level of growing stock), I_r (index of relative level of growing stock) and I_{red} (index of reduced level of growing stock) were utilized as dependent variables. The parameters of regression models for productivity estimation are listed in Tabs. II and III. The results of regression analysis show that all the models are significant with $P > 99\%$, best models are those in which the spectral signatures from channels of visible part of electromagnetic spectrum were utilized as well the transformed variables of these channels. In general, these models do not achieve the suitable parameters for productivity estimation in single stands because relative standard error ($s_{yx}\%$) varies from 37% up to 66%, however for the set of the stands it is possible to expect improvement of the precision proportionally to the value of $\sqrt{n}$.

Kontaktná adresa:

Doc. Ing. Ľubomír Scheer, CSc., Technická univerzita, Lesnícka fakulta, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, Slovenská republika

Herman, F. – Lütz, C. – Smidt, S. (eds.): Description and evaluation of stress to mountain forest ecosystems: results of long-term field experiments (Popis a hodnocení stresu působícího na horské lesní ekosystémy: výsledky dlouhodobých terénních pokusů)

Environmental Science and Pollution Research, 1998, č. 1, 104 s.

Editoři na počátku podávají přehled faktorů stresu spojených se znečištěním. Zvažují se jejich důsledky na lesní ekosystémy. Souhrn popisuje a hodnotí dopady znečištění na lesní ekosystémy na základě výsledků dlouhodobých pokusů. V hlavní části je obsaženo 13 příspěvků in extenso k danému tématu. Jedná se o tyto práce: Hodnocení rizika znečištění ovzduší pro zalesněné oblasti v Rakousku, Bavorsku a Švýcarsku; Měření koncentrací těkavých organických sloučenin podle výškového profilu; Hodnocení vlivu těkavých chlorovaných uhlovodíků na lesní stromy založené na datech měření vzduchu a jehlic a na kapacitě detoxifikace smrkových jehlic; Zkoumání perzistentních organických znečišťujících látek v odlehlých rakouských lesích, výsledky ve vztahu k nadmořské výšce; Hodnocení vlhké, suché a skryté depozice síry a dusíku na alpském stanovišti; Vztahy mezi klimatickými podmínkami a stavem výživy smrkových jehlic, indikace inputu síry a dusíku pomocí analýz jehlic založených na rakouské bioindikátorové síti; Výzkum obsahu olova ve smrkových jehlicích v odlehlých oblastech za období 30 let; Výpočty a mapování kritické zátěže u protonů a dusíku v lesních ekosystémech v severních tyrolských vápencových Alpách; Indikace dálkové dopravy těžkých kovů založená na monitorovacím systému rakouských lesních půd; Přírodní a antropogenní vlivy na fotosyntézu stromů alpských lesů; Klasifikace schématu reakce biochemické povahy pro hodnocení environmentálního stresu na smrk ztepilý; Časná detekce environmentálních vlivů zaznamenáváním chromozomálních defektů v meristémech kořenových špiček smrků.

Všechny příspěvky zahrnují výsledky monitoringů. Monitorovací činnosti jsou založeny na bioindikátorové síti, na monitorovacím systému škod v lesích, na monitorovacím systému lesních půd a na celostátní inventarizaci lesů. Byly vypracovány modely pro hodnocení potenciálních rizik depozic polutantů, které ohrožují lesní plochy. U každé práce je stručný souhrn a soupis literatury. Metodiky aplikované v příspěvcích jsou tak obecné, že se dají použít nejen ve středoevropských podmínkách, ale i v jiných poměrech. – *M. Pagač*

MONITORING KARPOFÁGOV ŠIŠIEK A SEMIEN BOROVÍC (*PINUS* SPP.)

MONITORING OF CARPOPHAGES OF PINE (*PINUS* SPP.) CONES AND SEEDS

P. Kelbel

Botanická záhrada UPJŠ, Mánesova 23, 043 52 Košice

ABSTRACT: A survey of monitoring carpophagous species in pine (*Pinus* spp.) cones in Slovakia is presented in this paper. A total of 2856 cones of Scotch pine (*Pinus sylvestris* L.) were analyzed in 1992–1997. The pine weevil *Pissodes validirostris* GYLL. was the most important pest with an average rate of cone attack 3.17% at the main cone collection. The occurrence of the pine knothorn moth (*Dioryctria abietella* SCHIFF.) was sporadic. Larvae of *Cydia conicolana* HEYL. were observed in cones and seeds of Austrian pine (*Pinus nigra* ARNOLD) (Patočka det.). Collection of the dwarf pine (*Pinus mugo* TURRA) cones in 1992–1997 gave negative results. Cone samples of the alpine stone pine (*Pinus cembra* L.) analyzed in 1994 indicated *Dioryctria abietella* infestation larvae at a rate of 54% and 58%.

cone and seed insects; insect damage; *Pinus* spp.; *Pissodes validirostris; Dioryctria abietella*

ABSTRAKT: Práca podáva prehľad o monitoringu karpofágov v šiškách borovíc (*Pinus* spp.) na Slovensku. V rokoch 1992–1997 sa analyzovalo celkom 2 856 šišiek borovice lesnej (*Pinus sylvestris* L.). Najvýznamnejším škodcom bol smoliar šiškový (*Pissodes validirostris* GYLL.) s priemerným rozsahom napadnutia šišiek v čase hlavného zberu 3,17 %. Sporadický bol výskyt vijačky smrekovej (*Dioryctria abietella* SCHIFF.). U borovice čiernej (*Pinus nigra* ARNOLD) sa zistil výskyt húseníc *Cydia conicolana* HEYL. v šiškách a semenách (determinoval Patočka). Zber šišiek borovice horskej – kosodreviny (*Pinus mugo* TURRA) v rokoch 1992–1997 sa skončil negatívnym výsledkom. V roku 1994 analyzované vzorky šišiek borovice limbovej (*Pinus cembra* L.) priniesli nález húseníc *Dioryctria abietella* s rozsahom napadnutia 54, resp. 58 %.

hmyz v šiškách a semenách; poškodenie hmyzom; *Pinus* spp.; *Pissodes validirostris; Dioryctria abietella*

ÚVOD

Limitujúcim faktorom úrody plodov a semien a tým aj možností prirodzenej obnovy porastov sú karpofágy. Údaje o ich hospodárskej škodlivosti sa v prípade borovíc obmedzujú v domácej literatúre hlavne na borovicu lesnú (*Pinus sylvestris* L.) Prvú inventarizáciu karpofágov u nás spracoval Čermák (1952). Kráľ (1957) upozornil na najnebezpečnejšieho škodcu, ktorým je smoliar šiškový (*Pissodes validirostris* GYLL.). Červeňák (1960) poukázal na škody, ktoré môžu na úrode borovicových šišiek nepriamo spôsobiť lykokazy *Blastophagus piniperda* L. a *Blastophagus minor* HART. Škodcov šišiek borovice limby (*Pinus cembra* L.) zahrnul do svojej práce Jamnický (1988). Údaje o škodcoch šišiek a semien borovíc obsahuje aj monografická práca Křísteka et al. (1992). Škodcov šišiek a semien introdukovaných druhov borovíc na Slovensku spracoval Hrubík (1975, 1978, 1979, 1992).

V zahraničí sa uvedenou problematikou zaoberali viacerí autori už na konci minulého storočia. Predmetom záujmu bol predovšetkým smoliar šiškový (*Pissodes validirostris*) – napr. Altum (1876, 1886) a iní. Novšie údaje publikovali napr. Györfi (1956), Saksons (1973), Fodor (1973), Annila (1975), Roques (1976), Annila, Hiltunen (1977), Stadnickij et al. (1978), Dormont et al. (1996) a ďalší.

MATERIÁL A METODIKA

V rámci riešenia úloh grantového projektu č. 2/1039/94 Ústavu ekológie lesa SAV Zvolen, pracovisko Nitra, boli z borovíc do výskumu zahrnuté jednak druhy, vyskytujúce sa v našich lesných porastoch, a to z autochtónnych druhov borovica lesná (*Pinus sylvestris* L.), borovica horská (*Pinus mugo* TURRA), borovica limbová (*Pinus cembra* L.) a z introdukovaných druhov

borovica čierna (*Pinus nigra* ARNOLD). V Lesoparku Botanickej záhrady UPJŠ v Košiciach (ďalej iba BZ UPJŠ) sa vykonal zber šišiek domácich druhov (*Pinus sylvestris, P. mugo*) a introdukovaných druhov borovíc, a to: borovice Banksovej (*Pinus banksiana* LAMB.), borovice himalájskej (*Pinus wallichiana* A. B. JACKS.), borovice ťažkej (*Pinus ponderosa* LAWS.) a borovice hladkej – vejmutovky (*Pinus strobus* L.). V roku 1997 sme získali jednu vzorku šišiek kosodreviny (*Pinus mugo*) z Arboréta Borová hora Technickej univerzity vo Zvolene.

Pri odbere materiálu sa dodržiavala zásada zberu z viacerých plodiacich stromov s cieľom zachytiť priemerné podmienky v poraste. Minimálny rozsah výberu predstavoval pre jednotlivé vzorky 40 až 50 zrelých semenných šišiek. Vzorky sa ukladali do papierových vrecúšok, resp. kartónových obalov s presným vyznačením lokality a dátumu zberu. V prípadoch väčšej časovej diferencie medzi zberom a entomologickou analýzou sa vzorky do doby analýzy prechodne uskladnili v chladiacom boxe.

Entomologická analýza šišiek a semien prebiehala v dvoch fázach. V prvej sa uskutočnila analýza šišiek: po obhliadke povrchu šišiek sa vykonal ich rez v smere pozdĺžnej osi pomocou noža na tangenciálny rez šišiek. Vizuálne sa zisťovala prítomnosť škodcov a zaznamenával sa rozsah ich vnútorného poškodenia. Následne v druhej fáze sa po vylúštení šišiek z jednotlivých vzoriek podľa štandardnej metodiky odobrala vzorka 4 x 100 kusov semien na röntgenografickú analýzu, ktorá sa uskutočnila v Arboréte Mlyňany pomocou röntgenového prístroja japonskej firmy SOFTEX IMB. Vyhodnotením röntgenových snímok na presvetľovacom stolíku sa stanovilo napadnutie semien jednotlivými hmyzími škodcami, ako aj podiel semien plných a prázdnych.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

U borovice lesnej (*Pinus sylvestris* L.) sa celkove analyzovalo 2 856 šišiek, z toho 1 610 ks získaných v rokoch 1992–1994 prostredníctvom Semenolesu (v čase hlavného zberu) a 1 246 šišiek náhodne odobraných v rokoch 1992 až 1997 v čase vegetačného obdobia. U šišiek z náhodných odberov sa vykonala iba analýza rezom, zameraná na zistenie konofágov, u šišiek zo Semenolesu sa táto analýza doplnila röntgenografickou kontrolou semien. Podrobné údaje o vzorkách a výsledkoch analýz sú obsiahnuté v publikovaných prácach (Kelbel, 1994b, 1996), preto uvádzame iba súhrnné údaje. Na poškodení šišiek a semien sa podieľal ako najvýznamnejší škodca smoliar šiškový (*Pissodes validirostris*), napadnutie ktorým sa v jednotlivých vzorkách zo Semenolesu pohybovalo od 0,00 % do 28,00 %. Najväčší rozsah napadnutia sa zistil počas orientačných odberov v oblasti Slovenského krasu (na lokalite Drienovec) v roku 1992, a to 42,55 %. Priemerné poškodenie v rámci všetkých lokalít počas hlavného zberu dosiahlo 3,17 %. Každoročne sa prejavovala vysoká variabilita v rozsahu napadnutia týmto škodcom, dôkazom čoho boli vysoké hodnoty variačného koeficienta (113,36–201,00 %). Žiaden zo sledovaných faktorov prostredia (nadmorská výška, vek, semenárska oblasť) pri analýze variancie sa neprejavil ako signifikantný vo vzťahu k napadnutiu smoliarom *Pissodes validirostris*. Z ďalších škodcov bola identifikovaná polyfágna vijačka smreková (*Dioryctria abietella* SCHIFF.), ktorá sa celkove vyskytla v štyroch vzorkách z náhodných odberov. V jednej šiške sa vyskytovali jedna až dve húsenice, ktoré šišku spravidla úplne znehodnotili. Výskyt tohto škodcu bol však iba v nižších polohách a bol sporadický. Analýzy borovicových šišiek v BZ UPJŠ boli negatívne.

Vzorky semenných šišiek zo Semenolesu sa po analýze rezom lúštili a získané semená (4 x 100 kusov) sa analyzovali röntgenograficky. Pri analýzach sa nezistila prítomnosť žiadneho seminifága, vyvíjajúceho sa v semenách borovice. Dosiahnuté výsledky analýz korešpondujú s údajmi Kráľa (1957). Nevyskytlo sa významnejšie poškodenie oproti zahraničiu, kde napr. Györfi (1956) referoval o poškodení semien v rozsahu 15–25 %, resp. Roques (1976) uvádzal 68–100% poškodenie šišiek smoliarom *Pissodes validirostris*, pričom atakované šišky následne neprodukovali semená.

V podmienkach semenných sadov sa podarilo v roku 1993 preukázať negatívnu lineárnu korelačnú závislosť rozsahu napadnutia šišiek škodcom *Pissodes validirostris* od výšky úrody šišiek, vyjadrenej hmotnosťou v kilogramoch (Kelbel, 1996). Toto zistenie korešponduje s doterajšími poznatkami literatúry (napr. Křístek et al., 1992). Zároveň sa doteraz nepotvrdili pôvodné predpoklady o vyššom rozsahu napadnutia plodov v podmienkach semenných sadov. Túto skutočnosť možno odôvodniť dobrou izoláciou semenných sadov od porastov toho istého druhu dreviny, čím sa nielen zabraňuje nežiadúcemu opeleniu z pozadia, ale súčasne sa zamedzuje imigrácii významných hospodárskych škodcov.

Čermák (1952) uvádza vo svojej práci aj ďalších potenciálnych škodcov, ako *Anobium abietinum* GYLL. (*Coleoptera*) a *Megaselia rufipes* MEIG. (*Diptera*). Ešte širšiu škálu popisujú Křístek et al. (1992), ktorí navyše uvádzajú z konofágov druhy: *Kaltenbachiola strobi* WINN. (*Diptera*), *Eupithecia pini* L., *Assara terebrella* ZCK., *Dioryctria mutatella* FUCHS, *Barbara herrichiana* OBR., *Cydia strobilella* L., *Zeiraphera diniana* (GN.) a *Zeiraphera ratzeburgiana* (SAX.) (všetko *Lepidoptera*) a zo seminifágov druh *Megastigmus atedius* WALKER (*Hymenoptera*). Na základe doterajších poznatkov sa škála škodcov šišiek borovice lesnej (*Pinus sylvestris*) obmedzuje na dva najvýznamnejšie druhy – smoliara *Pissodes validirostris* a vijačku *Dioryctria abietella*. Prítomnosť ďalších druhov škodcov vymenovaných v práci Křísteka et al. (1992) sa nezistila.

U borovice čiernej (*Pinus nigra* ARNOLD) sa v rámci náhodných odberov realizoval zber šišiek v oblasti Slovenského krasu (v katastrálnom území obce

Drienovec), a to v čase vegetačného obdobia zo solitérnych jedincov, rastúcich na vápencových škrapových poliach J až JZ expozície, ale aj stromov rastúcich v zapojených porastoch, umelo založených v päťdesiatych rokoch v rámci zalesňovania tzv. spustnutých plôch v krase. Počas analýz sa v šiškách jedincov rastúcich v zapojených porastoch nezistilo napadnutie hmyzom. U solitérnych jedincov sa v semenách zistila prítomnosť húseníc motýľa *Cydia conicolana* HEYL. (determinoval Patočka). Uvedený nález bol spolu so zistenými údajmi o bionómii škodcu publikovaný (Kelbel, 1994a). Rozsah napadnutia šišiek na sledovanej lokalite dosiahol za štyri roky (1992–1995) v priemere 23,20 %. V jednej šiške bolo priemerne zničených 25 % semien, pričom v jednom plode sa nachádzali jedna až dve žerúce húsenice. Schwenke (1978) uvádza výskyt tohto druhu v západnej Európe, a to predovšetkým v južnom Francúzsku a tiež v južnej časti východnej Európy. Křístek et al. (1992) ho v súhrnnom prehľade domácich škodcov šišiek a semien borovice (*Pinus* spp.) neuvádzajú. Spomínajú ho však ako škodcu iných (introdukovaných) ihličnanov, a s odvolaním sa na ďalších autorov uvádzajú ako možné hostiteľské dreviny druhy *Pinus sylvestris* L., *P. uncinata* MILL., *P. nigra* ARNOLD a *P. brutia* TEN. Podľa týchto údajov sa výskyt obaľovača *Cydia conicolana* HEYL. zaregistroval vo Francúzsku, Holandsku, Albánsku a Turecku. Čermák (1952) ho spomína ako potenciálneho škodcu borovicových šišiek, ale odvoláva sa pritom na údaje zahraničných autorov, pričom on sám výskyt tohto škodcu nezaznamenal. Nález možno zdôvodniť extrémnymi podmienkami prostredia, ktoré sú podmienené prítomnosťou vápencových škrapových polí, pričom vegetácia má lesostepný až stepný charakter. Nálezy sa obmedzili iba na dokonale oslnené solitérne jedince, pričom stromy rastúce v zapojených porastoch napadnuté neboli. Napadnutie šišiek borovice čiernej sa v BZ UPJŠ nezistilo.

V priebehu rokov 1992–1997 sa vykonali náhodné odbery šišiek borovice horskej – kosodreviny (*Pinus mugo* TURRA), ktoré boli situované do oblastí jej prirodzeného výskytu (Vysoké a Nízke Tatry a Kojšovská hoľa), ale tri vzorky v rokoch 1995–1997 pochádzali aj z BZ UPJŠ a jedna vzorka z roku 1997 z Arboréta Borová hora. Celkove sa analyzovalo 22 vzoriek (celkom 1 983 šišiek). V žiadnej zo vzoriek sa nezistilo napadnutie šišiek hmyzími škodcami, naopak – vizuálne posúdenie tangenciálnych rezov šišiek ukázalo na dobrý zdravotný stav plodov a vysoký podiel plných a zdravých semien. V niektorých vzorkách sa vyskytlo skrútenie, resp. deformácia plodov, spojená v niektorých prípadoch s výronom živice, táto však nenastala v dôsledku atakovania hmyzom. Pripisujeme to skôr pôsobeniu abiotických faktorov. Počas odberov vzoriek sa zvlášť vo Vysokých Tatrách (Skalnaté pleso, Štrbské pleso) vizuálne zistilo poškodenie koncových púčikov výhonkov obaľovačmi *Rhyacionia buoliana* (DEN. et SCHIFF.), príp. *Blastesthia posticana* ZETT. Tento jav konštatoval v minulosti v oblasti Vysokých Tatier Ing. Vojtuň (Bukovčan, 1953). Usychanie púčikov a následne aj celých výhonkov môže preto nepriamo ovplyvniť úrodu šišiek a semien kosodreviny v nasledujúcich rokoch.

V roku 1994 sa analyzovali dve vzorky šišiek borovice limbovej (*Pinus cembra* L.), pochádzajúce z oblasti Kojšovskej hole. Odberné miesta boli od seba vzdialené cca 250 m. Obe vzorky obsahovali po 50 ks šišiek, ktoré sa analyzovali rezom. Zo škodcov sa identifikovala vijačka smreková (*Dioryctria abietella*), napadnutie ktorou dosiahlo 54 %, resp. 58 %. V oboch prípadoch sa zistilo rozožieranie mäkkých častí šišky (stržňa a semenných šupín) bez priameho prieniku do semien. Napriek silnému poškodeniu orešnicou sa podarilo z oboch vzoriek vylúštiť 2 x po 100 ks limbových orieškov, ktoré sa analyzovali rezom. Najvyšší bol podiel prázdnych semien (86,5 %), napadnutie hnilobou predstavovalo 4,5 % a podiel plných zdravých semien iba 9 %. Prítomnosť hmyzích škodcov sa priamo v limbových orieškoch nezistila. K rovnakému zisteniu dospel Jamnický (1988), pričom upozornil, že v mnohých orieškoch šišiek atakovaných vijačkou sa v dôsledku žeru húseníc nevyvinulo jadierko. Podľa Dormonta et al. (1996) v prvom roku vývoja šišiek prevládajú abiotické mortalitné faktory, pričom hmyzí škodcovia sa podieľajú na poškodení hlavne dvojročných šišiek limby.

Analýza ďalších (introdukovaných) druhov borovíc v BZ UPJŠ v Košiciach sa skončila s negatívnym výsledkom. Hrubík (1975) zistil v Arboréte Mlyňany nižší rozsah napadnutia šišiek borovíc *Pinus banksiana* a *Pinus ponderosa* smoliarom šiškovým (*Pissodes validirostris*), a to v rozsahu 5–10 %. Poškodenia semien hmyzom zistil spomínaný autor RTG-analýzou iba u druhu *Pinus strobus*, a to larvičkami rodu *Megastigmus* na lokalite Turčianska Štiavnička.

ZÁVER

Z monitoringu karpofágov borovíc (*Pinus* spp.) vyplynuli nasledujúce závery:

1. U borovice lesnej (*Pinus sylvestris*) je druhová prezencia škodcov zastúpená dvoma najvýznamnejšími druhmi – smoliarom šiškovým (*Pissodes validirostris*) a vijačkou smrekovou (*Dioryctria abietella*). Najvýznamnejším škodcom je *Pissodes validirostris* s priemerným rozsahom napadnutia 3,17 %. Rozsah napadnutia môže byť veľmi variabilný, odlišnosti sa môžu vyskytnúť nielen v rámci lokalít, ale aj jednotlivých porastov. Žiaden zo sledovaných faktorov prostredia (nadmorská výška, vek, semenárska oblasť) sa neprejavil pri analýze variancie ako signifikantný vo vzťahu k napadnutiu uvedeným škodcom. Vijačka *Dioryctria abietella* sa vyskytla len sporadicky na miestach s nízkou nadmorskou výškou. V podmienkach semenných sadov sa zistila negatívna lineárna korelačná závislosť medzi rozsahom napadnutia šišiek smoliarom *Pissodes validirostris*

a výškou úrody šišiek. Extrémne premnoženie škodcov v podmienkach semenných sadov sa zatiaľ nezistilo, v prípade potreby je možné využiť niektoré metódy integrovanej ochrany (Kelbel, 1995, 1996).

2. U borovice čiernej (*Pinus nigra*) sa zistil v šiškách a semenách výskyt obaľovača *Cydia conicolana*. Ide o nález významný aj z hľadiska faunistického. Výskyt iných druhov škodcov sa zatiaľ nezaznamenal.
3. Rozsiahle analýzy šišiek kosodreviny (*Pinus mugo*) boli negatívne. Vizuálne zistené poškodenie výhonkov obaľovačmi *Rhyacionia buoliana*, príp. *Blastesthia posticana* vo Vysokých Tatrách môže fruktifikáciu ovplyvniť iba nepriamo.
4. U borovice limbovej (*Pinus cembra*) sa zaznamenal výskyt vijačky *Dioryctria abietella*. Húsenice rozožierali stržeň a semenné šupiny bez priameho prieniku do limbových orieškov. Môže však dôjsť k nepriamemu ovplyvneniu klíčivosti orieškov, napr. nedostatočným vyvinutím jadierka v atakovaných šiškách (Jamnický, 1988).
5. Analýzy dvoch domácich (*Pinus sylvestris, P. mugo*) a štyroch introdukovaných druhov borovíc (*Pinus banksiana, P. wallichiana, P. ponderosa* a *P. strobus*) v BZ UPJŠ v Košiciach skončili zatiaľ s negatívnym výsledkom.

Výskum priniesol konkrétne údaje o hospodárskej škodlivosti jednotlivých druhov hmyzu. Z faunistického hľadiska je významný nález obaľovača *Cydia conicolana*, ktorý je zároveň aj novým druhom pre hodnotenie druhovej prezencie škodcov na borovici čiernej na Slovensku.

Možno konštatovať, že v bežných prevádzkových podmienkach sa ako najzdravšie ukázali šišky borovice horskej, ktoré počas celého sledovaného obdobia neboli napadnuté žiadnym hmyzím škodcom. Podobne s negatívnym výsledkom dopadli aj analýzy šišiek introdukovaných druhov borovíc v BZ UPJŠ v Košiciach.

Poďakovanie

Výskum sa uskutočnil vďaka financovaniu grantu č. 2/1039/94 *Výskum škodlivej entomofauny a hubových chorôb drevín v urbanizovanej a poľnohospodárskej krajine* Slovenskou grantovou agentúrou pre vedu. Za spoluprácu pri zabezpečovaní vzoriek materiálu ďakujem Ing. Ondrejovi Makarovi, riaditeľovi Semenolesu v Liptovskom Hrádku, a Dr. Jaroslavovi Ďurkovičovi z Katedry fytológie Lesníckej fakulty Technickej univerzity vo Zvolene.

Literatúra

ALTUM, B., 1876. Der Strahlenfrass der Pissodeslarven. Die Generation der *Pissodes*. Z. Forst- Jagdwes., 8: 494–495.

ALTUM, B., 1886. *Pissodes validirostris* Schoenh. (*strobili* Redt.) Zerstörer von Kiefernzapfen. Z. Forst- Jagdwes., 18: 42–44.

ANNILA, E., 1975. The biology of *Pissodes validirostris* Gyll. (*Col., Curculionidae*) and its harmfulness, especially in Scots pine seed orchards. Commun. Inst. for. fenn., 85: 1–95.

ANNILA, E. – HILTUNEN, R., 1977. Damage by *Pissodes validirostris* (*Coleoptera, Curculionidae*) studied in relation to the monoterpene composition in Scots pine and lodgepole pine. An. Entomol. fenn., 43: 87–92.

BUKOVČAN, V., 1953. Kosodrevina. Bratislava, ŠPN: 133.

ČERMÁK, K., 1952. Hmyzí škůdci semen našich lesních dřevin. Práce výzk. Úst. lesn. I. Praha, Brázda: 5–87.

ČERVEŇÁK, J., 1960. Škody zapríčinené kôrovcami. Les, 16: 235–238.

DORMONT, L. – ROQUES, A. – TROSSET, L., 1996. Insect damage to cones and other mortality factors limiting natural regeneration potential of Swiss stone pine (*Pinus cembra* L.) in the northern French Alps. An. Sci. For., 53: 153–158.

FODOR, S., 1973. Az erdeifenyo tobozt károsító rovarok elleni vegyszeres védekezési kisérlet elso eredményei. Az Erdö, 22: 279–282.

GYÖRFI, J., 1956. Nadelholzzapfen- und Nadelholzsamenschädlinge und ihre Parasiten. Acta agron. Acad. Sci. hung., 6: 321–373.

HRUBÍK, P., 1975. Výskum hmyzích škodcov semien introdukovaných drevín na Slovensku. [Záverečná výskumná správa.] Arborétum Mlyňany – Ústav dendrobiológie SAV, Vieska nad Žitavou: 94.

HRUBÍK, P., 1978. Najdôležitejší škodcovia cudzokrajných drevín na Slovensku. In: Poznatky z ochrany lesov. Zbor. ved. prác VÚLH Zvolen, 26. Bratislava, Príroda: 201–211.

HRUBÍK, P., 1979. Významnejší hmyzí škodcovia semien cudzokrajných drevín. Les, 35: 447–449.

HRUBÍK, P., 1992. Hmyzí škodcovia hospodársky významných cudzokrajných drevín na Slovensku. Lesn. Čas., 38: 215–221.

JAMNICKÝ, J., 1988. Hmyz (*Insecta*) žijúci na borovici limbe (*Pinus cembra* L.). Zbor. TANAP, 28: 5–54.

KELBEL, P., 1994a. *Cydia conicolana* HEYL. (*Lepidoptera, Tortricidae*) – škodca semien borovice čiernej (*Pinus nigra* ARN.). Spr. Slov. entomol. spoloč. pri SAV, 6: 45–46.

KELBEL, P., 1994b. Podiel smoliara šiškového (*Pissodes validirostris* GYLL.) (*Coleoptera, Curculionidae*) na poškodení šišiek borovice sosny (*Pinus sylvestris*). Spr. Slov. entomol. spoloč. pri SAV, 6: 49–54.

KELBEL, P., 1995. Možnosti prevencie a boja proti hmyzím škodcom plodov a semien lesných drevín (The possibilities of the prevention and control of insect pests of forest tree species fruits and seeds). [Referát.] Lesn. Čas. – Forestry Journal, 41: 353–360.

KELBEL, P., 1996. Hmyzí škodcovia šišiek a semien v semenných sadoch borovice lesnej (*Pinus sylvestris*) a možnosti boja. Entomofauna carpathica, 8: 145–150.

KRÁĽ, V., 1957. O niektorých živočíšnych škodcoch lesných semien a semenáčikov. Les, 13: 151–154.

KŘÍSTEK, J. – JANČAŘÍK, V. – PROCHÁZKOVÁ, Z. – SKRZYPCZYŃSKA, M. – UROŠEVIČ, B., 1992. Škůdci semen, šišek a plodů lesních dřevin. Praha, Brázda: 286.

ROQUES, A., 1976. Observations sur la biologie des Diptères présents dans les cônes de Pin Sylvestre à Fontainebleau (Seine-et-Marne). Bull. Soc. ent. France, 81: 65–74.

SAKSONS, J. L., 1973. Entomofauna generativnych organov sosny (*Pinus sylvestris* L.) i jeli (*Picea abies* Karst.) v Latvijskoj SSR. In: SPALVINS, Z., Zaščita lesa. Riga: 29–52.

SCHWENKE, W., 1978. Die Forstschädlinge Europas. Band III: 467.

STADNICKIJ, G. V. – JURČENKO, G. I. – SMETANIN, A. N. – GREBENŠČIKOVA, V. P. – PRIBYLOVA, N. V., 1978. Vrediteli šišek i semjan chvojnych porod. Moskva, Izd. Lesnaja Promyšlennosť: 167.

Došlo 10. 11. 1997

MONITORING OF CARPOPHAGES OF PINE (*PINUS* SPP.) CONES AND SEEDS

P. Kelbel

Botanical Garden of P. J. Šafárik University, Mánesova 23, 043 52 Košice

Research on carpophages of pine (*Pinus* spp.) cones in Slovakia is summarized in this paper. A total of 2856 cones of the Scotch pine *Pinus sylvestris* were analyzed in 1992 to 1997, out of them 1610 cones were obtained from Semenoles Co. at Liptovský Hrádok and the other cones by random collections. Analyses covered these numbers of cones: 244 cones of the Austrian pine *Pinus nigra*, ca. 1983 cones of the mountain pine *Pinus mugo* in 1992 to 1997, and two samples of cones of the Swiss stone pine *Pinus cembra* in 1994. Cones of autochthonous and introduced pine species were analyzed in the Forest Park of the Botanical Garden of P. J. Šafárik University at Košice in 1995 to 1997. These conclusions could be drawn from pine carpophage monitoring:

1. Scotch pine (*Pinus sylvestris*) cones were injured by two insect species – by the weevil *Pissodes validirostris* and by the pine knothorn moth *Dioryctria abietella*. *Pissodes validirostris* was the most serious pest with an average extent of damage 3.17%. Damage extent can be largely variable: there may be differences between the localities as well as within the localities. None of the environmental factors under observation (height above sea level, age, seed area) were found to be significant with respect to cone damage by the pests concerned when analysis of variance was used. The occurrence of *Dioryctria abietella* was only scarce at locations situated at a low height above sea level.

   A negative linear correlation was determined for a relationship between the extent of cone damage by the weevil *Pissodes validirostris* and the level of cone yield in the conditions of seed orchards. No extreme mass outbreak of pests has been observed in seed orchards until now. A method of integrated protection can be used if necessary (Kelbel, 1995, 1996).
2. The occurrence of *Cydia conicolana* larvae was diagnosed in cones and seeds of the Austrian pine *Pinus nigra*, which is an important faunistic finding at the same time. No other pests were observed.
3. Extensive analyses of mountain pine (*Pinus mugo*) cones gave negative results. Fructification can be influenced only indirectly as a result of visually determined shoot damage caused by moths of *Rhyacionia buoliana* or *Blastesthia posticana* in the High Tatras.
4. The pine knothorn moth *Dioryctria abietella* was observed in the Swiss stone pine (*Pinus cembra*). Larvae were feeding on kernels and seed scales but they did not penetrate into cedar nuts. The pest can indirectly influence nut germination, e.g. through underdeveloped kernels in damaged cones (Jamnický, 1988).
5. Analyses of two autochthonous pine species (*Pinus sylvestris*, *P. mugo*) and four introduced ones (*Pinus banksiana*, *P. wallichiana*, *P. ponderosa* and *P. strobus*) in the Botanical Garden of P. J. Šafárik University at Košice have given negative results.

This research has provided specific data on economic harmfulness of the particular insect species. The presence of *Cydia conicolana* larvae is an important finding in faunistic terms as it is a new species for evaluation of the pest species presence in Austrian pine in Slovakia.

It can be stated that cones of the mountain pine were most resistant to pest damage in current field conditions as they were not infested by any insect pest in the period of observation. Analyses of pine cones in the Botanical Garden of P. J. Šafárik University at Košice also gave negative results.

Kontaktná adresa:

Dr. Ing. Peter Kelbel, Botanická záhrada UPJŠ, Mánesova 23, 043 52 Košice, Slovenská republika

LESNICTVÍ-FORESTRY, *44*, 1998 (9): 411–420

VLIV MYKOPARAZITA *PYTHIUM OLIGANDRUM* DRECHSLER NA DRUHY HUB RODU *CERATOCYSTIS S.L.*

THE EFFECT OF *PYTHIUM OLIGANDRUM* DRECHSLER MYCOPARASITE ON FUNGAL SPECIES OF THE GENUS *CERATOCYSTIS S.L.*

M. Švecová[1], D. Čížková[2], D. Veselý[3]

[1]*Přírodovědecká fakulta UK, Viničná 7, 128 44 Praha*
[2]*Česká zemědělská univerzita, Lesnická fakulta, 165 21 Praha-Suchdol*
[3]*Biopreparáty, s. r. o., Únětice 150, 252 62 Horoměřice*

ABSTRACT: Mycoparasitic fungus *Pythium oligandrum* Drechsler was tested in dual cultures with individual strains of the phytopathogenic fungi *Ophiostoma* sp. which are the cause of tracheomycosis in forest trees. Hyphae of *Pythium oligandrum* penetrated into the mycelium of *Ophiostoma* sp. producing oospores abundantly, compared with the part of *P. oligandrum* mycelium drawing nutrition for its growth only from the solid agar-medium. The individual strains of *Ophiostoma* sp. showed the different ability to produce inhibitory substances and to produce the inhibition zones between *P. oligandrum* – mycoparasite and *Ophiostoma* sp. colonies. Three tested strains of *Ophiostoma* sp. from the four created only the narrow inhibition zone. The strain of *Ophiostoma* sp. which produced the very large inhibition zone, reduced also the fructification of *P. oligandrum* growing in mycelium of *Ophiostoma* sp. and the fungus *P. oligandrum* produced oospores later compared with variants where tested strains of *Ophiostoma* sp. made only the small inhibition zones. The possibility to use the mycoparasite *Pythium oligandrum* to affect the occurrence of *Ophiostomatales* in the integrated control of forest-trees is discussed.

Pythium oligandrum; *Ophiostomatales*; integrated control

ABSTRAKT: Mykoparazitická houba *Pythium oligandrum* při pěstování v podvojných kulturách s jednotlivými kmeny původců tracheomykóz, fytopatogenních hub rodu *Ophiostoma*, vytvářela v jejich porostu hojně oospory na rozdíl od té části kolonie, která čerpala živiny pro svůj růst jen z pevného agarového média. Jednotlivé kmeny hub rodu *Ophiostoma* vykazovaly rozdílnou schopnost produkovat inhibiční látky a vytvářet mezi koloniemi *P. oligandrum* a houbami rodu *Ophiostoma* inhibiční zóny. Tři kmeny hub rodu *Ophiostoma* ze čtyř testovaných vytvářely jen úzkou inhibiční zónu. Kmen houby *Ophiostoma* sp., který vytvářel velmi rozsáhlou inhibiční zónu, omezil i fruktifikaci mykoparazita ve svém porostu mycelia. Houba *P. oligandrum* vytvářela oospory opožděně v porovnání s variantami, kde kmeny *Ophiostoma* sp. vytvářely jen malé inhibiční zóny. V práci je diskutována možnost využití mykoparazita *P. oligandrum* pro případné ovlivnění kvantity výskytu hub řádu *Ophiostomatales* v integrované ochraně lesních dřevin.

Pythium oligandrum; *Ophiostomatales*; biologická regulace

ÚVOD

Onemocnění cévních svazků rostlin působené houbami – tracheomykózy – vyvolává celá řada parazitických hub. U bylin jsou to zejména houby řádu *Hypocreales*, např. anamorfní rody *Fusarium* a *Verticillium*. Ale i v lesních školkách mohou být v nejranějších fázích růstu semenáčky a sazenice napadeny houbami rodu *Fusarium*, které mohou být příčinou pozdějšího tracheomykózního onemocnění (Křístek et al., 1992). U dřevin jde však především o zástupce řádu *Ophiostomatales* Rosinski 1961. Do tohoto řádu s jedinou čeledí *Ophiostomataceae* Nannf. 1932 jsou řazeny rody *Ceratocystis sensu stricto, Ophiostoma* a *Ceratocystiopsis*. Houby řádu *Ophiostomatales* mají v systému vřeckovýtrusých hub zvláštní postavení. Celý komplex *Ceratocystis s.l.* se vyznačuje velkým pleomorfismem, kdy se vyskytuje více konidiových stadií (anamorf) u jednotlivých druhů (Švecová, Skalický, 1991; Holubová-Jechová, 1991).

Jako původce tracheomykóz dřevin u nás je označeno několik druhů hub z tohoto řádu, např. *Ophiostoma valachicum* Georgescu, Teodoru et Badea, *Ophiostoma roboris* Georgescu et Teodoru nebo *Ceratocystis piceae* (Münch.) Batshi. Hromadné hynutí jilmů bylo však vyvoláno jiným druhem houby – *Ceratocystis ulmi* (Buism.) C. Moreau (*Ophiostoma ulmi*).

Dříve byla podstata tracheomykóz vysvětlována pouhým ucpáváním dřevních částí vodivého pletiva hyfami hub. Touto částí vodivých pletiv se běžně šíří při systémových infekcích i mycelia biotrofně parazitických hub zejména z řádů *Peronosporales*, *Uredinales* a *Ustilaginales*. Přesto však tyto houby tracheomykózní onemocnění nevyvolávají. Zároveň bylo zjištěno, že pravou příčinou tracheomykóz je vylučování metabolitů do živých pletiv cévních svazků dřevin, jak v referátu uvádějí Švecová, Skalický (1991).

Houby rodu *Ophiostoma* mohou být přenášené již osivem, které je pak zdrojem infekce pro semenáčky a sazenice v lesních školkách. V případě dubů mají z biotických škodlivých činitelů největší podíl na špatném zdravotním stavu žaludů právě houby, které vyvolávají tracheomykózy (Surovec, 1992). Napadenými semenáčky může být choroba zavlečena i do výsadeb (Jančařík, 1991). Vzhledem k tomu, že mnohé houby vyvolávající tracheomykózy jsou přenosné jak osivem a sadbou, tak i půdou přes kořenový systém, jsou semenáčky a sazenice ve školkách vystaveny silnému infekčnímu tlaku. Houby rodu *Ophiostoma* a jeho anamorfy jsou často přítomny na dřevní štěpce, pochází-li z infikovaných dřevin, a ta pak může být při použití jako substrát pro pěstování sazenic také zdrojem infekce.

Tím se dostáváme k problematice možností regulace původců tracheomykóz již v lesních školkách, kde existuje mnoho potenciálních i reálných zdrojů pro vznik tracheomykózního onemocnění (Wittlingerová, 1994).

Bylo zjištěno, že houby rodu *Ophiostoma* a jejich anamorfy se vyskytují rovněž v kořenech, a to především u chřadnoucích dubů vyznačujících se silnými příznaky tracheomykózního onemocnění (Novotný, 1995). Podobný jev byl popsán u vzcházejících rostlin řepy cukrové, kde povrch kořenů rostlin napadených spálou byl osídlen větším počtem mikroskopických hub než povrch kořenů zdravých rostlin. Vyšší osídlení kořenů nemocných rostlin houbami nebylo zjištěno jen u fytopatogenních druhů, ale zvýšil se i počet druhů, které patří mezi saprofytickou doprovodnou mykoflóru (Veselý, 1985). Mezi saprofyty bývá mnoho antagonistů fytopatogenních hub, které je možné využít k regulaci výskytu hub *Ophiostoma* sp. Výskyt hub z řádu *Ophiostomatales* v pletivech stromů s příznaky tracheomykózního odumírání byl např. omezen použitím bakterií – fluorescentních pseumonád (Scheffer, 1983) a neagresivních kmenů *Ophiostoma ulmi*. Při aplikaci suspenze směsi dvou kmenů *O. ulmi* – agresivního a neagresivního – s koncentrací 5×10^5 v 1 ml odpovídalo potlačení příznaků choroby poměru konidií agresivního a neagresivního kmene v použitém inokulu (Scheffer et al., 1980; Scheffer, Melgersma, 1982).

Při úvahách o možnosti využít mykoparazita *Pythium oligandrum* k regulaci výskytu hub *Ophiostoma* sp. je možné vycházet z několika výzkumně již prokázaných souvislostí. Spektrofotometricky bylo zjištěno, že *P. oligandrum* projevuje celulolytickou aktivitu při pH 5,0–5,8. I když rozmezí pH, ve kterém *P. oligandrum* produkuje celulázu a jako živný substrát využívá celulózu, je úzké, za podmínek vhodných pro růst obou mikromycetů by mohla celulolytická aktivita *P. oligandrum* rozrušovat buněčné stěny hyf *Ophiostoma* sp., které kromě chitinu a ramnózy obsahují také celulózu (Krátká, Veselý, 1979; Holubová-Jechová, 1991). U houby *Pythium oligandrum* však nebyla zjištěna jen vlastnost parazitovat na jiných – především fytopatogenních – houbách. Tato houba také stimuluje růst rostlin (Veselý, 1976). Hromadné vnesení oospor *P. oligandrum* v tekuté suspenzi ke kořenům vzcházejících rostlin okurky přechodně vyvolalo výhodný vztah pro oba organismy. U takto ošetřených rostlin se zvýšil obsah organického fosforu v kořenech i v nadzemních částech. Výrazně se zvýšil obsah kyseliny indolyl-octové (IAA) v nadzemních částech rostlin, zvýšila se hmotnost kořenů a hmotnost i počet listů. Stimulaci těchto procesů v rostlině je možné chápat jako pozitivní prvek při obranných reakcích rostliny proti patogenům. U houby *Pythium oligandrum* jde tedy o přímý účinek (parazitace na fytopatogenních houbách), a navíc i o účinek nepřímý (stimulace pozitivních biochemických a fyziologických změn v mladých rostlinách) (Krátká et al., 1994).

Literární údaje o závažnosti tracheomykózního onemocnění lesních dřevin na straně jedné a pozitivní výsledky získané studiem mykoparazitické houby *Pythium oligandrum* na straně druhé vedly autory této práce k záměru ověřit (nejdříve v laboratorním pokusu), zda bude možné využít vlastností tohoto antagonisty k regulaci výskytu hub z řádu *Ophiostomatales* v raných fázích růstu dřevin v lesních školkách a ve výsadbách.

MATERIÁL A METODIKA

K pokusu *in vitro* bylo použito metody tzv. podvojných kultur, při které byly testované houbové organismy zaočkovány proti sobě na pevnou agarovou půdu při okrajích Petriho misek o průměru 100 mm.

Pokus byl zaměřen na posouzení vzájemných vztahů mezi antagonistickou houbou *Pythium oligandrum* a kmeny hub *Ophiostoma* sp.

Kmeny uvedených mikromycetů, které byly využity k pokusu, jsou uvedeny v tab. I. Kmeny rodu *Ophiostoma* sp. byly izolovány ing. Petrem Šrůtkou z Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti v Jílovišti-Strnadech. Testované houby byly pěstovány samostatně na bramborovém agaru při pH 6,2. Po deseti dnech kultivace, po markerování korkovrtem na okrouhlé částice o průměru 5 mm, byly tyto okrouhlé výřezy očkovací jehlou asepticky přeneseny na povrch plochy agarového média v Petriho miskách do podvojné kultu-

I. Přehled kmenů mikromycetů použitých v pokusu – An overview of micromycete strains used in the experiment

Mykoparazitická houba: *Pythium oligandrum* kmen[1]: H 90-91			
Fytoparazitická houba: *Ophiostoma* sp. (přeočkování[2]: 31. 8. 1994)			
Lokalita[3]	Dřevina[4]	Vzorek[5]	Kmen[6]
Vlašim	*Quercus* sp.	výřez[7]	78/14
Rašeliniště (neuvedeno)	*Pinus* sp. *Picea excelsa*	jehličí[8]	79/14
Český kras	*Quercus* sp.	výřez[7]	81/14
Klánovice	*Quercus* sp.	výřez[7]	80/14

[1]strain, [2]re-inoculation, [3]locality, [4]tree species, [5]sample, [6]strain, [7]log, [8]needles

II. Přehled testovaných dvojic hub ve variantách a kontrolách – An overview of tested pairs of fungi in variants and controls

Varianta (kontrola)[1]			
I	*P. oligandrum*, kmen H 90-91 +	*Ophiostoma* sp. kmen 81/14	
K I		*Ophiostoma* sp. kmen 81/14	
II	*P. oligandrum*, kmen H 90-91 +	*Ophiostoma* sp. kmen 80/14	
K II		*Ophiostoma* sp. kmen 80/14	
III	*P. oligandrum*, kmen H 90-91 +	*Ophiostoma* sp. kmen 78/14	
K III		*Ophiostoma* sp. kmen 78/14	
IV	*P. oligandrum*, kmen H 90-91 +	*Ophiostoma* sp. kmen 79/14	
K IV		*Ophiostoma* sp. kmen 79/14	

[1]variant (control)

ry podle schématu variant uvedeného v tab. II. Jednotlivé varianty (celkem čtyři) byly tvořeny dvojicí vždy společně proti sobě zaočkovaných a pěstovaných mikromycetů: mykoparazit *Pythium oligandrum* (dále jen PO) a vždy jeden z kmenů houby *Ophiostoma* sp. (dále jen OPH). V každé variantě bylo šest opakování (Petriho misek). Pokus byl založen a sledován ve výzkumném pracovišti firmy Biopreparáty Praha od 28. července do 24. srpna 1995. Doba sledování byla 28 dní. Vzhledem k pomalejšímu růstu houby *Ophiostoma* sp. byly její jednotlivé kmeny zaočkovány na agarovou půdu v Petriho miskách s předstihem již 28. července, kdežto testovaný kmen *Pythium oligandrum* byl do podvojné kultury zaočkován až 4. srpna, tedy osmý den po zaočkování houby rodu *Ophiostoma*, kdy již každý kmen této houby byl více rozrostlý. Předmětem sledování bylo hodnocení porostů obou hub, a to jak makroskopické, tak mikroskopické. Makroskopické sledování bylo zaměřeno především na tvorbu inhibičních zón mezi oběma testovanými druhy, rychlost růstu kolonií a vzájemné interakce mycelia obou mikromycetů. Vzhledem k nerovnoměrnému růstu *Ophiostoma* sp. byla velikost kolonií měřena na třech místech napříč každé kolonie. Při mikroskopickém vyšetřování se sledovala především fruktifikace mycelia obou hub a případné interakce. Zvláštní pozornost byla věnována vytváření oospor mykoparazita *Pythium oligandrum* v porostu mycelia kmenů houby *Ophiostoma* sp. Jejich výskyt byl hodnocen podle kritéria uvedeného v tab. III. V průběhu pokusu bylo ve všech variantách provedeno celkem pět hodnocení.

III. Způsob hodnocení výskytu oospor mykoparazita *P. oligandrum* – Evaluation of the occurrence of *P. oligandrum* mycoparasite oospores

Velmi slabý výskyt[1]	+
Slabý výskyt[2]	+ +
Silný výskyt[3]	+ + +
Velmi silný výskyt[4]	+ + + +

[1]very low occurrence, [2]low occurrence, [3]high occurrence, [4]very high occurrence

VÝSLEDKY

Již při prvním hodnocení (12. den po zaočkování *Ophiostoma* sp. a čtvrtý den po zaočkování *Pythium oligandrum*) se projevily značné rozdíly v reakci jednotlivých kmenů hub rodu *Ophiostoma* (dále jen OPH) na přítomnost mykoparazita *Pythium oligandrum* (dále jen PO).

Ve variantě I u kmene OPH 81/14 PO překonalo růstem inhibiční zónu a proniklo svými hyfami do porostu kolonie hub rodu OPH. Mikroskopickým vyšetřením byl zjištěn velmi silný výskyt oospor PO, a to zejména uprostřed kolonie hub rodu OPH. Při okraji její kolonie byl zaznamenán silný výskyt oospor PO. Na rozdíl od hojné fruktifikace mykoparazita v myceliu hub rodu OPH v kolonii PO k fruktifikaci nedocházelo a oospory se zde nevyskytovaly (tab. V).

IV. Vliv mykoparazita *Pythium oligandrum* na růst *Ophiostoma* sp. na pevném agarovém médiu v Petriho miskách – The effect of *Pythium oligandrum* mycoparasite on *Ophiostoma* sp. growth in solid agar medium in Petri dishes

Varianta[1]		Velikost kolonií ($\bar{x}$ v mm)[2]				
		Hodnocení[3]				
		1.	2.	3.	4.	5.
		Den společné kultivace obou druhů hub[4]				
		4.	5.	6.	10.	20.
I	*Ophiostoma* sp. kmen 81/14	15,67	9,03	10,32	16,08	9,30
	P. oligandrum kmen H90-91	34,08	42,50	52,00	45,20	64,00
K I	*Ophiostoma* sp. kmen 81/14	25,55	–	13,55	19,45	39,00
II	*Ophiostoma* sp. kmen 80/14	–	4,40	4,94	6,55	5,37
	P. oligandrum kmen H90-91	30,20	46,00	62,00	–	64,00
K II	*Ophiostoma* sp. kmen 80/14	8,20	9,60	10,50	16,00	15,30
III	*Ophiostoma* sp. kmen 78/14	14,80	23,15	22,40	30,53	39,91
	P. oligandrum kmen H90-91	33,30	33,40	32,53	42,60	21,77
K III	*Ophiostoma* sp. kmen 78/14	34,00	34,13	39,96	54,00	64,10
IV	*Ophiostoma* sp. kmen 79/14	17,60	19,25	20,37	32,98	40,50
	P. oligandrum kmen H90-91	30,00	37,31	–	37,30	22,43
K IV	*Ophiostoma* sp. kmen 79/14	18,20	20,30	25,00	28,60	49,66

[1]variant, [2]colony size ($\bar{x}$ in mm), [3]evaluation, [4]day of combined cultivation of both fungal species

Ve variantě II u kmene OPH 80/14 se oospory PO vyskytovaly ve středu kolonie OPH velmi hojně.

Ve variantě III u kmene OPH 78/14 byl zjištěn velmi silný výskyt oospor PO i v okraji OPH.

Ve variantě IV u kmene OPH 79/14 byl makroskopicky pozorován aktivní růst vzdušného mycelia OPH přes velmi silnou inhibiční zónu k okraji kolonie PO. V kolonii tohoto kmene OPH se také nevyskytovaly žádné oospory PO (tab. V).

Při druhém hodnocení (pátý den společné kultivace obou organismů) se ve variantě I s kmenem OPH 81/14 ukázaly větší rozdíly ve velikosti kolonií obou společně pěstovaných druhů hub: kolonie PO byla mnohem rozsáhlejší než kolonie OPH. Mezi koloniemi obou druhů hub byla jen velmi úzká inhibiční zóna (tab. VI), jež byla překonána růstem mycelia mykoparazita PO až k samotnému okraji mycelia hub rodu OPH. V kontrole byla velikost kolonie mycelia OPH jen o málo větší než ve variantě I, kde byly oba druhy pěstovány společně. Mikroskopicky bylo zjištěno, že ve vlastním myceliu PO se nevyskytovaly žádné oospory, kdežto v kolonii OPH byl zjištěn velmi silný výskyt oospor PO (tab. V).

Ve variantě II s kmenem OPH 80/14 byl porost OPH jen poměrně málo rozrostlý v porovnání s velikostí kolonie PO (tab. IV).

Ve variantě III s kmenem OPH 78/14 tato houba vytvořila poměrně rozsáhlou kolonii, i když menší než ve variantě kontrolní (tab. IV). PO vytvořilo po překonání inhibiční zóny v podvojné kultuře s OPH kolonii rozsáhlejší, ale bez oospor. V myceliu OPH byl však zjištěn velmi silný výskyt oospor PO.

Ve variantě IV s kmenem OPH 79/14 se mezi koloniemi obou společně pěstovaných druhů hub udržovala silná inhibiční zóna (tab. VI). V některých opakováních však byla překonána růstem substrátového mycelia PO. Jak v kolonii PO, tak ani v kolonii OPH se nevytvářely žádné oospory PO (tab. V).

Při třetím hodnocení (šestý den společné kultivace obou druhů) se ve variantě I s kmenem OPH 81/14 rozrostlo PO pětkrát více než OPH (tab. IV) a v kontrole se OPH rozrostla dvakrát více než ve variantě s příslušným kmenem. Inhibiční zóna mezi oběma koloniemi prakticky vymizela a mykoparazit PO svým porostem obklopil kolonii OPH. Pouze v bezprostřední blízkosti okraje kolonie byl okraj mycelia PO mírně prořídlý.

Ve variantě II s kmenem OPH 80/14 mykoparazit vytvořil rozsáhlý porost mycelia (tab. IV) a prakticky obrostl celou kolonii OPH. Ta se v porovnání s posledním měřením rozrostla pouze nepatrně. Kolonie OPH v kontrole rostla 12x více (tab. IV). V podvojné kultuře obou druhů inhibiční zóna téměř vymizela (tab. VI), jen při okraji OPH byl porost mycelia PO mírně prořídlý.

Ve variantě III s kmenem OPH 78/14 měla kolonie OPH při společné kultivaci s mykoparazitem téměř poloviční velikost v porovnání s kolonií OPH v kontrole (tab. IV). Kolonie *P. oligandrum* při společné kultivaci s OPH se dále rozrostla, avšak inhibiční zóna mezi oběma koloniemi vymizela a mycelia obou hub zůstala v těsném kontaktu.

Ve variantě IV s kmenem OPH 79/14 nebyla velikost kolonie OPH pěstované v podvojné kultuře s PO o mnoho menší než kolonie OPH v kontrole (tab. IV). Kolonie PO zůstala prakticky stejně velká jako při druhém hodnocení (tab. IV). U okrajů kolonií obou hub inhibiční zóna zanikla a kolonie se tak dostaly do těsného kontaktu. Na protilehlých místech plochy agaru v Petriho miskách, napravo i nalevo od okrajů obou ko-

V. Vliv společné kultivace na stupeň fruktifikace mykoparazita *Pythium oligandrum* ve vlastní kolonii a v kolonii hub *Ophiostoma* sp. – The effect of combined cultivation on the rate of fructification of *Pythium oligandrum* mycoparasite in its own colony and in the colony of *Ophiostoma* sp. fungi

Varianta[1]		Počet spor *P. oligandrum* v prostoru obou druhů hub[2]				
		Hodnocení[3]				
		1.	2.	3.	4.	5.
		Den společné kultivace obou druhů hub[4]				
		4.	5.	6.	10.	20.
I	*Ophiostoma* sp. kmen 81/14	++++	++++	++++	++++	++++
	P. oligandrum kmen H90-91	0	0	0	0	++++
K I	*Ophiostoma* sp. kmen 81/14	–	–	–	–	–
II	*Ophiostoma* sp. kmen 80/14	++++	++++	++++	++++	++++
	P. oligandrum kmen H90-91	0	0	0	++++	++++
K II	*Ophiostoma* sp. kmen 80/14	–	–	–	–	–
III	*Ophiostoma* sp. kmen 78/14	++++	++++	++++	++++	++++
	P. oligandrum kmen H90-91	0	0	0	+	+
K III	*Ophiostoma* sp. kmen 78/14	–	–	–	–	–
IV	*Ophiostoma* sp. kmen 79/14	0	0	0	0	+
	P. oligandrum kmen H90-91	0	0	0	+++	+++
K IV	*Ophiostoma* sp. kmen 79/14	–	–	–	–	–

For 1, 3–4 see Tab. IV, [2]number of *P. oligandrum* spores in the space of both fungal species

VI. Šířka inhibiční zóny (v mm) mezi kolonií *Ophiostoma* sp. a mykoparazitem *Pythium oligandrum* v jednotlivých variantách – The width of inhibition zone (in mm) between the colony of *Ophiostoma* sp. and *Pythium oligandrum* mycoparasite in the particular variants

Varianta[1]	Hodnocení[2]					
		1.	2.	3.	4.	5.
	Kmen[3]	Den společné kultivace obou druhů hub[4]				
	Ophiostoma sp.	4.	5.	6.	10.	20.
I	81/14	2,00	1,00	0,00	0,00	0,00
II	80/14	2,00	1,00	0,00	0,00	0,00
III	78/14	2,00	1,00	0,00	0,00	0,00
IV	79/14	8,00	6,00	4,67	IZ překoná na[5] +	

+ růstem mykoparazita *P. oligandrum* – as a result of the growth of *P. oligandrum* mycoparasite

[1]variant, [2]evaluation, [3]strain, [4]day of combined cultivation of both fungal species, [5]break through IZ +

lonií, se udržovala rozsáhlejší inhibiční zóna (tab. VI). V této zóně PO pokračovalo v růstu substrátovým myceliem směrem k okraji kolonie OPH.

Při čtvrtém hodnocení (desátý den společné kultivace obou druhů) byla ve variantě I s kmenem OPH 81/14 velikost OPH menší než kolonie OPH, pěstované monokulturně (tab. IV). Kolonie PO byla rozsáhlá a její rozměr se udržoval a rozšiřoval v souladu se zmenšováním kolonie společně pěstované OPH. Tento stav a trend odpovídal fruktifikaci mykoparazita v myceliu hostitele: v porostu společně pěstované OPH byl mikroskopicky zjištěn velmi silný výskyt oospor *P. oligandrum*, kdežto ve vlastním porostu PO se oospory nevyskytovaly vůbec (tab. V).

Ve variantě II s kmenem OPH 80/14 byla kolonie OPH pěstovaná s mykoparazitem o polovinu menší než kolonie OPH pěstovaná v kontrole samostatně (tab. IV). Kolonie *P. oligandrum* byla stále velmi rozsáhlá, opět v souladu se stupněm fruktifikace této houby: v myceliu společně pěstované OPH byly oospory *P. oligandrum* přítomny ve velmi silném výskytu, ve vlastním porostu mycelia *P. oligandrum* v silném výskytu (tab. V).

Ve variantě III s kmenem OPH 78/14 měla kolonie OPH pěstovaná společně s mykoparazitem průměrnou velikost – sice menší než kolonie OPH v kontrole, ale přesto byla její velikost poměrně rozsáhlá (tab. IV). V myceliu OPH pěstovaném s *P. oligandrum* společně byl zjištěn velmi silný výskyt oospor mykoparazita – větší než ve vlastním myceliu *P. oligandrum*, kde byly přítomny oospory jen ve velmi slabém výskytu (tab. V).

Ve variantě IV s kmenem OPH 79/14 byly kolonie OPH, pokud se velikosti týče, dosti blízké. *Ophiostoma* v kontrole byla jen o málo rozsáhlejší než kolonie OPH pěstovaná v podvojné kultuře (tab. IV). Při tomto hod-

nocení mykoparazit poprvé překonal růstem inhibiční zónu mezi oběma druhy společně pěstovaných hub, která byla v této variantě velmi široká a zmenšovala se postupně (tab. VI). Této situaci odpovídal i stupeň fruktifikace mykoparazita v myceliu OPH při společném pěstování (tab. V). V myceliu OPH v podvojné kultuře byly oospory přítomny ve velmi slabém výskytu, kdežto ve vlastním myceliu byly oospory zastoupeny v silném výskytu (tab. V).

Při pátém hodnocení (20. den společné kultivace obou druhů) ve variantě I s kmenem OPH 81/14 byla kolonie *P. oligandrum* velmi rozrostlá, zatímco kolonie OPH zůstala omezena na velmi malém prostoru. V porovnání s velikostí kolonie v kontrole byla kolonie OPH ve variantě s příslušným kmenem čtyřikrát větší (tab. IV). Tyto makroskopické poměry byly v souladu s nálezem mikroskopickým: v místě inokulace OPH byl zjištěn velmi silný výskyt oospor *P. oligandrum* a zároveň i mnoho konidií OPH. Na okraji kolonie OPH byly oospory mykoparazita rovněž ve velmi silném výskytu. Stejná koncentrace oospor byla již také – poprvé od začátku pokusu – zjištěna ve vlastní kolonii *P. oligandrum* pěstovaného v podvojné kultuře s OPH (tab. V).

Ve variantě II s kmenem OPH 80/14 byla kolonie *P. oligandrum* velmi rozrostlá, zatímco kolonie OPH byla velmi malá a v porovnání s velikostí OPH v kontrole třikrát menší (tab. IV). I zde makroskopickému pozorování odpovídalo i vyšetření mikroskopické: v místě inokulace OPH i v okraji její kolonie byl zjištěn velmi silný výskyt oospor *P. oligandrum* stejně tak jako ve vlastní kolonii *P. oligandrum* (tab. V).

Ve variantě III s kmenem 78/14 se projevilo, že tento kmen byl nejvzrůstnější ze všech testovaných kmenů OPH. Ve společné kultuře s *P. oligandrum* vytvořil kolonii, která byla při tomto pátém (posledním) hodnocení téměř dvakrát větší než kolonie mykoparazita, i když na druhé straně o víc než 1,5x menší než kolonie OPH, která byla pěstována samostatně v kontrole (tab. IV). V místě inokulace a uprostřed kolonie OPH byly oospory *P. oligandrum* ve velmi silném výskytu, kdežto ve vlastním porostu *P. oligandrum* byl výskyt jen velmi slabý, i když byla hojně vyvinuta zoosporangia (tab. V).

Také ve variantě IV s kmenem OPH 79/14 při společném pěstování obou mikromycetů byl průměr kolonie mykoparazita téměř dvakrát menší než průměr společně pěstované OPH, ale o něco menší než kolonie OPH v kontrole (tab. IV). Mikroskopicky byl uprostřed i na okraji kolonie OPH zjištěn jen velmi slabý výskyt oospor *P. oligandrum* a v porostu *P. oligandrum* byly oospory přítomny v silném výskytu (tab. V).

Souhrnně je možné konstatovat, že se projevily rozdíly v reakci čtyř kmenů rodu *Ophiostoma* sp. na přítomnost houby *Pythium oligandrum*, která byla ve všech variantách pokusu zastoupena jedním kmenem. Zřejmě jde o důsledek různých vlastností jednotlivých kmenů r. *Ophiostoma*, event. se může jednat i o různé druhy tohoto rodu. Tomu odpovídají zejména výsledky s kmenem OPH 79/14, který byl izolován ze směsi jehličí a produkoval nejširší inhibiční zónu mezi svou kolonií a kolonií *Pythium oligandrum*. I když se tato zóna postupně snižovala, k jejímu překonání růstem substrátového mycelia mykoparazita došlo až desátý den společné kultivace obou druhů hub. Tento kmen r. *Ophiostoma* také omezoval produkci oospor mykoparazita ve vlastním myceliu. Teprve 20. den společné kultivace byly zjištěny oospory *P. oligandrum* v porostu mycelia tohoto kmene, a to jen ve velmi slabém výskytu. Částečně došlo i k omezení fruktifikace mykoparazita ve vlastním myceliu, kde byly oospory přítomny v silném výskytu. Podobně zajímavá situace byla i u kmene OPH 78/14, který byl izolován z dubu. Tento kmen byl v podstatě shodně vzrůstný jako kmen 79/14, i když nedokázal omezit velmi silnou produkci oospor *Pythium oligandrum* ve vlastním porostu mycelia. V této souvislosti je obtížně vysvětlitelný velmi slabý výskyt oospor ve vlastní kolonii *P. oligandrum*. Vzhledem k tomu, že jak druhy r. *Ophiostoma*, tak *P. oligandrum* nevytvářejí při růstu na agaru oválné kolonie typické pro mnoho mikromycetů, bylo obtížné manuální měření průměru kolonií. Mykoparazit *P. oligandrum* většinou rychlým růstem poroste do 48 hodin celou volnou plochu pevného agarového média nízkým, typické kresby vytvářejícím myceliem. Druhy rodu *Ophiostoma* vytvářejí nesouvislé ostrůvkovité mikrokolonie, srůstající v kolonii pomalu rostoucího, členitě výběžkatého porostu mycelia. V těchto případech došlo tedy v průběhu pokusu k naměření i některých nižších průměrných hodnot, zejména u průměrné kolonie r. *Ophiostoma* sp., než bylo naměřeno v předchozím sledování. Rozhodujícím pro posouzení je proto trend růstu kolonií r. *Ophiostoma* v podvojných kulturách, který byl zaznamenán v průměru všech variant dvakrát menší (x = 23,77) než u kolonií r. *Ophiostoma*, pěstovaných v kontrolní, samostatné kultuře (x = 42,01). Mykoparazit *P. oligandrum* vytvořil v podvojné kultuře s různými kmeny r. *Ophiostoma* kolonii, která byla svou plochou jen nepatrně větší (x = 43,05) než rozměr *Ophiostoma* sp. v kontrole. Velikost kolonií ukazuje tab. VII a VIII.

DISKUSE

Jestliže podstatou tracheomykóz není pouhá mechanická přítomnost mycelia hub rodu *Ophiostoma* v dřevních částech vodivého pletiva, ale produkce sekundárních toxických metabolitů do živých pletiv cévních svazků, zůstává i za této situace závažným problémem, jak zamezit přítomnosti, ale i množství fytopatogenů v pletivech dřevin. Protože houbami rodu *Ophiostoma* bývají napadány semenáčky již v lesních školkách, je potřebné – jako první stupeň komplexní biologické ochrany – směřovat ochranná opatření právě k předosevní přípravě a výsevu osiva, k ochraně semenáčků v lesních školkách a sazenic ve výsadbách. Takovým preventivním opatřením může být také aplikace mykoparazitické houby do oblasti rizosféry semenáčků a sazenic lesních dřevin. V tomto prostředí vznikají houbová onemocnění kořenů a zde je také možné realizovat ochranu i antagonisty, např. mykoparazitickými houbami.

VII. Velikost kolonií (v kontrolách) u jednotlivých kmenů *Ophiostoma* sp. v době ukončení pokusu – Colony size (in controls) in the particular strains of *Ophiostoma* sp. at the moment of trial termination

Kmen č.[1]	Velikost kolonie[2] (mm) $\bar{x}$	$s\bar{x}$	sx	Rozdíl[3] (λ)	t (4)	P	Věrohodnost[4]
78/14	64,10	0,67	1,16	14,44	15,58		
79/14	49,66	0,64	1,10	10,66	13,93	<0,001	++
81/14	39,00	0,42	0,72				
80/14	15,30	0,25	0,44	23,70	48,49		

\+ Doba kultivace *Ophiostoma* sp. 28 dní – Time of *Ophiostoma* sp. cultivation 28 days
Doba kultivace *P. oligandrum* 20 dní – Time of *P. oligandrum* cultivation 20 days
++ Protože jsou vysoce věrohodné rozdíly mezi dvojicemi sousedních kmenů podle pořadí velikosti kolonie, jsou rozdíly vysoce věrohodné mezi všemi kmeny v pokusu. Z toho vyplývá, že účinnost antagonismu *Pythium oligandrum* byla testována na různých kmenech *Ophiostoma* sp. – As differences between the pairs of neighboring strains are of high likelihood according to the order of colony sizes, differences between all strains in the trial are of high likelihood. It implies that the efficiency of *Pythium oligandrum* antagonism was tested on different strains of *Ophiostoma* sp.

[1]strain No., [2]colony size, [3]difference, [4]likelihood

VIII. Porovnání velikosti kolonií *P. oligandrum* a *Ophiostoma* sp. společně pěstovaných v kultuře – Comparison of colony size in *P. oligandrum* and *Ophiostoma* sp. cultivated in a combined culture

Kmen č.[1]	Kontrola[2]	Varianta[3]						
	č.	X (mm)	č.	X (mm)	Rozdíl[4] (λ)	t (4)	P	Věrohodnost[5]
78/14	III K	64,10 ± 3.0,67	III	39,91 ± 3.0,09	24,19	35,78	<0,001	++
79/14	IV K	49,66 ± 3.0,64	IV	40,50 ± 3.076	9,16	9,22	<0,001	++
81/14	I K	39,00 ± 3.0,42	I	9,30 ± 3.0,06	29,70	70,00	<0,01	++
80/14	II K	15,30 ± 3.0,25	II	5,37 ± 3.037	9,93	22,24	<0,001	++

\+ Doba kultivace *Ophiostoma* sp. 28 dní – Time of *Ophiostoma* sp. cultivation 28 days
Doba kultivace *P. oligandrum* 20 dní – Time of *P. oligandrum* cultivation 20 days
++ Pořadí vzrůstnosti jednotlivých kmenů *Ophiostoma* sp. ukazuje, že hodnota t (4) odpovídá $P < 0,001$ a že všechny rozdíly jsou vysoce věrohodné – The order of growth in the particular strains of *Ophiostoma* sp. indicates that the value t (4) corresponds to $P < 0.001$ and that all differences are of high likelihood

[1]strain No., [2]control, [3]variant, [4]difference, [5]likelihood

Výsledky tohoto pokusu ukázaly nestejnou reakci různých kmenů hub rodu *Ophiostoma* na přítomnost mykoparazitické houby *Pythium oligandrum*, soudě podle šíře inhibičních zón vytvořených ve styku s myceliem mykoparazita. *Pythium oligandrum* je však schopné v porostu mycelia r. *Ophiostoma* sp. fruktifikovat a produkovat několikanásobně vyšší počet oospor než kolonie *P. oligandrum*, která roste a čerpá živiny jen z agarového média, bez přítomnosti druhů hub rodu *Ophiostoma*. Nabízí se tedy řešení: inokulovat osivo (v rámci předosevní přípravy) oosporami mykoparazita *Pythium oligandrum* v takovém kvantitativním potenciálu, který na podkladě kompetice zajistí přednostní osídlení povrchu osiva, klíčních rostlin a kořenů semenáčků a zamezí tak osídlení fytopatogenními houbami, tedy i houbami řádu *Ophiostomatales*. Přednostní osídlení rizosféry semenáčků lesních dřevin buňkami tohoto antagonisty umožní kromě ošetření semen a plodů osídlení povrchu kořenů také zálivky suspenzí oospor *Pythium oligandrum*. Tyto inokulace mohou být základem pro trvalé osídlení ošetřených kořenů touto mykoparazitickou houbou. Tím dojde k vytvoření trvalé biologické bariéry proti průniku hub rodu *Ophiostoma* do rizosféry.

Kromě kompetice a mykoparazitismu houby *Pythium oligandrum* na druzích rodu *Ophiostoma* je potřebné prostudovat i interakci: mykoparazit *Pythium oligandrum* – stimulace růstu ošetřených rostlin – indukce vnitřních obranných mechanismů rostlin.

ZÁVĚR

Mykoparazitická houba *Pythium oligandrum* při pěstování v podvojných kulturách s jednotlivými kmeny původců tracheomykóz – fytopatogenních hub rodu *Ophiostoma* vytvářela v jejich porostu mycelia hojně oospory na rozdíl od té části kolonie, která čerpala živiny pro svůj růst jen z pevného agarového média.

Jednotlivé kmeny hub rodu *Ophiostoma* vykazovaly rozdílnou schopnost produkovat inhibiční látky a vytvářet mezi koloniemi *Pythium oligandrum* a koloniemi rodu *Ophiostoma* inhibiční zóny. Tři kmeny hub rodu *Ophiostoma* ze čtyř testovaných vytvářely jen úzkou inhibiční zónu. Kmen *Ophiostoma* sp., který vytvářel velmi rozsáhlou inhibiční zónu, omezil i fruktifikaci mykoparazita ve svém porostu. V tomto případě vytvá-

1. *Ophiostoma* sp. kmen 79/14 ve společné kultivaci s mykoparazitem *Pythium oligandrum* kmen H 90-91 na pevném agarovém médiu – *Ophiostoma* sp. strain 79/14 jointly cultured with the mycoparasite *Pythium oligandrum*, strain H 90-91, on solid agar medium

řelo *Pythium oligandrum* spory opožděně v porovnání s těmi variantami, kde kmeny rodu *Ophiostoma* vytvářely jen malé inhibiční zóny.

V souladu s těmito mikroskopickými zjištěními byla i velikost kolonií obou druhů společně pěstovaných hub. U tří kmenů rodu *Ophiostoma*, které vytvořily jen malé inhibiční zóny, *Pythium oligandrum* vytvořilo kolonii rozsáhlou. U kmenů *Ophiostoma* sp. se silnou inhibiční aktivitou *Pythium oligandrum* vytvářelo kolonii menší.

V práci se diskutuje možnost využít mykoparazita pro případné ovlivnění kvantity výskytu hub řádu *Ophiostomatales* v integrované ochraně lesních dřevin.

Literatura

HOLUBOVÁ-JECHOVÁ, V., 1991. *Ophiostomatales* – taxonomické vymezení jednotlivých rodů a jejich anamorfy. In: *Ophiostomatales* – výsledky současného taxonomického a fytopatologického výzkumu. Seminář sekce pro studium mikroskopických hub v ČSFR. Čs. Věd. Společ. pro mykologii dne 29. května 1991 v Praze. Sbor. ref., Praha: 2–18.

JANČAŘÍK, V., 1991. Fytopatologické problémy působené houbami rodu *Ophiostoma* a možnosti ochrany. In: *Ophiostomatales* – výsledky současného taxonomického a fytopatologického výzkumu. Seminář sekce pro studium mikroskopických hub v ČSFR. Čs. Věd. Společ. pro mykologii dne 29. května 1991 v Praze. Sbor. ref., Praha: 95–110.

KRÁTKÁ, J. – VESELÝ, D., 1979. Cellulolytic activity of some *Pythium species*. Zbl. Bakt., II. Abt., 134: 440–443.

KRÁTKÁ, J. – BERGMANNOVÁ, E. – KŮDELOVÁ, A., 1994. Effect of *Pythium oligandrum* and *Pythium ultimum* on biochemical changes in cucumber (*Cucumis sativum* L.). Z. Pfl.-Krankh. Pfl.-Schutz. Stuttgart, 101, 4: 406–413.

KŘÍSTEK, J. et al., 1992. Škůdci semen, šišek a plodů lesních dřevin. Praha, Brázda: 286.

NOVOTNÝ, D., 1995. Příspěvek k mykoflóře kořenů dubů s tracheomykózními příznaky. In: ČÍŽKOVÁ, D. – ŠVECOVÁ, M. (eds.), Aktuální problémy ochrany dřevin. Sbor. ref., Prachatice: 52–64.

SCHEFFER, R. J., 1983. Biological control of Dutch elm disease by *Pseudomonas species*. Ann. Appl. Biol., 103: 21–30.

SCHEFFER, R. J. – ELGERSMA, D. M., 1982. A scanning electron microscope study of cell wall degradation in elm wood by agressive and non-aggressive isolates of *Ophiostoma ulmi*. Eur. J. For. Path., Bd. 12, 1: 25–28.

SCHEFFER, R. J. – HEYBROEK, H. M. – ELGERSMA, D. M., 1980. Symptom expression in elms after inoculation with combination of an agressive and non-agressive strain of *Ophiostoma ulmi*. Neth. J. Pl. Path., 86: 315–317.

SUROVEC, D., 1992. Napadnutie žaludov a dubových semenáčekov hubami rodu *Ophiostoma* v období hromadného hynutia dubov na Slovensku. In: *Ophiostomatales* – výsledky současného taxonomického a fytopatologického výzkumu. Seminář sekce pro studium mikroskopických hub v ČSFR. Čs. Věd. Společ. pro mykologii dne 29. května 1991 v Praze. Sbor. ref., Praha: 145.

ŠVECOVÁ, M. – SKALICKÝ, V., 1991. Problematika hub řádu *Ophiostomatales* a jejich výskyt v Českých zemích. In: *Ophiostomatales* – výsledky současného taxonomického a fytopatologického výzkumu. Seminář sekce pro studium mikroskopických hub v ČSFR. Čs. Věd. Společ. pro mykologii dne 29. května 1991 v Praze. Sbor. ref., Praha: 19–29.

VESELÝ, D., 1976. Přípravek stimulující při aplikaci na semena řepy cukrové růst vzcházejících rostlin a chránící je proti spále. PV 7703-76. Autorské osvědčení 199906. Úřad pro vynálezy a objevy v Praze.

VESELÝ, D., 1985. Změny ve výskytu mikromycetů v rhizosféře řepy cukrové. Sborník ÚVTIZ – Ochrana rostlin, 21(LVIII): 185–194.

WITTLINGEROVÁ, Z. et al., 1994. Prognóza znečištění složek životního prostředí vlivem antropogenní činnosti. Rostl. Výr., 40: 389–399.

Došlo 6. 5. 1997

THE EFFECT OF *PYTHIUM OLIGANDRUM* DRECHSLER MYCOPARASITE ON FUNGAL SPECIES OF THE GENUS *CERATOCYSTIS S.L.*

M. Švecová[1], D. Čížková[2], D. Veselý[3]

[1]*Faculty of Science at Charles University, Viničná 7, 128 44 Praha*
[2]*Czech Agricultural University, Forestry Faculty, 165 21 Praha-Suchdol*
[3]*Biopreparáty, s. r. o., Únětice 150, 252 62 Horoměřice*

The possibility for therapy and preventive protection of forests against a very widespread and dangerous disease called tracheomycosis has been until now quite limited and requires further intensive research. It is known that the blockage of waterconducting tissues of trees is caused not only by mycelium of some species of fungi (mainly from the *Ophiostomataceae* family) but the main cause for the blockage is in fact the release of the fungi's metabolites into the living tissue. It is also known that even mycelia of biotrophic parasitic fungi especially from the *Peronosporales, Uredinales, Ustilaginales* orders, are spread by way of waterconducting tissues during systemic infection but do not cause tracheomycotic vascular disease. Therefore a question arises: is it possible, at least partly, to slow down the effects of tracheomycotic originators using antagonism of both fungi and expand the possibilities of integrated control of forest-trees?

The authors considered, in this case, as available suitable antagonist strains of *Ophiostoma* genus and mycoparazite *Pythium oligandrum* Drechsler. The authors came out with several experimental evident facts. It was found out by spectrometric methods that *P. oligandrum* shows cellulolytic activity at pH 5.0–5.8 range. Even if pH the range in which *P. oligandrum* produces cellulase and as nutrient medium uses cellulose is narrow, under conditions suitable for the growth of both micromycetes, cellulotic activity of *P. oligandrum* would destroy cell walls of *Ophiostoma* sp. which contain cellulose except chitin and rhamnose (Krátká, Veselý, 1997; Holubová-Jechová, 1991). The second starting point was a rightful hy-

Day	Variant	Direction or stage of colony's spreading	Width of inhibition zone (mm)	Relative size of colonies PO/OPH, or K/OPH (approximately)	Occurrence of oospores in tested colony		Result
					OPH	PO	
4.	I	PO into OPH	2.0	2 : 1	++++	0	+
	II	PO into OPH	2.0	2 : 1	++++	0	+
	III	PO into OPH	2.0	2 : 1	++++	0	+
	IV	OPH to PO	8.0	2 : 1	0	0	–
5.	I	PO into OPH	1.0	4 : 1	++++	0	+
	K I	----	---	K/OPH = 2 : 1	----	---	±
	II	PO into OPH	1.0	10 : 1	++++	0	+
	K II	----	---	K/OPH = 2 : 1	----	---	–
	III	PO into OPH	1.0	3 : 2	++++	0	+
	K III	----	---	K/OPH = 3 : 2	----	---	+
	IV	vague	6.0	2 : 1	0	0	±
	K IV	----	---	K/OPH = 1 : 1	----	---	±
6.	I	PO into OPH	0	5 : 1	++++	0	+
	K I	----	---	K > OPH	----	---	±
	II	PO into OPH	0	12 : 1	++++	0	+
	K II	----	---	K/OPH = 2 : 1	----	---	+
	III	PO into OPH	0	3 : 2	++++	0	+
	K III	----	---	K/OPH = 2 : 1	----	---	+
	IV	vague	4.7	3 : 2	+	+++	±
	K IV	----	---	K/OPH = 1 : 1	----	---	±
10.	I	PO into OPH	0	3 : 1	++++	0	+
	K I	----	---	K > OPH	----	---	±
	II	PO into OPH	0	8 : 1	++++	++++	+
	K II	----	---	K/OPH = 2 : 1	----	---	+

Continuation for Tab.

Day	Variant	Direction or stage of colony's spreading	Width of inhibition zone (mm)	Relative size of colonies PO/OPH, or K/OPH (approximately)	Occurrence of oospores in tested colony		Result
					OPH	PO	
10	III	PO into OPH	0	4 : 3	++++	+	+
	K III	----	---	K/OPH = 5.5 : 3	----	---	+
	IV	PO to OPH	overcome	PO > OPH	0	+++	±
	K IV	----	---	K/OPH = 2.9 : 3.3	----	---	-
20.	I	PO into OPH	0	7 : 1	++++	++++	+
	K I	----	---	K/OPH = 4 : 1	----	---	+
	II	PO into OPH	0	12 : 1	++++	++++	+
	K II	----	---	K/OPH = 3 : 1	----	---	+
	III	PO into OPH	0	1 : 2	++++	+	-
	K III	----	---	K/OPH = 3 : 2	----	---	+
	IV	OPH to PO	overcome	1 : 2	+	+++	-
	K IV	----	---	K/OPH = 5 : 4	----	---	-

Key:
OP – colonies of *Pythium oligandrum*, OPH colonies of *Ophiostoma* sp.
K – control standard colony of *Ophiostoma* sp.
The occurrence of oospores in tested colonies: ++++ very frequent, +++ strong, ++ rare, + very rare
Result of experiment:
+ convincing
– unsatisfactory + vague

pothesis that the most efficient defense against tracheomycosis should be the prevention in the earliest stage of tree development, if possible already at the seeds, which would be otherwise a source of infection of seedlings and young trees. It is more difficult to face this infection from the soil – both in forest nurseries and in young plantations. However, the mentioned antagonisms could also help here.

The authors tried to verify their hypothesis by laboratory experiments at first. They used methods of dual cultures, in which, in this case, fungi inoculated to potato agar (pH 6.2) were tested on the opposite edges of Petri dishes of about 100 mm in diameter. In four variants of experiment were used four strains of *Ophiostoma* sp. against one mycoparasite fungus *Pythium oligandrum*. Each variant was repeated six times with corresponding cultures of separate strains of *Ophiostoma* sp. Due to a slower growth of *Ophiostoma* sp. its strains were inoculated 4 days in advance – 28. 7. and a tested strain of *Pythium oligandrum* was inoculated later – 4. 8. 1995. Microscopic and macroscopic evaluations were made five times – on days 4, 5, 6, 10, and 20 of shared growth of dual cultures. Above all the creation of inhibitive zones between both species, the speed of growth of their colonies and interaction of mycelium was macroscopically observed; above all fructification of the mycelium of both fungi was observed microscopically, especially mycoparasite *Pythium oligandrum* oospores production in the mycelium of *Ophiostoma* sp.

The results are showed in the table enclosed.

The results mainly support the working hypothesis, in some cases the results are vague and only in one case – in variant IV – the result is unsatisfactory. The differences are very likely to be caused by the different properties of each tested strains. By further investigations in forest nurseries, it will be possible to verify if those results support the practical usefulness of seed inoculation and watering of seedling roots by suspension of *Pythium oligandrum* oospores.

Kontaktní adresa:

Doc. Ing. Dáša Veselý, DrSc., Biopreparáty, s. r. o., Únětice 150, 252 62 Horoměřice, Česká republika

LESNICTVÍ-FORESTRY, *44*, 1998 (9): 421–428

MOŽNOSTI UPLATNENIA MEDZNÝCH STAVOV Z TEORETICKÉHO I PRAKTICKÉHO HĽADISKA PRI OPRAVÁCH LESNÝCH CIEST

APPLICATION OF LIMIT STATES TO FOREST ROAD REPAIRS FROM THEORETICAL AND PRACTICAL ASPECTS

L. Zelinka

Technická univerzita, Lesnícka fakulta, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen

ABSTRACT: Construction designing is currently developed in greatest detail for the method of limit states. Limit states in the road sector as well as in the forest road sector are in the stage of concept specification, determination of criteria and definition of basic terminology because road pavement mechanics is a recent discipline in comparison with the construction sector. This paper can be considered, with respect to forest roads, as the first contribution dealing with this problem. It can be stated on the basis of present research works that the crucial criterion for the use of nonrigid pavements of forest roads is the ultimate pavement bearing capacity, which determines further procedures of pavement repairs.

limit states; theory; roads; forest roads; proposal of repairs

ABSTRAKT: Problematika navrhovania stavebných konštrukcií je v súčasnej dobe najviac rozpracovaná v metóde medzných stavov. Medzné stavy u pozemných komunikácií a tým aj u lesných ciest sú v štádiu upresňovania pojmov, hľadania kritérií a stanovovania základného názvoslovia, pretože problematika mechaniky vozovky oproti stavebným konštrukciám je problematikou mladou. Článok možno pokladať ako prvý príspevok k danej problematike z hľadiska lesných ciest. Z doterajších výskumných prác sa môže konštatovať, že rozhodujúcim kritériom pre použiteľnosť netuhých vozoviek lesných ciest je medzný stav únosnosti vozovky, na základe ktorého volíme ďalší postup opravy vozovky.

medzné stavy; teória; pozemné komunikácie; lesné cesty; návrh opravy

ÚVOD

Problematika navrhovania stavebných konštrukcií je v súčasnosti najviac prepracovaná v metóde medzných stavov (resp. podľa súčasnej terminológie metódy dielčich súčiniteľov spoľahlivosti), ktorá je kodifikovaná v normách celej rady štátov, pričom najväčšie uplatnenie našla pri navrhovaní konštrukcií z vystuženého betónu a oceľových konštrukcií. O jej vhodnosti pre potreby projekčnej praxe nie sú v podstate žiadne väčšie pochybnosti. S výskumnou problematikou medzných stavov pri navrhovaní a rekonštrukcii lesných ciest sa začalo pred viacej ako 15-timi rokmi, približne v tej dobe, kedy táto problematika prichádzala do úvahy aj u štátnych ciest.

Koncepcia medzných stavov u lesných ciest zo začiatku mala za cieľ zhromažďovať podklady pre metódu navrhovania údržby a opráv vozoviek lesných ciest. V poslednej dobe je potrebné zapracovanie medzných stavov do uceleného systému hospodárenia s lesnou cestou.

Článok v skutočnosti poukazuje na súčasnú teóriu medzných stavov pri navrhovaní stavebných konštrukcií. Túto problematiku špecifikuje pre pozemné komunikácie i pre lesné cesty a prezentuje prvé výsledky.

TEÓRIA MEDZNÝCH STAVOV

Konštrukcia sa musí navrhovať, popr. posudzovať takým spôsobom, aby bola spoľahlivá počas realizácie a obvyklého používania objektu. Medzné stavy sú také, po prekročení ktorých konštrukcia už nespĺňa podmienky spoľahlivosti. Porucha konštrukcie však v žiadnom prípade neznamená jej zrútenie – „kolaps", lebo spoľahlivosť konštrukcie je komplexne chápaná jej bezporuchovosťou, životnosťou, opraviteľnosťou a udržovateľnosťou. Dôležitú úlohu v procese posudzovania spoľahlivosti hrá faktor času, lebo zmeny vlastností prostredia, použitých materiálov i zaťaženia nesmú spôsobiť neprijateľné zníženie spoľahlivosti vzhľadom k vzniku poruchy.

Norma STN (ČSN) 73 0031 *Spolehlivost stavebních konstrukcí a základových půd* vymedzuje dve skupiny medzných stavov.

Prvú skupinu tvorí „Medzný stav únosnosti", pri prekročení ktorého dochádza k úplnej a trvalej strate spôsobilosti konštrukcií, základových pôd, poprípade celých objektov k užívaniu. Medzné stavy tejto skupiny charakterizuje porušenie plastické, krehké, únavové, strata stability, vznik tvarove neurčitej sústavy, kvalitatívna zmena usporiadania nosnej sústavy a iné javy (dotvarovanie, plastické pretvorenie, posuvy v spojoch, havarijné roztvorenie trhlín a pod.).

Druhú skupinu tvoria „Medzné stavy použiteľnosti", ktorých prekročenie sťažuje obvyklé užívanie objektu alebo skracuje dobu životnosti objektu v porovnaní s jej predpokladanou dobou. Túto skupinu charakterizuje prekročenie medzných stavov, pretvorenie konštrukcie (napr. medzných posunov, priehybov, naklonení, prekročenie medzných hladín kmitania, vzniku trhlín, prekročenie medzných hodnôt šírok alebo medzných hodnôt dĺžok trhlín, strata stability a iné javy, ako je dočasné obmedzenie obvyklého užívania objektu, skrátenie doby životnosti).

Obidve skupiny medzných stavov je nutné považovať za úplne rovnocenné a rovnako významné. Filozofický rozdiel medzi obidvoma skupinami je daný vlastnou definíciou medzných stavov.

MEDZNÉ STAVY U POZEMNÝCH KOMUNIKÁCIÍ

Problematikou medzných stavov u pozemných komunikácií sa zaoberal K u d r n a (1987) v správe, kde rozoberá a upresňuje pojmy vhodné pre pozemné komunikácie. Zásadný rozdiel vidí v tom, že vozovka sa líši od stavebných konštrukcií (vozovka nemá kde spadnúť), preto vozovky môžu dospieť len do poruchového – teda opraviteľného – stavu, takže na význame nadobúda kritérium použiteľnosti, udržovateľnosti a opraviteľnosti s technicko-ekonomickými rozbormi. Z toho vyplýva, že medzný stav únosnosti vozovky (zrútenie) a ohrozenie ľudských životov sa u pozemných komunikácií v podstate nevyskytuje.

Na základe toho stanovuje základné názvoslovie pre navrhovanie a posudzovanie vozoviek a postupy pre určovanie vstupných údajov – zaťaženia, podmienok prostredia, charakteristík cestných stavebných materiálov, podložia i vozoviek.

Tento autor sa vyjadruje všeobecne k navrhovaniu vozoviek a poukazuje na to, aby pri výpočte vozoviek boli uvažované medzné stavy únosnosti a únavy. Z medzných stavov nerovností zvažuje stavy vznikajúce mechanizmom poškodzovania a porušovania vozoviek (objemovými zmenami podložia, mrazovými zdvihmi, vývojom trvalých deformácií, dĺžkovými zmenami vrstiev so sťahujúcimi sa trhlinami).

Neuvažuje sa pri medzných stavoch nerovností s mechanizmami poškodzovania a porušovania vozoviek (opotrebovanie obrusnej vrstvy stratou hmoty, obrusom a výtlkmi, objemovými zmenami vozovky a zemného telesa dohutňovaním, konsolidáciou a vodnoteplotným režimom).

Význam pri výpočte neuvažovaných medzných stavov je obmedzený na prijateľnú úroveň konštrukčnými a materiálovými požiadavkami noriem stavania vrstiev vozovky.

Na medzný stav z opotrebovania obrusnej vrstvy sa môže brať zreteľ pri stanovovaní návrhového obdobia.

Medzi neuvažované medzné stavy je vhodné zaradiť aj medzné stavy nerovnosti vývojom trvalých deformácií s dĺžkovými zmenami so sťahujúcimi sa trhlinami.

MEDZNÉ STAVY U NETUHÝCH VOZOVIEK LESNÝCH CIEST

Z dostupných materiálov u nás aj vo svete táto problematika nebola zatiaľ prezentovaná, ba ani uvažovaná. Uvedený postup v nasledujúcej časti textu je pravdepodobne prvým príspevkom v riešení tejto problematiky na Slovensku.

Výskum uľahčovala skutočnosť, že na účelové komunikácie sú kladené vo všeobecnosti miernejšie kritériá a u lesných ciest je prvoradá prevádzková spôsobilosť (funkčnosť) vozovky pri odvoze drevnej hmoty.

CIEĽ A METODIKA

Cieľom práce bolo určiť medzný stav netuhej vozovky lesnej cesty a určiť postup – návrh obnovy (rehabilitácie) zosilnením konštrukcie vozovky.

Podkladom pre určenie medzného stavu vozovky bolo dlhodobé (niekoľkoročné) meranie priehybu vozovky pákovým priehybomerom. Bola zvolená podobná metóda hodnotenia procesu únavy (degradácie) až po dosiahnutie medzného stavu vozovky ako u rozsiahleho výskumného programu Amerických združení pracovníkov štátnych ciest (American State Highway Officinalis – AASHO) (P o l i a č i k, 1971), ktorý je známy pod názvom AASHO Road Test.

Podľa výsledkov AASHO Road Testu jestvuje medzi veľkosťou priehybu vozovky zistenou pri návrhovom zaťažení a životnosťi vozovky a počtom opakovaní tohto zaťaženia štatisticky významná závislosť.

Tento spôsob bol zvolený i pri sledovaní únavy (degradácie) vozovky na lesných cestách, ale s tým rozdielom, že u AASHO Road Testu išlo o zrýchlený spôsob namáhania vozovky (intenzitou dopravy), zatiaľ čo u lesných ciest išlo o postup v reálnych podmienkach, ktorý dáva najhodnotnejšie výsledky v porovnaní s inými spôsobmi (laboratórnym alebo už uvedeným zrýchleným testom).

Pre hodnotenie procesu únavy sa zisťovali hodnoty priehybu, a to v jarnom období, kedy hodnotenie vozovky je relatívne najobjektívnejšie (vozovka je najmenej únosná); v tejto dobe sa tiež najviac eliminuje rozkolísanosť medzi letnými a jesennými hodnotami v dôsled-

ku rozdielneho vplyvu klimatických podmienok (vlhkosti).

Metodika merania je podobná tej, ktorú autor popisuje v inej práci (Zelinka, 1981). Uvádzame ju len v skratke: Meral sa vratný priehyb vozovky, zohľadňovala sa teplota vozovky, priemerná vzdialenosť meracích bodov sa pohybovala od 30 do 100 m, výber meracích bodov bol náhodným výberom, dĺžka pokusných úsekov bola od 300 do 2 000 m. Vyhodnotenie sa urobilo pomocou výpočtovej techniky. Výber pokusných úsekov bol volený tak, aby bola rozdielnosť v konštrukcii vozovky, v intenzite dopravy, v únosnosti vozovky i v dobe používania.

Postup pri vyhodnotení výsledkov

Pri sledovaní únavy (degradácie) vozovky bol zvolený podobný postup ako u AASHO Road Testu, ale výsledky boli vyhodnocované podľa metódy Asphalt Institutu (AI) v USA (1969), autorom prepracovanej a doplnenej na čs. podmienky a overované viac ako 15 rokov pri opravách lesných ciest, publikované pod názvom *Diagnostika stavu a zosilňovanie netuhých vozoviek lesných ciest* (Zelinka, 1989) a ďalej ešte doplnené (Zelinka, 1991).

V stručnosti sa uvádza:

- hodnoty dovoleného priehybu vyčíslené v obr. 1–4 boli vypočítané podľa základnej rovnice

$$y_d = \sqrt{\frac{1}{0{,}121871 \,.\, \check{S}N / 24h^{0{,}5} - 0{,}00817}} \qquad (1)$$

kde: y_d – dovolený priehyb vozovky (mm),
ŠN/24 h – počet štandardných (návrhových) náprav za 24 h (priemer) a životnosť vozovky 20 rokov.

Metóda umožňuje priehyb y_d korigovať pre životnosť vozovky v rozpätí 1–35 rokov pri ročnom náraste či poklese dopravy v rozpätí 0–10 %.

Poznámka: Než sa pristúpilo k možnosti využitia metódy AI pri opravách lesných ciest, bol urobený hlavne v rokoch 1976–1980, ale aj neskôr, rozsiahly kritický rozbor lesných ciest podľa rôznych metód a autorov s dôrazom na rovnicu podľa AASHO RT

$$y_{dov} = 10^{0{,}85-0{,}16 \log N} \qquad (2)$$

V stručnosti sa uvádza, že hodnoty priehybu, ktoré boli vypočítané podľa uvedeného vzťahu, sú dosť prísne; väčšina z hodnotených lesných ciest až na jednu (súbor tvorilo 35 lesných ciest) nevyhovovala, a napriek tomu tieto cesty bez nejakých väčších porúch boli v užívaní 10 aj viac rokov. Jediná cesta, ktorá tomuto kritériu vyhovovala, t.j. lesná cesta Bieň, je k r. 1998 v užívaní 34 rokov bez zásadnej opravy a v nasledujúcich desiatiach rokoch snáď bude vyžadovať len regeneračný náter, čo poukazuje na tvrdosť kritéria priehybu podľa tohto vzťahu (rovnice).

Táto problematika – t.j. porovnávanie rôznych metód i výpočtov a ich zhodnotenie – by si vyžadovala samostatný príspevok.

Určenie vstupných prejazdov štandardných (návrhových) náprav

Vstupné počty prejazdov štandardných (návrhových) náprav (obr. 1–4) boli v zásade určené z odvozu drevnej hmoty a tiež z intenzity dopravy (zaťaženia cesty), spojenej s ostatnou činnosťou v lese.

Množstvo drevnej hmoty bolo určené na základe výpisu z lesného hospodárskeho plánu, ktoré gravituje na odvoznú lesnú cestu za decénium, a potom ešte náhodne overované sčítaním dopravy priamo na lesnej ceste v rôznych ročných obdobiach.

Intenzita dopravy spojená s ostatnou činnosťou v lese bola zohľadnená v tonáži (Fertáľ, 1993) 30% zastúpením voči množstvu odvozu drevnej hmoty.

Pri prepočte na štandardnú nápravu (ŠN) sa ešte zvažoval typ auta a jeho technické parametre, percento zastúpenia sólo áut či súprav, pomer listnatého a ihličnatého dreva.

Vypočítaný celkový počet ŠN za analyzované obdobie bol prepočítavaný na priemernú intenzitu ŠN.24 h^{-1}, čo lepšie vyhovuje pre porovnanie s intenzitou verejnej dopravy.

Postup pri výpočte prevádzkovej výkonnosti vozovky

Prevádzková výkonnosť vozovky na obr. 1–4 (posledný riadok) je vyčíslením únavového procesu vplyvom používania vozovky, vyjadrená počtom ŠN.24 h^{-1}.

Hodnota bola vyčíslená na základe priehybu v danom roku podľa rovnice (1) a pre zvolenú životnosť vozovky. Pre pokusné úseky s krytom PAH (penetračný makadam hrubý) – zvolená životnosť 10 rokov (obr. 1–3), pre kryt OK (obaľované živičné kamenivo) – životnosť 20 rokov (obr. 4).

VÝSLEDKY

Sledovanie medzných stavov je dlhodobé. Pokusné úseky, ktoré boli zahrnuté do výskumu, sa navzájom líšia čo do únosnosti podložia, intenzity dopravy a kvality podkladových krytových vrstiev.

V článku sú pre obmedzenosť rozsahu prezentované výsledky sledovania zo štyroch pokusných úsekov.

Základné charakteristiky pokusných úsekov udáva tab. I, kde je uvedená konštrukcia vozovky, intenzita dopravy, druh a únosnosť podložnej zeminy.

Výsledky sledovania vývoja únavy a nadobudnutie medzného stavu pre jednotlivé pokusné úseky sú dokumentované na obr. 1–4.

Každý obrázok predstavuje:

- priebeh zmeny priehybu počas doby (rokov) sledovania pokusného úseku vozovky,
- dovolený priehyb vozovky vzhľadom k intenzite dopravy, ktorá na lesnej ceste existuje,
- medzný stav (priehyb) vozovky,

I. Základné údaje o pokusných úsekoch – Basic data on experimental sections

P. č.	Pokusný úsek (cesta, LZ)[1]	Označenie úseku[2]	Doba výstavby[3]	Konštrukcia vozovky (novostavby)[4]	Potrebná výkonnosť vozovky (počet ŠN.24 h^{-1})[5]	Podložie vozovky[6]	Únosnosť v % CBR[6]
1.	Hučava LZ Kriváň	II	1981	10 cm PAH + 2x NZ 25 cm ŠD 35 cm	do 6	hlina	2,5
2.	Nemcová ŠL TU Zvolen		1970–1972	10 cm PAH + 2x NZ 20 cm ŠD 30 cm	2	štrk s prímesou hlinitého piesku	8,2
3.	Kremenský jarok ŠLT TU Zvolen	I	1972–1973	10 cm PAH + 2x NZ 20 cm ŠD 30 cm	do 1	ílovitá hlina	2,1
4.	Vicianka LZ Žarnovica		1976 zosilnená 12 cm OK	12 cm OK 10 cm zakalený štrk 20 cm ŠD 42 cm	3	štrk s prímesou hlinitého piesku	13,8

Vysvetlivky – Explanatory notes: PAH – penetračný makadam hrubý – grouted coarse macadam, OK – obaľované živičné kamenivo – pre-coated bituminous aggregates, ŠD – štrkodrvina – broken stone, NZ – náter zatvárací – sealing coat, ŠN – štandardná náprava – standard axle

[1]experimental sections (road, forest establishment), [2]section No., [3]construction time, [4]pavement construction (new construction), [5]required capacity (number of standard axles per 24 h), [6]pavement subsoil, [7]bearing capacity in % CBR

- dobu používania vozovky,
- celkový súčet dopravy po lesnej ceste, vyjadrený počtom ŠN,
- prevádzkovú výkonnosť vozovky a jej zmenu počas doby používania, vyjadrenú počtom ŠN.24 h^{-1}.

Dovolený priehyb vozovky znamená hodnotu priehybu, ktorú vozovka vykazuje pre danú intenzitu dopravy a životnosť bez toho, aby došlo k trvalej deformácii vozovky.

Medzný stav únosnosti vozovky je stav, pri ktorom ešte nedochádza účinkom zaťaženia ku kvalitatívnemu poklesu či k strate únosnosti, t.j. k úplnému a neodstrániteľnému poškodeniu vozovky deštrukciou.

Prevádzková výkonnosť vozovky je miera životnosti vozovky. Vyjadruje sa počtom prejazdov (opakovaní) návrhovej nápravy, ktorý je schopná zniesť.

Zvyšková prevádzková výkonnosť je počet prejazdov štandardnej (návrhovej) nápravy, ktorý znesie vozovka od okamžiku hodnotenia do porušenia, resp. dosiahnutia medzného stavu.

Únosnosť vozovky je odolnosť vozovky proti účinku zaťaženia, charakterizovaná hodnotou rozhodujúcej veličiny (priehybu, napätia, pretvorenia a pod.) k dosiahnutiu medzného stavu.

Životnosť vozovky je doba od uvedenia konštrukcie vozovky do používania až do ukončenia jej obvyklého používania.

Návrhové obdobie je počet rokov, na ktoré sa vozovka navrhuje pre bežné používanie a pre ktoré sa uvažujú podmienky a kritériá pri navrhovaní konštrukcie vozovky.

Funkčná spôsobilosť vozovky je súhrn vlastností vozovky, charakterizovaný prevádzkovou spôsobilosťou a únosnosťou (prevádzkovou výkonnosťou) konštrukcie. Je výsledkom komplexného hodnotenia vozovky.

STRUČNÉ VYHODNOTENIE ŠTATISTICKÉHO ZISŤOVANIA MEDZNÉHO STAVU VOZOVKY

Pri sledovaní zmeny priehybu vozovky do dosiahnutia medzného stavu sa zistilo, že sa jedná o lineárnu a nelineárnu koreláciu.

Pre tieto závislosti platí všeobecný vzťah:

- pre lineárnu závislosť $Y = A_0 + A_{1x}$,
- pre nelineárnu koreláciu $Y = A_0 + A_{1x} + A_2x^2$

kde: Y – priehyb vozovky,
A_0, A_1, A_2 – regresné koeficienty,
x – čas používania vozovky v rokoch.

Základné štatistické charakteristiky pokusných úsekov sú uvedené v tab. II.

Pokusný úsek na lesnej ceste Hučava – úsek II – obr. 1 (dĺžka 300 m)

Na tomto pokusnom úseku sa začala hodnotiť únava hneď po výstavbe vozovky. Po tejto ceste sa odviezlo denne priemerne 100 m^3 drevnej hmoty, čo v prepočte predstavuje 6 ŠN.24 h^{-1}, čo je dosť vysoká intenzita z hľadiska pomerov na lesných cestách.

Ako je vidieť z obrázku, medzný stav vozovky sa dosiahol po deviatich rokoch používania a vozovka bola zosilnená 10 cm OK (obaľovaná živičná zmes) a priehyb z 2,25 mm klesol na 1,0 mm. Z vizuálneho hodnotenia stavu vozovka bola silne poškodená pozdĺžnymi aj priečnymi trhlinami, vyjazdenými koľajami o hĺbke 10–15 cm; úsek bol ťažko prejazdný pre osobné autá.

Po zosilnení prevádzková výkonnosť vozovky stúpla z 3,5 na 60 ŠN.24 h^{-1}.

II. Koeficienty regresnej rovnice a základné štatistické charakteristiky pre jednotlivé pokusné úseky – Regression equation coefficients and basic statistical data on the experimental sections

P. č.	Pokusné úseky[1]	Úsek číslo[2]	Koeficienty regresnej rovnice[3]			Kvadratická odchýlka[4]	Reziduálny rozptyl[5]	Index korelácie[6]
			A_0	A_1	A_2			
1.	Hučava	II	1,385	–0,094	0,019	0,987	0,329	0,61
2.	Nemcová (5.–13. rok)		0,639	0,218	–	0,829	0,711	0,72
	Nemcová (14.–15. rok)		0,619	0,525	–0,085	–0,0179	0,017	0,90
3.	Kremenský jarok (3.–7. rok)	I	1,823	0,279	–	0,054	0,027	0,96
	Kremenský jarok (8.–13. rok)	I	1,072	0,379	–	0,576	0,144	0,90
	Kremenský jarok (14.–17. rok)	I	1,211	–0,006	–0,019	0,009	0,004	0,96
4.	Vicianka		0,573	0,034	0,0015	0,345	0,007	0,96

[1]experimental sections, [2]section No., [3]regression equation coefficients, [4]square deviation, [5]residual variance, [6]correlation index

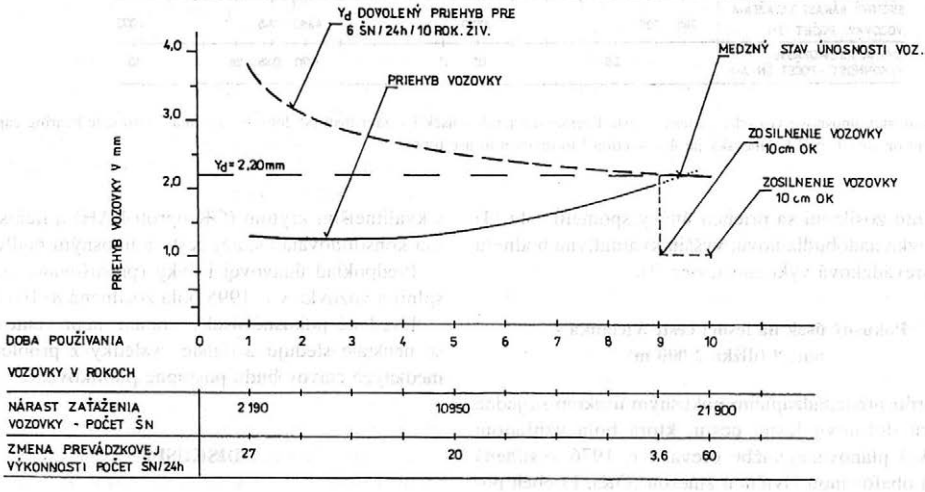
Pokusný úsek na lesnej ceste Nemcová – obr. 2 (dĺžka 600 m)

Na tejto lesnej ceste sa proces únavy začal sledovať v r. 1978, teda asi po piatich až šiestich rokoch používania a hodnota medzného stavu sa dosiahla po 13 rokoch; vozovka bola zosilnená 8–10 cm obaľovaným živičným kamenivom. Po tomto zosilnení prevádzková výkonnosť vozovky stúpla z 1,4 na 40 ŠN.24 h^{-1}. Vizuálny stav tohto úseku bol podobný ako u predchádzajúceho pokusného úseku. Životnosť vozovky tejto lesnej cesty je približne dvojnásobná oproti predchádzajúcemu úseku pri rovnakej konštrukcii, čo zrejme súvisí s nižšou intenzitou dopravy a vyššou únosnosťou podložia.

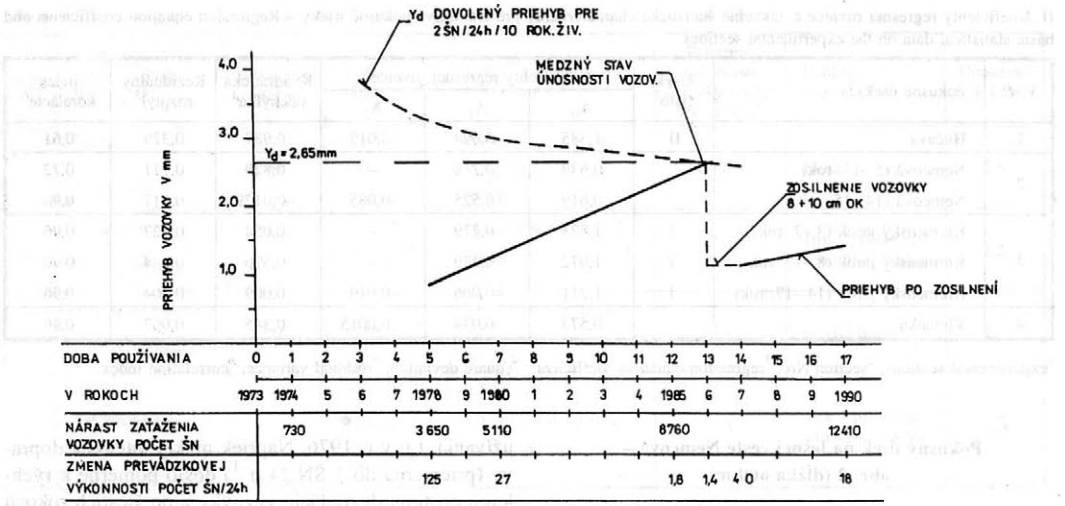
Pokusný úsek na lesnej ceste Kremenský jarok – úsek I – obr. 3 (dĺžka 1 600 m)

Cesta bola daná do používania v r. 1973 a únavový proces vozovky sa začal sledovať po troch rokoch používania, t.j. v r. 1976. Napriek nízkej intenzite dopravy (priemerná do 1 ŠN.24 h^{-1}) došlo pomerne k rýchlemu postupu degradácie vozovky a po šiestich rokoch používania bola na 20 % plochy opravená (zosilnená) nepravidelnou hrúbkou obaľovanou živičnou zmesou. Z vizuálneho hľadiska to predstavovalo pozdĺžne aj priečne trhliny, miestami vyjazdené koľajnice 15 cm (miestami aj viac), ťažko prejazdné pre osobné aj niektoré nákladné autá. Po prevedení sondáže v konštrukcii vozovky to bol dôsledok nekvalitnej technológie pri výstavbe cesty (nedodržanie hrúbky konštrukčných vrstiev, predovšetkým podkladovej vrstvy). Po čiastočnom zosilnení a šiestich rokoch prevádzky degradačný proces rýchle pokračoval a medzného stavu sa v podstate dosiahlo po 12-ročnom používaní od doby výstavby. Vizuálny stav vozovky bol podobný ako pri popise čiastočnej opravy zosilnením.

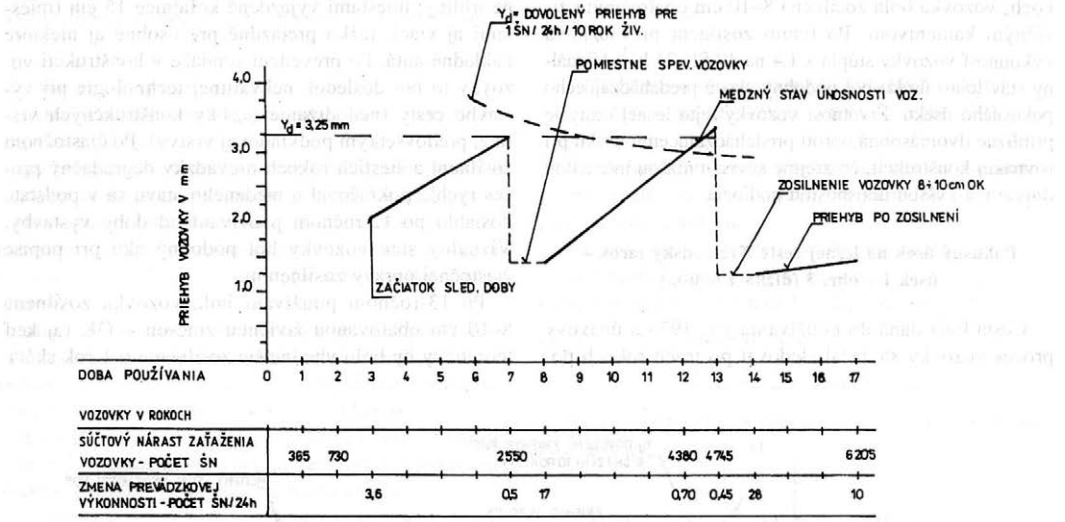
Po 13-ročnom používaní bola vozovka zosilnená 8–10 cm obaľovanou živičnou zmesou – OK (aj keď teoreticky by bolo vhodnejšie zosilnenie o 1 rok skôr).



1. Medzný stav únosnosti vozovky na lesnej ceste Hučava – úsek II v závislosti od doby používania – Ultimate bearing capacity of pavement on forest road Hučava – section II in relation to use time



2. Medzný stav únosnosti vozovky na lesnej ceste Nemcová v závislosti od doby používania – Ultimate bearing capacity of pavement on forest road Nemcová in relation to use time



3. Medzný stav únosnosti vozovky na lesnej ceste Kremenský jarok – úsek I v závislosti od doby používania – Ultimate bearing capacity of pavement on forest road Kremenský jarok – section I in relation to use time

Po tomto zosilnení sa priebeh únavy spomalil (obr. 3) a vozovka nadobudla novú, vyššiu kvalitatívnu hodnotu (viď prevádzková výkonnosť, obr. 3).

Pokusný úsek na lesnej ceste Vicianka – obr. 4 (dĺžka 2 000 m)

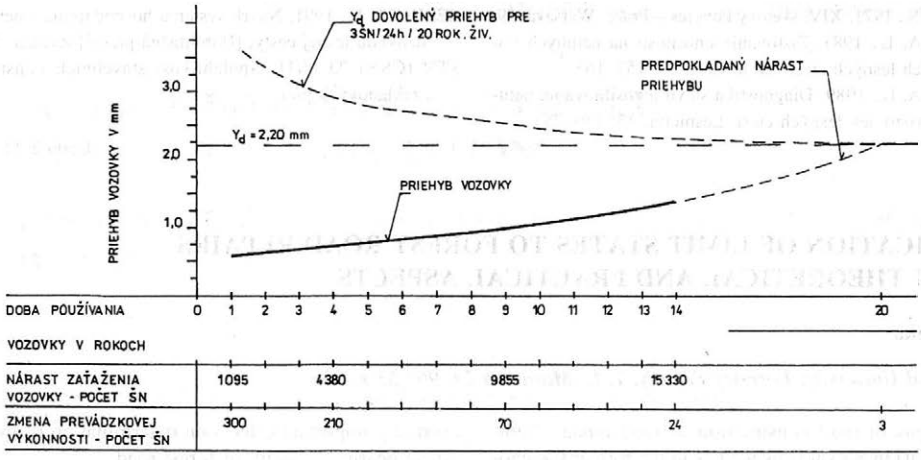
Oproti predchádzajúcim pokusným úsekom sa jedná o starú dolinovú lesnú cestu, ktorá bola vzhľadom k veľkej plánovanej ťažbe dreva v r. 1976 zosilnená 10 cm obaľovanou živičnou zmesou (OK). Priebeh postupu únavy je viditeľný na obr. 4 a je pozvoľnejší než u predchádzajúcich pokusných úsekov, čo zrejme súvisí s kvalitnejším krytom (OK oproti PAH) a tiež s kvalitou konsolidovanej starej cesty a únosným podložím.

Predpoklad únavovej krivky (prerušovaná čiara) sa splnil a vozovka v r. 1995 bola zosilnená 8–10 cm OK.

Uvedené pokusné úseky vrátane neprezentovaných sa neustále sledujú a ďalšie výsledky z problematiky medzných stavov budú postupne publikované.

DISKUSIA

Prezentované výsledky je najvhodnejšie porovnať s výsledkami získanými v už uvedenom AASHO Teste



4. Medzný stav únosnosti vozovky na lesnej ceste Vicianka v závislosti od doby používania – Ultimate bearing capacity of pavement on forest road Vicianka in relation to use time

(R o l l y , 1971). Tento test bol síce robený v iných podmienkach (vyššia intenzita dopravy, klimatické podmienky, doba trvania testu dva až tri roky, verejné cesty), ale pre rovnakú metódu sa javí najvýhodnejší na porovnanie.

Zásadný rozdiel v dosiahnutých výsledkoch je v tom, že na lesných cestách bol zaznamenaný neustály nárast priehybu (únavy – degradácie), čo sa prejavovalo znižovaním prevádzkovej výkonnosti, zatiaľ čo pri zmienenom teste sa uvádza vyrovnaný priehyb a koniec životnosti (teoretický predpoklad vzhľadom na krátku dobu trvania testu), prudký nárast priehybu a ukončenie životnosti vozovky. Pokiaľ sa týka lesných ciest, najbližšie k tejto problematike sú výsledky F e r t á ľ a (1984). Autor hodnotí kvalitu odvozných lesných ciest (vizuálnou metódou) s krytom z penetračného makadamu, výskytom mozaiky trhlín počas doby užívania vozovky. Z dosiahnutých výsledkov uvádza, že percento trhlín sa zvyšuje s dĺžkou používania vozovky a prudký nárast sa objavuje medzi siedmym až ôsmym rokom používania, čo by potvrdzovalo uvedené výsledky v tomto článku a to, že odvozné lesné cesty s krytom z penetračného makadamu o hrúbke 10 cm môžu dosiahnuť medzný stav približne medzi ôsmym až desiatym rokom používania.

ZÁVER

Cieľom príspevku bolo poukázať na problematiku medzných stavov ako rozhodujúceho kritéria pre hodnotenie únosnosti (prevádzkovej výkonnosti) vozoviek a poukázať na prvé výsledky z tejto problematiky.

Z doterajších výsledkov je nutné uviesť, že rozhodujúcim kritériom pre dosiahnutie medzného stavu únosnosti vozovky lesnej cesty je kritérium priehybu. Na základe tejto hodnoty sa potom môže vyčísliť prevádzková výkonnosť vozovky a tým určiť, kedy vozovka začína byť preťažovaná, dochádza k trvalým poruchám v konštrukcii vozovky a je nutné ju zosilniť.

Ostatné poruchy ako výskyt výtlkov, praskliny, zvlnenie a pod. je možné považovať u lesných ciest vzhľadom k priemernej rýchlosti (približne 18 $km.h^{-1}$) ako doplňujúce; nemajú rozhodujúci vplyv na stanovenie medzného stavu únosnosti vozovky lesnej cesty. Uvedené poruchy skôr ovplyvňujú prevádzkovú spôsobilosť vozovky, čo sa u lesných ciest môže premietnuť do zníženia rýchlosti u dopravných prostriedkov pri odvoze drevnej hmoty.

Na záver je možné konštatovať, že problematika medzných stavov u lesných ciest je problematikou relatívne novou, ktorá je neustále vo vývoji, a postupným získaním ďalších nových poznatkov sa počíta s ďalším upresňovaním kritérií medzných stavov.

Zo všeobecného hľadiska nič nebráni tomu, aby metóda medzných stavov našla uplatnenie pri opravách (rehabilitácii) lesných ciest, a tým zachytila nastupujúci trend pri navrhovaní vozoviek.

Literatúra

THE ASPHALT INSTITUTE, 1969. Asphalt Overlays and Pavement Rehabilitation. Manual Series No. 17 (MS-17): 127.

FERTÁĽ, D., 1984. Závislosť poškodenia a opotrebovania povrchu vozoviek odvozných lesných ciest od obdobia ich používania. Lesn. Čas., 30: 461–473.

FERTÁĽ, D., 1993. Kapacita lesných skladov a frekvencia dopravy na odvozných lesných cestách. Lesn. Čas. – Forestry Journal, 39: 263–274.

KUDRNA, J., 1987. Úsporné vozovky. [Výskumná správa.] Brno, Silniční vývoj: 153.

POLIAČIK, I., 1971. Prevádzková spôsobilosť a výkonnosť netuhých vozoviek. Silniční obzor, 32: 130–134.

ROLLY, S., 1971. XIV. svetový kongres – Praha, Waršava: 59.
ZELINKA, L., 1981. Zisťovanie únosnosti na netuhých vozovkách lesných ciest. Lesn. Čas., 27: 157–165.
ZELINKA, L., 1989. Diagnostika stavu a zosilňovanie netuhých vozoviek lesných ciest. Lesnictví, 35: 739–755.
ZELINKA, L., 1991. Návrh systému hospodárenia s netuhou vozovkou lesnej cesty. [Habilitačná práca.] Zvolen: 234.
STN (ČSN) 73 0031: Spolehlivost stavebních konstrukcí a základových půd.

Došlo 2. 12. 1997

APPLICATION OF LIMIT STATES TO FOREST ROAD REPAIRS FROM THEORETICAL AND PRACTICAL ASPECTS

L. Zelinka

Technical University, Forestry Faculty, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen

Designs of road construction or road repairs (reinforcement) in Slovakia as well as in the former Czechoslovakia has been based on permissible stress.

The paper presents the first experience of designing pavement repairs in keeping with a new trend employing limit states. The ultimate pavement bearing capacity is the state when neither decrease in quality nor loss of bearing capacity occur as a result of loading, i.e. the pavement is not fully or irreparably damaged by destruction.

Determination of limit state with respect to bearing capacity of nonrigid pavements of forest roads – with bituminous surfaces – was based on long-run observations of changes in pavement deflection measured with a lever deflectometer. Deflection was measured every year in the spring season after the subsoil had thawed when pavement assessment provides relatively the most objective results (lowest bearing capacity of pavement, highest susceptibility to damage, fluctuation of summer and fall values due to different climatic conditions – moisture, is eliminated in this period). Pavement return motion was measured, average distance of measurement points was 30–100 m, measurement points were determined by random selection, experimental sections were from 300 to 2000 m in length. Besides measurements of road surface deflection, the pavement state was evaluated by visual description – cracks, undulations and other types of damage.

General evaluation of the results showed that deflection is the crucial criterion to achieve the ultimate bearing capacity of forest road. Other damage, such as pot-holes, cracks, undulations, etc. can be considered as complementary in forest roads with respect to average speed of vehicles (about 18 $km.h^{-1}$), and they do not exert any important effects on determination of the ultimate bearing capacity of forest road.

Specific evaluation indicated that the limit state (the state of intersection of admissible deflection and actual deflection) for forest roads surfaced with grouted macadam occurs after 8–10 years of road use (Figs. 1–3).

The limit state for roads surfaced with pre-coated bitumen occurs in a substantially longer time, it is twice longer (Fig. 4), which is due to the higher quality of pre-coated bituminous surface than of grouted macadam. When the limit state occurs, it is necessary to plan a general repair (reinforcement) of pavement, which will substantially decrease surface deflection and increase the bearing capacity of pavement. The calculated change in bearing capacity on the basis of standard (projected) axles and loading of 100 kN shows that the operating efficiency of pavement e.g. on forest road Hučava – section II (Fig. 1) decreased from the initial 27 standard axles to 3.6 within 9–10 years when the limit state occurred and it was necessary to reinforce the surface with 10cm pre-coated bituminous layer. Similar patterns of deflection changes were observed in the other experimental sections described in this paper.

The results indicate if the pavement repair (reinforcement) is to be most efficient, the best moment is shortly before the limit state of pavement has occured. From this moment on, degradation of pavement construction will be more serious and repair investments will be much higher.

The problem of limit states in forest roads is in progress, its further improvement needs time and work of other specialists.

New knowledge and more specific criteria should be applied to forest road construction and repairs.

Kontaktná adresa:

Doc. Ing. Ladislav Zelinka, CSc., Technická univerzita, Lesnícka fakulta, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, Slovenská republika

POKYNY PRO AUTORY

Obecné pokyny

Časopis Lesnictví-Forestry uveřejňuje původní vědecké práce ze všech oborů lesnictví, které mají vztah k evropským lesním ekosystémům. Autor práce je odpovědný za původnost příspěvku; práce nesmí být publikována nebo zaslána k publikování do jiného časopisu. Rozsah zaslaného příspěvku nemá přesáhnout 25 stran (A4 formátu, psaných obřádek) včetně tabulek, obrázků, literatury, abstrakt a souhrnu. K rukopisu je vhodné přiložit disketu s textem práce, popř. s grafickou dokumentací pořízenou na PC s uvedením použitého programu. K publikování jsou přijímány práce psané v češtině, slovenštině nebo angličtině. Zaslané rukopisy musí obsahovat anglický souhrn o rozsahu 3 strany. Autor odpovídá za správnost anglického textu. Rukopisy mají být napsány na papíře formátu A4 (60 úhozů na řádku, 30 řádků na stránce). Uspořádání článku musí odpovídat formě, ve které jsou články v časopisu Lesnictví-Forestry publikovány. Je třeba zaslat dvě kopie rukopisu na adresu vedoucí redaktorky: Mgr. Radka Chlebečková, Ústav zemědělských a potravinářských informací, 120 56 Praha 2, Slezská 7. O uveřejnění práce rozhoduje redakční rada časopisu se zřetelem k lektorským posudkům, vědeckému přínosu a celkové kvalitě práce a s přihlédnutím k významu článku pro lesní hospodářství.

Úprava textu

Rukopis má obsahovat titulní stranu, na které je uveden název článku, jméno autora (autorů), název a adresa instituce, kde práce byla vypracována, a číslo telefonu a faxu autora, popř. e-mail.

Každý článek by měl obsahovat český (slovenský) a anglický abstrakt, který nemá mít více než 90 slov, a klíčová slova. Úvod by měl být stručný, s uvedením zaměření a cíle práce ve vztahu k dosud provedeným pracím. Neměl by v něm být uváděn rozsáhlý přehled literatury. V kapitole Materiál a metody by měl být uveden popis použitých experimentálních metod tak, aby byl postačující pro zopakování pokusů. Měly by být uvedeny obecné i vědecké názvy rostlin. Je-li zapotřebí používat zkratky, je nutné při prvním použití zkratky uvést i její plný název. Je nezbytně nutné používat jednotky odpovídající soustavě měrových jednotek SI. V části Výsledky by měla být přesně a srozumitelně prezentována získaná data a údaje. V kapitole Diskuse se obvykle získané výsledky konfrontují s výsledky dříve publikovanými. Je přípustné spojit část Výsledky a Diskuse v jednu kapitolu. Citování literatury v textu se provádí uvedením jména autora a roku vydání publikace. Při větším počtu autorů se uvádí v textu pouze první z nich a za jeho jméno se doplní zkratka „et al.".

V části Literatura se uvádějí pouze publikace citované v textu. Citace se řadí abecedně podle jména prvního autora: příjmení, zkratka jména, rok vydání, plný název práce, úřední zkratka časopisu, ročník, první a poslední strana. U knihy je uvedeno i místo vydání a vydavatel.

Tabulky

Tabulky jsou číslovány průběžně a u každé je uveden i nadpis. Každá tabulka je napsána na jednom listu.

Obrázky

Jsou přiloženy jen obrázky nezbytné pro dokumentaci výsledků a umožňující pochopení textu. Současné uvádění stejných výsledků v tabulkách a na grafech není přijatelné. Všechny obrázky musí být vysoce kvalitní, vhodné pro reprodukci. Nekvalitní obrázky nebudou překreslovány, budou autorovi vráceny. Fotografie musí být dostatečně kontrastní. Všechny obrázky je třeba číslovat průběžně arabskými číslicemi. Jak grafy, tak i fotografie jsou označovány jako obrázky. Jestliže má být několik fotografií publikováno jako jeden obrázek, je třeba je vhodně uspořádat a nalepit na bílou podložku. U každého obrázku je nutné uvést jeho stručný výstižný popis.

S e p a r á t y . Z každého článku obdrží autor 40 separátů zdarma.

INSTRUCTIONS TO AUTHORS

General

The journal publishes original results of fundamental and applied research from all fields of forestry related to European forest ecosystems. An article submitted to Lesnictví-Forestry must contain original work and must not be under consideration for publishing elsewhere. Manuscripts should not exceed 25 double-spaced typed pages (A4 size) including tables, figures, references, abstract and summary. A PC diskette with the paper text or graphical documentation should be provided with the paper manuscript, indicating the used editor program. Papers should be clear, concise and written in Czech, Slovak or English. Each manuscript must contain two or three pages of English summary. Correct English is the responsibility of the author. Manuscripts should be typed on standard paper (A4 size, 60 characters per line, 30 lines per page). They must fully conform to the organization and style of the journal. Two copies of the manuscript should be sent to the executive editor: Mgr. Radka Chlebečková, Institute of Agricultural and Food Information, 120 56 Praha 2, Slezská 7, Czech Republic.

Text

Manuscript should be preceded by a title page comprising the title, the complete name(s) of the author(s), the name and address of the institution where the work was done, and the telephone and fax numbers of the corresponding author, or e-mail. Each paper must begin with an Abstract of no more than 90 words, and key words. The Introduction should be concise and define the scope of the work in relation to other work done in the same field. As a rule, it should not give an exhaustive review of literature. In the chapter Materials and Methods, the description of experimental procedures should be sufficient to allow replication of trials. Plants must be identified by taxonomic and common name. Abbreviations should be used if necessary. Full description of abbreviation should follow the first use of an abbreviation. The International System of Units (SI) and their abbreviations should be used. Results should be presented with clarity and precision. Discussion should interpret the results. It is possible to combine Results and Discussion in one section. Literature citation in the text should be by author(s), and year. If there are more than two authors, only the first one should be named in the text, followed by the phrase „et al.". References should include only publications quoted in the text. They should be listed in alphabetical order under the first author's name, citing all authors.

Tables

Tables should be numbered consecutively and have an explanatory title. Each table, with title, should be on a separate sheet of paper.

Figures

Figures should be referred solely to the material essential for documentation and for the understanding of the text. Duplicated documentation of data in figures and tables is not acceptable. All illustrative material must be of publishing quality. Figures cannot be redrawn by the publisher. Photographs should exhibit high contrast. All figures should be numbered consecutively with arabic figures. Both line drawings and photographs are referred to as figures. If several separate line drawings or photographs are to be incorporated in a single figure, they should be sticked on a white card with a minimum of space left between them. Each figure should contain a concise, descriptive legend.

O f f p r i n t s . Forty (40) offprints of each paper are supplied free of charge to the author.

UPOZORNĚNÍ PRO ODBĚRATELE

Veškeré služby spojené s distribucí časopisu Lesnictví-Forestry vyřizuje vydavatel – Ústav zemědělských a potravinářských informací Praha.

Objednávky na předplatné posílejte na adresu:
Ústav zemědělských a potravinářských informací
referát odbytu
Slezská 7
120 56 Praha 2

LESNICTVÍ-FORESTRY 1998, No. 10, uveřejní tyto příspěvky:

Pretzsch H.: Structural diversity as a result of silvicultural operations – Rozmanitosť štruktúry lesného porastu ako výsledok pestovných opatrení

Vrška T.: Prales Ranšpurk po 21 letech (1973–1994) – Ranšpurk virgin forest after 21 years (1973–1994)

Neruda J.: Technika pro produkci a výsadbu velkého sadebního materiálu – Technology for the production and planting of large-sized planting stock of forest trees

Cicák A., Mihál I.: Index nekrotizácie kôry kmeňov buka – Bark necrosis index of beech stems

Vědecký časopis LESNICTVÍ-FORESTRY ● Vydává Česká akademie zemědělských věd – Ústav zemědělských a potravinářských informací ● Vychází měsíčně ● Redaktorka: Mgr. Radka Chlebečková ● Redakce: Slezská 7, 120 56 Praha 2, tel.: 02/24 25 51 06, fax: 02/24 25 39 38 ● Sazba: Studio DOMINO – Ing. Jakub Černý, Bří Nejedlých 245, 266 01 Beroun, tel.: 0311/22 959 ● Tisk: ÚZPI Praha ● © Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha 1998

Rozšiřuje Ústav zemědělských a potravinářských informací, referát odbytu, Slezská 7, 120 56 Praha 2