

Journal of
FOREST SCIENCE

Volume 45, No. 12, December 1999

PRAGUE 1999
ISSN 1212-4834

CZECH ACADEMY OF AGRICULTURAL SCIENCES
INSTITUTE OF AGRICULTURAL AND FOOD INFORMATION



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 Kobližek, CSc., Brno

Prof. Ing. Jan Koubá, 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

Prof. 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 45 vychází v roce 1999.

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 1999 je 816 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 45 appearing in 1999.

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 1999 is 195 USD (Europe), 214 USD (overseas).

POKUSNÉ POUŽITIE AGREGAČNÝCH A ANTIAGREGAČNÝCH FEROMÓNOV PROTI LYKOŽRÚTOVI SMREKOVÉMU (*IPS TYPOGRAPHUS*) V ROZPADÁVAJÚCICH SA SMREKOVÝCH PORASTOCH SO ZNÍŽENÝM ZAKMENENÍM

EXPERIMENTAL USE OF AGGREGATION AND ANTI-AGGREGATION
PHEROMONES AGAINST THE SPRUCE BARK BEETLE (*IPS*
TYPGRAPHUS) IN DECAYING SPRUCE STANDS WITH A LOWER
LEVEL OF CANOPY CLOSURE

R. Jakuš¹, A. Dudová²

¹Ústav ekológie lesa SAV, Štúrova 2, 960 53 Zvolen

²Technická univerzita, Lesnícka fakulta, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen

ABSTRACT: 20 dispensers of verbenone were used in a grid design in order to stop *Ips typographus* infestations in spruce stand with a decreased level of canopy closure. In the second stand, 20 pheromone traps were used in a design similar to the previous stand. A pheromone dispenser with weak release rate was used. The third stand was used as control. The applications of pheromones have shown negative results. The level of sanitary cutting has increased in stand with pheromone application. The level of sanitary cutting increased in the control stand too. The application of verbenone had positive results during the spring swarm of bark beetles. The level of bark beetle attack to trees was suppressed during the spring swarm. The effect of verbenone application was not shown during the summer swarm.

Ips typographus; verbenone; pheromone; forest decline; IPM

ABSTRAKT: 20 odparníkov verbenonu bolo rovnomerne rozmiestnených v smrekovom poraste so zníženým zakmenením, ktorý bol sústavne poškodzovaný lykožrútom smrekovým. V druhom poraste bolo rovnakým spôsobom rozmiestnených 20 feromónových lapačov. V lapačoch bol použitý feromónový odparník so zníženým výparom. Tretí porast slúžil ako kontrola. V poraste s aplikáciou feromónov poškodzovanie ďalej pokračovalo. Podobne bol zaznamenaný nárast poškodzovania porastu, ktorý bol ponechaný bez zásahu. Aplikáciou verbenonu sa podarilo znížiť poškodzovanie porastu počas jarého rojenia lykožrúta smrekového. Počas letného rojenia poškodzovanie pokračovalo ďalej.

Ips typographus; verbenon; feromóny; odumieranie lesov; integrovaná ochrana lesa

ÚVOD

Lesy v oblasti Spiša sú silno postihnuté hromadným odumieraním smreka (Konôpka et al., 1997). Jednou z najpostihnutejších oblastí sú lesy mesta Spišská Nová Ves, kde je odumieranie spojené so žltnutím smreka, aktivizáciou podpŕhovky [*Armillaria mellea* (Vahl ex Fr.)] (Heško, 1975) a podkôrnikovitých (*Col.*, *Scolytidae*), zvlášť lykožrúta smrekového *Ips typographus* L. (Jakuš, 1998a).

Do roku 1995 bolo vzniknuté kalamitné premnoženie lykožrúta smrekového charakterizované najmä poškodzovaním porastových stien a vznikom ohnísk žeru vo vnútri porastov. Časť poškodzovania prebiehala rozptýlene vo vnútri porastov. V roku 1995 boli pokusne aplikované odparníky s vysokým výparom antiatraktantu verbenonu na porastových stenách v najohrozenejších oblastiach. Pokus skončil neúspechom a porastové steny boli do hĺbky niekoľkých desiatok metrov napadnuté lykožrútom smrekovým. Neboli zistené podstatné

rozdili medzi ošetrovanými a neošetrovanými porastovými stenami.

Na rok 1996 bol pre LUC lesy mesta Spišská Nová Ves vypracovaný špeciálny projekt na ochranu a obranu lesa proti podkôrníkovitým (J a k u š, 1996). Na základe opatrení navrhnutých projektom došlo k zastaveniu posunu porastových stien. Opatrenia boli založené na efektívnej sanitárnej ťažbe a na použití bariér feromónových lapačov (J a k u š, 1998b,c). Efektívna sanitárna ťažba v podmienkach LUC lesy mesta Spišská Nová Ves je optimalizovaný systém ťažby a asanácie smrekov napadnutých podkôrníkovitými, ktorého cieľom je likvidácia populácie podkôrníkovitých pri minimálnom negatívnom ovplyvnení zostávajúceho porastu (stres z náhleho oslnenia). Naďalej však zostával problém s ochranou rozpadávajúcich sa porastov so zníženým zakmenením, kde dochádza k rozptýlenému poškodzovaniu podkôrníkovitými (J a k u š, 1997a). V LUC sú naďalej vykonávané intenzívne opatrenia proti podkôrníkovitým na základe špeciálnych projektov (J a k u š, 1997b, 1998d). Objem náhodnej ťažby zapríčinennej podkôrníkovitými sa postupne mierne znižuje, ale porasty so zníženým zakmenením a s rozptýleným poškodzovaním zostávajú naďalej problémom.

Porasty v skúmanej oblasti sú vystavené imisnej záťaži. Poškodením vetrom a sanitárnou ťažbou sa v mnohých prípadoch natoľko zníži zápoj (zakmenenie), že slnko má voľný prístup do porastu. Náhle osvetlenie je faktor preddisponujúci smrek pre poškodenie lykožrútom smrekovým (Sh o p f, K ö h l e r, 1995). Po znížení zakmenenia pod 0,7 sú porasty vo zvýšenej miere poškodzované vetrom (K o n ô p k a, 1975; V i c e n a et al., 1979). Podľa V o š k u et al. (1994) pri rozptýlenej sanitárnej ťažbe – podľa zásad klasickej ochrany lesa – dochádza k znížovaniu zápoja porastov, čo znižuje ich ekologickú stabilitu. Na úrovni súčasných poznatkov je záchrana týchto rozpadajúcich sa porastov so zníženým zakmenením problematická.

Jednou z možných ciest na záchranu alebo zmiernenie rýchlosti odumierania týchto porastov je použitie špeciálnych feromónov alebo antiatraktantov (repelentov). Najznámejším antiatraktantom pre lykožrúta smrekového je verbenon, ktorý bol jediný vo väčšom rozsahu testovaný a má repelentný účinok na niekoľko európskych podkôrníkovitých (B a k k e, 1981; B y e r s et al., 1989; S c h l y t e r et al., 1988, 1989). Biologický repelentný účinok verbenonu bol presvedčivo dokázaný na druhoch *Tomicus piniperda* L., *T. minor* Hart. a *Ips typographus*. Repelentný účinok ipsenolu a verbenonu bol dosiahnutý pri *Ips typographus* na surových kmeňoch (B a k k e, 1981; S c h l y t e r et al., 1988) ako i vo feromónových lapačoch (B a k k e, 1981; S c h l y t e r et al., 1989; B y e r s, L ö f q v i s t, 1989). S c h l y t e r et al. (1988) dosiahli plošnou aplikáciou verbenonu zníženie náletu lykožrúta smrekového na skladované smrekové kmene o 88 %. B a k k e (1988) uvádza, že pri použití disperzorov s verbenonom sa výrazne znížil nálet lykožrúta smrekového na uskladnené smrekové kmene. V i t é, B a a d e r (1988) aplikáciou dvoch po-

lyetylénových pásov s verbenonom v prsnej výške na stromoch znížili odchyt lykožrúta smrekového v kontrolných lapačoch o 84 %. Úspešné pokusy dosiahli aj P a y n e et al. (1992) pri zastavení rastu ohnisk *Dendroctonus frontalis* Zimmermann v Severnej Amerike.

Cieľom práce bolo overenie možnosti použitia antiatraktantov a atraktantov pri ochrane rozpadávajúcich sa porastov so zníženým zakmenením.

METODIKA

Na pokus boli vybrané porasty výrazne poškodené odumieraním smreka v oblasti, kde ešte nevznikli veľké ohniská žeru lykožrúta alebo porastové steny. Lykožrútom smrekovým a lykožrútom lesklým (*Pityogenes chalcographus* L.) boli obsadzované aj úrovňové stromy vo vnútri porastu. Podúrovňové a ustupujúce stromy v malej miere obsadzoval *Polygraphus poligraphus* L. a *Xylechinus pilosus* Rtzb.

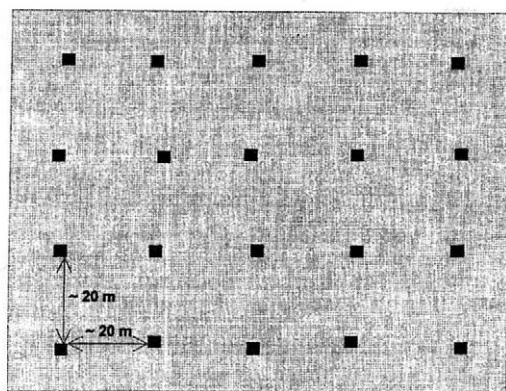
Súvislá oblasť s výrazne zníženým zakmenením a s rozptýleným poškodzovaním zasahovala do dvoch dielcov (číslo 642 a 643). Má približne tvar obdĺžnika. Dlhšia strana je rovnobežná s vrstevnicami. Rozmery obdĺžnika sú približne 200 x 150 m. Pre účely pokusu bola rozdelená na dve časti s hranicou prechádzajúcou kolmo na vrstevnice. Vedľa týchto porastov bol vybraný porast (č. 641), ktorý slúžil ako kontrolný. Do tohto porastu však poškodenie nezasahovalo a neboli v ňom vykonávané žiadne ochranné opatrenia. Charakteristika porastov je uvedená v tab. I. V každom zo sledovaných porastov bolo použitých tri až päť lapákov z poškodených alebo odumierajúcich stromov.

V poraste č. 643 bolo rovnomerne umiestnených 20 vývojových disperzorov IT-REP. IT-REP mal alofánový odpárnik (Fytofarm, s. r. o.) totožný s disperzorom IT ECOLURE (V a r k o n d a, 1997). Náplň bola 3 ml verbenonu. Úlohou bolo znížiť hustotu samcov iniciujúcich nálet na stojace stromy v poraste. Odpárnik bol umiestnený na tyči vo výške 2 m nad zemou v porastových medzerách minimálne 2 m od nenapadnutého zeleného stromu. Odpárniky boli rozmiestnené v približne štvorcovej sieti, vzdialenosť medzi odpárnikmi bola približne 20 m (obr. 1).

V poraste č. 642 bolo rovnomerne rozmiestnených 20 feromónových lapačov ECOTRAP (Fytofarm, s. r. o.) v porastových medzerách minimálne 2,5 m od nenapadnutého zeleného stromu. Rozmiestnenie lapačov bolo podobné ako v predchádzajúcom prípade. Na lapače boli nainštalované vývojové odpárniky IT-SPIŠ. IT-SPIŠ bol fóliový odpárnik s disperzorom totožným s vývojovým typom odpárnika IT-95 (Fytofarm, s. r. o.). Použitá feromónová zmes vychádzala zo štandardnej zmesi používanej v odpárnikoch IT ECOLURE (K o n e č n ý et al., 1988). Na rozdiel od štandardnej zmesi bol pomer 2-metyl-3-buten-2-olu a cis-verbenolu 50 : 1. Náplň predstavovala 3 ml zmesi. Odpárnik mal zníženú účinnosť a pomer komponentov vhodný na odchyt väčšieho podielu samcov. Bol predpoklad, že odpárnik bude od-

Dielec číslo ¹	Typ opatrenia ²	Vek (roky) ³	Zakmenenie ⁴	Expozícia ⁵	Sklon ⁶ (%)	Skupina lesných typov ⁷	Zastúpenie smrek ⁸ (%)	Stredná výška ⁹ (m)	Stredná hrúbka ¹⁰ (cm)	Zásoba smrek ¹¹ (m ³)	Výmera ¹² (ha)	Nadmorská výška ¹³ (m)
642	atraktanty ¹⁴	75	0,7	JV/SE	55	<i>Fagetum abietino-piceosum</i>	70	24	29	2 418	10,19	800–915
643	antiatraktanty ¹⁵	80	0,6	JV/SE	55	<i>Fagetum abietino-piceosum</i>	70	26	32	2 211	9,10	800–910
641	kontrola ¹⁶	70	0,8	JV/SE	60	<i>Fagetum abietino-piceosum</i>	90	22	27	4 730	14,60	820–910

¹ stand number, ² treatment, ³ age (years), ⁴ stand density, ⁵ exposition, ⁶ slope, ⁷ forest type group, ⁸ percentage of spruce, ⁹ average height, ¹⁰ average diameter, ¹¹ standing volume of spruce, ¹² area, ¹³ altitude, ¹⁴ attractants, ¹⁵ anti-attractants, ¹⁶ control



1. Schéma rozmiestnenia odparníkov antiatraktantu alebo feromónových lapačov (podľa variantu pokusu) v poraste – The layout of dispensers of anti-attractant or pheromone traps (according to the variant of experiment)

Legenda – Legend:

- dispenser antiatraktantu alebo feromónový lapač (podľa variantu pokusu) – dispenser of anti-attractant or pheromone trap (according to the variant of experiment)
- smrekový porast – spruce forest stand

chytať väčší podiel pionierskych lykožrútov v poraste, a tým dôjde k útlmu poškodzovania stromov lykožrútmí.

Prvé odparníky boli nainštalované pred začiatkom rojenia v 19. týždni (6. 5. 1997). Obnovené boli v 26. a 31. týždni.

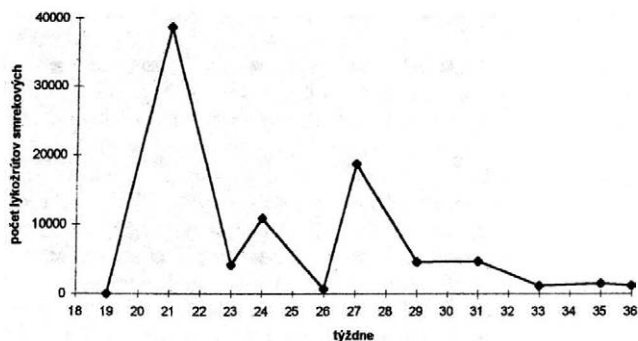
Po spilení napadnutých stromov, ktoré boli následne asanované odkôrním, presnejšie sa zisťoval druh nalietnutého hmyzu, miesta s najhustejším náletom a vzdialenosť od najbližšieho odparníka.

V kontrolnom poraste (č. 641) neboli vykonávané žiadne špeciálne opatrenia.

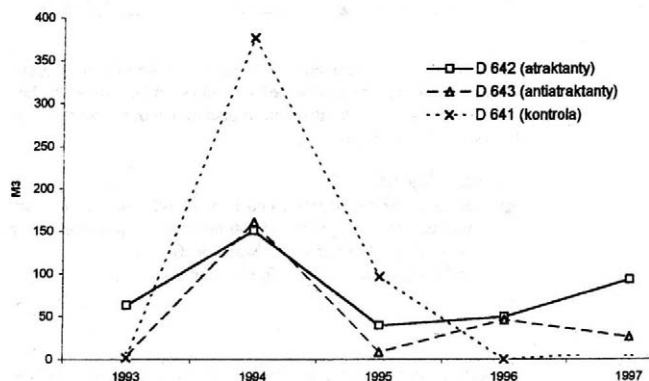
VÝSLEDKY

Vo feromónových lapačoch s odparníkom IT–SPIŠ bolo v poraste č. 642 odchytených za celé sledované obdobie 85 720 lykožrútov smrekových s priemerným odchytom 4 286 kusov na jeden lapač. Minimálny odchyt bol 1 730 ks, maximálny 7 250 ks. Priebeh odchytu do feromónových lapačov (obr. 2) dosiahol dva vrcholy prislúchajúce jarnému a letnému rojeniu. Priebeh odchytu v jednotlivých obdobiach zahŕňa základné a sesterské rojenia. Jarné rojenie vyvrcholilo v 21. týždni. Počet odchytených lykožrútov v tomto týždni bol 38 610 ks. Letné rojenie vyvrcholilo v 27. týždni. Porovnaním týchto dvoch vrcholov možno povedať, že počet odchytených lykožrútov počas letného rojenia bol o 52 % nižší ako počas jarného rojenia.

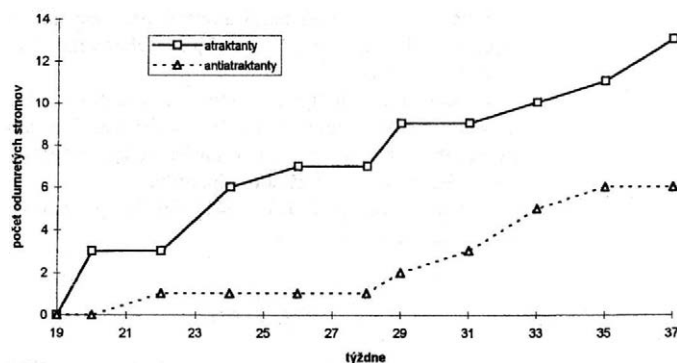
V poraste č. 643, v ktorom boli použité antiatraktanty, bolo v roku 1997 vyťažených 25,37 m³, čo je oproti



2. Priebeh odchyty lykožrúta smrekového do feromónových lapačov – Catch of spruce bark beetle *Ips typographus* in pheromone traps



3. Prehľad náhodnej ťažby v sledovaných porastoch za roky 1993–1997 – Sanitary cutting in studied stands in the years 1993–1997



4. Kumulatívny prírastok odumretých stromov (ks) – Cumulative increase of the number of dead trees in studied stands

predošlému roku menej o 20,63 m³. V roku 1996 bolo vyťažených 46 m³, z čoho 29 m³ predstavovalo hmyzo-
vú a 17 m³ vetrovú kalamitu.

Ťažba v poraste č. 642 – s rozmiestnenými atraktantami – bola 92,16 m³, čo je viac o 43,16 m³ oproti predošlému roku 1996, kedy bolo vyťažených 49 m³, z čoho predstavovalo 10 m³ hmyzovú a 39 m³ vetrovú kalamitu.

V kontrolnom poraste v roku 1997 ťažba predstavovala 8 m³. V roku 1996 bol porast bez zásahu (obr. 3.).

Výška ťažby ukazuje, že v poraste ošetrovanom antiatraktantami došlo k čiastočnému potlačeniu poškodzovania stromov lykožrútom. Oproti tomu v poraste s atraktantami sa poškodzovanie lykožrútom smreko-

vým nepodarilo zastaviť. Lykožrút napádal stojace stromy aj v kontrolnom poraste, kde predošlý rok nedošlo k nijakému poškodeniu. Na ploche ošetrenej atraktantami stromy odumierali v priebehu celého vegetačného obdobia (obr. 4). Na ploche ošetrenej antiatraktantami došlo počas jarného rojenia k určitému utlmeniu rýchlosti odumierania stromov, počas letného rojenia bola intenzita odumierania približne rovnaká ako na ploche ošetrenej atraktantami (obr. 4).

Na ploche s umiestnenými atraktantami sa odumreté stromy nachádzali v menšej vzdialenosti od odparníka ako odumreté stromy na ploche s antiatraktantami (tab. II). Výška maximálnej hustoty náletu bola pri stromoch na ploche s atraktantami nižšia ako pri stromoch

Plocha ¹	Počet stromov ²	Priemerná výška ³	Priemerná hrúbka ⁴ d1/2	Priemerná vzdialenosť od odparníka ⁵		Absolútna výška maximálnej hustoty náletu ⁶		Relatívna výška maximálnej hustoty náletu ⁷	
		(m)	(cm)	(m)	s_x	(m)	s_x	(%)	s_x
Atraktanty ⁸	9	19	23,0	5,6	4,1	8,5	3,8	39,0	16,0
Antiatraktanty ⁹	4	22	29,5	10,4	6,0	12,8	2,9	55,0	11,4

¹area, ²number of trees, ³average height, ⁴average diameter, ⁵average distance from dispenser, ⁶height of maximal density of colonization, ⁷relative height of maximal density of colonization, ⁸attractants, ⁹anti-attractants

na ploche s antiatraktantami. Na stromoch pri atraktantoch dosahoval nálet priemernú maximálnu hustotu v absolútnej výške 8,5 m a v relatívnej výške 39 % z kmeňa. Na stromoch pri antiatraktantoch dosahoval nálet priemernú maximálnu hustotu v absolútnej výške 12,8 m, v relatívnej výške 55 % z kmeňa (tab. II).

Na oboch plochách bolo 25 % stromov napadnutých hubou *A. mellea*. Na ploche s atraktantami bolo 50 % zo stromov napadnutých *I. typographus* súčasne poškodených aj *P. chalcographus*. Na ploche s antiatraktantami bolo zo stromov napadnutých *I. typographus* 25 % stromov napadnutých aj *P. chalcographus* a 25 % stromov bolo napadnutých *P. poligraphus*. Na ploche s atraktantami sa na jednom strome vyskytol aj *Hylurgops palliatus* Gyll.

DISKUSIA

Porastové a stanovištné podmienky v sledovaných porastoch boli podobné. Išlo o susediace porasty, takže vzhľadom k migračným schopnostiam lykožrúta smrekového (Giers, 1985) možno predpokladať, že išlo o tú istú populáciu lykožrúta. Na základe výsledkov pokusu o záchranu rozpadávajúcich sa porastov so zníženým zakmenením možno považovať použitie antiatraktantov za relatívne najúspešnejší variant. V poraste ošetrovanom antiatraktantami bol nálet lykožrúta na stojace stromy čiastočne potlačený, čo naznačuje redukcia náhodnej ťažby. V poraste s atraktantami sa však poškodenie rozširovalo ďalej – oproti predošlému roku tu stúpila ťažba až o 88 %. Lykožrút smrekový sa objavil aj v kontrolnom poraste, v ktorom neboli vykonávané žiadne ochranné opatrenia.

Payne et al. (1992) použitím repelentov zastavil rast ohnísk *Dendroctonus frontalis* v Severnej Amerike. Pri týchto pokusoch boli antiatraktanty (repelenty) umiestnené na čerstvo napadnutých stromoch a na 15 m v nárazovej zóne nenapadnutých stromov v smere postupu šírenia ohnísk. Dispenzory verbenonu boli umiestnené na stromoch vo výške 3 m. Pozostávali z 5 ml verbenonu, aplikovaných na špongiu uzatvorenú do polyetylenového vrečka, s výparom verbenonu 250 mg.deň⁻¹ počas 50 dní. Repelenty boli kombinované so sanitárnou ťažbou a s použitím atraktantov. Použitím repelentov došlo počas šiestich týždňov k zníženiu náletu na prvej ploche zo 7,3 novonapadnutých stromov na deň o 77 % na 1,67 novonapadnutých stromov na deň. Na

druhej ploche došlo k redukcii z 2,14 na 0,47 novonapadnutých stromov. Aj keď sa *D. frontalis* rozšíril za nárazovú zónu, pri redukcii náletu o 78 % bol pokus považovaný za úspešný. Na tretej ploche nedošlo k spomaleniu premoženia. Ošetrovanie plochy nebolo považované za úspešné. Účinok verbenonu v podmienkach študovaných porastov nebol taký výrazný ako pri aplikácii v Severnej Amerike. Tieto rozdiely je možné vysvetliť nielen rozdielnou citlivosťou jednotlivých druhov na verbenon, ale aj rozdielnou bionómiou a ekológiou. Ďalším rozdielom bola aj aplikácia na porastovej stene spolu s feromónovými lapačmi v Severnej Amerike a aplikácia jednotlivých dispenzorov vo vnútri porastov pri aplikácii v študovaných porastoch.

Podľa Niemeyera et al. (1995) dispenzory verbenonu nie sú dostatočne účinné na to, aby zabránili náletu lykožrúta smrekového na kmeň smreku vo vzdialenosti 6 m od feromónového lapača vybaveného odparníkom PHEROPRAX. Pri umiestnení odparníkov na kmeni dochádza k náletu aj v miestach, kde je umiestnený dispenzor. V prípade pokusu na študovanej ploche boli dispenzory umiestnené na tyčiach v porastových medzerách. Na spodnej časti kmeňov nebol zistený vôbec, alebo bol zistený len obmedzený nálet lykožrúta smrekového. V blízkosti odparníkov bol zistený len obmedzený počet stromov obsadených lykožrútom smrekovým. Podľa Niemeyera et al. (1995) možno predpokladať určitú atraktivitu verbenonu spolu s prchavinami uvoľňovanými z povrchu kmeňa smreka. Používanie dispenzorov na tyčiach mimo kmeňa smreka sa ukazuje ako výhodnejšie riešenie.

Ťlmenie procesu obsadzovania stromov lykožrútom smrekovým počas jarného rojenia a minimálny účinok verbenonu počas letného rojenia je možné vysvetliť rozdielmi v porastových mikroklimatických podmienkach počas náletu na stojace stromy v priebehu jarného a letného rojenia. S veľkou pravdepodobnosťou je možné predpokladať, že o mieste začiatku náletu na stromoch (báza, stred, koruna stromu) rozhoduje teplotné rozvrstvenie vzduchu v poraste a teplota jednotlivých častí stromov vo vzťahu k optimu lykožrúta smrekového (Martinek, nepublikované). Zu m r (1985) uvádza, že lykožrút smrekový obsadzuje na jar celý kmeň a v lete len časť kmeňa pod korunou. Podľa tohto autora nálet lykožrúta smrekového na kmeň začína tesne pod korunou. Podobne aj Merker (1956) uvádza, že nálet lykožrúta smrekového začína tesne pod korunou. Naproti tomu podľa

Schlytera et al. (1998) nálet lykožrúta smrekového počas jarného rojenia v podmienkach južných Čiech začínal vo výške 2 m nad zemou, a potom sa šírila smerom nahor, pokiaľ nebol obsadený celý kmeň.

V LUC lesy mesta Spišská Nová Ves lykožrút smrekový počas jarného rojenia obsadzoval celý kmeň. Vzhľadom k tomu, že sa na jar v porastoch častokrát nachádzajú čerstvé vývraty a zlomy, ktoré sú prirodzené zdroje primárnych atraktantov, nemožno vylúčiť ani možnosť, že aj v týchto podmienkach lykožrút smrekový začína nálet v dolnej časti kmeňa. Lykožrút smrekový najprv obsadzuje ležiace kmene. Časť populácie nalietla na blízko stojace stromy, a tak nálet začína od dolnej časti kmeňa. Merker (1956) uvádza, že lykožrút smrekový najprv obsadzuje ležiace kmene a s oneskorením tri až šesť týždňov začína nálet na stojace stromy. Jedným z dôležitých faktorov, ktorý ovplyvňuje dobu náletu, je aj teplota kmeňa. Ležiace kmene majú skôr optimálnu teplotu ako stojace stromy (Merker, 1956). Forsee, Solbreck (1985) zistili v podmienkach jarného rojenia vo Švédsku, že väčšina populácie lykožrúta smrekového letí počas disperzie nízko nad zemou vo výške do 2 m. Na základe toho možno predpokladať, že migrujúci lykožrúti sa počas letného rojenia pohybujú v takej výške, že dispenzory verbenonu mohli ovplyvniť ich nálet na stojace stromy.

Počas letného rojenia bola na študovanom území pozorovaná tendencia obsadzovať strednú časť kmeňa. Na základe uvedených poznatkov možno predpokladať, že počas letného rojenia sa migrujúce lykožrúty pohybujú v takej výške, že použité dispenzory verbenonu neovplyvnili ich nálet na stojace stromy. Správnosť tejto teórie naznačuje aj fakt, že priemerná maximálna hustota náletu lykožrúta sa nachádzala vyššie na stromoch z plochy, kde boli použité antiatraktanty, ako na stromoch z plochy, kde boli použité atraktanty.

Ďalšie možné praktické použitie antiatraktantov v porastoch so zníženým zakmenením vyžaduje použitie silnejšie antiatraktanty, ktorých účinok sa bude prejavovať vo väčšej výške nad zemou.

Výrazné zvýšenie účinnosti repelentov pre lykožrúta smrekového je možné dosiahnuť kombináciou verbenonu a prchavých látok, ktoré obsahujú zelené listy (GLV) (Schlytera et al., 1995). Kombináciou zmesi GLV verbenonu bola skoro úplne potlačená príťažlivosť syntetických feromónov pre *Ips typographus* v pokusných feromónových lapačoch.

V prípade úspechu pri vývoji antiatraktantov je nutné uvažovať o ich použití spolu s bariérami feromónových lapačov na porastových okrajoch. V opačnom prípade by hrozilo nebezpečenstvo náletu lykožrútov na iné lokality. Optimálny systém by mal odpuďiť lykožrúty z vnútra porastov a mal by ich usmerniť na porastové okraje do bariér feromónových lapačov.

ZÁVER

Použitie feromónov so zníženým výparom neprinieslo pozitívne výsledky v rozpadajúcich sa porastoch so

zníženým zakmenením, keďže došlo k zvýšeniu náhodnej ťažby. Ich použitie pri ochrane týchto porastov sa zatiaľ ukázalo ako neefektívne. Aplikáciou verbenonu sa podarilo do určitej miery stlmiť proces obsadzovania stojacich stromov lykožrútom smrekovým počas jarného rojenia. Počas letného rojenia sa účinok verbenonu neprejavil. Náhodná ťažba na ploche s antiatraktantami sa mierne znížila. V budúcnosti bude potrebné použiť antiatraktanty s väčšou účinnosťou.

Podakovanie

Autori ďakujú Ing. Jánovi Štefánikovi a Ing. Františkovi Labudovi za umožnenie pokusu v mestských lesoch mesta Spišská Nová Ves, Ivanovi Černickému za pomoc pri pokuse a RNDr. Štefanovi Varkondovi, CSc., a Ing. Liane Ujheliovej, CSc. (Fytofarm, s. r. o.), za spoluprácu.

Literatúra

- BAKKE, A., 1981. Inhibition of response in *Ips typographus* to the aggregation pheromone; field evaluation of verbenone and ipsenol. Z. angew. Ent., 92: 172–177.
- BAKKE, A., 1988. Potential use of semiochemicals for integrated control of bark beetles in Europe. In: Integrated Control of Scolytid Bark Beetles (Proc. of the IUFRO Working Party and XVII Congress of Entomology Symposium, Vancouver, B.C., Canada, July 4, 1988, PAYNE, T. L. – SAARENMAA, H., eds.), College of Agriculture and Life Sciences, Virginia Polytechnic Institute and State University: 257–261.
- BYERS, J. A. – LÖFQVIST, J., 1989. Flight initiation and survival in the bark beetle *Ips typographus* (Coleoptera: Scolytidae) during spring dispersal. Holarctic ecology, 12: 432–440.
- BYERS, J. A. et al., 1989. Host tree unsuitability recognized by pine shoot beetles in flight. Experientia, 45: 489–492.
- FORSEE, E. – SOLBRECK, CH., 1985. Migration in the bark beetle *Ips typographus* L.: duration, timing and height of flight. Z. angew. Ent., 100: 47–57.
- GIERS, G., 1985. Zur Frage der Dispersie des Buchdruckers (*Ips typographus* L.). Z. angew. Ent., 99: 12–20.
- HEŠKO, J., 1975. Hubové choroby na jedli a smrekovi z hľadiska účinnej ochrany proti nim. [Záverčná správa.] Zvolen, VÚLH: 167.
- JAKUŠ, R., 1996. Projekt ochranných a obranných opatrení proti podkôrníkovitým na rok 1996 na LUC organizácie Lesy mesta Spišská Nová Ves, s. r. o. Freising: 75.
- JAKUŠ, R., 1997a. Prvé výsledky intenzívneho zásahu proti podkôrníkovitým v imisne poškodených lesoch mesta Spišská Nová Ves. Les, 53: 17–19.
- JAKUŠ, R., 1997b. Projekt ochranných a obranných opatrení proti podkôrníkovitým na rok 1997 na LUC organizácie Lesy mesta Spišská Nová Ves, s. r. o. Zvolen: 107.
- JAKUŠ, R., 1998a. Types of bark beetle damage (Coleoptera: Scolytidae) infestation in spruce forest stands affected

- by air pollution, bark beetle outbreak and honey fungus (*Armillaria mellea*). Anz. Schäd.-Kde, Pfl.- Umweltschutz, 71: 41-49.
- JAKUŠ, R., 1998b. A method for the protection of spruce stands against *Ips typographus* by the use of barriers of pheromone traps in north-eastern Slovakia. Anz. Schäd.-Kde, Pfl.- Umweltschutz, 71: 152-158.
- JAKUŠ, R., 1998c. Použitie bariér feromónových lapačov proti podkôrnému hmyzu na smreku. Les, 54: 15-17.
- JAKUŠ, R., 1998d. Projekt ochranných opatrení proti odumieraniu lesa za účasti podkôrníkovitých na rok 1998 pre LUC organizácie Lesy mesta Spišská Nová Ves, s. r. o. Zvolen: 63.
- KONEČNÝ, K. - KRIŠTÍN, A. - ROMAŇUK, M. - VAR-KONDA, Š. - VRKOČ, J., 1988. Popis vynálezu k autor-skému osvedčeniu 224985.54 Prostriedok na vábenie ly-kožrúta smrekového. Praha, Úrad pro vynálezy a objavy.
- KONÓPKA, J., 1975. Posúdenie odolnosti lesných porastov proti vetru pomocou základných taxačných veličín a sku-pín lesných typov. Lesn. Štúd., 23: 112.
- KONÓPKA, B. - PAULENKA, J. - KONÓPKA, J., 1997. Poškodenie ihličnatých porastov na Spiši. Lesnictví, 43: 381-388.
- MERKER, E., 1956. Der Widerstand von Fichten gegen Borkenkäferfraß. Allg. Forst- Jagdztg, 127: 129-145, 168-186.
- NIEMEYER, H. - LENARDUZZI, M. - WATZEK, G., 1995. Zur Wirkung von Verbenon auf den Buchdrucker, *Ips typographus* L. Anz. Schäd.-Kde, Pfl.- Umweltschutz, 68: 182-186.
- PAYNE, T. L. et al., 1992. Disruption of *Dendroctonus fron-talis* (Col., Scolytidae) infestations with an inhibitor phe-romone. J. Appl. Entomol., 114: 341-347.
- SHOPF, R. - KÖHLER, U., 1995. Untersuchungen zur Po-pulationsdynamik der Fichtenborkenkäfer im Nationalpark Bayerischer Wald. In: BIBELRIETHER, H. et al., 25 Jahre auf dem Weg zum Naturwald. Passau, Passavia Druckerei GmbH: 88-111.
- SCHLYTER, F. et al., 1988. Reduction of attack density of the bark beetles *Ips typographus* and *Tomicus piniperda* on host bark by verbenone inhibition of attraction to phe-romone and host kairomone. In: PAYNE, T. L. - SAA-RENMAA, H. (eds.), Integrated Control of Scolitid Bark Beetles. Blacksburg, Virginia Tech Press: 53-68.
- SCHLYTER, F. et al., 1989. Inhibition of attraction to aggre-gation pheromone by verbenone and ipsenole. J. chem. Ecol., 8: 2263-2277.
- SCHLYTER, F. - LÖFQVIST, J. - JAKUŠ, R., 1995. Green leaf volatiles and verbenone modify attraction of european *Tomicus*, *Hylurgops* and *Ips* bark beetles. In: PAYNE, T. L. - HAIN, F. P. (eds.), Behaviour Population Dyna-mics, and Control of Forest Insects. Blacksburg, Virginia Tech Press: 29-44.
- SCHLYTER, F. - ANDERBRANT, O. - LÖFQVIST, J. - KOUTEK, K. - VRKOČ, J., 1998. Conquest of a tree: Spatial and temporal patterns of spruce bark beetle, *Ips typographus*, host colonization. [Rukopis.]
- VARKONDA, Š., 1997. Úžitný vzor 5720. 54. Dispenzor pro aplikaci feromonů. Praha, Úřad průmyslového vlastnictví.
- VICENA, I. - PAŘEZ, J. - KONÓPKA, J., 1979. Ochrana lesa proti polomům. Praha, SZN: 244.
- VITĚ, J. P. - BAADER, E., 1988. Present and future use of semiochemicals in pest management of bark beetles. J. chem. Ecol., 16: 3031-3041.
- VOŠKO, M. et al., 1994. Kvantifikácia strát imisiami po-škodzovaných lesov mesta Spišská Nová Ves a návrh obranných opatrení. (II. ekologická syntéza.) Zvolen, Ústav ekológie lesa SAV, TU, LF Zvolen: 183.
- ZUMR, V., 1985. Biologie a ekologie lýkožrouta smrkového (*Ips typographus*) a ochrana proti němu. Studie ČSAV, 17. Praha, Academia: 124.

Došlo 18. 1. 1999

EXPERIMENTAL USE OF AGGREGATION AND ANTI-AGGREGATION PHEROMONES AGAINST THE SPRUCE BARK BEETLE (*IPS TYPOGRAPHUS*) IN DECAYING SPRUCE STANDS WITH A LOWER LEVEL OF CANOPY CLOSURE

R. Jakuš¹, A. Dudová²

¹Institute of Forest Ecology, Slovak Academy of Sciences, Štúrova 2, 960 53 Zvolen

²Technical University, Faculty of Forestry, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen

The urban forests of the town of Spišská Nová Ves are damaged by air pollution. Forest decline is connected with the honey fungus [*Armillaria mellea* (Vahl ex Fr.)] - spruce virosis infestations and subsequent bark beetle (*Col.*, *Scolytidae*) outbreak. The most important bark beetle species is the spruce bark beetle *Ips typographus* L.

Bark beetles mostly attacked forest edges and bark beetle spots by the year 1995. The disperse infestations were minor. In 1995 we tested the application of dis-

persers of anti-attractant pheromone "verbenone" at different release rates in an effort to stop the spread of bark beetle infestations at forest edges. Our treatments were not effective. Forest edges were heavily damaged by bark beetles. There were no significant differences between treated and untreated plots.

In 1996, a special project of protection measures was prepared. Effective salvage cutting and barriers of phero-mone traps were the basis of forest protection technol-ogy in 1996, 1997 and 1998. The described method led

to a significant reduction of bark beetle attacks to trees along forest edges and subsequently to the stopping of the movement of the zone of attacked trees due to bark beetle damage. In the case of forest stands with no reduced canopy closure, the reduction of attacks led to a dramatic decline of bark beetle outbreak. On the other hand, this method was unable to reduce the level of bark beetle attack in the interior of forest stands with a decreased level of canopy closure.

Sanitary cutting and wind felling decreased stand density of many stands in the studied area. Subsequent changes in the level of canopy closure stressed remaining trees by an abrupt increase in the level of solar radiation. This kind of stress predisposes spruce to the attack of *Ips typographus*.

The aim of this work was to test the possible use of semiochemicals for the protection of these kinds of stands. Experimental spruce stands were in an area without large bark beetle spots or fresh forest edges. Dominant and co-dominant trees were attacked by *Ips typographus* and partially by *Pityogenes chalcographus*. Suppressed trees were attacked by *Polygraphus poligraphus* and *Xylechinus pilosus*. The infested area was situated in two forest stands. The size of the area was about 3 ha. A neighboring stand was used as control. In the first

stand, 20 dispensers of verbenone were used in a grid design. The distance between dispensers was 20 m. The dispensers were installed in holes at 2 m above the ground in patches in the forest. The dispenser was the same as the dispenser for commercial pheromone IT ECOLURE. The dispenser was filled with 3 ml of verbenone. In the second stand, 20 pheromone traps were used in a similar design like in the previous stand. The pheromone dispensers used were foil based. The dispenser was equal to the dispenser IT-95 (Fytofarm). The release rate of this dispenser was approximately 1/2 of the commercial dispenser IT ECOLURE. The pheromone bait was similar to the mixture used in commercial pheromone IT ECOLURE. The difference was the ratio between 2-methyl-3-butene-2-ol and cis-verbenol. It was 50 : 1.

The applications of pheromones have shown negative results. The level of sanitary cutting has increased in the stand with pheromone application. The level of sanitary cutting increased in the control stand too. The application of verbenone had positive results during the spring swarm of bark beetles. The levels of bark beetle attack to trees were suppressed during the spring swarm. The effect of verbenone application was not shown during the summer swarm.

Kontaktná adresa:

Ing. Rastislav Jakuš, Ph.D., Ústav ekológie lesa SAV, Štúrova 2, 960 53 Zvolen, Slovenská republika

PRODUKCIA NADZEMNEJ DENDROMASY A FYTOTECHNIKA ROVNORODÝCH PORASTOV GAŠTANA JEDLÉHO (*CASTANEA SATIVA* MILL.) NA SLOVENSKU

ABOVEGROUND DENDROMASS PRODUCTION AND SILVICULTURAL PRACTICES IN EVEN-AGED STANDS OF SPANISH CHESTNUT (*CASTANEA SATIVA* MILL.) IN SLOVAKIA

F. Tokár

Ústav ekológie lesa SAV, Zvolen, Pobočka biológie drevín, Akademická 2, 949 01 Nitra

ABSTRACT: Impacts of silvicultural practices (thinnings) are evaluated with respect to volume and weight production of aboveground dendromass in even-aged stands of Spanish chestnut (*Castanea sativa* Mill.) on a series of permanent research plots at Žirany (the stands are at a small-pole stage, their age is 16 to 41 years).

silvicultural practices; aboveground dendromass production; even-aged stands; *Castanea sativa* Mill.

ABSTRAKT: Práca zhodnocuje vplyv fytotechniky (prebierok) na vývoj objemovej a hmotnostnej produkcie nadzemnej dendromasy vo veku 16 až 41 rokov v rastovej fáze žrdoviny rovnorodých porastov gaššana jedlého (*Castanea sativa* Mill.) na sérii TVP Žirany (Lesný závod Topoľčianky, Lesná správa Zobor).

fyto technika; produkcia nadzemnej dendromasy; rovnorodé porasty; *Castanea sativa* Mill.

ÚVOD

Výchova porastov cudzokrajných drevín s ohľadom na rôzne spôsoby ich založenia ako aj zmiešania drevín a ich rôzny vývoj je na Slovensku aj dnes aktuálna. V posledných rokoch sa tieto otázky začali cieľavedome riešiť aj u gaššana jedlého (Tokár, 1973, 1982, 1984, 1985a,b, 1987, 1990, 1991, 1992a,b, 1993, 1994). V príspevku zhodnocujeme vplyv fytotechniky (prebierok) na vývoj produkcie nadzemnej dendromasy (objem, hmotnosť v sušine) v rastovej fáze žrdoviny v rovnorodých porastoch gaššana jedlého (*Castanea sativa* Mill.) za roky 1971–1996.

MATERIÁL A METODIKA

Vplyv prebierky na statické a dynamické zmeny kvantitatívnych a kvalitatívnych znakov rovnorodých porastov gaššana jedlého sme sledovali na sérii siedmich čiastkových plôch založených na trvalej výskumnej ploche (TVP) Žirany (Lesný závod Topoľčianky, Lesná správa Zobor). TVP sme založili v r. 1971 v 16-ročnom rov-

norodom poraste gaššana jedlého. Stanovištne TVP patrí do živného radu, dubového lesného vegetačného stupňa a skupiny lesných typov *Carpineto-Quercetum*. Porast bol založený radovou výsadbou jednoročných sadencov gaššana jedlého proveniencie Jelenec v trojuholníkovom spone pri rozstupe radov 1 m a vzdialenosti sadencov v rade tiež 1 m. Do r. 1971 sa v poraste nerobili žiadne úmyselné výchovné zásahy. Vek jedincov v poraste bol rovnaký a zloženie porastu homogénne. Roku 1971 sme v ňom založili sedem čiastkových trvalých plôch (TVP) za účelom zhodnotenia štruktúry, vývoja a kvality rovnorodých porastov s úmyslom sledovať vplyv úrovňovej prebierky rôznej sily a pri rôznom časovom intervale na zmenu kvantitatívnych a kvalitatívnych znakov porastu (tab. I).

Všetky stromy na TVP sú očíslované. Po skončení vegetačného obdobia v r. 1971, 1976, 1981, 1986, 1991 a 1996 sa na TVP urobila kvantitatívna a kvalitatívna inventarizácia lesného stromovia. Vyhodnocovali sa hrúbka $d_{1,3}$, výška stromov, stromová trieda, kvalita kmeňa, kvalita koruny (veľkosť, hustota konárov, typ), zdravotný stav a stanovila sa aj sušina (pri 105 °C) nadzemnej dendromasy deštruktívnym spôsobom (vzorníková metó-

I. Prebierkový program na sérii TVP Žirany (nezmiešané porasty *Castanea sativa* Mill.) – Thinning program on a series of PRP at Žirany (unmixed stands of *Castanea sativa* Mill.)

Čiastková TVP ¹	Prebierková metóda ²	Spôsob zásahu ³	Sila prebierky ⁴	Interval prebierky (roky) ⁵	1971	1976	1981	1986	1991	1996
					vek porastu ⁶					
					16 r.	21 r.	26 r.	31 r.	36 r.	41 r.
I	úrovňová ⁷	pozitívny výber ⁸	silná	5	prvý zásah	druhý zásah	tretí zásah	štvrtý zásah	piaty zásah	šiesty zásah
II			mierna	5	prvý zásah	druhý zásah	tretí zásah	štvrtý zásah	piaty zásah	šiesty zásah
III			silná	10	bez zásahu	prvý zásah	bez zásahu	druhý zásah	bez zásahu	tretí zásah
IV			mierna	10	prvý zásah	bez zásahu	druhý zásah	bez zásahu	tretí zásah	bez zásahu
V			silná	10	prvý zásah	bez zásahu	druhý zásah	bez zásahu	tretí zásah	bez zásahu
VI	kontrolná plocha ⁹									
VII	úrovňová ⁷	pozitívny výber ⁸	silná	10	bez zásahu	prvý zásah	bez zásahu	druhý zásah	bez zásahu	tretí zásah

¹partial PRP, ²method of thinning, ³type of selection, ⁴thinning intensity, ⁵thinning interval (years), ⁶stand age, ⁷crown, ⁸positive selection, ⁹control plot

da). Pri objeme a nadzemnej dendromase sa stanovila porastová zásoba a celková produkcia (zásoba + prebierky + mortalita + iný úbytok).

Celkový rozsah vzorkov v každom poraste sme určili podľa stratifikovaného výberu podľa $\bar{S}m\bar{e}lku$, $Wolfa$ (1977) a ich počet stanovili v r. 1971 až 1981 na 30 ks, v r. 1986, 1991 a 1996 na 15 ks, ktoré sme rozdelili po hrúbkových stupňoch podľa ich percentálneho zastúpenia v hrúbkovej štruktúre porastu ($Tokár$, 1987).

Na vzorku sme merali hrúbku $d_{1,3}$, výšku stromu, dĺžku a šírku koruny. Na každom vzorku sme zistili hmotnosť kmeňa, konárov, letorastov a listov na váhe značky KAMOR s nosnosťou do 50 kg a s presnosťou na 0,01 kg. Pre každú drevinu sme zo štyroch jedincov (stredné kmeňe) reprezentujúcich stromové triedy zobrali z každej tretiny kmeňa, konárov, konárkov, letorastov a listov reprezentatívne vzorky, ktoré sme laboratórne vysušili pri teplote 105 °C do konštantnej hmotnosti a tak stanovili percentuálny podiel sušiny.

Na stanovenie fotosynteticky aktívneho povrchu listov sme fotoplanimetrom EIKELKAMP pre každý typ porastu zistili v mesiacoch júl až august plochu listov na troch reprezentatívnych vzorkách (3×100 listov) a vypočítali prevodový koeficient (hmotnosť listov v čistom stave v kg: plocha listov v m² v čistom stave), ktorý sme použili na prepočty v všetkých vzorkov.

Z prepočítaných hodnôt sušiny jednotlivých komponentov nadzemnej dendromasy (kmeň, konáre, letorasty, celková nadzemná dendromasa) a plochy listov v čistom stave sme v každom vzorníka zistili korelačné vzťahy k hrúbke $d_{1,3}$, výške stromu, dĺžke a šírke koruny. Výpočty sme robili na počítači TESLA 200 a PC. Ako najvhodnejšia funkcia pre závislosť sušiny komponentov dendromasy a plochy listov v čistom stave od hrúbky $d_{1,3}$, výšky stromu, dĺžky a šírky koruny sa ukázala funkcia paraboly 2. stupňa. Najnesnejšie korelačné vzťahy sme zistili pri hrúbke $d_{1,3}$.

V súlade so stanoveným dlhodobým prebierkovým programom sa na TVP od r. 1971 vykonáva úrovňová prebierka s pozitívnym výberom (akosťová prebierka v zmysle Schedelina), zameraná na výchovu nádejných stromov, ktoré sa majú stať nositeľmi vysokej objemovej a hmotnostnej, predovšetkým však akosťovej produkcie porastu.

Sila prebierky sa počítala z počtu stromov (N), kruhovej základne (G), objemu hrubiny (V) a nadzemnej dendromasy (M). Interval prebierky je stanovený na 5 a 10 rokov, v kombinácii s rôznou silou zásahu. Všetky TVP sa vyhodnocujú každých päť rokov.

Vplyv prebierky na vývoj kvantitatívnych znakov porastu a nádejných stromov (G , V , M) sa vyjadruje indexom rastu, priemerným periodickým prírastkom, prírastkovým percentom a indexom prírastkového percenta, pri celkovej produkcii aj celkovým priemerným prírastkom, a to v rámci celej série čiastkových trvalých plôch (porovnanie s kontrolnou plochou).

V závislosti od veku porastov boli hodnoty nadzemej dendromasy (zásoba a celková produkcia) vyrovnávané funkciou $y = a \cdot x^b$.

VÝSLEDKY

POČET STROMOV, KRHOVÁ ZÁKLADŇA, PORASTOVÁ ZÁSoba A HMOTNOST NADZEMNEJ DENDROMASY

V roku 1996 (tab. II) sa najvyšší počet stromov (2 233 ks.ha⁻¹) zistil na kontrolnej ploche (TVP VI). Najviac stromov zo stavu v r. 1971 (38,13 %) zostalo na TVP V (silná prebierka, interval opakovania 10 rokov) a najmenej (20,23 %) na TVP I (silná prebierka, interval opakovania 5 rokov).

V roku 1996 sa dosiahla kruhová základňa 42,72 m².ha⁻¹ (TVP I) až 64,84 m².ha⁻¹ (TVP V). Najvyšší index rastu kruhovej základne (311 %) bol zistený na TVP II. Najvyšší priemerný periodický prírastok na kruhovej základni (1,68 m².ha⁻¹.rok⁻¹) bol zistený

na TVP V (silná úrovňová prebierka s intervalom opakovania 10 rokov). Najvyššie prírastkové percento (7,90 %) bolo zistené na TVP IV (mierna úrovňová prebierka, interval opakovania 10 rokov), čo je oproti kontrolnej TVP rozdiel +34,12 %.

Najvyššia porastová zásoba (658,10 m³.ha⁻¹) pri veku 41 rokov sa dosiahla na TVP V, kde sa dosiahol aj najvyšší priemerný periodický objemový prírastok (21,99 m³.ha⁻¹.rok⁻¹). Najvyšší index rastu (943 %) bol zistený na TVP III (silná úrovňová prebierka, interval opakovania 10 rokov). Najvyššie prírastkové percento (26,30 %) sa dosiahol na TVP II (mierna prebierka s intervalom opakovania 5 rokov), čo je oproti kontrole rozdiel +33,16 %.

Pri veku 41 rokov sa najvyššia zásoba nadzemnej dendromasy (tab. II, 358,71 t.ha⁻¹) dosiahla na TVP V (silná prebierka, interval opakovania 10 rokov), kde sa dosia-

II. Vývoj kruhovej základne (G), porastovej zásoby (V) a hmotnosti nadzemnej dendromasy (M) u nezmiešaných porastov gaššana jedlého (*Castanea sativa* Mill.) na sérii TVP Žirany za roky 1971–1996 – Basal area (G), standing volume (V) and aboveground dendromass weight (M) in unmixed stands of Spanish chestnut (*Castanea sativa* Mill.) on a series of PRP at Žirany over 1971–1996

TVP ¹	Taxačné veľičiny ²	Zásoba ³		Index rastu ⁴ (%)	Priemerný periodický prírastok ⁵		Index % (p) k TVP VI ⁶
		1971 po zásahu ⁷	1996 pred zásahom ⁸		abs.	% (p)	
I	N (ks.ha ⁻¹)	6 000	1 214	–	–	–	–
	G (m ² .ha ⁻¹)	19,45	42,75	219,64	0,93	4,78	81,15
	V (m ³ .ha ⁻¹)	77,12	424,43	550,35	10,03	13,00	65,82
	M (t.ha ⁻¹)	47,11	239,94	509,32	7,71	16,36	89,54
II	N (ks.ha ⁻¹)	7 185	1 723	–	–	–	–
	G (m ² .ha ⁻¹)	14,57	45,32	311,05	1,23	6,86	116,47
	V (m ³ .ha ⁻¹)	57,14	432,94	703,38	15,03	26,30	133,16
	M (t.ha ⁻¹)	33,63	236,55	704,12	8,11	24,11	131,96
III	N (ks.ha ⁻¹)	9 937	2 019	–	–	–	–
	G (m ² .ha ⁻¹)	23,47	62,90	268,00	1,57	6,69	113,58
	V (m ³ .ha ⁻¹)	96,88	617,98	943,05	20,84	21,51	108,91
	M (t.ha ⁻¹)	52,15	342,57	656,89	11,62	22,28	121,95
IV	N (ks.ha ⁻¹)	5 624	1 695	–	–	–	–
	G (m ² .ha ⁻¹)	16,83	50,15	297,97	1,33	7,90	134,12
	V (m ³ .ha ⁻¹)	64,09	484,99	757,20	16,84	26,27	133,01
	M (t.ha ⁻¹)	40,79	272,05	666,95	9,25	22,68	124,14
V	N (ks.ha ⁻¹)	5 255	2 004	–	–	–	–
	G (m ² .ha ⁻¹)	22,86	64,84	283,64	1,68	7,34	124,62
	V (m ³ .ha ⁻¹)	108,42	658,10	606,99	21,99	20,28	102,68
	M (t.ha ⁻¹)	57,71	358,71	621,57	12,04	20,86	114,18
VI (kontrola ⁹)	N (ks.ha ⁻¹)	8 355	2 233	–	–	–	–
	G (m ² .ha ⁻¹)	22,59	56,07	248,21	1,33	5,89	100,00
	V (m ³ .ha ⁻¹)	92,90	551,78	593,95	18,35	19,75	100,00
	M (t.ha ⁻¹)	54,89	305,59	556,73	10,03	18,27	100,00
VII	N (ks.ha ⁻¹)	6 342	1 512	–	–	–	–
	G (m ² .ha ⁻¹)	21,49	49,20	228,94	1,11	5,16	87,61
	V (m ³ .ha ⁻¹)	83,54	495,82	593,50	16,49	19,74	100,00
	M (t.ha ⁻¹)	52,97	269,86	509,46	8,67	16,37	89,60

¹PRP, ²mensural variables, ³standing volume, ⁴growth index, ⁵average periodic increment, ⁶percentage index (p) in relation to PRP VI, ⁷after thinning, ⁸before thinning, ⁹control

hol aj najvyšší priemerný periodický prírastok ($12,04 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$). Najvyššie prírastkové percento ($24,11 \%$) sa dosiahlo na TVP II, čo je oproti kontrolnej TVP rozdiel $+31,96 \%$.

CELKOVÁ KRUHOVÁ ZÁKLADŇA, CELKOVÁ OBJEMOVÁ PRODUKCIA A CELKOVÁ PRODUKCIA NADZEMNEJ DENDROMASY

Pri veku 41 rokov dosahujú vychovávané porasty gaššana jedlého celkovú kruhovú základňu (tab. III) $78,79 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ (TVP VII) až $96,31 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ (TVP V), kde sa dosiahol aj najvyšší celkový priemerný prírastok ($2,35 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$), čo je oproti kontrolnej TVP rozdiel $+16,34 \%$.

Najvyššia celková objemová produkcia ($920,25 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) sa pri veku 41 rokov dosiahla na TVP V, kde sa dosiahol aj najvyšší celkový priemerný objemový prírastok ($22,44 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$), čo je oproti kontrolnej TVP rozdiel $+23,91 \%$.

Na TVP V sa dosiahla aj najvyššia celková produkcia nadzemnej dendromasy ($526,26 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) s najvyšším celkovým priemerným prírastkom ($12,83 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$), čo je oproti kontrolnej TVP rozdiel $+14,65 \%$. Vyšší

celkový priemerný prírastok ($12,73 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$) sa dosiahol aj na TVP III, čo je oproti kontrolnej TVP rozdiel $+13,76 \%$. Ostatné TVP v celkovom priemernom prírastku nadzemnej dendromasy zaostali za kontrolnou TVP VI o $-6,08 \%$ (TVP VII) až $-9,65 \%$ (TVP I.).

Vývoj zásoby a celkovej produkcie nadzemnej dendromasy v závislosti od veku pri rozdielnej sile zásahu dokumentujú obr. 1 až 4.

INDEX LISTOVEJ PLOCHY

Pri založení pokusu v r. 1971 pri veku porastov gaššana jedlého 16 rokov sa najvyšší index listovej plochy (tab. IV) zistil na TVP V ($2,60 \text{ ha} \cdot \text{ha}^{-1}$), najnižší na TVP I ($2,06 \text{ ha} \cdot \text{ha}^{-1}$).

Aj v r. 1976 pri veku porastov gaššana jedlého 21 rokov sa najvyšší index listovej plochy zistil na TVP V – silná úrovňová prebierka ($3,12 \text{ ha} \cdot \text{ha}^{-1}$), najnižší na TVP II – mierna úrovňová prebierka ($2,34 \text{ ha} \cdot \text{ha}^{-1}$).

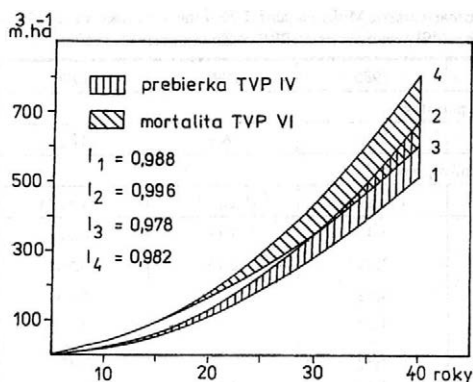
V r. 1981 pri veku porastov gaššana jedlého 26 rokov sa najvyšší index listovej plochy zistil na TVP III – silná úrovňová prebierka ($3,89 \text{ ha} \cdot \text{ha}^{-1}$), najnižší na TVP II – mierna úrovňová prebierka ($3,02 \text{ ha} \cdot \text{ha}^{-1}$).

V r. 1986 pri veku porastov gaššana jedlého 31 rokov sa najvyšší index listovej plochy zistil na TVP III –

III. Vývoj celkovej kruhovej základne (G), celkovej objemovej produkcie (V) a celkovej produkcie nadzemnej dendromasy (M) u vychovávaných nezmiešaných porastov gaššana jedlého (*Castanea sativa* Mill.) na sérii TVP Žirany za roky 1971–1996 – Total basal area (G), total volume production (V) and total production of aboveground dendromass (M) in unmixed stands of Spanish chestnut (*Castanea sativa* Mill.) with silvicultural practices on a series of PRP at Žirany over 1971–1996

TVP ¹	Taxačné veličiny ²	Celková produkcia ³		Index rastu ⁴ (%)	Celkový priemerný prírastok (CPP) ⁵	Index rastu CPP k TVP VI ⁶
		r. 1971	r. 1996			
I	G ($\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$)	21,45	82,21	383,26	2,01	99,50
	V ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$)	100,71	738,41	733,21	18,01	99,45
	M ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$)	60,31	414,51	687,30	10,11	90,35
II	G ($\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$)	16,58	88,69	534,92	2,16	106,93
	V ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$)	71,15	677,28	951,90	16,52	91,22
	M ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$)	41,07	418,06	1 017,92	10,20	91,15
III	G ($\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$)	23,47	95,38	406,39	2,33	115,34
	V ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$)	96,88	857,33	884,94	20,91	115,46
	M ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$)	52,15	521,89	1 000,75	12,73	113,76
IV	G ($\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$)	18,60	80,82	434,52	1,97	97,52
	V ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$)	77,03	722,87	939,43	17,63	97,35
	M ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$)	46,60	450,76	967,30	10,99	98,21
V	G ($\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$)	24,85	96,31	387,56	2,35	116,34
	V ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$)	137,99	920,25	666,90	22,44	123,91
	M ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$)	71,89	526,26	732,03	12,83	114,65
VI (kontrola ⁷)	G ($\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$)	22,59	82,83	366,67	2,02	100,00
	V ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$)	92,90	742,44	799,18	18,11	100,00
	M ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$)	54,89	458,63	835,54	11,19	100,00
VII	G ($\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$)	21,49	78,79	366,63	1,92	95,04
	V ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$)	83,54	726,23	869,32	17,71	97,79
	M ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$)	52,97	430,84	813,87	10,51	93,92

¹PRP, ²mensurational variables, ³total production, ⁴growth index, ⁵total average increment (CPP), ⁶CPP growth index in relation to PRP VI, ⁷control



1. Vývoj porastovej zásoby (1, 2) a celkovej objemovej produkcie (2, 4) nezmiešaných porastov *Castanea sativa* Mill. na sérii TVP Žirany – Standing volume (1, 2) and total volume production (2, 4) of unmixed stands of *Castanea sativa* Mill. on a series of PRP at Žirany

1, 2 vychovávaný porast – mierna úrovňová prebierka, pozitívny výber, interval opakovania 10 rokov (TVP IV)

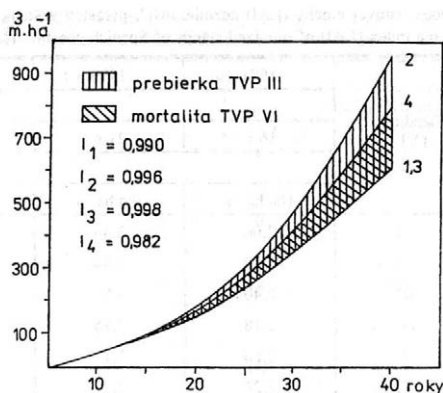
3, 4 nevychovaný porast (kontrolná TVP VI)

$$y_1 = 0,179 \cdot x^{2,155}, y_3 = 0,538 \cdot x^{1,904}$$

$$y_2 = 0,078 \cdot x^{2,460}, y_4 = 0,243 \cdot x^{2,195}$$

1, 2 stand with silvicultural practices – moderate crown thinning, positive selection, repetition interval of 10 years (PRP IV)

3, 4 stand without silvicultural practices (control PRP VI)



3. Vývoj porastovej zásoby (1, 3) a celkovej objemovej produkcie (2, 4) nezmiešaných porastov *Castanea sativa* Mill. na sérii TVP Žirany – Standing volume (1, 3) and total volume production (2, 4) of unmixed stands of *Castanea sativa* Mill. on a series of PRP at Žirany

1, 2 vychovávaný porast – silná úrovňová prebierka, pozitívny výber, interval opakovania 10 rokov (TVP III)

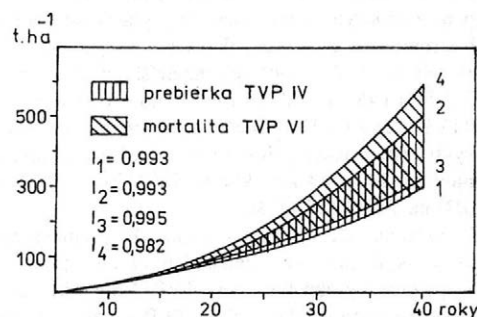
3, 4 nevychovaný porast (kontrolná TVP VI)

$$y_1 = 0,475 \cdot x^{1,940}, y_3 = 0,538 \cdot x^{1,904}$$

$$y_2 = 0,119 \cdot x^{2,195}, y_4 = 0,243 \cdot x^{2,195}$$

1, 2 stand with silvicultural practices – heavy crown thinning, positive selection, repetition interval of 10 years (PRP III)

3, 4 stand without silvicultural practices (control PRP VI)



2. Vývoj hmotnosti nadzemnej dendromasy (1, 3) a celkovej produkcie nadzemnej dendromasy (2, 4) nezmiešaných porastov *Castanea sativa* Mill. na sérii TVP Žirany – Aboveground dendromass weight (1, 3) and total production of aboveground dendromass (2, 4) in unmixed stands of *Castanea sativa* Mill. on a series of PRP at Žirany

1, 2 vychovávaný porast – mierna úrovňová prebierka, pozitívny výber, interval opakovania 10 rokov (TVP IV)

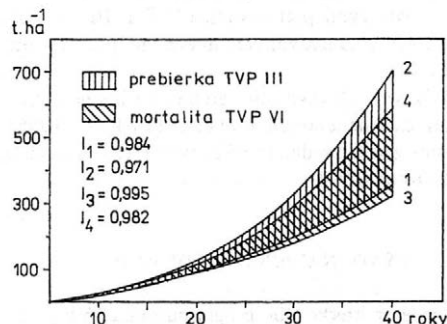
3, 4 nevychovaný porast (kontrolná TVP VI)

$$y_1 = 0,164 \cdot x^{2,033}, y_3 = 0,56 \cdot x^{1,927}$$

$$y_2 = 0,052 \cdot x^{2,487}, y_4 = 0,068 \cdot x^{2,456}$$

1, 2 stand with silvicultural practices – moderate crown thinning, positive selection, repetition interval of 10 years (PRP IV)

3, 4 stand without silvicultural practices (control PRP VI)



4. Vývoj hmotnosti nadzemnej dendromasy (1, 3) a celkovej produkcie nadzemnej dendromasy (2, 4) nezmiešaných porastov *Castanea sativa* Mill. na sérii TVP Žirany – Aboveground dendromass weight (1, 3) and total production of aboveground dendromass (2, 4) in unmixed stands of *Castanea sativa* Mill. on a series of PRP at Žirany

1, 2 vychovávaný porast – silná úrovňová prebierka, pozitívny výber, interval opakovania 10 rokov (TVP III)

3, 4 nevychovaný porast (kontrolná TVP VI)

$$y_1 = 0,195 \cdot x^{2,031}, y_3 = 0,156 \cdot x^{1,927}$$

$$y_2 = 0,094 \cdot x^{2,593}, y_4 = 0,068 \cdot x^{2,456}$$

1, 2 stand with silvicultural practices – heavy crown thinning, positive selection, repetition interval of 10 years (PRP III)

3, 4 stand without silvicultural practices (control PRP VI)

silná úrovňová prebierka ($4,52 \text{ ha} \cdot \text{ha}^{-1}$), najnižší na TVP II – mierna úrovňová prebierka ($3,30 \text{ ha} \cdot \text{ha}^{-1}$).

V r. 1991 pri veku porastov gaštanu jedlého 36 rokov sa najvyšší index listovej plochy zistil na TVP V –

silná úrovňová prebierka ($4,34 \text{ ha} \cdot \text{ha}^{-1}$), najnižší na TVP II – mierna úrovňová prebierka ($2,75 \text{ ha} \cdot \text{ha}^{-1}$).

V r. 1996 sa najvyšší index listovej plochy dosiahol opäť na TVP vychovávaných silnými úrovňovými pre-

Čiastková TVP ¹	1971	1976	1981	1986	1991	1996
	vek porastov ²					
	16 r.	21 r.	26 r.	31 r.	36 r.	41 r.
	index listovej plochy ³					
	(ha.ha ⁻¹)	(ha.ha ⁻¹)	(ha.ha ⁻¹)	(ha.ha ⁻¹)	(ha.ha ⁻¹)	(ha.ha ⁻¹)
I	2,06	2,46	3,11	3,41	3,11	4,22
II	2,12	2,34	3,02	3,30	2,75	3,88
III	2,40	3,02	3,89	4,52	4,18	5,86
IV	2,18	2,76	3,32	3,88	2,98	4,60
V	2,60	3,12	3,76	4,00	4,34	6,26
VI	2,24	2,70	3,40	3,89	4,17	5,28
VII	2,21	2,62	3,26	3,68	3,44	4,64

¹partial PRP, ²stand age, ³leaf area index

bierkami - III a V (5,86, resp. 6,26 ha.ha⁻¹). Najnižší index listovej plochy (3,88 ha.ha⁻¹) sa dosiahol na TVP II – mierna úrovňová prebierka.

Najvyšší index listovej plochy dosahujú TVP gaštanu jedlého vychovávané silnými úrovňovými prebierkami a intervalom opakovania 10 rokov (TVP III a V). Najnižší index listovej plochy dosahuje gaštan jedlý na TVP vychovávaných miernymi úrovňovými prebierkami a intervalom opakovania 5 rokov (TVP II) a 10 rokov (TVP IV). Vyšší index rastu sa dosiahol na TVP so silnými úrovňovými prebierkami (TVP I, III, V, VII) ako na TVP vychovávaných miernymi prebierkami (TVP II a IV).

V závislosti od veku sme empirické hodnoty LAI vyrovnali exponenciálnou funkciou (Tórkár, 1995), pričom sme zistili stredne tesné až veľmi tesné korelácie (r_{xy} = 0,776 až 0,994).

VÝVOJ NÁDEJNÝCH STROMOV

V zmysle prebierkového programu sa na TVP gaštanu jedlého vykonala v r. 1971 prvá úrovňová prebierka s pozitívnym výberom. Cieľom prebierky bolo usmerniť ďalší vývoj žrdkoviny tak, aby sa dosiahol čo najväčší prírastok objemu a hmotnosti dendromasy a zvýšila sa kvalita porastov. Tento cieľ možno dosiahnuť výchovou nádejných stromov v úrovni porastu (1. a 2. stromová trieda) s vyhovujúcimi akostovými znakmi kmeňa a koruny (1. a 2. stupeň) a s ich vhodným rozstupom, určeným podľa optimálneho rozstupu cieľových stromov. Tento rozstup predstavuje podľa našich zistení (Tórkár, 1973) v dospelom lesnom poraste z prirodzenej obnovy v Jelenci 5,5 m. Nádejné, resp. cieľové stromy pestujeme tak, aby sa pre každý dospelý strom dosiahol rastový priestor asi 30 m². Za nádejné stromy sme vybrali tie, ktoré vyhovovali uvedeným požiadavkám na kvalitu kmeňa, koruny, ako aj z hľadiska rozstupu, pričom sa brali do úvahy aj rozmerové kritériá, podľa ktorých nádejné stromy majú byť hrubšie ako stredne hrubý

strom a vyššie ako stredne vysoký strom. Výber nádejných stromov sa opakuje pri každom zásahu a vyhladáva sa aj na kontrolnej ploche za účelom vzájomného porovnávania a posudzovania vplyvu prirodzeného vývoja porastu na produkciu nádejných stromov.

V zmysle uvedených požiadaviek sme na jednotlivých čiastkových TVP vytipovali v r. 1971 873 (VI) až 1 758 (II) nádejných stromov na 1 ha a na podporu ich vývoja sme upriamili aj pestovateľskú starostlivosť pri prebierkach (tab. V). S pribúdajúcim vekom porastov počet nádejných stromov klesá. Najvyšší podiel nádejných stromov na začiatku pokusu bol vytypovaný na čiastkovej TVP V (25,99 %), najnižší na čiastkovej TVP VI (10,45 %). V r. 1996 bolo vytypovaných 327 (TVP I) až 493 (TVP II) nádejných stromov na 1 ha. Najvyšší podiel nádejných stromov z počtu nádejných stromov v r. 1971 bol v r. 1996 na TVP VII (51,07 %), najnižší na TVP I (25,47 %).

Z dosiahnutých výsledkov vidno, že prebierkové plochy poskytli pre vývoj nádejných stromov priaznivejšie podmienky ako kontrolná TVP. Najvyššie hodnoty indexu rastu ku kontrolnej TVP sa dosiahli na čiastkových TVP vychovávaných silnými úrovňovými prebierkami (TVP III, V a VII). Sledovanie dynamických zmien kvantitatívnych znakov nádejných stromov počas pokusov je v porastoch cudzokrajných drevín veľmi významné a prioritné.

DISKUSIA

Gaštan jedlý zaraďujú Beran, Šindelář (1996) medzi dreviny vhodné svojimi vlastnosťami na intenzívnejšie pestovanie v zmenených ekologických podmienkach vyvolaných otepľovaním Zeme. Avšak nabádajú na doterajšie menšie skúsenosti s fyto technikou pestovania jeho porastov.

O výchove porastov gaštanu jedlého nachádzame v literatúre pomerne málo údajov (Issinskij, 1968; Ovington, 1962; Evans, 1984).

V. Vývoj taxačných veličín nádejných stromov gaššana jedlého (*Castanea sativa* Mill.) na sérii TVP Žirany za roky 1971–1996 – Mensurational variables of promising trees of Spanish chestnut (*Castanea sativa* Mill.) on a series of PRP at Žirany over 1971–1996

TVP ¹	Taxačné veličiny ²	1971	1976	1981	1986	1991	1996		Percento z počtu nádejných stromov z r. 1971 ⁴
		vek porastu ³						index k TVP VI ⁵	
		16 r.	21 r.	26 r.	31 r.	36 r.	41 r.		
I	N (ks.ha ⁻¹)	1 284	988	949	545	537	327	84,71	25,47
	G (m ² .ha ⁻¹)	6,42	9,90	13,81	13,82	18,12	15,87	99,44	
	V (m ³ .ha ⁻¹)	23,61	45,37	117,98	133,78	183,66	161,56	97,33	
	M (t.ha ⁻¹)	16,40	29,13	44,94	75,30	98,98	98,30	102,38	
II	N (ks.ha ⁻¹)	1 758	1 675	1 272	653	611	493	127,72	28,04
	G (m ² .ha ⁻¹)	6,17	11,70	15,05	12,15	14,60	17,71	110,96	
	V (m ³ .ha ⁻¹)	24,34	53,47	100,69	99,10	130,09	174,43	105,08	
	M (t.ha ⁻¹)	14,63	34,30	50,30	62,64	73,51	99,77	103,92	
III	N (ks.ha ⁻¹)	1 640	1 388	946	536	536	473	122,54	28,84
	G (m ² .ha ⁻¹)	6,62	12,49	16,88	15,02	19,02	22,18	138,97	
	V (m ³ .ha ⁻¹)	24,04	56,69	104,10	64,51	188,64	228,07	137,40	
	M (t.ha ⁻¹)	17,04	36,58	52,85	82,91	104,58	134,54	140,13	
IV	N (ks.ha ⁻¹)	1 231	986	970	531	497	362	93,78	29,41
	G (m ² .ha ⁻¹)	5,97	9,75	14,14	11,91	14,03	15,87	99,44	
	V (m ³ .ha ⁻¹)	20,03	40,47	85,33	99,66	130,69	158,60	95,55	
	M (t.ha ⁻¹)	14,08	29,38	47,89	63,66	73,76	94,39	98,31	
V	N (ks.ha ⁻¹)	1 366	1 239	1 065	546	546	464	120,21	33,97
	G (m ² .ha ⁻¹)	8,78	13,52	16,49	13,16	17,33	19,53	122,37	
	V (m ³ .ha ⁻¹)	40,12	73,41	126,23	136,34	192,80	202,91	122,24	
	M (t.ha ⁻¹)	23,47	39,41	55,67	70,94	93,17	115,21	120,00	
VI	N (ks.ha ⁻¹)	873	761	680	447	436	386	100,00	44,21
	G (m ² .ha ⁻¹)	4,31	6,81	9,23	10,68	13,16	15,96	100,00	
	V (m ³ .ha ⁻¹)	19,82	44,16	67,61	78,67	132,99	165,99	100,00	
	M (t.ha ⁻¹)	10,65	19,58	31,26	58,09	71,71	96,01	100,00	
VII	N (ks.ha ⁻¹)	934	815	735	497	497	477	123,57	51,07
	G (m ² .ha ⁻¹)	3,18	5,86	8,83	12,44	16,42	22,41	140,41	
	V (m ³ .ha ⁻¹)	12,15	31,79	62,52	114,11	169,58	231,21	139,29	
	M (t.ha ⁻¹)	8,54	23,08	35,07	67,56	89,69	137,27	142,97	

¹PRP, ²mensurational variables, ³stand age, ⁴percentage out of the number of promising trees in 1971, ⁵index in relation to PRP VI

Na dôležitosť výchovy a niektoré otázky súvisiace s dynamickými a statickými zmenami štruktúry, vývoja a kvality porastov gaššana jedlého na Slovensku sme už poukázali v našich predchádzajúcich prácach (T o k á r, 1973, 1982, 1984, 1985a,b, 1987, 1990, 1991, 1992a,b, 1993, 1994).

Pokusy s prebierkami v rovnorodých porastoch gaššana jedlého naznačujú, že vyššiu objemovú, ale aj hmotnostnú produkciu biomasy dosahujú vychovávané porasty než porasty nevychovávané, pričom väčší vplyv majú silné úrovňové prebiecky s pozitívnym výberom a intervalom opakovania 10 rokov.

Poznatok o pozitívnom vplyve prebierok na tvorbu vyššej objemovej a hmotnostnej produkcie sa potvrdil aj u zmiešaných porastov gaššana jedlého, pričom najlepšie výsledky sa dosiahli v kombinácii s lipou malolistou (*Tilia cordata* Mill. – T o k á r, 1985a,b, 1991, 1992b, 1993, 1994).

Potvrzuje sa aj pozitívny účinok prebierok na zvýšenie kvality porastov gaššana jedlého. Aktuálnou otáz-

kou pri prebierkach porastov gaššana jedlého zostáva aj naďalej dynamika zmien kvantitatívnych a kvalitatívnych znakov nádejných stromov.

V súčasnosti je u gaššana jedlého aj na Slovensku aktuálna otázka jeho ochrany voči hube *Cryphonectria parasitica* (MURILL) BARR. (Juhásová, 1992; Juhásová, Berthelay-Sauret, 1992; Juhásová et al., 1997).

ZÁVER

Úrovňové prebiecky s pozitívnym výberom o rôznej sile a rôznom časovom intervale v r. 1971–1996 v rovnorodých porastoch gaššana jedlého (*Castanea sativa* Mill.) na sérii TVP Žirany pozitívne ovplyvnili vývoj porastovej zásoby a celkovej produkcie nadzemnej dendromasy (v objeme a hmotnosti), jej kvalitu, index listovej plochy a vývoj nádejných stromov. Najlepšie výsledky dosiahli TVP so silnými úrovňovými prebierkami a intervalom opakovania 10 rokov.

- BERAN, F. – ŠINDELÁŘ, J., 1996. Perspektivy vybraných cizokrajných drevín v lesním hospodářství České republiky. *Lesnictví-Forestry*, 42: 337–355.
- EVANS, J., 1984. *Silviculture of Broadleaved Woodland*. London.
- ISSINSKI, P. A., 1968. Kaštanovýje lesa Kavkaza i osnovy vedenija gospodarstva v nich. *Sbornik trudov SOČNILOS*, 4, Moskva: 240.
- JUHÁSOVÁ, G., 1992. Súhrn poznatkov o hubových chorobách gaššana jedlého (*Castanea sativa* MILL.) na Slovensku. *Lesnictví*, 38: 449–460.
- JUHÁSOVÁ, G. – BERTHELAY-SAURET, S., 1992. Zdravotný stav *Castanea sativa* MILL., výskyt huby *Cryphonectria parasitica* (MURR.) BARR. a možnosti biologickej ochrany na Slovensku. *Zbor. k 100. výročiu založenia Arboréta Mlyňany*. Veda, Vyd. SAV: 220–230.
- JUHÁSOVÁ, G. – SATKO, J. – BAUER, M. – BERTHELAY, S., 1997. Application of the fungus *Cryphonectria parasitica* hypovirulent strains for the protection of *Castanea sativa* in the Malé Karpaty region. *Biológia*, 52: 499–502.
- OVINGTON, J. D., 1962. Quantitative ecology and the woodland ecosystem concept. *Advances in ecological researches*. I. London and New York, Academic Press: 103–192.
- ŠMELKO, Š. – WOLF, J., 1977. *Štatistické metódy v lesníctve*. Bratislava, Príroda: 330.
- TOKÁR, F., 1973. Vplyv prebiecky na vývoj a kvalitu žrdoviny gaššana jedlého (*Castanea sativa* MILL.). *Lesn. Čas.*, 19: 427–437.
- TOKÁR, F., 1982. Vplyv prvej a druhej prebiecky na statické a dynamické zmeny štruktúry, kvality a vývoja rovnorodých porastov gaššana jedlého (*Castanea sativa* MILL.). *Lesnictví*, 27: 835–855.
- TOKÁR, F., 1984. Vplyv prebiecky na zmeny kvantitatívnych a kvalitatívnych znakov rovnorodých porastov gaššana jedlého (*Castanea sativa* MILL.). *Acta Fac. for. Zvolen.*, 26. Bratislava, Príroda: 17–37.
- TOKÁR, F., 1985a. Vplyv miernej úrovňovej prebiecky na zmeny štruktúry, vývoja a kvality rôznych typov porastov gaššana jedlého (*Castanea sativa* MILL.). *Lesnictví*, 31: 699–720.
- TOKÁR, F., 1985b. Vplyv úrovňovej prebiecky na tvorbu nadzemnej biomasy u rôznych typov porastov gaššana jedlého (*Castanea sativa* MILL.). *Lesn. Čas.*, 31: 231–239.
- TOKÁR, F., 1987. Prebiecky v rovnorodých porastoch gaššana jedlého (*Castanea sativa* MILL.). *Zbor. Medzinárodnej vedeckej konferencie, Zvolen, VŠLD*: 275–283.
- TOKÁR, F., 1990. Vplyv úrovňovej prebiecky na vývoj produkcie a kvality rovnorodých porastov gaššana jedlého (*Castanea sativa* MILL.). *Acta Fac. for. Zvolen.*, 32: 85–101.
- TOKÁR, F., 1991. Vývoj štruktúry a produkcie rôznych typov porastov gaššana jedlého (*Castanea sativa* MILL.) v pohorí Trábeč. *Rosalia*, 7: 81–103.
- TOKÁR, F., 1992a. Vlijanie rubok uchoda na produktivnosť nasaždenij kaššana sedobnogo v usloviach Slovaki. *Lesovedenie*, 2: 48–52.
- TOKÁR, F., 1992b. Production and quality of various tended types of Spanish chestnut (*Castanea sativa* MILL.) stands. *Folia dendrol.*, 19: 55–88.
- TOKÁR, F., 1993. Nadzemná biomasa porastov gaššana jedlého (*Castanea sativa* MILL.) na Slovensku a výchova jeho porastov. *Lesnictví-Forestry*, 39: 37–40.
- TOKÁR, F., 1994. Biomass production in relation to phyto-technique in various stand types of Spanish chestnut (*Castanea sativa* MILL.) in Slovakia. *Ecology (Bratislava)*, 13: 225–234.
- TOKÁR, F., 1995. Production of the aboveground dendromass in relation to the leaf area index in pure stands of Spanish chestnut (*Castanea sativa* MILL.) tended by crown thinnings. *Biológia, Bratislava*, 50/4: 391–396.

Došlo 11. 5. 1998

ABOVEGROUND DENDROMASS PRODUCTION AND SILVICULTURAL PRACTICES IN EVEN-AGED STANDS OF SPANISH CHESTNUT (*CASTANEA SATIVA* MILL.) IN SLOVAKIA

F. Tokár

Institute of Forest Ecology, Slovak Academy of Sciences, Zvolen, Department for the Biology of Woody Plants, Akademická 2, 949 01 Nitra

Systematic research was conducted to study dynamic changes in quantitative and qualitative traits of even-aged stands of Spanish chestnut (*Castanea sativa* Mill.) as a result of crown thinnings of different intensity with positive selection, performed on a series of permanent research plots (PRP) at Žirany (Topoľčianky forest establishment, Zobor Forest Administration) in different time intervals over 1971–1996 (Tab. I); data from these studies are presented in the paper.

Tree number per 1 ha at 41 years of age ranged from 1214 (PRP I) to 2233 individuals (PRP V) (Tab. II).

The highest growth index of standing volume and aboveground dendromass weight was determined on PRP with heavy crown thinning.

Standing volume at 41 years of age (Tab. II) was from 424.43 m³.ha⁻¹ (I) to 658.10 m³.ha⁻¹ (V), aboveground dendromass weight was between 236.55 t.ha⁻¹ (II) to 358.71 t.ha⁻¹ (V).

Average periodical volume increment over 1972–1996 (Tab. II) ranged from $10.03 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$ (I) to $21.99 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$ (V); the respective values for above-ground dendromass were from $7.71 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$ (I) to $12.04 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$ (V).

Total volume production (Tab. III) was between $677.28 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (II) and $920.25 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (V), total production of aboveground dendromass from $414.51 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (I) to $526.26 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (V).

Total average volume increment ranged from $16.52 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$ (II) to $22.44 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$ (V). Total average increment of aboveground dendromass made $10.11 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$ (I) to $12.83 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$ (V).

In comparison with control PRP, the highest values of standing volume and total production were recorded on PRP with heavy crown thinnings with positive selection and repetition interval of 10 years.

The leaf area index for even-aged stands of Spanish chestnut, in which silvicultural practices were performed, was from 3.88 to $6.26 \text{ ha} \cdot \text{ha}^{-1}$ at 41 years of age (Tab. IV).

327 (I) to 477 (VII) promising trees per 1 ha were identified on PRP in 1996 (stand age of 41 years). The highest values of growth index of quantitative traits of promising trees in relation to control PRP were calculated for PRP with heavy crown thinnings.

Kontaktná adresa:

Doc. Ing. Ferdinand T o k á r, DrSc., Ústav ekológie lesa SAV, Zvolen, Pobočka biológie drevín, Akademická 2, 949 01 Nitra, Slovenská republika

VPLYV POZDĽŽNEHO SKLONU BYSTRINY NA STUPEŇ USTÁLENOSTI KORYTA

THE EFFECT OF TORRENT LONGITUDINAL SLOPE ON THE DEGREE OF BED RESISTANCE

M. Jakubis

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

ABSTRACT: The effect of torrent longitudinal slope on the degree of bed resistance was studied. The degree of bed resistance of the separate sections of torrents is expressed by the value of the coefficient of quasiuniform flow M_{kp} (calculated from equation 1), which is in very good agreement with the degree of bed resistance of the separate experimental sections of torrents determined by visual evaluation in the field conditions, which was confirmed by present research on 269 experimental sections in 63 torrents in 7 geomorphologic formations of the Slovak Republic. Research was conducted in the torrent Železnobreznický potok, situated in the southern part of the geomorphologic formation Kremnické vrchy Mts., Turovské predhorie Mts. subformation (neovolcanites), in 77 experimental sections with 77 experimental profiles that were established at various distances from the place where this torrent empties into the Hron river. Regression analysis indicated very close correlations between the measured longitudinal slope of torrent and the degree of bed resistance while correlation index for the equation $y = a_0 + a_1 \cdot x^{-1}$ (first order hyperbola) is $I_{yx} = 0.940$. The conclusions have been verified and statistically tested.

torrents; degree of bed resistance; longitudinal slope

ABSTRAKT: Práca sa zaoberá problematikou vplyvu pozdĺžneho sklonu bystriny na stupeň ustálenosti koryta. Stupeň ustálenosti koryta jednotlivých úsekov bystriny je vyjadrený hodnotou vypočítaného súčiniteľa kváziróvnomerného prúdenia M_{kp} (pomocou vzťahu 1), ktorý veľmi dobre korešponduje so stupňom ustálenosti jednotlivých pokusných úsekov bystrín, zisteným na základe vizuálneho posúdenia v teréne, čo sme potvrdili doterajším výskumom na 269 pokusných úsekoch na 63 bystrinách v siedmich geomorfologických celkoch Slovenskej republiky. Predkladaný výskum bol uskutočnený na bystrine Železnobreznický potok, ktorá sa nachádza v južnej časti geomorfologického celku Kremnické vrchy, v podcelku Turovské predhorie (neovulkanity) na 77 pokusných úsekoch so 77 pokusnými profilmi, ktoré boli založené v rôznych vzdialenostiach od vyústenia tejto bystriny do rieky Hron. Regresnou analýzou sme zistili, že existuje veľmi tesná korelačná závislosť medzi meraným pozdĺžnym sklonom toku a stupňom ustálenosti koryta, pričom index korelácie pre tvar rovnice $y = a_0 + a_1 \cdot x^{-1}$ (hyperbola prvého stupňa) je $I_{yx} = 0,940$. Závery sú overené a podopreté štatistickým testovaním.

bystriny; stupeň ustálenosti koryta; pozdĺžny sklon

ÚVOD A PROBLEMATIKA

Výskum morfogénzy bystrinných koryt má vzhľadom na svoju permanentnú aktuálnosť a dôležitosť u nás aj v zahraničí dlhodobú tradíciu a adekvátny význam. Stáročia trvajúca morfogénza bystrinných koryt je ovplyvňovaná celým radom faktorov, ktoré navzájom vytvárajú pevne prepojený dynamický systém patričnej zložitosti. Tento systém je o to zložitejší, že vplyv jeho komponentov medzi sebou nie je v čase konštantný, ba veľmi premenlivý. Okrem toho je intenzita vplyvu jednotlivých faktorov na morfogénzu koryta rozdielna v každom toku i povodí vzhľadom na odlišné a špecifické (morfologické, hydrologické, hydraulické, klimatické,

geologické, pedologické, vegetačné a ďalšie) vplývajúce charakteristiky týchto tokov a povodí.

Napriek väčšej či menšej rozdielnosti charakteristík konkrétnych tokov a povodí a odlišnosti intenzity ich vplyvu na morfogénzu koryt je možné pozorovať určité deje a procesy, ktoré sa dajú (do určitej miery) zovšeobecňovať, čím je možné hlbšie pochopiť určité všeobecne platné zákonitosti prirodzeného vývoja koryt tokov. Zvlášť zložitá je skúmanie takýchto zákonitostí v korytách bystrín.

Bystrina sa od iných vodných tokov (rieka, potok) výrazne odlišuje. Definujeme ju ako prirodzený tok s malým povodím (spravidla do 30 km²), prípadne stredne veľkým povodím (do 45 km²), trvalým prietokom,

nepravidelným výskytom strmých prietokových vln, ktoré prehlbujú koryto, podmieňajú svahové úpätia a vyvolávajú ich zosúvanie, premiestňujú škodlivé množstvá splavenín, ktoré potom dočasne ukladajú v korytových nánosoch, na zaplavovanom území, alebo ich odnášajú do toku vyššieho rádu.

Pojem malé povodie v predchádzajúcej definícii chápeme nielen ako povodie s malou plošnou výmerou, ale také, v ktorom sa pri tvorbe odtoku (resp. v odtokovom procese) významne uplatňuje vysoká zrážková intenzita s krátkou dobou trvania a spôsob obhospodarovania pôdy v povodí (Chow, 1964; Krešl, 1984; Herynek, Krešl, 1998).

Každý vodný tok (vrátane bystrín) má tendenciu postupného, dlhodobého, prirodzeného ušľachťovania sa. Ušľachťovanosť bystrinného koryta rozumieme jeho hydraulickú rovnováhu s takým stavom, ktorý nie je významnejšie narušovaný počas malých, priemerných, ani veľkých prietokov. V niektorých vodných tokoch (aj v niektorých úsekoch bystrín) môže byť už proces prirodzeného ušľachťovania sa koryta ukončený. Korytá (úseky) takýchto tokov sa dlhodobo (ani počas extrémnych prietokov) významnejšie nemenia. Geometrické charakteristiky koryta, pozdĺžny sklon toku, smerové vinutie trasy nepodliehajú významnejším zmenám. Takéto korytá (úseky) považujeme za ustálené, nevyžadujú si melioračné zásahy, ba naopak – je potrebné udržať ich existujúci stav.

Na druhej strane v niektorých vodných tokoch, najmä na väčšine úsekov bystrín, je proces prirodzeného ušľachťovania sa koryta nie ukončený. Stupeň ustálenosti konkrétnych úsekov toku býva rozdielny. Najmä počas vysokých vodných stavov dochádza k významnému pretváraniu koryt, ich geometrických charakteristík, pozdĺžneho sklonu, ba niekedy (tzv. blúdiace koryto) aj k významným zmenám smeru a trasy toku. Takéto korytá považujeme za neustálené, vyžadujúce si buď melioračné zásahy väčšieho rozsahu, alebo aspoň podporu prirodzeného ušľachťovania koryta vhodnými opatreniami.

Je známe, že k významnému pretváraniu koryt dochádza najviac počas tzv. korytotvorných prietokov. Korytotvorný prietok definujeme ako prietok (interval), v priebehu ktorého sa za sledované obdobie vykoná v pomere k ostatným prietokom najväčšia práca v danom prietokovom profile (bližšie napr. Schaffernak, 1950; Stančík, 1966; L. Macura, 1966; Patočka, Macura et al., 1989; Krešl, 1983; Valtýni et al., 1990; V. Macura et al., 1995, a ďalší).

Nízke vodné stavy sa vo vodných tokoch vyskytujú podstatne dlhšie obdobie ako vysoké. Počas nízkych vodných stavov však voda nemá dostatok energie na pretváranie koryta.

L. Macura (1966) uvádza, že v korytách tokov sa môže za určitý čas vytvoriť stav, keď sa koryto čo do smerových pomerov, hĺbky a tvaru priečného profilu nemení. Podľa autora je ustálené koryto relatívnym a časovo obmedzeným javom. Toto časové obdobie však môže byť rôzne dlhé. Dĺžka tohto obdobia je ovplyvňovaná viacerými faktormi (hydrologické, klimatické atď.),

ich intenzitou, frekvenciou a pod. Ustálené koryto zodpovedá určitému rozpätiu vodných stavov, resp. určitým prietokom. Ak sa zmení intenzita vplyvu zložiek, ktoré tieto prietoky určujú, resp. ovplyvňujú, dochádza aj k zmenám koryta (zanášanie, vymieňanie). Počas veľmi nízkych prietokov sa znižuje rýchlosť prúdenia, koryto je zanášané, zvyšuje prirodzený svoj sklon smerom k ústiu. Počas vysokých prietokov má prúd vyššiu rýchlosť a viac energie, vymieňa, znižuje prirodzený svoj pozdĺžny sklon. V oboch prípadoch tok obnovuje ustálené koryto. Zanášanie a vymieňanie preukazuje, že sa zmenili činitele, určujúce ustálený stav koryta.

Príčiny vyvolávajúce zmeny koryt sa menia. L. Macura (1966) uvádza, že najzávažnejšie sú:

- sezónne i mnohoročné kolísanie prietokov,
- zmena pozdĺžneho i priečného profilu koryta s postupným splachovaním povrchu povodia a ukladania splavenín na náplavovom kuželi v dolných častiach toku,
- zmena určitého prietoku a ukladanie splavenín po dĺžke toku.

V. Macura et al. (1995) uvádzajú, že k tomu, aby nastal v koryte toku ustálený stav, musí rýchlosť vody a jej unášacia sila klesnúť pod hodnotu, rovnajúcu sa odporu koryta proti vymieňaniu. Pretože rýchlosť vody a jej unášacia sila sú ovplyvňované pozdĺžnym sklonom toku i , vytvára sa sklon podľa odplaviteľnosti (nestability) alebo neodplaviteľnosti (stability) materiálov, v ktorých sa koryto nachádza. Okrem pozdĺžneho sklonu toku i ovplyvňujú ustálenosť koryta ďalšie, navzájom tesne späté charakteristiky, medzi ktoré patria: prietok Q , rýchlosť vody, turbulencia, unášacia sila, zloženie nánosov, ich rozloženie po šírke a dĺžke, tvar prietokového profilu, jeho šírka, hĺbka a sklony svahov, zakrivenie trate, dĺžka priamych a zakrivených úsekov atď. Všetky spomínané charakteristiky sú vo vzájomnej súvislosti a ich vzájomný vzťah je zákonitý. V dôsledku tejto zákonitosti dostane koryto po dlhotrvajúcej činnosti prúdiacej vody svoje charakteristiky (tvar) a relatívne ustálený stav (podrobnejšie napr. L. Macura, 1966; V. Macura et al., 1995).

Problematickou ustálenosti koryt tokov sa podrobnejšie zaoberali aj ďalší autori. Z najvýznamnejších prác uvádzame tie, ktoré publikovali Altunin, 1956; Grišanin, 1972, 1981; Kaganov, 1981; Železnikov, 1981; Klopčok, 1981; Beschta, Platts, 1986; Novák et al., 1986; Valtýni, 1989; Valtýni et al., 1990; Patočka, Macura et al., 1989; Yu, Wolman, 1987; V. Macura 1987, 1990, a iní.

Podrobný rozbor morfogenézy a ustálenosti koryt tokov so zameraním na bystriny bol uvedený napr. v práci Jakubis (1995) a ďalších.

V rámci doterajšieho výskumu na 269 pokusných úsekoch na 63 bystrinách v siedmich geomorfologických celkoch Slovenskej republiky (Tatry – podcelok Západné Tatry – 19 PÚ na štyroch bystrinách; Nízke Tatry – podcelok Ďumbierske Tatry – 25 PÚ na siedmich bystrinách; Veľká Fatra – podcelok Bralná Fatra – 23 PÚ na piatich bystrinách; Poľana – podcelok Vysoká

Poľana – 37 PÚ na 25 bystrinách; Kremnické vrchy – podcelok Türovské predhorie a podcelok Flochovský chrbát – 105 PÚ na ôsmich bystrinách; Veporské vrchy – podcelok Sihlianska planina – 16 PÚ na troch bystrinách; Malá Fatra – podcelok Lúčanská Fatra – 44 PÚ na 11 bystrinách) sme zistili a potvrdili, že vhodným ukazovateľom na posúdenie stupňa ustálenosti koryt bystrín je hodnota súčiniteľa kvázivrovnomerného prúdenia M_{kp} . Empirický vzťah na jeho výpočet odvodil Grišani (1981) v tvare:

$$M_{kp} = \frac{R \cdot (g \cdot B)^{0,25}}{Q_K^{0,5}} \quad (1)$$

kde: M_{kp} – súčiniteľ kvázivrovnomerného prúdenia (–),
 R – hydraulický rádius (m),
 g – tiažové zrýchlenie ($9,81 \text{ m.s}^{-2}$),
 B – šírka koryta v brehoch (m),
 Q_K – kapacitný prietok ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), vzťahujúci sa k hodnotám R , B .

Na základe uvedeného výskumu a výskumu ďalších autorov (Valtýni, 1989; V. Macura, 1990; V. Macura et al., 1995) sme vytvorili nasledovnú stupnicu ustálenosti koryt:

Kategória	Stupeň ustálenosti	M_{kp}
I.	Zanášané korytá	$M_{kp} = 0,71$ a viac
II.	Veľmi dobre ustálené korytá	$M_{kp} = 0,54$ – $0,70$
III.	Čiastočne ustálené korytá	$M_{kp} = 0,48$ – $0,53$
IV.	Mierne neustálené korytá	$M_{kp} = 0,44$ – $0,47$
V.	Silno (výrazne) neustálené korytá	$M_{kp} = 0,36$ – $0,43$
VI.	Extrémne neustálené korytá	$M_{kp} = 0,35$ a menej

Grišani (in V. Macura et al., 1995) skúmal aj vplyv zakrivenosti trate na hodnotu súčiniteľa kvázivrovnomerného prúdenia M_{kp} . Z jeho pozorovaní vyplýva, že až po $R \geq 4B$ nemá krivosť oblúka podstatný vplyv na hodnotu M_{kp} , preto je možné použiť hodnotu M_{kp} aj na posúdenie ustálenosti koryt tokov v zakrivenej trati.

Vzťah (1) je odvodený na základe vzájomnej podobnosti geometrických a hydraulických charakteristík parametrov koryt tokov.

OBJEKTY

Výskum sme uskutočnili na bystrine Železnobreznický potok, ktorá sa nachádza na južných svahoch geomorfologického celku Kremnické vrchy, v podcelku Türovské predhorie. Bystrina patrí do povodia SVP-IX – Hron, čiastkového povodia 4-23-04, a má hydrologické poradie 4-23-04-026. Je pravostranným prítokom Hrona, do ktorého sa vlieva 0,45 km juhovýchodne od obce Hronská Dúbrava.

Výpočet koeficienta bystrinnosti povodia K_b v zmysle STN 73 6820 a Zmeny a-7/1989 k uvedenej STN sme zistili, že ide o bystrinu II. kategórie, pričom $K_b = 0,309$ (Jakubis, 1994). Maximálny potenciálny

odnos dnových splavenín (Kronfellner-Kraus, 1988) $W_s = 29\,383 \text{ m}^3$.

Plocha povodia bystriny Železnobreznický potok je $23,5 \text{ km}^2$, celková dĺžka hlavného toku je $12,5 \text{ km}$. Tok pramení v nadmorskej výške 830 m v lokalite Voliarky. Do Hrona vyúsťuje v nadmorskej výške 275 m . Absolútny výškový rozdiel toku je $\Delta H_t = 555 \text{ m}$. Najvyšším bodom v povodí je kóta na hrebeni (rozvodnici) medzi lokalitami Prebitá skala a Za vrch lúka s nadmorskou výškou 925 m . Absolútny výškový rozdiel povodia $\Delta H_p = 650 \text{ m}$. Priemerná nadmorská výška povodia je 595 m . Lesnatosť povodia $1\% = 70,1\%$. Priemerný sklon toku je $I_{\text{ot}} = 5,34\%$. Priemerný sklon svahov povodia $I_{\text{op}} = 27,11\%$. Celková dĺžka tokov v povodí je $L_c = 29,78 \text{ km}$ (z toho prítoky $L_p = 17,28 \text{ km}$). Priemerná hustota tokov v povodí je $1,267 \text{ km.km}^{-2}$. 100-ročný prietok $Q_{100} = 32 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$; maximálny špeciálny odtok $q_{\text{max}} = 1,36 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$; priemerný dlhodobý ročný prietok $Q_a = 210 \text{ l.s}^{-1}$; 1-ročný prietok $Q_1 = 3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$; 364-dňový prietok $Q_{364d} = 16 \text{ l.s}^{-1}$. Odtokový súčiniteľ $\alpha_o = 0,345$, priemerná ročná teplota v povodí $\bar{T} = 5,9^\circ \text{C}$, klimatický koeficient $K_K = 6,48$.

PRÍRODNÉ POMERY

Kremnické vrchy, v ktorých sa Železnobreznický potok nachádza, sú tretiohorný geomorfologický celok, ktorý prešiel niekoľkými fázami vulkanizmu. Z materských hornín prevládajú pyroklastiká pyroxenických andezitov – andezitové tufy, tufity, aglomerátové tufy a tufové aglomeráty. Pyroxénické andezity budujú vrcholové časti povodia (hrebene). Pod nimi sa vyskytujú amfibolicko-biotitické andezity. V bazálnych polohách povodia sa nachádzajú prevažne tufity s vložkami ílov, pieskovcov a štrkov. Z typov pôd prevládajú kambizeme typické (85 % plochy povodia), ďalej sa vyskytujú rankre typické, kambizeme andozemné, menej rankre typické a aluviálne pôdy (fluvizem psefitická, fluvizem typická a fluvizem hlinitá).

Z pôdných druhov v povodí prevládajú hlinité pôdy (97 % plochy povodia), zostatok (3 %) tvoria piesočnatohlinité pôdy.

Klimatické pomery povodia sú značne diferencované. Bazálne polohy povodia patria do teplého, mierne vlhkého klimatického obvodu A_6 s januárovou teplotou okolo 4°C , teda s chladnou zimou. Nadmorské výšky 400 – 500 m patria do klimatického obvodu B_5 , mierne teplého, mierne vlhkého, vrchovinového. Od 500 do 700 m n. m. ide o klimatický obvod B_8 – mierne teplý, vlhký, vrchovinový. V nadmorských výškach nad 700 m nastupuje klimatická oblasť C – chladná, s dostatkom vlhky, ktorú reprezentuje mierne chladný klimatický obvod C_1 . Priemerný ročný zrážkový úhrn v povodí (podľa SHMÚ Bratislava, pobočka Banská Bystrica) $H_z = 905 \text{ mm}$.

Čo sa týka lesných porastov, v povodí sa vyskytujú v 1.–5. lesnom vegetačnom stupni, t.j. v dubovom, bukovodubovom, dubovo-bukovom, bukovom a jedľovo-bukovom. Prevládajú listnaté dreviny (cca 75 %) nad

ihličnatými (cca 25 %). Veková štruktúra porastov v povodí je veľmi rozmanitá, vyskytujú sa v ňom všetky vekové skupiny porastov, pričom plošné rozmiestnenie jednotlivých vekových skupín v povodí je nepravidelné.

METODIKA

V rokoch 1991–1998 sme na Železnobreznickom potoku založili spolu 77 pokusných úsekov (PÚ) so 77 pokusnými profilmi (PP), a to v rôznych vzdialenostiach od rieky Hron. Dĺžka PÚ bola od 11 m do 20 m.

Po vytýčení a založení PÚ a PP sme vykonali terénne merania a odber vzoriek splavenín. Zmerali sme (pomocou nivelačného prístroja) pozdĺžny sklon PÚ a podrobný priečny rez PP, ktorý sme vyniesli na milimetrový papier v mierke 1 : 100. Digitálnym planimetrom sme zistili plochu prietokového profilu S (m²) a odmeraním dĺžky čiastkových (O_1 , O_2) a celkového omočeného obvodu O (m) následne sme vypočítali hodnotu hydraulického rádia R vzťahom $R = S \cdot O^{-1}$ (m). Na vynesenom

priečnom reze sme zmerali geometrické charakteristiky prietokového profilu – šírku v brehoch B , šírku dna b a výšku H a určili sklony svahov 1 : m_1 a 1 : m_2 .

Vzorky splavenín sme odoberali z povrchovej vrstvy tak, že na PP sme kolmo na os toku vytýčili pomocou špagátu pruh o šírke maximálneho vyskytujúceho sa zrna splavenín $d_{\max}$. Na každom PP sme odobrali jednu vzorku (spolu 77), pričom hmotnosti jednotlivých vzoriek sa pohybovali od 50,12 kg do 59,38 kg. V laboratóriu sme vykonali sitový zrnitosťový rozbor. Väčšie otvory, ako obsahovali sitá, sme urobili z tvrdej lepenky. Na základe zbytkov na jednotlivých sitách sme určili vážením ich hmotnostné podiely, percentuálne zastúpenie a vyniesli sme krivky zrnitosti. Z nich sme odčítali hodnoty d_{50} a d_{65} .

Hodnotu d_{65} sme použili na zistenie drsnosti dna koryta (n_1) z tabuliek (Š k o p e k , N o v á k , 1977). Hodnota n_2 znamená hodnotu stupňa drsnosti nekoseného trávneho porastu (J a k u b i s , 1993). Výslednú hodnotu stupňa drsnosti n sme vypočítali vzťahom:

I. Geometrické charakteristiky pokusných profilov 1–21 – Geometric characteristics of experimental profiles 1–21

Pokusný úsek č. ¹	Staničenie ² (km)	Nadmorská výška ³ (m n. m.)	L_{PU} (m)	B (m)	b (m)	H (m)	o_1 (m)	o_2 (m)	O (m)	S (m ²)	R (m)	Sklon svahu ⁴	
												1 : m_1 vpravo ⁵	1 : m_2 vľavo ⁶
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	0,230	278	20	7,40	4,10	1,30	5,5	2,9	8,4	7,60	0,905	1 : 1,2	1 : 1,3
2	0,355	280	20	7,30	4,00	1,30	5,5	2,7	8,2	7,60	0,927	1 : 1,3	1 : 1,2
3	0,480	282	15	7,10	3,50	1,20	6,0	2,0	8,0	6,20	0,775	1 : 1,7	1 : 1,3
4	0,620	284	15	7,30	3,30	1,20	5,1	2,8	7,9	6,50	0,822	1 : 1,8	1 : 1,5
5	0,755	286	14	7,00	3,30	1,00	6,3	1,2	7,5	5,40	0,720	1 : 1,5	1 : 1,9
6	0,905	288	15	5,80	3,70	1,00	6,6	–	6,6	4,50	0,682	1 : 0,9	1 : 1,2
7	1,040	289	12	6,00	3,20	0,90	5,2	1,4	6,6	4,00	0,606	1 : 1,4	1 : 2,2
8	1,185	292	13	5,40	2,80	1,10	5,1	1,0	6,1	4,40	0,721	1 : 0,9	1 : 1,7
9	1,315	294	13	5,90	3,40	0,90	5,5	0,9	6,4	3,80	0,594	1 : 1,4	1 : 1,5
10	1,465	296	11	6,65	3,50	1,10	6,0	1,4	7,4	5,50	0,734	1 : 1,7	1 : 1,0
11	1,605	298	12	6,40	2,70	0,80	4,4	2,3	6,7	3,80	0,567	1 : 2,2	1 : 2,0
12	1,740	299	15	5,90	2,70	1,00	4,4	2,3	6,7	4,00	0,597	1 : 1,2	1 : 2,0
13	1,875	303	13	6,00	2,80	0,90	5,4	0,8	6,2	3,80	0,613	1 : 2,0	1 : 1,6
14	2,015	308	15	6,40	2,80	0,80	6,0	0,8	6,8	3,50	0,514	1 : 1,8	1 : 2,3
15	2,150	311	15	6,30	2,60	0,70	4,5	1,8	6,3	3,00	0,476	1 : 2,5	1 : 2,0
16	2,295	317	11	6,40	2,70	1,00	4,7	2,5	7,2	4,50	0,625	1 : 2,1	1 : 1,3
17	2,440	321	12	5,90	3,40	0,80	5,1	1,3	6,4	3,40	0,531	1 : 1,2	1 : 2,3
18	2,570	325	13	6,50	2,50	0,90	4,6	2,0	6,6	3,80	0,576	1 : 2,5	1 : 1,8
19	2,700	329	12	6,60	2,80	1,00	4,7	2,2	6,9	4,80	0,696	1 : 2,0	1 : 2,0
20	2,825	332	12	6,10	2,90	0,90	5,7	0,9	6,6	4,30	0,652	1 : 0,8	1 : 2,9
21	2,960	336	12	6,00	2,00	1,00	4,0	2,4	6,4	4,40	0,688	1 : 1,7	1 : 1,8

Vysvetlivky k tab. I–IV – Legend to Tabs. I–IV

L_{PU} – dĺžka pokusného úseku (m) – experimental section length (m), B – šírka koryta v brehoch (m) – bed width inside the banks (m), b – šírka koryta v dne (m) – bed width in the bottom (m), H – výška prietokového profilu (m) – height of discharge profile (m), o_1 , o_2 – čiastkové omočené obvody pre jednotlivé stupne drsnosti (m) – partial wetted perimeters for the particular degrees of roughness (m), O – celkový omočený obvod (m) – total wetted perimeter (m), S – plocha prietokového profilu (m²) – discharge profile area (m²), R – hydraulický rádius (m) – hydraulic radius (m), 1 : m – sklon svahov v brehu – bank slope gradient

¹ES No., ²stationing, ³height above sea level, ⁴slope gradient, ⁵right, ⁶left

$$n = \frac{(O_1 \cdot n_1^{3/2} \cdot O_2 + n_2^{3/2})^{2/3}}{O^{2/3}} \quad (2)$$

Výpočet súčiniteľa kváziróvnomerneho prúdenia M_{kp} sme uskutočnili vzťahom (1). Hodnotu Q_K (v menovateli vzťahu (1)) sme vypočítali vzťahom:

$$Q_K = S \cdot v \quad (\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}) \quad (3)$$

kde: Q_K – kapacitný prietok (plný prietokovým profilom) v $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$,
 S – plocha prietokového profilu (m^2),
 v – priemerná profilová rýchlosť ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$) vypočítaná Chezyho rýchlostným vzorcom s Pavlovského rýchlostným súčiniteľom.

Chezyho rovnicu sme na výpočet priemernej profilovej rýchlosti aplikovali aj z toho dôvodu, že pozdĺžny sklon bystriny vo všetkých PÚ $i < 0,07$ (7 %), pričom túto rovnicu odporúčajú viacerí autori práve pre takéto sklony (Zachar et al., 1984; Krešl, 1990, a iní).

VÝSLEDKY A DISKUSIA

V teréne zmerané geometrické charakteristiky všetkých 77 pokusných profilov (PP) obsahujú tab. I–IV. Hydraulické charakteristiky jednotlivých PP a pokusných úsekov (PÚ) sú uvedené v tab. V–VIII.

Zo zistených výsledkov považujeme za dôležité najmä nasledovné:

- Stupeň ustálenosti skúmaných úsekov koryta bystriny, ktorý sme vizuálne posúdili v teréne, veľmi dobre korešponduje so stupňom ustálenosti, ktorý sme vypočítali na základe súčiniteľa kváziróvnomerneho prúdenia M_{kp} .
- Vypočítané hodnoty súčiniteľov M_{kp} , ktoré v zmysle vytvorenej stupnice vyjadrujú stupeň ustálenosti konkrétnych úsekov koryta, sa pohybujú v rozpätí od $M_{kp} = 0,545$ (PP 1 v km 0,230), čo znamená veľmi dobre ustálené koryto, do $M_{kp} = 0,432$ (PP 75 v km 10,370), čo znamená silno (výrazne) neustálené koryto.
- V teréne zmerané pozdĺžne sklony toku jednotlivých PÚ sa pohybujú v rozpätí od $i = 1,19$ ‰ (0,0119) na PÚ 1 v km 0,230 do $i = 6,79$ ‰ (0,0679) na PÚ 75 v km 10,370.
- Stupeň ustálenosti koryta má smerom od ústia toku do rieky Hron k prameňu klesajúcu tendenciu. Vyskytujú sa kategórie ustálenosti II.–V. Detailný prehľad vypočítaných hodnôt M_{kp} obsahujú tab. V–VIII v stĺpcoch 13, k nim prislúchajúce kategórie sú vyznačené v stĺpcoch 14 týchto tabuliek.
- Podrobnou analýzou vzťahu medzi pozdĺžnym sklonom jednotlivých PÚ i a stupňom ich ustálenosti, vyjadreným hodnotou M_{kp} , sme zistili tesnú korelač-

II. Geometrické charakteristiky pokusných profilov 22–41 – Geometric characteristics of experimental profiles 22–41

Pokusný úsek č. ¹	Staničenie ² (km)	Nadmorská výška ³ (m n. m.)	L_{PU} (m)	B (m)	b (m)	H (m)	o_1 (m)	o_2 (m)	O (m)	S (m^2)	R (m)	Sklon svahu ⁴	
												1 : m_1 vpravo ⁵	1 : m_2 vľavo ⁶
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
22	3,100	340	15	6,20	3,00	0,70	4,4	2,0	6,4	3,10	0,484	1 : 1,4	1 : 2,2
23	3,230	343	12	6,10	2,50	0,70	4,7	1,8	6,5	3,00	0,462	1 : 1,7	1 : 3,9
24	3,380	348	13	5,20	2,40	0,60	4,0	1,5	5,5	2,30	0,418	1 : 0,6	1 : 4,5
25	3,505	351	14	5,50	2,80	0,80	5,1	0,9	6,0	3,30	0,550	1 : 1,8	1 : 1,6
26	3,645	356	14	5,70	2,80	0,60	4,2	1,8	6,0	2,60	0,433	1 : 1,0	1 : 3,8
27	3,775	361	12	5,80	2,70	0,80	4,7	1,6	6,3	3,30	0,524	1 : 2,4	1 : 0,9
28	3,915	366	14	5,70	2,20	0,90	5,2	1,1	6,3	3,50	0,556	1 : 2,7	1 : 1,4
29	4,065	372	11	5,10	2,00	0,75	4,5	1,0	5,5	3,20	0,582	1 : 1,9	1 : 2,0
30	4,185	376	11	5,40	1,90	0,80	4,7	1,1	5,8	3,10	0,534	1 : 1,8	1 : 2,1
31	4,305	380	14	5,30	2,30	0,60	4,6	1,0	5,6	2,20	0,393	1 : 2,2	1 : 2,6
32	4,415	384	13	5,00	1,80	0,70	4,3	0,9	5,2	1,90	0,365	1 : 2,1	1 : 3,3
33	4,555	389	11	4,80	1,90	0,75	3,9	1,1	5,0	2,70	0,540	1 : 1,6	1 : 2,0
34	4,700	394	11	4,90	1,90	0,80	4,6	0,9	5,5	3,00	0,545	1 : 1,3	1 : 2,3
35	4,830	398	12	4,90	1,50	0,75	3,7	1,5	5,2	2,80	0,538	1 : 2,0	1 : 2,6
36	4,975	403	13	4,90	1,80	0,70	4,6	0,8	5,4	2,50	0,463	1 : 2,2	1 : 2,1
37	5,115	408	13	4,80	1,80	0,60	3,7	1,5	5,2	2,00	0,385	1 : 4,3	1 : 0,9
38	5,250	412	14	4,90	2,50	0,60	4,1	1,2	5,3	1,90	0,358	1 : 3,1	1 : 1,6
39	5,375	416	15	4,60	1,40	0,65	3,6	1,1	4,7	2,00	0,426	1 : 3,0	1 : 1,7
40	5,505	420	12	3,90	1,30	0,80	3,3	1,0	4,3	1,90	0,442	1 : 1,8	1 : 1,6
41	5,630	424	13	3,90	2,20	0,70	3,9	0,7	4,6	2,00	0,435	1 : 1,1	1 : 1,2

For 1–6 see Tab. I

III. Geometrické charakteristiky pokusných profilov 42–61 – Geometric characteristics of experimental profiles 42–61

Pokusný úsek č. ¹	Staničenie ² (km)	Nadmorská výška ³ (m n. m.)	L_{PU} (m)	B (m)	b (m)	H (m)	σ_1 (m)	σ_2 (m)	O (m)	S (m ²)	R (m)	Sklon svahu ⁴	
												1 : m_1 vpravo ⁵	1 : m_2 vľavo ⁶
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
42	5,740	429	11	3,90	1,60	0,65	3,0	1,6	4,6	2,00	0,435	1 : 1,6	1 : 2,2
43	5,870	434	13	3,90	1,90	0,60	4,4	–	4,4	1,70	0,386	1 : 2,1	1 : 1,0
44	6,010	440	13	4,00	2,10	0,80	4,6	–	4,6	1,90	0,413	1 : 2,0	1 : 0,4
45	6,150	445	15	4,10	1,80	0,70	4,7	–	4,7	2,10	0,447	1 : 1,7	1 : 2,0
46	6,285	451	15	4,20	2,20	0,70	3,8	–	4,8	2,20	0,458	1 : 0,7	1 : 2,3
47	6,430	461	15	3,90	1,40	0,60	3,3	1,0	4,3	1,30	0,302	1 : 2,3	1 : 2,0
48	6,580	472	14	3,60	2,60	0,60	4,3	–	4,3	1,90	0,442	1 : 0,7	1 : 0,8
49	6,720	480	14	4,10	2,90	0,50	4,8	–	4,8	1,60	0,333	1 : 2,2	1 : 0,5
50	6,845	487	12	3,50	1,10	0,80	4,1	–	4,1	1,90	0,463	1 : 1,1	1 : 1,8
51	6,985	495	15	3,00	2,10	0,70	3,7	–	3,7	1,70	0,459	1 : 0,9	1 : 0,8
52	7,120	502	11	3,90	3,30	0,80	4,5	–	4,5	1,70	0,378	1 : 0,6	1 : 0,4
53	7,250	510	11	4,00	3,40	0,50	4,6	–	4,6	1,90	0,413	1 : 0,7	1 : 0,5
54	7,390	519	11	3,90	1,70	0,65	4,6	–	4,6	2,20	0,478	1 : 1,6	1 : 1,0
55	7,510	526	13	4,00	1,40	0,70	3,4	1,2	4,6	1,70	0,370	1 : 3,5	1 : 0,6
56	7,650	533	15	3,70	1,90	0,60	3,1	1,0	4,1	1,60	0,390	1 : 1,5	1 : 1,2
57	7,790	540	14	3,70	1,60	0,70	3,3	1,0	4,3	2,10	0,488	1 : 0,7	1 : 2,5
58	7,930	548	15	3,50	2,50	0,60	4,3	–	4,3	1,80	0,419	1 : 1,3	1 : 0,4
59	8,060	556	14	3,60	1,70	0,70	4,5	–	4,5	2,10	0,467	1 : 1,5	1 : 1,1
60	8,200	565	14	3,30	2,40	0,60	4,0	–	4,0	1,40	0,350	1 : 1,2	1 : 0,4
61	8,335	573	11	2,90	1,20	0,60	3,6	–	3,6	1,20	0,333	1 : 1,1	1 : 1,7

For 1–6 see Tab. I

IV. Geometrické charakteristiky pokusných profilov 62–77 – Geometric characteristics of experimental profiles 62–77

Pokusný úsek č. ¹	Staničenie ² (km)	Nadmorská výška ³ (m n. m.)	L_{PU} (m)	B (m)	b (m)	H (m)	σ_1 (m)	σ_2 (m)	O (m)	S (m ²)	R (m)	Sklon svahu ⁴	
												1 : m_1 vpravo ⁵	1 : m_2 vľavo ⁶
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
62	8,470	581	13	2,70	1,60	0,55	2,5	0,8	3,3	1,10	0,333	1 : 1,1	1 : 0,8
63	8,600	587	13	1,40	1,00	0,55	1,9	0,4	2,3	0,80	0,348	1 : 0,5	1 : 0,5
64	8,740	594	11	1,60	1,20	0,60	2,0	0,4	2,4	0,90	0,378	1 : 0,6	1 : 0,7
65	8,875	602	11	1,60	0,80	0,60	2,0	0,3	2,3	0,80	0,348	1 : 1,5	1 : 0,3
66	9,025	614	12	1,20	0,80	0,50	1,5	0,4	1,9	0,60	0,316	1 : 0,4	1 : 0,6
67	9,190	628	12	1,50	1,20	0,50	2,0	0,3	2,3	0,70	0,304	1 : 0,7	1 : 0,1
68	9,340	641	12	1,10	1,00	0,50	1,9	–	1,9	0,50	0,263	1 : 0,2	1 : 0,1
69	9,470	653	13	0,90	0,40	0,45	1,5	–	1,5	0,30	0,200	1 : 0,6	1 : 0,7
70	9,605	664	11	1,00	0,80	0,45	1,8	–	1,8	0,40	0,222	1 : 0,5	1 : 0,2
71	9,750	678	11	0,95	0,70	0,40	2,1	–	2,1	0,70	0,333	1 : 0,8	1 : 0,1
72	9,905	698	12	0,90	0,70	0,40	1,6	–	1,5	0,30	0,188	1 : 0,4	1 : 0,2
73	10,055	712	13	0,60	0,40	0,40	1,3	–	1,3	0,18	0,138	1 : 0,3	1 : 0,3
74	10,200	724	11	0,80	0,60	0,35	1,5	–	1,5	0,24	0,160	1 : 0,2	1 : 0,2
75	10,370	738	11	0,65	0,50	0,35	1,3	–	1,3	0,18	0,138	1 : 0,1	1 : 0,2
76	10,545	751	12	0,70	0,50	0,35	1,3	–	1,3	0,21	0,162	1 : 0,5	1 : 0,2
77	10,720	767	11	0,60	0,40	0,35	1,2	–	1,2	0,21	0,175	1 : 0,3	1 : 0,5

For 1–6 see Tab. I

nú závislosť. Vypočítaná hodnota indexu korelácie $I_{yx} = 0,940$.

- Na vyrovnanie závislosti medzi pozdĺžnym sklonom toku i a hodnotou M_{kp} sme vypočítali krivku – hyperbolu prvého stupňa, ktorá má všeobecný tvar:

$$y = a_0 + a_1 \cdot x^{-1} \quad (4)$$

Grafické znázornenie závislosti je na obr. 1.

- Po dosadení vypočítaných koeficientov (parametrov) regresnej krivky do rovnice (4) nadobudne táto tvar:

$$y = 0,4167127 + 0,1552662 \cdot x^{-1} \quad (5)$$

$$M_{kp} = 0,4167127 + 0,1552662 \cdot i^{-1} \quad (6)$$

Absolútny koeficient a_0 v rovniciach vyjadruje vplyv neuvažovaných alebo náhodných činiteľov na veľkosť určovaných hodnôt; regresný koeficient a_1 vyjadruje vplyv hodnoty pozdĺžneho sklonu toku (PÚ) i na veľkosť hodnoty M_{kp} .

- Z vypočítanej hodnoty indexu korelácie $I_{yx} = 0,940$ vyplýva, že stupeň závislosti stupňa ustálenosti (M_{kp}) na pozdĺžnom sklone bystriny i je veľmi vysoký. Ak vypočítame výsledok vzťahu $\sqrt{1 - I_{yx}^2} = \sqrt{1 - 0,94^2} = 0,34$, zistíme, že chyba od-

hadu stupňa ustálenosti M_{kp} z pozdĺžneho sklonu i sa použitím rovnice (6) zníži na 34 %.

- Hodnota indexu determinácie $I_{yx}^2 = 0,88$ ukazuje, že 88 % celkového rozptylu hodnôt stupňa ustálenosti M_{kp} je spôsobené ich závislosťou od pozdĺžneho sklonu toku i .

- Index korelácie $I_{yx} = 0,940$ je vypočítaný z výsledkov náhodného výberu, je teda náhodnou veličinou, ktorá môže pri opakovaných výberoch nadobúdať vždy iné hodnoty. Ak sa chceme presvedčiť, či sa vypočítaný výberový index korelácie I_{yx} významne líši od nuly, t.j. či korelácia medzi skúmanými znakmi skutočne existuje, testujeme nulovú hypotézu, že v základnom súbore je index korelácie ρ_{yx} rovný nule (Šmelko, 1991).

Nulová hypotéza H_0 teda znie: $\rho_{yx} = 0$. Túto hypotézu môžeme testovať pomocou testovacej charakteristiky:

$$t = \frac{I_{yx}}{\frac{s_r}{\sqrt{n}}}, \quad (7)$$

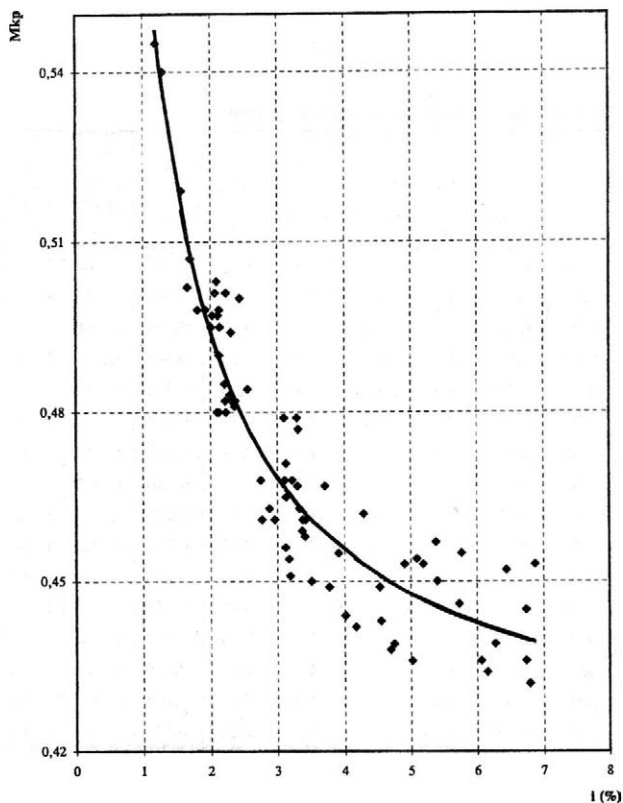
pričom:

$$\hat{s}_r = \frac{\sqrt{1 - I_{yx}^2}}{n - 2} \quad (8)$$

$$y = a_0 + a_1/x$$

$$a_0 = 0,416712693, a_1 = 0,155266213$$

$$I_{yx} = 0,939765055$$



1. Vzťah medzi pozdĺžnym sklonom bystriny a stupňom ustálenosti koryta – Relations between torrent longitudinal slope and degree of bed resistance

Pokusný úsek č. 1	d_{50} (m)	d_{65} (m)	$H.d_{50}^{-1}$	$R.d_{50}^{-1}$	n_1	n_2	n_c	i (%)	c ($m^{0.5}.s^{-1}$)	v ($m.s^{-1}$)	Q_k ($m^3.s^{-1}$)	M_{kp}	Kat.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	0,059	0,071	22,034	15,712	0,0310	0,036	0,0327	1,19	29,726	3,088	23,474	0,545	II.
2	0,061	0,073	21,312	15,197	0,0310	0,036	0,0326	1,29	30,003	3,248	24,960	0,540	II.
3	0,077	0,091	15,584	10,065	0,0320	0,036	0,0330	1,66	28,251	3,204	19,867	0,502	III.
4	0,070	0,083	17,143	11,743	0,0313	0,036	0,0329	1,57	28,771	3,270	21,258	0,519	III.
5	0,079	0,090	12,658	9,114	0,0320	0,036	0,0326	1,70	27,984	3,096	16,718	0,507	III.
6	0,082	0,088	12,195	8,317	0,0318	–	0,0318	1,81	28,319	3,146	14,158	0,498	III.
7	0,080	0,105	11,250	7,575	0,0323	0,036	0,0331	1,93	26,244	2,838	11,353	0,498	III.
8	0,089	0,100	12,360	8,101	0,0320	0,036	0,0326	2,13	27,985	3,468	15,259	0,498	III.
9	0,086	0,103	10,465	6,907	0,0322	0,036	0,0327	2,01	26,389	2,883	10,957	0,495	III.
10	0,090	0,105	12,222	8,156	0,0323	0,036	0,0330	2,13	27,914	3,511	19,314	0,480	III.
11	0,088	0,105	9,091	6,443	0,0323	0,036	0,0336	2,03	25,330	2,717	10,326	0,497	III.
12	0,098	0,115	10,204	6,092	0,0328	0,036	0,0339	2,13	25,445	2,869	11,447	0,490	III.
13	0,090	0,107	10,000	6,811	0,0324	0,036	0,0329	2,09	26,518	3,001	11,406	0,503	III.
14	0,097	0,111	8,247	5,299	0,0326	0,036	0,0330	2,10	25,072	2,607	9,125	0,480	III.
15	0,090	0,114	7,778	5,289	0,0327	0,036	0,0336	2,14	23,968	2,419	7,257	0,495	III.
16	0,093	0,107	10,753	6,720	0,0324	0,036	0,0336	2,11	26,003	2,986	13,437	0,480	III.
17	0,094	0,113	8,511	5,649	0,0327	0,036	0,0334	2,22	24,999	2,714	9,228	0,482	III.
18	0,095	0,104	9,474	6,063	0,0322	0,036	0,0333	2,11	25,627	2,825	10,736	0,497	III.
19	0,099	0,106	10,101	7,030	0,0323	0,036	0,0335	2,07	26,977	3,238	15,543	0,501	III.
20	0,093	0,103	9,677	7,011	0,0322	0,036	0,0327	2,21	27,124	3,255	14,000	0,485	III.
21	0,103	0,111	9,709	6,680	0,0326	0,036	0,0339	2,23	26,550	3,288	14,470	0,501	III.

Vysvetlivky k tab. V–VIII – Legend to Tabs. V–VIII:

d_{50} – veľkosť zrna zodpovedajúca 50% zastúpeniu odčítanom na krivke zrnitosti (m) – grain size corresponding to 50% representation read off in texture curve (m), $d_{65} = d_e$ – rozmer efektívneho zrna, veľkosť zrna zodpovedajúca 65% zastúpeniu odčítanom na krivke zrnitosti (m) – size of effective grain, grain size corresponding to 65% representation read off in texture curve (m), n_1, n_2 – čiastkové stupne drsnosti (–) – partial degrees of roughness (–), n_c – celkový stupeň drsnosti koryta (–) – total degree of bed roughness (–), i – sklon pokusného úseku (%) – experimental section slope (%), c – rýchlostný súčiniteľ podľa Pavlovského ($m^{0.5}.s^{-1}$) – velocity coefficient according to Pavlovsky ($m^{0.5}.s^{-1}$), v – priemerná profilová rýchlosť podľa Chezyho ($m.s^{-1}$) – average profile velocity according to Chezy ($m.s^{-1}$), Q_k – kapacitný prietok ($m^3.s^{-1}$) – capacity discharge ($m^3.s^{-1}$), M_{kp} – súčiniteľ kvázirvnomeného prúdenia (–) – coefficient of quasiuniform flow (–), Kat. – kategória ustálenosti (–) – category of resistance (–)

¹ES No.

ktorá za predpokladu, že výber pochádza z aspoň približne normálne rozdeleného základného súboru s indexom korelácie $\rho_{yx} = 0$, má Studentovo t rozdelenie s $f = n - 2$ stupňami voľnosti. Hodnota $\hat{s}_r$ znamená odhad smerodajnej odchýlky (strednej chyby) rozdelenia všetkých možných výberových indexov korelácie.

V našom prípade – v závislosti medzi pozdĺžnym sklonom toku i (nezavislá premenná) a stupňom ustálenosti koryta M_{kp} (závislá premenná), pre ktorý $I_{yx} = 0,940$, bude:

$$t = \frac{I_{yx}}{\sqrt{\frac{1 - I_{yx}^2}{n - 2}}} = \frac{0,940}{\sqrt{\frac{1 - 0,940^2}{77 - 2}}} = 23,86 \quad (9)$$

Vypočítaná hodnota $t = 23,86 > t_{0,01(75)} = 2,649$, ale platí aj $t = 23,86 > t_{0,001(75)} = 3,438$.

To znamená, že index korelácie $I_{yx} = 0,940$ je veľmi významne rozdielny od nuly, a to nielen s pravdepodobnosťou 99 %, ale aj 99,9 %.

Okrem uvedeného postupu sme porovnali vypočítanú hodnotu indexu korelácie $I_{yx} = 0,940$ s tzv. kritickou

hodnotou indexu korelácie $I_{\alpha(f)}$ na základe zvolenej hladiny významnosti $\alpha = 0,01$ príslušného počtu stupňov voľnosti $f = n - 2$, t.j. $f = 77 - 2 = 75$ (Šmelko, 1991).

V tomto prípade:

$I_{yx} > I_{\alpha(f)}$, resp. $0,940 > 0,2655$, čiže výberový index korelácie je s 99% spoľahlivosťou rozdielny od nuly.

– Uvedomujeme si, že na hodnotu M_{kp} vplyva okrem pozdĺžneho sklonu toku (PŮ) aj celý rad ďalších súvisiacich charakteristík. Podrobnú analýzu týchto vzťahov, vzhľadom na možný rozsah práce, nie je reálne rozoberať detailnejšie; plánujeme tak vykonať v samostatnej práci, zameranej na problematiku geometrickej a hydrodynamickej podobnosti koryt tokov, pretože sme skúmali aj vzťah $B = Q^{x1}$; $H = Q^{x2}$; $R = Q^{x3}$; $(B + b)^{-2} \approx Q^{x4}$, pričom sme dospeli k veľmi zaujímavým výsledkom.

– Dôležitým zistením je skutočnosť, že modelovaním pozdĺžneho sklonu toku je možné významne napomáhať postupnému prirodzenému ustálovaniu koryta.

– Ak predpokladáme, že platí vzťah (1), po úprave bude platiť:

VI. Hydraulické charakteristiky pokusných profilov 22–41 – Hydraulic characteristics of experimental profiles 22–41

Pokusný úsek č. ¹	d_{50} (m)	d_{65} (m)	$H.d_{50}^{-1}$	$R.d_{50}^{-1}$	n_1	n_2	n_c	i (%)	c ($m^{0.5}.s^{-1}$)	v ($m.s^{-1}$)	Q_k ($m^3.s^{-1}$)	M_{kp}	Kat.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
22	0,109	0,117	6,422	4,440	0,0329	0,036	0,0339	2,29	23,910	2,517	7,803	0,483	III.
23	0,110	0,122	6,364	4,200	0,0331	0,036	0,0339	2,23	23,531	2,388	7,165	0,480	III.
24	0,113	0,127	5,310	3,699	0,0335	0,036	0,0342	2,31	22,607	2,221	5,109	0,494	III.
25	0,102	0,113	7,843	5,392	0,0327	0,036	0,0332	2,37	25,406	2,900	9,572	0,482	III.
26	0,111	0,120	5,405	3,901	0,0330	0,036	0,0339	2,36	23,081	2,333	6,066	0,481	III.
27	0,109	0,124	7,339	4,807	0,0333	0,036	0,0340	2,34	24,390	2,700	8,912	0,482	III.
28	0,110	0,123	8,182	5,055	0,0332	0,036	0,0337	2,32	25,068	2,847	9,965	0,482	III.
29	0,114	0,129	6,579	5,105	0,0336	0,036	0,0340	2,44	25,132	2,994	9,583	0,500	III.
30	0,117	0,130	6,838	4,564	0,0337	0,036	0,0341	2,56	24,417	2,854	8,850	0,484	III.
31	0,119	0,130	5,042	3,303	0,0337	0,036	0,0341	2,75	22,223	2,310	5,082	0,468	IV.
32	0,107	0,113	6,542	3,411	0,0327	0,036	0,0333	2,88	22,379	2,294	4,359	0,463	IV.
33	0,099	0,116	7,576	5,455	0,0328	0,036	0,0335	3,10	25,010	3,235	8,737	0,479	IV.
34	0,090	0,111	8,889	6,056	0,0326	0,036	0,0331	2,96	25,377	3,223	9,669	0,461	IV.
35	0,101	0,119	7,426	5,327	0,0330	0,036	0,0339	3,30	24,693	3,290	9,212	0,467	IV.
36	0,109	0,122	6,422	4,248	0,0331	0,036	0,0335	3,17	23,850	2,889	7,223	0,454	IV.
37	0,103	0,120	5,825	3,738	0,0330	0,036	0,0339	3,12	22,268	2,440	4,881	0,456	IV.
38	0,119	0,131	5,042	3,008	0,0337	0,036	0,0342	3,19	21,510	2,298	4,367	0,451	IV.
39	0,120	0,133	5,417	3,550	0,0339	0,036	0,0344	3,31	22,568	2,679	5,359	0,477	IV.
40	0,121	0,130	6,612	3,653	0,0337	0,036	0,0342	3,29	22,956	2,768	5,259	0,479	IV.
41	0,121	0,137	5,785	3,595	0,0341	0,036	0,0344	3,33	22,721	2,734	5,469	0,463	IV.

¹ES No.

VII. Hydraulické charakteristiky pokusných profilov 42–61 – Hydraulic characteristics of experimental profiles 42–61

Pokusný úsek č. ¹	d_{50} (m)	d_{65} (m)	$H.d_{50}^{-1}$	$R.d_{50}^{-1}$	n_1	n_2	n_c	i (%)	c ($m^{0.5}.s^{-1}$)	v ($m.s^{-1}$)	Q_k ($m^3.s^{-1}$)	M_{kp}	Kat.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
42	0,119	0,130	5,462	3,656	0,0337	0,036	0,0345	3,13	22,639	2,641	5,283	0,471	IV.
43	0,117	0,135	5,128	3,299	0,0340	–	0,0340	3,22	22,189	2,473	4,205	0,468	IV.
44	0,120	0,137	6,667	3,442	0,0341	–	0,0341	3,37	22,579	2,663	5,061	0,459	IV.
45	0,121	0,139	5,785	3,694	0,0343	–	0,0343	3,42	22,981	2,841	5,962	0,461	IV.
46	0,120	0,133	5,833	3,817	0,0339	–	0,0339	3,38	23,137	2,878	6,333	0,461	IV.
47	0,118	0,130	5,085	2,559	0,0337	0,036	0,0420	3,41	20,365	2,066	2,686	0,458	IV.
48	0,117	0,123	5,128	3,778	0,0332	–	0,0332	3,11	23,777	2,787	5,296	0,468	IV.
49	0,120	0,127	4,167	2,775	0,0335	–	0,0335	2,77	21,565	2,071	3,313	0,461	IV.
50	0,126	0,130	6,349	3,675	0,0337	–	0,0337	3,91	23,716	3,190	6,062	0,455	IV.
51	0,120	0,131	5,833	3,825	0,0337	–	0,0337	3,71	23,653	3,086	5,247	0,467	IV.
52	0,123	0,133	6,504	3,073	0,0339	–	0,0339	3,13	22,110	2,405	4,088	0,465	IV.
53	0,120	0,127	4,167	3,442	0,0335	–	0,0335	3,51	22,050	2,775	5,273	0,450	IV.
54	0,127	0,139	5,118	3,764	0,0343	–	0,0343	4,29	20,958	3,001	6,602	0,462	IV.
55	0,137	0,145	5,110	2,701	0,0346	–	0,0346	3,77	21,167	2,500	4,250	0,449	IV.
56	0,136	0,149	4,412	2,868	0,0349	0,036	0,0352	4,53	21,391	2,843	4,549	0,449	IV.
57	0,135	0,138	5,185	3,615	0,0342	0,036	0,0346	4,55	23,378	3,483	7,315	0,443	IV.
58	0,136	0,144	4,412	3,081	0,0345	–	0,0345	4,01	22,368	2,899	5,218	0,444	IV.
59	0,144	0,157	4,861	3,243	0,0351	–	0,0351	4,17	22,688	3,166	6,648	0,442	IV.
60	0,149	0,158	4,027	2,349	0,0352	–	0,0352	4,70	20,633	2,710	3,794	0,438	V.
61	0,142	0,157	4,225	2,345	0,0351	–	0,0351	4,75	20,381	2,563	3,075	0,439	V.

¹ES No.

Pokusný úsek č. 1	d_{50} (m)	d_{65} (m)	$H \cdot d_{50}^{-1}$	$R \cdot d_{50}^{-1}$	n_1	n_2	n_c	i (%)	$\frac{C}{(m^{0.5} \cdot s^{-1})}$	v (m.s ⁻¹)	Q_k (m ³ .s ⁻¹)	M_{kp}	Kat.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
62	0,146	0,155	3,767	2,281	0,0351	0,036	0,0353	4,91	19,734	2,523	2,775	0,453	IV.
63	0,149	0,165	3,691	2,336	0,0353	0,036	0,0354	5,09	20,437	2,720	2,176	0,454	IV.
64	0,155	0,169	3,871	2,419	0,0354	0,036	0,0355	5,38	20,885	2,966	2,669	0,457	IV.
65	0,161	0,167	3,727	2,162	0,0353	0,036	0,0354	5,77	20,458	2,899	2,319	0,455	IV.
66	0,170	0,179	2,941	1,859	0,0356	0,036	0,0357	6,44	19,626	1,679	1,679	0,459	IV.
67	0,164	0,172	3,049	1,854	0,0354	0,036	0,0355	5,40	19,528	2,502	1,751	0,452	IV.
68	0,168	0,176	2,976	1,566	0,0355	–	0,0355	5,73	18,600	2,283	1,141	0,446	IV.
69	0,192	0,207	2,344	1,042	0,0363	–	0,0363	6,87	16,478	1,931	0,579	0,453	IV.
70	0,170	0,180	2,697	1,306	0,0356	–	0,0356	6,06	17,519	2,032	0,812	0,436	V.
71	0,190	0,203	2,105	1,753	0,0361	–	0,0361	5,02	19,697	2,546	1,782	0,436	V.
72	0,185	0,193	2,162	1,016	0,0359	–	0,0359	6,74	16,361	1,841	0,552	0,436	V.
73	0,185	0,191	2,162	0,746	0,0358	–	0,0358	6,15	14,810	1,304	0,245	0,434	V.
74	0,186	0,193	1,882	0,860	0,0359	–	0,0359	6,27	15,500	1,552	0,372	0,439	V.
75	0,185	0,190	1,892	0,746	0,0358	–	0,0358	6,79	14,810	1,433	0,258	0,432	V.
76	0,171	0,175	2,047	0,947	0,0355	–	0,0355	6,74	15,793	1,650	0,346	0,445	IV.
77	0,174	0,181	2,012	1,006	0,0356	–	0,0356	5,19	16,165	1,725	0,362	0,453	IV.

ES No.

$$M_{kp}^2 = \frac{R^2 \cdot (g \cdot B)^{0.5}}{S \cdot v} \quad (\text{m.s}^{-1}) \quad (10)$$

a tiež

$$v = \frac{R^2 \cdot (g \cdot B)^{0.5}}{S \cdot M_{kp}^2} \quad (\text{m.s}^{-1}) \quad (11)$$

pričom pri použití Chezyho rýchlostnej rovnice s Pavlovského rýchlostným súčiniteľom (pre $R < 1,0$) bude platiť:

$$\frac{1}{n} \cdot R^{1.5\sqrt{n}} \cdot \sqrt{R \cdot i} = \frac{R^2 \cdot (g \cdot B)^{0.5}}{S \cdot M_{kp}^2} \quad (12)$$

a po úprave:

$$\frac{1}{n^2} \cdot R^{3\sqrt{n}} \cdot R \cdot i = \frac{R^4 \cdot g \cdot B}{S^2 \cdot M_{kp}^4} \quad (13)$$

Zo vzťahu (5) môžeme vyjadriť hodnotu pozdĺžneho sklonu i nasledovne:

$$i = \frac{R^4 \cdot g \cdot B}{S^2 \cdot M_{kp}^4} \cdot \left[\frac{R^{3\sqrt{n}} \cdot R}{n^2} \right]^{-1} \quad (\%0,01) \quad (14)$$

a po úprave:

$$i = \frac{R^3 \cdot g \cdot B \cdot n^2}{S^2 \cdot M_{kp}^4 \cdot R^{3\sqrt{n}}} \quad (\%0,01) \quad (15)$$

resp. po konečnej úprave:

$$i = \frac{R^{3(1-\sqrt{n})} \cdot g \cdot B \cdot n^2}{S^2 \cdot M_{kp}^4} \quad (\%0,01) \quad (16)$$

Z výrazov (14 až 16) je zjavné, že ak do nich za hodnotu M_{kp} dosadíme (v týchto výrazoch) hodnotu požadovaného stupňa ustálenosti (v zmysle vytvorenej stupnice ustálenosti), dostaneme výpočtom taký pozdĺžny

sklon i , ktorý bude zodpovedať požadovanému stupňu ustálenosti.

– Vzhľadom na špecifické charakteristiky každého toku a povodia je potrebné, aby sa uvedeným spôsobom postupovalo po podrobnom prieskume ustálenosti každého toku samostatne. Aj bystrinný tok môže mať po dĺžke svojej trasy ustálené úseky, ktoré zásahy človeka nevyžadujú. Východiskovým podkladom pre posúdenie ustálenosti koryta bystriny musia byť podrobné terénne meračské práce, uskutočnené počas prieskumu povodia.

– Napodobňovaním prirodzene ustálených úsekov koryt bystrín sa vyhneme nežiadúcej jednotvárnosti a geometrickej pravidelnosti prípadných návrhov úprav bystrín. Z uvedených dôvodov sa takýmto ekologicky málo vyhovujúcim neprirodzeným úpravám môžeme vyhnúť pomocou aplikácie nových metód, vychádzajúcich z prírody blízkych zásahov do neustálených úsekov bystrín.

ZÁVER

Ak chceme podporiť proces prirodzeného dlhodobého ušľachťovania koryt bystrín ekologicky vhodnými postupmi a spôsobmi v súlade so súčasnými svetovými trendami v tejto problematike, musíme vychádzať z napodobňovania (modelovania) geometrických a hydraulických charakteristík prirodzene ustálených úsekov bystrín.

Ak by sme sa pri podpore ustálenosti bystrín obmedzili len na strohé technické zásahy, mohli by sme sice zvýšiť stabilitu takýchto koryt, prípadne zabrániť erózií, povodniam a iným škodám, ale na druhej strane by sme

nepriaznivo ovplyvnili prirodzenú heterogenitu korýt. Uvedené by malo za následok negatívne ovplyvnenie príslušných bystrinných ekosystémov a ich cenných zložiek, ako aj zhoršenie či zničenie životných podmienok pre niektoré cenné druhy živočíchov a rastlín.

Je nevyhnutné, aby sme zásahy do korýt tokov uskutočňovali len prírode blízkymi spôsobmi a len na takých neustálených úsekoch bystrín, ktoré sú narušované prídiacou vodou dlhodobo a významne.

Literatúra

- ALTUNIN, S. T., 1956. Regulirovanje rusel. Moskva, Selchozizdat: 334.
- BESCHTA, R. L. – PLATTS, W. S., 1986. Morphological features of small streams, significance and function. *Water Resour. Bull.*, 22: 369–379.
- GRIŠANIN, K. V., 1972. Teoria ruslovogo procesa. Moskva, Transport: 191.
- GRIŠANIN, K. V., 1981. Dinamika ruslovych potokov. Leningrad, Gidrometeorizdat: 223.
- HERYNEK, J. – KREŠL, J., 1998. Zásady protierozní a protipovodňové ochrany. Brno, MZLU: 23.
- CHOW, V. T., 1964. Handbook of Applied Hydrology. New York, Mc. Graw-Hill Book Comp.: 1418.
- JAKUBIS, M., 1993. K stanoveniu stupňov drsnosti zatrávnenia pre potreby dimenzovania prietokových profilov bystrín. *Lesnictví-Forestry*, 39: 454–463.
- JAKUBIS, M., 1994. Overovanie vzťahu na výpočet súčiniteľa bystrinnosti povodia na vodných tokoch v oblasti ŠLP TU vo Zvolene. *Lesn. Čas.*, 40: 125–139.
- JAKUBIS, M., 1995. K problematike morfogénny korýt vodných tokov na príklade bystriny Račková v Západných Tatrách. *Lesnictví-Forestry*, 41: 273–284.
- KAGANOV, J. I., 1981. Ruslovyje pereformirovanja pri regulovaní rek gorno-podgornoj zony. Lvov, Izdatel'stvo Lvovskogo univerziteta: 35.
- KLOPČEK, A., 1981. Úprava tokov. Bratislava, Príroda: 159.
- KREŠL, J., 1983. Hrazení bystrín. Brno, VŠZ: 184.
- KREŠL, J., 1984. Příspěvek k zaměření činnosti hrazení bystrín. In: Zbor. ref. z medzinár. symp. Lesotechnické meliorácie v ČSSR. Zvolen, ES VŠLD: 45–54.
- KREŠL, J., 1990. Lesnické meliorace. Praha, SPN: 226.
- KRONFELLNER-KRAUS, G., 1988. New results and experiences in the quantitative estimation of torrents. In: Beiträge zur Wildbacherosions- und Lawinenforschung (7), Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt, 159. Heft. Wien: 69–83.
- MACURA, L., 1966. Úpravy tokov. Bratislava, SVTL: 732.
- MACURA, V., 1987. Príspevok k určeniu a využitiu parametrov stabilného režimu horských tokov. *Vod. Hospod., řada A*, 37: 152–154.
- MACURA, V., 1990. Určenie hydraulických a geometrických parametrov stabilných úsekov tokov. In: Zbor. ref. z konf. Obnova vegetačného doprovodu toků a revitalizace povodí. Ostrava, SVK: 39–43.
- MACURA, V. – SZOLGAY, J. – KOHNOVÁ, S., 1995. Úpravy tokov. Bratislava, STU: 272.
- NOVÁK, L. – IBLOVÁ, M. – ŠKOPEK, V., 1986. Vegetace v úpravách vodních toků a nádrží. Praha, SNTL: 244.
- PATOČKA, C. – MACURA, L. et al., 1989. Úpravy toků. Praha, SNTL: 400.
- SCHAFFERNAK, F., 1950. Flussmorphologie und Flussbau. Wien, Springer-Verlag: 115.
- ŠKOPEK, V. – NOVÁK, L., 1977. Komentář k ON 48 2506 Hrazení bystrín a strží. Praha, VÚNM: 88.
- STANČÍK, A., 1966. Korytotvorný prietok a jeho použitie. *Vod. Hospod., XXXII*: 121–124.
- ŠMELKO, Š., 1991. Štatistické metódy v lesníctve. Zvolen, ES VŠLD: 276.
- VALTÝNI, J., 1989. Príspevok k poznaniu podmienok stability bystrinných ekosystémov. *Lesn. Čas.*, 35: 421–434.
- VALTÝNI, J. – KRÍŽOVÁ, E. – MESSINGEROVÁ, V., 1990. Vplyv brehových porastov na stabilitu bystrinného ekosystému. Zvolen, Vedecké práce VÚLH: 253–262.
- YU, B. – WOLMAN, M. G., 1987. Some dynamic aspects of river geometry. *Water Resour. Bull.*, 23: 501–509.
- ZACHAR, D. et al., 1984. Lesnické meliorácie. Bratislava, Príroda: 488.
- ŽELEZNIAKOV, G. V., 1981. Propusknaja sposobnosť rusel kanalov i rek. Leningrad, Gidrometeoizdat: 261.

Došlo 5. 10. 1998

THE EFFECT OF TORRENT LONGITUDINAL SLOPE ON THE DEGREE OF BED RESISTANCE

M. Jakubis

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

The effect of torrent longitudinal slope on the degree of bed resistance was studied. The degree of bed resistance of the separate sections of torrents is expressed by the value of the coefficient of quasiuniform flow M_{kp} (calculated from equation 1), which is in very good agreement with the degree of bed resistance of the separate experimental sections of torrents determined by vis-

ual evaluation in the field conditions, which was confirmed by present research on 269 experimental sections in 63 torrents in 7 geomorphologic formations of the Slovak Republic.

Research was conducted in the torrent Železnobreznický potok, situated in the southern part of the geomorphologic formation Kremnické vrchy Mts.,

Túrovské predhorie Mts. subformation (neovolcanites), in 77 experimental sections with 77 experimental profiles that were established at various distances from the place where this torrent empties into the Hron river.

Regression analysis indicated very close correlations between the measured longitudinal slope of torrent and the degree of bed resistance while correlation index for the equation $y = a_0 + a_1 \cdot x^{-1}$ (first order hyperbola) is $I_{yx} = 0.940$. The conclusions have been verified and statistically tested.

Tabs. I-IV show in detail basic geometric characteristics of the separate experimental profiles. Tabs. V-VIII show hydraulic characteristics and values of the coefficient of quasiuniform flow M_{kp} (calculated from equation 1).

The following results are considered as very important:

- The degree of bed resistance of the investigated torrent sections, visually evaluated in the field conditions, is in good agreement with the degree of bed resistance calculated by help of the coefficient of quasiuniform flow M_{kp} .
- Calculated values of coefficients M_{kp} , describing the degree of bed resistance in the specific bed sections according to the scale used, range from $M_{kp} = 0.545$ (EP 1 at 0.230 km), that means a torrent bed with very high resistance, to $M_{kp} = 0.432$ (EP 75 at 10.370 km), i.e. a torrent bed with very low resistance.
- Torrent longitudinal slopes measured in the separate experimental sections in the field conditions range from $i = 1.19\%$ (0.0119) in ES 1 at 0.230 km to $i = 6.79\%$ (0.0679) in ES 75 at 10.370 km.
- The degree of bed resistance shows a decreasing trend in a direction from the place where the torrent empties into the Hron river to the spring. Bed resistance categories II-IV exist in this area. Tabs. V-VIII in Column 13 show a detailed review of calculated values M_{kp} while the relevant categories are given in Column 14.
- We are aware of the fact that in addition to the longitudinal slope of torrent (ES), the value M_{kp} is influenced by a number of other related characteristics. These relations cannot be analyzed in greater detail in this paper due to its scope; we intend to analyze them in a separate paper dealing with the problem of geometric and hydrodynamic similarity of torrent beds because the relations $B \approx Q^{x1}$; $H \approx Q^{x2}$; $R \approx Q^{x3}$;

$(B + b)^{-2} \approx Q^{x4}$ were also investigated; the final results were found very interesting.

- The fact that the modelling of torrent longitudinal slope can significantly help to establish the gradual natural stabilization of torrent bed is very important.
- Equation (16) was derived from equations (10 to 15) to model the torrent longitudinal slope.

It is obvious from equations (14 to 16) that the value M_{kp} in these equations being replaced by the value of the required degree of bed resistance (in agreement with the used scale of bed resistance), it is possible to calculate such a longitudinal slope i that will correspond to the required degree of bed resistance.

- With regard to the specific characteristics of every torrent and watershed, the above procedure should be used after detailed research into the bed resistance of each torrent separately was conducted. Even a torrent can have sections with high resistance that do not require any interventions to be made. Detailed surveying as part of research on the watershed should be the starting point to evaluate torrent bed resistance.
- Simulations of natural bed resistance of torrent sections will make it possible to avoid undesirable homogeneity and geometric regularity of potential designs of torrent control. For the above mentioned reasons, these ecologically inappropriate interventions can be avoided by new methods consisting in nature-sensitive interventions in torrent bed sections with low resistance.

If the process of long-term natural improvement of torrent bed resistance is to be encouraged by environmentally friendly procedures and methods, and in agreement with the present world trends in this field, simulations (modelling) of geometric and hydraulic characteristics of torrent sections with natural resistance should be used.

If only strict technical interventions were used to enhance torrent bed resistance, the stability of these beds could be improved on the one hand, or erosion, floods and other damage could be prevented, but on the other hand, the impacts on natural heterogeneity of beds could be negative. These interventions would result in negative impacts on adjacent torrent ecosystems and their valuable components, or even in deterioration or destruction of living conditions for some valuable animal and plant species.

Kontaktná adresa:

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

SLOŽENÍ A STRUKTURA FULVOKYSELIN HORIZONTU B PODZOLOVÉ PŮDY Z TROJMEZÍ (ŠUMAVA)

COMPOSITION AND STRUCTURE OF FULVIC ACIDS FROM B-HORIZON OF FERRO-HUMIC PODZOL IN TROJMEZÍ (BOHEMIAN FOREST MTS.)

F. Novák¹, N. Kalousková¹, V. Machovič², J. Brus³

¹Ústav půdní biologie AV ČR, Na sádkách 7, 370 05 České Budějovice

²Vysoká škola chemicko-technologická, Technická 1905, 166 28 Praha-Dejvice

³Ústav makromolekulární chemie AV ČR, Heyrovského náměstí 2, 162 02 Praha-Petřiny

ABSTRACT: Fulvic acids (FA) isolated from podzol B_h horizon in Trojmezí stand (Bohemian Forest, Czech Republic, 48°46'25'' N, 13°51'04'' E) contain 44.82% C, 7.50% H, 2.82% N, and 38.17% O, C/N ratio is 15.9. The elemental composition and C/N ratio agree with the „average“ composition of FA1 according to Orlov. The A₄/A₆ ratio in 0.05 M NaHCO₃ solution is 13.7, which corresponds rather to the values of Baes et Bloom than to the interval 6–8.5 published for „typical FA“ by Kononova. The absorbance intensity of FA in UV region corresponds probably to ET bands of carboxyphenols. The optical density of FA was low – 3.8. Aromaticity of FA calculated from integrated ¹³C CP/MAS NMR spectrum as a ratio of intensities I_{110–160}/I_{0–160} was 24%, which is higher than the corresponding value of humic acids (HA) from this horizon (22%). HA have higher abundance of aliphatic C and alkoxy-C atoms. The greatest difference in FA and HA composition was found in carbonyl-C content (23.6% FA and 17.3% HA). The carboxyl groups content in FA (including the carbonyl-C contribution) derived from the NMR spectrum was 8.0 mol.kg⁻¹. It follows from the differential DRIFT spectrum of HA and FA, that FA contain more -OH and -COOH groups and have higher aromaticity than HA, which agrees with the results of DRIFT bands separation and ¹³C CP/MAS NMR analysis. An estimate of the average molecular weight (MW) of FA determined by low pressure gel permeation chromatography was ~ 1800. About 15% of FA have MW higher than 6.5.10³, and 33% of FA lower than 1000. Determined composition and structure of FA correspond to their role in the studied ecosystem. Fulvic acids are an aggressive, strongly acid fraction of soil organic matter with rather low average molecular weight, with the ability to decompose the granite bedrock, to release cations (as Ca²⁺ and Mg²⁺), to complex Al³⁺ and Fe³⁺ ions, and to migrate into deep soil horizons in the form of complexes with the metals. The observed similarity of HA and FA composition in B_h-horizon may indicate their genetic connection.

¹³C NMR; acid rain; fulvic acids; mountain forest; *Picea abies*; podzol

ABSTRAKT: Fulvokyseliny (FK) izolované z B_h horizontu podzolové půdy na Trojmezí (Šumava, 48°46'25'' sev. š., 13°51'04'' vých. d.) obsahují 44,82 % C, 7,50 % H, 2,82 % N a 38,17 % O, poměr C/N je 15,9. Elementární složení i poměr C/N se shodují s „průměrným“ složením FK1. Poměr A₄/A₆ je 13,7, což je hodnota blízká spíše hodnotám zjištěným v práci Baese a Blooma než intervalu 6–8,5 pro „typické“ FK podle Kononové. Absorbance FK v UV oblasti odpovídá intenzitě ET pásů karboxyfenolů. Optická hustota FK je nízká – 3,8. Aromaticita FK vypočítaná z NMR spektra jako poměr integrovaných intenzit I_{110–160}/I_{0–160} je 24 %, což je hodnota vyšší než u příslušné huminové kyseliny (HK, 22 %). HK má vyšší podíl alifatických atomů C a alkoxy-C. Nejvíce se FK a HK liší obsahem karboxylových a karbonylových atomů uhlíku (23,6 % FK a 17,3 % HK). Obsah karboxylových skupin ve FK (s příspěvkem karbonylů) stanovený z NMR spektra je 8,0 mol.kg⁻¹. Z diferenčního DRIFT spektra vyplývá, že FK obsahují více -OH a -COOH skupin a mají rovněž vyšší aromaticitu než HK, což odpovídá výsledkům získaným separací pásů DRIFT spekter i analýzou ¹³C CP/MAS NMR spekter. Přibližná průměrná molekulová hmotnost FK stanovená gelovou chromatografií je ~ 1 800, molekulovou hmotnost větší než 6,5.10³ má 15 % FK a menší než 1 000 přibližně 33 % FK. Uvedené složení FK odpovídá jejich významu ve studovaném ekosystému. Jedná se o agresivní, silně kyselou frakci půdní organické hmoty s nepříliš velkou průměrnou molekulovou hmotností, schopnou rozkládat žulové podloží a uvolňovat přitom ionty Ca²⁺ a Mg²⁺, komplexně vázat ionty Al³⁺ a Fe³⁺ a ve formě jejich komplexů migrovat půdním profilem. Zjištěná podobnost složení HK a FK z horizontu B_h naznačuje jejich vzájemnou genetickou souvislost.

¹³C NMR; fulvokyseliny; horský les; kyselý déšť; *Picea abies*; podzol

Práce vznikla jako součást projektu č. 206/94/0832, podporovaného Grantovou agenturou České republiky.

ÚVOD

V souvislosti s analýzou vlivu kyselých srážek a vysoké depozice dusíku na lesní ekosystémy vzrůstá zájem o studium podzolizace. Podzolizace si zasluhuje pozornost zejména v souvislosti s rozpojováním iontových cyklů v důsledku narušení ekosystému, které vede k tomu, že podzolizace je iniciována nebo urychlena i na stanovištích, kde by jinak byla kompenzována resiliencí iontových cyklů nebo by probíhala velmi pomalu. K faktorům, které napomáhají rychlejší podzolizaci, můžeme řadit změněnou kvalitu opadu (jehličí je ochuzené o lipidy a některé kationty), zvýšený přísun substrátu pro produkci fulvokyselin při zvýšené defoliaci, přísun H_3O^+ iontů srážkami, zvýšený přísun vody z dešťových srážek do půdy v důsledku sníženého zapojení korun aj. Důležitou úlohu při tomto procesu sehrávají fulvokyseliny (FK), které tvoří významnou součást půdní organické hmoty B-horizontu lesních půd (Wilcken et al., 1997). Aplikace soudobých izolačních a spektrálních metod umožňuje detailní popis struktury a složení fulvokyselin, a tím i důkladnější pochopení jejich vlastností a úlohy v procesu pedogeneze. Přispívá tak k hlubšímu poznání ekosystémů na oligotrofních půdách, silně ovlivňovaných již slabou depozicí S a N.

MATERIÁL A METODIKA

LOKALITA

Trvalá výzkumná plocha Ústavu ekologie krajiny AV ČR České Budějovice byla vytyčena v roce 1987 ve smrkovém vegetačním stupni v oblasti autochtonních smrčín silně postižených žloutnutím jehlic. Nachází se 9,7 km J od obce Stožec, 1 km od vrcholu Plechý (1 378 m n. m.) ve Státní přírodní rezervaci Trojmezí hora (od roku 1992 součást Národního parku Šumava), nadmořská výška je 1 350 m. Geologický podklad této erozně denundační sníženiny tvoří hrubozrná dvojslídna žula moldanubického plutonu (Demek, 1987). Průměrná roční teplota vzduchu (1901–1950) je 3,5 °C, průměrný roční srážkový úhrn přibližně 1 200 mm. V oblasti relativně málo znečištěné imisemi nebyly dosud porosty ošetřeny vápencem. Půdním typem je humoso-železitý (humusový) podzol, půdy jsou hlinitopísčité,

skeletovitě, lehčí, s ostrůvky žulových monolitů. Pelíšek (1978) uvádí, že hladina živin je snížena, vodní režim půdy v průběhu roku je vyrovnaný a půda má vysokou retenční schopnost. Jemné kořeny smrku a mykorhizy jsou soustředěny zejména v O_F a méně v O_h -horizontu nadložního surového humusu, silnější kořeny smrku (průměr nad 0,01 m) se vyskytují především v O_h - a méně v E-horizontu (Lepšová, 1988).

Vegetačním krytem je smrkový prales asociace *At-hyrio alpestre-Piceetum* Hartmann 1959. Pralesovité porosty horských smrčín s hluboce zavětvenými štíhlými korunami přirozených a místy i původních smrčín na S svahu hraničního hřebene, na plochem terénu, od J zastíněného mírně převyšujícím hřebenem, představují nejčistější zbytky horských přirozených smrčín v České republice. Místy je tato smrčina rozšířena i na suti. Věk porostu je přes 200 let, korunový zápoj 60 %, pásmo ohrožení na přelomu osmdesátých a devadesátých let C, od počátku devadesátých let pásmo B, stupeň poškození 2, defoliace 33,4 % (Cudlín, 1996, nepublikováno). Porost je charakteristický trvalým výrazným žloutnutím jehlic, pravděpodobně daným nedostatkem Mg^{2+} v půdě, který však zřejmě nemá zásadní negativní vliv na přírůst (Jonášová, 1996). Ojedinelé se vyskytuje kůrovec. Podle nejhojněji zastoupených typů poškození, širokého tvaru horní části koruny a zkrácených vrcholů je porost postižen stresovým působením chronického charakteru. Nejvyšší zjištěné sekundární struktury na vzorníkových větvích svědčí o dlouhodobějším zatížení porostu, přičemž se vedle zvyšujícího se imisního zatížení významně uplatňují klimatické podmínky. Stále se tvoří nové sekundární výhony však potvrzují trvající regenerační kapacitu porostu (Jonášová, 1996). Smrkový porost odpovídá mapovanému výskytu rekonstrukčních klimaxových smrčín (Moravec et al., 1968).

IZOLACE FK

Vzorek půdy, odebraný 25. 7. 1996 z B_h -horizontu humuso-železitého podzolu na TVP Trojmezí, byl volně vysušen na vzduchu a proset na 1 mm sítu. Pro izolaci FK a huminových kyselin (HK) bylo použito 500 g sušiny půdy. Po dekalcinaci vzorku 0,1 M HCl byly 0,1 M roztokem NaOH extrahovány huminové kyseliny.

I. Fytcenologický snímek: Trojmezí, 30. 6. 1988, plocha 2 500 m², expozice SSV, svahovitost 5°, nadmořská výška 1 350 m (Lepšová, 1988) – Phytocenological relevé: Trojmezí, June 30, 1988, area 2500 m², exposition NNE, slope 5°, elevation 1350 m a.s.l. (Lepšová, 1988)

E ₃	60 %, <i>Picea abies</i> 4
E ₂	0 %
E ₁	85 %, <i>Luzula sylvatica</i> 3, <i>Calamagrostis villosa</i> 2, <i>Deschampsia flexuosa</i> 3, <i>Athyrium filix-femina</i> 2, <i>Athyrium alpestre</i> 1, <i>Dryopteris carthusiana</i> 1, <i>Vaccinium myrtillus</i> 1, <i>Soldanella montana</i> ±1, <i>Tridentalis europaea</i> 1, <i>Oxalis acetosella</i> +, <i>Maianthemum bifolium</i> r, <i>Picea abies</i> juv. 1, <i>Sorbus aucuparia</i> juv. r, <i>Homogyne alpina</i> (r), <i>Streptopus amplexifolius</i> (r)
E ₀	30 %, <i>Dicranum scoparium</i> 2, <i>Polytrichum</i> sp. 1, <i>Sphagnum</i> sp. +, další druhy ¹ 1

¹ other species

Fulvokyseliny (frakce 1+2 FK podle Ponomarevové, Plotnikovové, 1975) byly izolovány standardní metodou (Malcolm, 1991) z matečného louhu po vysrážení a izolaci huminových kyselin: hodnota pH roztoku byla upravena na 2,5 a fulvokyseliny byly adsorbovány na koloně plněné Amberlitem XAD-8, poté byla kolona promyta destilovanou vodou a FK eluovány 0,1 M NaOH. Tato procedura je (včetně několika-měsíčního čištění Amberlitu pro použití v koloně) podrobně popsána v citované práci. Roztok fulvátu sodného byl poté dávkován na kolonu plněnou silně kyselým katexem Dowex WX4 v H^+ cyklu. Získaný gel fulvokyselin byl lyofilizován v přístroji HETO 8.0 při průměrné teplotě $-50^\circ C$ až do úplného vysušení vzorku (přibližně 30 hodin). Bezvodý preparát a jeho sodná sůl jsou uloženy pod označením T76FK a T76FN.

ELEMENTÁRNÍ ANALÝZA

CHN analýza byla provedena na zařízení Perkin-Elmer, obsah celkového fosforu byl stanoven po mineralizaci vzorku spektrofotometricky jako fosfomolybdatová modř, obsah C_{ox} byl zjištěn oxidací vzorku kyselinou chromovou a stanovení nadbytku Cr^{VI} volumetricky (Králíková et al., 1991). Hodnoty pH_{H_2O} a pH_{KCl} byly stanoveny potenciometricky za použití kombinované skleněné elektrody ve vodném a 1 M KCl půdním výluhu (1 : 5).

NMR SPEKTRA

NMR spektrum v pevné fázi bylo měřeno technikou ^{13}C CP/MAS NMR na přístroji Bruker MSL 200 při pracovní frekvenci 50,32 MHz. Spektrum bylo získáno za použití těchto parametrů: kontaktní doba 1 ms, šířka spektra SW 29 kHz, rychlost rotace vzorku 3 kHz, počet akumulací 18 000. Ze spektru byla vypočtena aromaticita jako poměr signálu aromatických uhlíků v oblasti 160–110 ppm k signálu všech uhlíků v oblasti 160–0 spektra a byl stanoven obsah karboxylových a karbonylových atomů C (220–160), uhlíků vázaných ke kyslíku v alifatické oblasti (110–60) a uhlíků v alifatické oblasti spektra (60–0 ppm, Kögel-Knabner, 1997).

IR SPEKTRA

Difuzně-reflexní IR spektra (DRIFT) bitumenů byla měřena na spektrometru Nicolet 740 vybaveném kyvetou firmy Spectra Tech bez použití blockeru pro potlačení difuzně-spekulární reflexe s těmito parametry: rozlišení 2 cm^{-1} , počet akumulovaných záznamů 512. Jako standardní referenční vzorek, k jehož reflektanci se absolutní měřené reflektance vztahují, bylo použito adjustační zrcátko. Spektra byla převedena na jednotky Kubelka-Munk (KM) odpovídající jednotkám absorbance

při transmisním měření. Manipulace se spektry byla provedena programem OMNIC Software Version 3.1, separace pásů pomocí programu GRAMS/386TM. Pásky byly analyzovány za použití součtové Lorentzovy a Gaussovy profilové funkce bez fixování parametrů pásů. Vstupní vrcholy pásů byly odhadnuty na základě druhé derivace spektra (Machovič, Novák, 1998).

UV-VIS SPEKTRA

UV-VIS spektrum fulvokyseliny bylo měřeno v 0,05 M roztoku $NaHCO_3$ (Baes, Bloom, 1990) v Si kyvetě 0,01 m na spektrofotometru Varian Cary 3. Koncentrace fulvokyseliny byla 110 mg.l^{-1} . Kromě spektra byly rovněž změřeny optická hustota FK v 0,1 M NaOH roztoku při 430 nm a absorbance A při 465 a 665 nm a z nich vypočítána hodnota A_4/A_6 (poměr absorbancí při 465 a 665 nm).

GELOVÁ CHROMATOGRAFIE

Nízkotlaká gelová chromatografie (low pressure gel permeation chromatography) fulvokyseliny byla realizována na koloně (21 x 246 mm, $V_t = 85,2\text{ ml}$, $V_0 = 26\text{ ml}$) plněné Sephadexem G-50. Eluce byla prováděna destilovanou vodou nebo pufrém Tris-HCl o pH 7,5, průtok byl 25 ml.h^{-1} , doba sběru jedné frakce 240 s. Navážka byla 40,03 mg FK na 1 ml 0,1 M NaOH, doplněno destilovanou vodou do 25 ml, na kolonu byly nanášeny 2 ml roztoku. Měření proběhlo na UV-VIS spektrofotometru Varian Cary 3, Si kyveta 0,01 m. Ke kalibraci kolony byly použity standardy firmy Pharmacia aprotinin (MW = molekulová hmotnost $6,5 \cdot 10^3$), cytochrom C (MW $12,4 \cdot 10^3$), karbonátdehydratáza (MW $29 \cdot 10^3$) a Blue dextran 2 000 (MW $2,1 \cdot 10^6$), rozpuštěné v pufru Tris-HCl pH 7,5 a tímto pufrém rovněž eluované.

VÝSLEDKY A DISKUSE

ELEMENTÁRNÍ SLOŽENÍ

Výsledky elementární analýzy půdy, HK a FK jsou uvedeny v tab. II. Půda je velmi kyselá, pH v jednotlivých horizontech (pH_{H_2O}/pH_{KCl}) bylo 3,4/2,7 (O_f), 3,4/2,7 (O_H), 3,5/3,0 (A), 3,6/3,0 (E), 3,9/3,5 (B_h), obsah C_{ox} v jednotlivých horizontech byl 49,1 % (O_f), 46,0 % (O_H), 26,6 % (A), 0,7–0,8 % (E) a 1,9–2,4 % (B). Elementární složení FK i poměr C/N = 15,9 se shodují s „průměrným“ složením FK1, publikovaným Orlovem (1974) (tab. III) i přes odlišný způsob přípravy.

Výtěžek huminové kyseliny z B-horizontu ve formě organominerálních komplexů byl 4,8 g, fulvokyseliny 0,53 g. Preparace čistých FK a HK není ovšem kvantitativní, při jednotlivých krocích jejich přípravy dochází ke ztrátám např. při sorpci na koloně, při přesrážení HK, při oddělování sacharidického a peptidického po-

II. Elementární složení půdy, FK a HK B horizontu na Trojmezí – The elemental composition of soil, and fulvic and humic acids in B-horizon (Trojmezí, Bohemian Forest Mts.)

Vzorek ¹	C	H	N	P	O + S dop. ²	Popeloviny ³	C/N
	%						
T76FK	44,82	7,50	2,82	0,053	38,17	6,64	15,9
T76HK	20,60	2,70	1,60	0,618	18,10	56,38	12,9
T76HK	47,22	6,18	3,66	1,417	41,49	(bezpopel.) ⁴	12,9
Půda ⁵	2,14	–	–	0,100	–	93,2	

¹sample, ²calculated, ³ash, ⁴ash free, ⁵soil

III. Elementární složení půdních fulvokyselin – Elemental composition of soil fulvic acids

Půda ¹	C	H	N	O + S dop. ² (%)	Popeloviny ³ (%)	C/N	Citace ⁴
Průměrná FK ⁵	45,0	6,0	3,0	46,0		15,0	Orlov, 1974
Podzol, orná půda ⁶	46,2	5,1	4,1	44,6		11,3	Kononova, 1975
Severský podzol, les ⁷ , B horizont	52,4	3,5	1,2	42,9		43,7	Kononova, 1975
Histosol	51,5	4,3	2,0	41,7	0,52	25,8	Baes, Bloom, 1989
Mollisol	47,7		3,5	42,6		13,6	Baes, Bloom, 1989
Podzol humusový – organozemní ⁸ , B-horizont	51,0		1,4	43,9		36,4	Baes, Bloom, 1989
Podzol humusový – organozemní ⁸ , B _h -horizont	50,9	3,3	0,7	45,1		72,7	Schnitzer, 1991
Kambizem ⁹	47,6	3,5	0,8	48,1	1,52	59,5	Watanabe et al., 1994
Půda na jílovité břidlici ¹⁰ , 0–0,05 m	51,2	4,5	2,2	41,2		23,3	Shin, Moon, 1996
Podzol, les ¹¹	45,1	4,1	1,1	49,7		41,0	Cook, Langford, 1998
Rašelina ¹² , celková FK	55,5	6,4	1,0	36,9	bezpopel. ¹³	55,5	Ciavatta et al., 1997
Rašelina, frakce ¹⁴ >20 000	56,9	5,9	1,1	36,0	bezpopel. ¹³	51,7	Ciavatta et al., 1997
Rašelina, frakce 1 000–5 000	50,9	7,6	0,8	40,5	bezpopel. ¹³	63,6	Ciavatta et al., 1997
Podzol typický, středně výrazný ¹⁵	49,6	3,3	1,2	45,9		41,3	Fründ et al., 1989
Regozem typická ¹⁶ , A horizont	42,4	3,0	3,1	51,5	77,50	13,7	Conte et al., 1997
Andozem ¹⁷	43,3	3,5	1,7	51,4	5,99	25,5	Watanabe et al., 1994

¹soil, ²calculated, ³ash content, ⁴references, ⁵average FA, ⁶Sod-podzolic soil, arable land, ⁷Northern podzol, forest, ⁸Spodosol, ⁹Cambisol, ¹⁰soil derived from black shale and black slate, ¹¹forest podzol, ¹²peat, ¹³ash free, ¹⁴fraction, ¹⁵Typic Haplorthod, ¹⁶Hapludand buried, ¹⁷Andosol

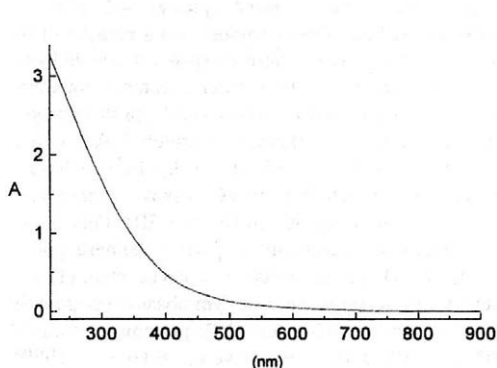
dílu u FK, při nanofiltraci a při převodu do H⁺ formy na iontoměnič. Celkově se obě izolované formy podílejí na obsahu C v půdě asi 11 %. Tato nízká hodnota je dána jednak uvedenými ztrátami, jednak tím, že v půdě zůstaly bitumeny, složitější komplexy HK a huminy, které se neextrahují. Jistá část celkového C může připadat na lignin z odumřelých a částečně rozložených kořenů, které nelze při přípravě půdního vzorku kvantitativně odstranit. Wilcken et al. (1997) uvádějí pro B_{sh} horizonty půd smrkových porostů v Německu (podzol modální a kambizem podzolovaná), že na celkovém obsahu uhlíku se vedle 29–44 % FK a 22–53 % HK podílejí 3–4 % proteinů, 3–5 % lipidů, 0,3–4 % sacharidů, 2–3 % hemicelulózy, 0,6–0,9 % celulózy a 2–11 % huminů. Obsah ligninu z nerozložených kořenů dosahoval 2–11 % obsahu C.

Ciavatta et al. (1997) dělili ultrafiltrací FK izolované z rašeliny podle molekulových hmotností na frakce >20 kDa, 10–20, 5–10 a 1–5 kDa. Elementární složení

po přepočtu na bezpopelovou sušinu je uvedeno v tab. III (obsah popelovin byl relativně vysoký, 24,2–26,9 %). Vysokým obsahem uhlíku a popelovin a nízkým obsahem kyslíku tyto FK připomínají spíše huminové kyseliny. Na základě studia IR spekter a pomocí potenciometrické titrace prokázali autoři vyšší obsah kyselých funkčních skupin v nízkomolekulárních frakcích FK, jemuž odpovídal i vyšší obsah kyslíku. Charakteristický je pro tyto FK rovněž vysoký poměr C/N a jeho zvyšování u lehčích frakcí (tab. III). Fulvokyseliny z A-horizontu vulkanické půdy v kaldeře poblíž Neapole (1 100 m n. m.) studovali Conte et al. (1997). Jejich složení je zajímavé vysokým obsahem popelovin a nízkým poměrem C/N (tab. III), podobným hodnotě zjištěné ve FK z molisoli (Baes, Bloom, 1989). Extrémně nízký poměr C/N pro FK uvádí Kononova (1975) pro ornou podzolovou půdu, kde je však vysoký obsah N ve fulvokyselinách patrně ovlivněn přísunem N hnojením.

UV-VIS spektra fulvokyselin v roztoku hydrogenuhličitanu sodného se podobají spektrům publikovaným jinými autory (Baes, Bloom, 1990). Absorbance se s rostoucí vlnovou délkou snižuje, prodleva pozorovaná citovanými autory u 280 nm u FK izolované z molisoli ve spektru fulvokyseliny T76 chybí (obr. 1). Poměr A_4/A_6 , uváděný Kononovou (1966) pro „typické“ FK v rozsahu 6–8,5, zdaleka nemá obecnou platnost. Zatímco Schnitzer (1991) uvádí pro FK z B_h horizontu humusového podzolu poměr $A_4/A_6 = 7,1$, zjistili jiní autoři pro půdní FK podstatně vyšší hodnoty – až 16,7–18,5 (Baes, Bloom, 1990), což může být ovlivněno rovněž instrumentálně. Vysoké hodnoty poměru A_4/A_6 jsou totiž výrazně ovlivněny nízkou absorpční fulvokyselin při 665 nm, která vystupuje ve jmenovateli. U nízkých hodnot A_{665} proto můžeme očekávat větší zkreslení a větší chybu při měření nebo odečítání absorbance, zejména u starších prací. Rozdíly mezi intervalem udávaným Kononovou (1966) a hodnotami jiných autorů by měly vést k maximální obezřetnosti při srovnávání „kvality“ půdního humusu, založené na srovnávání koeficientů A_4/A_6 z různých půd a laboratoří, dosud oblíbené zejména v zemědělství.

Poměr A_4/A_6 pro fulvokyselinu z Trojmezí je 13,7, což je hodnota blízká hodnotám uvedeným v práci Baese, Blooma (1990). Někteří autoři (Schnitzer, 1991) usuzovali v minulosti z vysokých hodnot koeficientu A_4/A_6 na nízkou molekulovou hmotnost FK, protože přičítali vzrůst absorbance většímu rozptylu světla většími molekulami nebo částicemi. Baes, Bloom (1990) však ukázali, že absorbance roztoku fulvokyselin v UV-VIS oblasti je dána skupinami chromoforů a nikoli rozptylem světla, nesouvisí tedy přímo s velikostí molekul FK. Optická hustota $A_{430}^{1\text{cm}}$ FK byla 3,8, HK po přepočtu na bezpopelovou HK 6,9, což jsou hodnoty velmi nízké, odpovídající například intervalu 4–9 pro podzolovou půdu ve smrčíně *Piceatum sphagnum* (Orlov, 1974).



1. Spektrum roztoku fulvokyseliny v 0,05 M NaHCO_3 v UV a viditelné oblasti – UV-VIS spectrum of fulvic acid in 0,05 M NaHCO_3

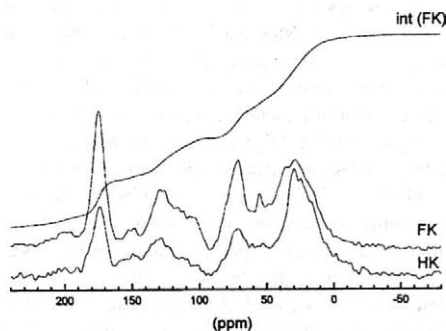
Absorbance fulvokyselin v UV oblasti odpovídá intenzitou ET (electron transfer – pás přenosu elektronu) pásmům karboxyfenolů. Absorbance ve viditelné oblasti je zřejmě způsobena chromofory s rozšířenou konjugací (pravděpodobně polyaromatickými strukturami), případně intramolekulárními elektron donor-akceptorovými komplexy.

NMR SPEKTRUM

^{13}C CP/MAS NMR spektrum FK je na obr. 2, integrované intenzity pro jednotlivé signály uvádí tab. IV. Pro srovnání je na obr. 2 znázorněno i spektrum HK ze stejného horizontu. Aromaticita FK vypočítaná z NMR spektra jako poměr integrovaných intenzit $I_{110-160}/I_{0-160}$ je 24 %, což je hodnota vyšší než u příslušné HK (22 %; Novák, nepublikováno). HK má vyšší podíl alifatických atomů C a alkoxy-C. Nejvíce se FK a HK liší obsahem karboxylových a karbonylových atomů C (23,6 % FK a 17,3 % HK, srovnej obr. 2), což je v souladu s výsledky chemických analýz FK z B_h horizontu humusového podzolu (Schnitzer, 1991), které obsahovaly 9,1 meq. g^{-1} karboxylových a 2,5 meq. g^{-1} ketonických skupin (odpovídá 27,3 % atomů C).

Ze složení FK (tab. II) a jejího NMR spektra vychází obsah karbonylových a zejména karboxylových skupin 8,0 mol. kg^{-1} , přitom obsah karbonylových atomů je poměrně nízký (viz NMR spektrum) a obsah amidů je vzhledem k celkovému nízkému obsahu dusíku zanedbatelný. Zjištěná hodnota je vyšší než uvádějí Baes, Bloom (1989) pro FK z rašelinové půdy, srovnatelná s hodnotou 8,6 meq. g^{-1} pro FK z B_h horizontu typického podzolu (typic haplorthod; Fründ et al., 1989).

Použití XAD-8 umožňuje separaci fulvokyselin od proteinů a sacharidů, což se projevuje odlišným ^{13}C NMR spektrem, zejména slabším signálem v oblasti posunutí O-alkyl atomů. Zároveň však tento postup omezuje možnosti srovnání s výsledky elementárních a spektrálních analýz nestandardně izolovaných FK. Fründ, Lüdemann (1989) stanovili ve svrchní orníční vrstvě



2. ^{13}C CP/MAS NMR spektrum fulvokyseliny (FK) a huminové kyseliny (HK) z B_h -horizontu. Pro fulvokyselinu je zobrazen rovněž integrál intenzit [int(FK)] – ^{13}C CP/MAS NMR spectra of fulvic (FK) and humic acids (HK) from B_h -horizon, and the integrated spectrum of fulvic acid

kambizemě (vertic cambisol) ve FK 14 % Alkyl-C, 69 % O-alkyl atomů C, 7 % aromatických a olefinických atomů C a 10 % karboxylových atomů C. Extrémně vysoký podíl O-alkylových atomů C ve fulvokyselině byl nepochybně ovlivněn odlišným způsobem izolace a dále nepříliš dobře rozlišeným ^{13}C CP/MAS NMR spektrem. Půda navíc byla zemědělsky obhospodařována, dá se proto předpokládat vyloučení vyššího množství polysacharidů, pocházejících z nedokonale rozloženého opadu (posklizňové zbytky). Při použití standardní metody izolace FK by patrně autoři nezískali tak extrémní výsledky. Watanabe et al. (1989, 1994) analyzovali FK z kambizemě v Dangu (Japonsko). NMR spektra analyzovali odlišným způsobem, proto je v tab. V obsah atomů C poskytujících signál v oblasti 0–110 ppm uveden v součtu.

Zajímavé je srovnání složení FK s půdní organickou hmotou, jejíž ^{13}C NMR spektra však mají vlivem vysokého obsahu minerálního podílu nižší rozlišení signálů. Zech et al. (1989) našli v pohoří Fichtelgebirge v Bavorsku v B_{hs} horizontu mělce výrazného podzolu (entic haplorthod) v klimatických podmínkách srovnatelných s Trojmezím (roční srážkový úhrn 1 200 mm, průměrná roční teplota vzduchu 4,5 °C) 43 % Alkyl-C, 31 % O-alkyl atomů C, 15 % aromatických a olefinických atomů C a 11 % karboxylových atomů C, což odpovídá aromaticitě půdní organické hmoty v tomto horizontu 17 %. Poměr C/N uvádějí 19,3, obsah C 5,8 %. Wilcken et al. (1997) zjistili pro B-horizont podzolu (haplic podzol) ze smrkového lese 32 % Alkyl-C, 39 % O-alkyl atomů C, 19 % aromatických a olefinických atomů C a 9 % karboxylových atomů C.

Fulvokyseliny izolované z podzolové lesní půdy poblíž Quebecu studovali Cook, Langford (1998), kteří dosáhli obsahu popelovin nižšího než 1 %. Na základě výsledků nových experimentálních technik NMR spektroskopie, zejména tzv. Ramp-CP-MAS ^{13}C NMR a relaxačních parametrů, se domnívají, že hlavní roli ve struktuře studované FK hrají sacharidické atomy C, které nesou převážnou část funkčních skupin. Jejich výsledky naznačily, že hlavní část slabě kyselých protonů nepatří fenolickým OH- skupinám, jak se dosud předpokládalo, ale hydroxylům vázaným k alifatickým

a sacharidickým atomům C. Nově navrhovaný model FK se skládá ze tří částí: 1. velkých relativně imobilních jednotek převážně alifatické povahy a většinou bez funkčních skupin; 2. mobilnějších jednotek převážně aromatické povahy, relativně nesubstituovaných funkčními skupinami; 3. mobilnějších, funkčními skupinami více substituovaných jednotek převážně sacharidické povahy. Extrémně vysoký obsah karboxylových a karbonylových atomů C stanovený z Ramp-CP-MAS ^{13}C NMR spektra (tab. V) ve srovnání s výsledky ostatních autorů však naznačuje, že k obecnému přijetí podobných závěrů bude třeba proměřit řadu jiných FK.

IR SPEKTRA

DRIFT spektrum studované fulvokyseliny je na obr. 3, druhá derivace tohoto spektra v oblasti 1 900–1 500 cm^{-1} je na obr. 4. IR spektroskopie se již dlouho považuje za citlivou metodu vhodnou k analýze huminových látek. Kvůli nízkému rozlišení IR spekter huminových látek, charakteristických širokými překrývajícími se pásy, je však ztížena interpretace a významně omezena možnost přímého kvantitativního vyhodnocení spekter. Vzhledem ke složité stavbě huminových látek obsahují jejich IR spektra jen několik málo diagnostických pásů, které mají jednoznačné přiřazení. Významná nejednoznačnost se projevuje zejména v oblasti 1 600–1 660 cm^{-1} , kde se může podílet C=O vazebná vibrace karboxylu, ketonu nebo sekundárních amidů, asymetrická C-O valenční vibrace aniontu $-\text{COO}^-$, C-C valenční vibrace aromatických jader, případně H-O-H deformační vibrace stop vody. Teprve moderní metody separace pásů (Machovič, Novák, 1998) umožňují provádět semikvantitativní analýzu IR spekter HK.

Ve spektru studované fulvokyseliny chybějí ostré pásy mezi 3 800–3 600 cm^{-1} , příslušné valenčním pásmům O-H vazeb jílových minerálů (kaolinit, montmorillonit), které jsou zpravidla přítomny ve spektrech HK izolovaných z B horizontů kambizemí a podzolů.

Přítomnost hydroxylových skupin ve fulvokyselině se projevuje širokým pásem s maximem při 3 345 cm^{-1} . Pásy mezi 3 000–2 800 cm^{-1} odpovídají valenčním vib-

IV. Semikvantitativní vyhodnocení ^{13}C CP/MAS NMR spektra fulvokyseliny T76FK – Analysis of ^{13}C CP/MAS NMR spectrum of fulvic acid

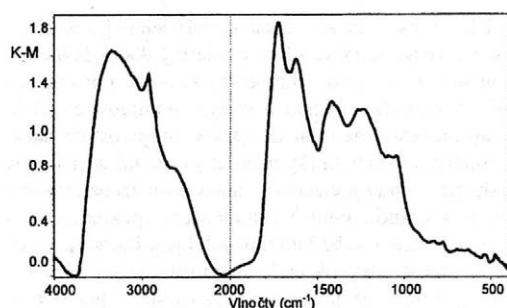
Rozsah signálu ¹ (ppm)	Relativní intenzita ² (%)	Přiřazení signálu ³ (Kögel-Knabner, 1997)
0–25	12,3	C koncových metylových skupin
25–45	24,5	metylenové skupiny v alifatických kruzích a řetězcích
45–110	21,2	metoxylové skupiny a C-6 v sacharidech, C-a většiny aminokyselin (45–90); struktury odvozené od sacharidů (C-2 až C-5) v hexózech; C-a některých aminokyselin, vyšší alkoholy (60–90); anomerní C v sacharidech, C-2, C-6 v syringilových jednotkách ligninu (90–110)
110–140	14,6	aromatický C v C-H, guaiacylové C-2 a C-6 v ligninu, C olefinů
140–160	3,7	aromatické COR a CNR skupiny
160–220	23,6	karboxylové, karbonylové a atomy C v amidech

¹range, ²relative intensity, ³range assignment

C v půdě ¹ (%)	Karboxyl. ² C	Aromatický ³ C	O-alkoxy ⁴ C	Alifický ⁵ C	Aromaticita ⁶	Citace ⁷
	(%)				(%)	
6,6	22	25	35	18	32	Fründ et al. (1989)*
6,2	29	18	54		25	Watanabe et al. (1989)*
	10	7	69	14	8	Fründ, Lüdemann (1989)
3,8	30	23	22	25	33	Watanabe et al. (1994), metoda IHSS
	21	32	21	27	40	Shin, Moon (1996)
	43	14	21	22	25	Cook, Langford (1998)

* NMR spektra měřena v roztoku – soil solution NMR spectra

¹C-content in soil, ²carboxyl-C, ³aromatic-C, ⁴O-alkoxy C, ⁵aliphatic C, ⁶aromaticity, ⁷references



3. Difúzní reflexní infračervené spektrum fulvokyseliny. Intenzity pásů jsou vyjádřeny v jednotkách Kubelka-Munk (K-M) – DRIFT spectrum of fulvic acids from B-horizon. The intensities of bands are expressed in Kubelka-Munk units (K-M)

racím alifických C-H vazeb v CH_3 , CH_2 a CH skupinách. Maximum při 2929 cm^{-1} odpovídá asymetrické C-H valenční vibraci $-\text{CH}_2^-$, méně výrazné maximum při 2857 cm^{-1} symetrické C-H valenční vibraci $-\text{CH}_2^+$, kterou pozorovali Baes, Bloom (1989) v DRIFT spektru FK z rašeliny při 2840 cm^{-1} . Širší rameno pásu při 2612 cm^{-1} přiřazujeme OH vazebným vibracím vodíku vázaného ve skupinách $-\text{COOH}$. Pro studium kyslíkatých funkčních skupin je významná oblast spektra mezi $1900\text{--}1500\text{ cm}^{-1}$, kde zpravidla lze nalézt vibrační pásy karbonylových skupin v následujících sloučeninách: cyklické a smíšené anhydridy (1815 , 1780 cm^{-1}), ve spektru FK na obr. 3 neztetelné, pás při 1783 cm^{-1} je však identifikovatelný z druhé derivace spektra na obr. 4), karboxylové kyseliny (1724 cm^{-1} , výrazné maximum), estery (1760 – neztetelný, 1741 cm^{-1}), ketony (1663 cm^{-1} , obr. 4) a soli karboxylových kyselin (1575 cm^{-1} – ve spektru FK chybí, protože je připravena v H^+ formě).

Výrazné maximum při 1624 cm^{-1} přísluší vibraci aromatických $\text{C}=\text{C}$ vazeb, případně rovněž asymetrické $-\text{COO}^-$ vibraci. Z druhé derivace spektra je patrné maximum při 1513 cm^{-1} , příslušející pravděpodobně aromatickým $\text{C}=\text{C}$ vibracím. Pás $1410\text{--}1485\text{ cm}^{-1}$ s maximem při 1418 cm^{-1} , které Baes, Bloom (1989)

nepozorovali, pravděpodobně odpovídá rovinným deformacím vibracím $-\text{CH}_2$.

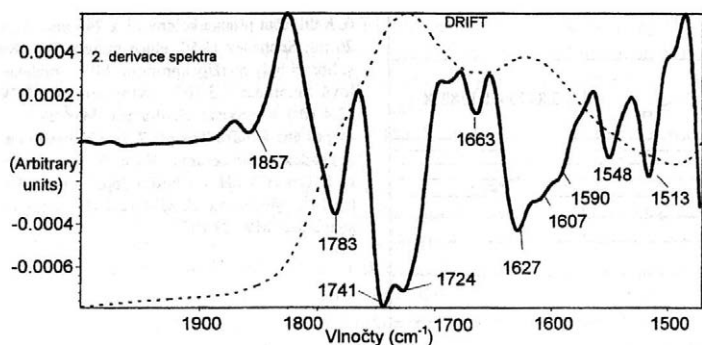
Maximum při 1282 cm^{-1} přísluší $\text{CH}_2\text{--O--H}$ deformacím vibracím. Pás s maximem při 1225 cm^{-1} přiřadili Baes, Bloom (1989) vazebné vibraci $-\text{C--O}$ a deformaci vibraci OH karboxylové skupiny. Ve spektru studované FK jsme pozorovali toto maximum při 1230 cm^{-1} . Pásky s maximy při 1094 a 1095 cm^{-1} , uvedenými autory nezmiňované, příslušejí valenčním vibracím $-\text{C--OH}$ (1070 cm^{-1}) a $-\text{C--O--C}$ (1030 cm^{-1}). Méně výrazná maxima při 830 a 775 cm^{-1} příslušejí aromatickým CH deformacím mimorovinným vibracím.

Z diferenčního DRIFT spektra HK a FK z B horizontu vyplývá, že fulvokyselina obsahuje více $-\text{OH}$ a $-\text{COOH}$ skupin a má rovněž vyšší aromaticitu než HK, což odpovídá výsledkům získaným separací pásů DRIFT spekter i analýzou ^{13}C NMR spekter.

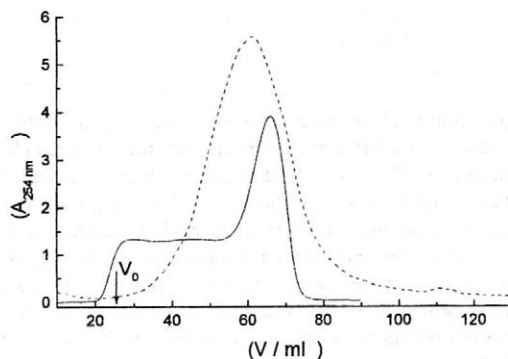
GELOVÁ CHROMATOGRRAFIE

Na obr. 5 je znázorněn chromatogram fulvokyseliny při eluci vodou a pufrům Tris o pH 7,5. Kalibrační přímka kolony je na obr. 6.

Při gelové chromatografii se kromě dalších vlivů významně uplatňuje složení použitého eluentu, který ovlivňuje chování látek a jejich interakci s gelem. Hodnota pH eluentu ovlivňuje agregaci humátů a fulvátů stejně jako jejich koncentrace a iontová síla (Aljabina et al., 1975). Je tedy zřejmé, že gelová chromatografie je vhodná spíše ke vzájemnému srovnání FK nebo HK než pro absolutní měření jejich molekulových hmotností, což dokládá odlišný tvar chromatogramu FK při eluci vodou a pufrům Tris na obr. 5. Kalibrace kolony se provádí proteiny, které se vzhledem k odlišné struktuře chovají jinak – zejména u nich nedochází k adsorpci na koloně. Pro vyhodnocení FK jsme použili křivku s elucí pufrům, kdy se podmínky experimentu blíží podmínkám kalibrace (s tím rozdílem, že se vzorek rozpouští v NaOH). Při platnosti Lambert-Beerova zákona je absorbance úměrná koncentraci vzorku a plocha vymezená eluční křivkou odpovídá obsahu jednotlivých frakcí. Použijeme-li pro výpočet extrapolaci (standard s molekulovou hmotností $<6.10^3$ kalibrační souprava



4. DRIFT spektrum fulvokyseliny (přerušovaná křivka) a druhá derivace spektra. Minima ve druhé derivaci spektra odpovídají vrcholům pásů – The DRIFT spectrum of fulvic acid (dotted line) and second derivative of the spectrum. The minima on the second derivative correspond to peaks of absorption bands



5. Gelová chromatografie fulvokyseliny, eluce destilovanou vodou (plná čára) a pufrém Tris pH 7,5 (přerušovaná čára) – Low pressure gel permeation chromatography of fulvic acids. Elution with distilled water (full line) and with Tris-HCl buffer pH 7.5 (dashed line)

neobsahuje), zjistíme, že poloha maxima na křivce odpovídá molekulové hmotnosti fulvokyseliny ~ 1800 , molekulovou hmotnost větší než $6,5 \cdot 10^3$ má 15 % FK a menší než 1000 přibližně 33 % FK. Při eluci pufrém Tris se poloha maxima FK nachází u vyšší molekulové hmotnosti než při eluci destilovanou vodou, což je v souladu s výsledky prací Chen, Schnitzer (1976a) a Ghosh, Schnitzer (1980).

Lindquist (1967) prokázal, že na gelech typu Sephadex dochází k sorpci nízkomolekulárních frakcí HK. V zásaditém prostředí dochází obecně k adsorpci 5–45 % naneseného vzorku. Po neutralizaci na pH 7 nebo při použití pufrů Tris nebyla sorpce pozorována (Posner, 1963; Ladd, 1969). To je v souladu s našimi zjištěnými výsledky. Na obr. 5 je plocha pod křivkou, odpovídající koncentraci vzorku, podstatně menší při použití destilované vody jako eluentu než při použití Tris pufru. Vzhledem k tomu, že určité množství FK mělo vyšší eluční objemy než je celkový objem kolony (85,2 ml), je zřejmé, že k adsorpci docházelo při eluci destilovanou vodou i pufrém Tris. Je třeba zdůraznit, že vzorek byl rozpuštěn v 0,1 M NaOH, tzn. že byl silně alkalický a v průběhu eluce destilovanou vodou docházelo k postupnému zvyšování hodnoty pH ze slabě ky-

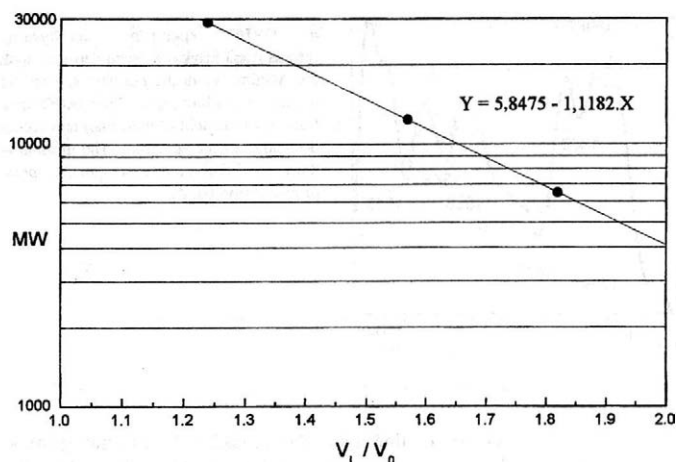
selého do silně alkalického, takže při chromatografické distribuci se významně uplatnil i pH gradient. Při eluci Tris pufrém nebyly změny pH tak výrazné. Tímto rozdílem lze částečně vysvětlit odlišné průběhy obou chromatogramů, kdy při eluci destilovanou vodou pozorujeme dvě špatně oddělené frakce a při eluci Tris pufrém pouze jednu frakci. Další pravděpodobnou příčinou je rozdílná iontová síla obou eluentů.

Hodnota pH má výrazný vliv na frakcionaci fulvokyselin podle velikosti částic, a tím i na gelovou chromatografii FK. Výsledky různých autorů jsou však často v příkrém rozporu. Zatímco např. Chen, Schnitzer (1976b) a Ghosh, Schnitzer (1980) zjistili, že velikost molekul fulvokyselin extrahovaných z půd, stanovená elektronovou mikroskopií, roste s klesající hodnotou pH až do hodnoty pH = 2, přičemž současně klesá poměr A_4/A_6 , de Haan et al. (1983) uvádějí, že v rozsahu pH 3–9,5 se s rostoucím pH zvyšuje velikost molekul a molekulová hmotnost u FK izolovaných z půdy nebo vody. Při vyšších hodnotách pH dochází k ionizaci funkčních skupin (COOH , OH), což může vyvolávat elektrostatickou repulzi a vést k zeslabení „molecular arrangements“ (Schnitzer, 1978) nebo se projeví v adsorpci FK na koloně. Aleksandrova (1970) prokázala souvislost zvýšené adsorpcie na gelu se stoupajícím obsahem fenolických skupin v molekulách HK a se zvětšováním jejich molekulové hmotnosti.

U huminových kyselin se při gelové chromatografii projevuje struktura podobná micelám (micelle-like), která v závislosti na podmínkách zapříčiňuje posun maxima na koloně směrem k nižšímu nebo vyššímu elučnímu objemu (Piccolo, 1997). Zejména pokusy s přidávkou organických kyselin k analytu před nanesením na kolonu naznačily, že u fulvokyselin v H^+ formě může docházet k podobnému jevu jako při zpětné titraci okyselených roztoků HK. Znamená to, že hodnoty molekulových hmotností proteinů, používaných ke kalibraci kolony, nemusí při stejném elučním čase odpovídat střední molekulové hmotnosti HK a FK.

ZÁVĚRY

1. Fulvokyseliny z horizontu B_h podzolové půdy na Trojmezí byly izolovány ve formě lehkých šupinek svět-



6. Kalibrační přímka kolony 21 x 246 mm; $V_0 = 26$ ml, Sephadex G-50, eluce pufrém Tris. Ke kalibraci byly použity aproitinin (MW = molekulová hmotnost $6,5 \cdot 10^3$), cytochrom C (MW $12,4 \cdot 10^3$) a karbonátdéhydratáza (MW $29 \cdot 10^3$), rozpuštěné v pufru Tris pH 7,5 – Calibration of Sephadex G-50 column. $V_0 = 26$ ml, elution with Tris-HCl pH 7.5 buffer (aprotinine, MW $6,5 \cdot 10^3$; cytochrome C, MW $12,4 \cdot 10^3$; carbonic anhydrase, MW $29 \cdot 10^3$)

lehnědé barvy, ve vodě kvantitativně rozpustných. FK obsahuje 44,82 % C, 7,50 % H, 2,82 % N a 38,17 % O, poměr C/N je 15,9. Elementární složení i poměr C/N se shodují s „průměrným“ složením FK1 (Orlov, 1974).

2. Poměr A_4/A_6 pro FK je 13,7, což je hodnota blízká spíše hodnotám zjištěným v práci Baese, Bloom a (1990) než intervalu hodnot pro „typické“ FK (6–8,5; Kononova, 1966). Optická hustota FK byla 3,8.

3. Absorbance fulvokyselin v UV oblasti odpovídá intenzitě ET pásů karboxyfenolů. Absorbance ve viditelné oblasti je zřejmě způsobena chromofory s rozšířenou konjugací (pravděpodobně polyaromatickými strukturami), případně intramolekulárními elektron donor-akceptorovými komplexy.

4. Aromaticita FK vypočítaná z NMR spektra jako poměr integrovaných intenzit $I_{110-160}/I_{0-160}$ je 24 %, což je hodnota vyšší než u příslušné HK (22 %). HK má vyšší podíl alifatických atomů C a alkoxy-C. Nejvíce se FK a HK liší obsahem karboxylových a karboxylových atomů uhlíku (23,6 % FK a 17,3 % HK).

5. Obsah karboxylových skupin ve FK (s příspěvkem karbonylů) stanovený z NMR spektra při zanedbání obsahu amidů je 8,0 mol.kg⁻¹.

6. Z diferenčního DRIFT spektra HK a FK z B horizontu vyplývá, že fulvokyseliny obsahují více -OH a -COOH skupin a mají vyšší aromaticitu než HK, což odpovídá výsledkům získaným separací pásů DRIFT spektr i analýzou ¹³C NMR spektr (body 4 a 5).

7. Přibližná průměrná molekulová hmotnost FK stanovená gelovou chromatografií je ~ 1 800, molekulovou hmotnost větší než $6,5 \cdot 10^3$ má 15 % FK a menší než 1 000 přibližně 33 % FK.

Poznání struktury FK umožní lépe pochopit jejich význam pro podzolizaci zejména při rozkladu minerálů, komplexaci sesquioxidů a při jejich transportu půdním profilem. Vysoký obsah karboxylových skupin ve fulvokyselině v horizontu B může být dokladem rychlého transportu FK půdním profilem do akumulárního horizontu B_h. Zde se může aromatická část rozpuštěné organické hmoty a zejména COOH skupiny FK sorbovat

na minerálech a vázat kovy. Kaiser et al. (1997) uvádějí, že DRIFT spektra rozpustné frakce organické hmoty (DOM = dissolved organic matter) a kyselých huminových látek z B_v horizontu dvou regozemí (inceptisol) ukazují po sorpci na různých minerálech relativní přírůstek intenzity pásu karboxylové skupiny při srovnání s intenzitami původních, na povrchu minerálů neadsorbovaných látek, což podtrhuje význam karboxylových skupin pro sorpci na minerálním podílu. Pomocí ¹³C-NMR spektr zjistili, že se přednostně sorbuje aromatické a karboxyl obsahující frakce, zatímco frakce s převládajícími alkylovými atomy C zůstávají v roztoku. Spektra rovněž ukázala reakci karboxylových skupin s kationtem kovu na minerálním povrchu. Rozsah, v jakém jsou COOH skupiny vázány, závisí na pokrytí povrchu DOM a na typu minerálu (Kaiser et al., 1997).

Uvedené složení FK odpovídá jejich významu ve studovaném ekosystému. Jedná se o agresivní, silně kyselou frakci půdní organické hmoty s nepříliš velikou průměrnou molekulovou hmotností, schopnou rozkládat žulové podloží a uvolňovat přitom fosfor a ionty Ca²⁺ a Mg²⁺, které s FK nevytvářejí komplexy a mohou proto být fytoomasou využity. Ionty Al³⁺ a Fe³⁺ jsou FK schopny komplexně vázat a ve formě jejich komplexů migrovat půdním profilem. Významnou vlastností FK při tvorbě komplexů je přitom preference kationtu Al³⁺ před Fe³⁺, která má zásadní význam pro odstraňování toxických Al³⁺ z prokeřovaných půdních horizontů v průběhu pedogeneze a pravděpodobně i pro dlouhodobou stabilizaci nízké koncentrace Al³⁺ iontu v půdním roztoku.

Značný význam má zjištění podobnosti složení HK a FK z B-horizontu. Rozdíly jsou menší než rozdíly ve složení (tab. III) a struktuře (tab. V) fulvokyselin z různých oblastí. Tato podobnost naznačuje genetickou souvislost mezi fulvokyselinami a huminovými kyselinami. K vysvětlení mechanismu přeměny FK na HK v horizontu B je však třeba získat více dat z různých stanovišť a současně věnovat odpovídající pozornost i dalším vodorozpuštěným frakcím HK v kambizemích a podzo-

lech. Zajímavé jsou rozdíly ve složení fulvokyselin izolovaných z různých půd. Tyto difference jsou sice do určité míry dány použitím různých metod izolace jednotlivými autory, pravděpodobně však odrážejí rovněž složení opadu i podmínky humifikace a jejich detailní studium může přinést cenné poznatky.

Podzolizace je významný přírodní proces, vyvolaný pedogenetickými faktory, umožňující optimální využití matečné horniny fytoformas v daných (zejména klimatických) podmínkách. Z řady prací ruské pedologické školy plyne, že na podzolové půdy nelze pohlížet zcela jednostranně negativně z hlediska produkce dřeva nebo zemědělských produktů, neboť jednak jsou doloženy lesní porosty 1–2 bonitní třídy na podzolu např. v Petrohradské oblasti, jednak lesy na podzolových půdách např. v horských oblastech mají řadu mimoprodukčních funkcí. V neposlední řadě je třeba zdůraznit význam podzolizace pro vznik a vývoj půd např. v horských žulových masivech, kde se fulvokyseliny přímo účastní rozrušování matečné horniny, a v půdách s vyšším obsahem skeletu mohou významně přispívat k uvolňování živin, dostupných porostu.

Poděkování

Autoři děkují pracovníkům Ústavu ekologie krajiny AV ČR v Českých Budějovicích za technickou spolupráci.

Literatura

- ALEKSANDROVA, L. H., 1970. Gumusovyje veščestva počvy (ich obrazovanie, sostav, svojstva i značenie v počvoobrazovanii i plodorodii). Leningrad, Zap. LSCHI 142.
- ALJABINA, G. A. – ŽIGUNOV, A. V. – ŠURUKINA, S. I., 1975. The use of gel chromatography in the study of soil humus substances. (In Russian). *Počvovedenie*, 1975: 55–62.
- BAES, A. U. – BLOOM, P. R., 1989. Diffuse reflectance and Fourier Transform Infrared (DRIFT) spectroscopy of humic and fulvic acids. *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, 53: 695–700.
- BAES, A. U. – BLOOM, P. R., 1990. Fulvic acid ultraviolet-visible spectra: influence of solvent and pH. *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, 54: 1248–1254.
- CIAVATTA, C. – MONTECCHIO, D. – FRANCIOSO, O. – MANUNZA, B. – GOVI, M. – GESSA, C., 1997. Potentiometric and spectroscopic study of peat fulvic acids. In: DROZD, J. – GONET, S. S. – SENESI, N. – WEBER, J. (eds.), *The role of humic substances in the ecosystems and in environmental protection*. Polish Society of Humic Substances and Polish Chapter of the IHSS, Wrocław: 79–84.
- CONTE, P. – PICCOLO, A. – van LAGEN, B. – BUURMAN, P. – de JAGER, P. A., 1997. Quantitative aspects of solid-state C-13-NMR spectra of humic substances from soils of volcanic systems. *Geoderma*, 80: 327–338.
- COOK, R. L. – LANGFORD, C. H., 1998. Structural characterization of a fulvic acid and a humic acid using solid state ramp-CP-MAS C-13 nuclear magnetic resonance. *Environm. Sci. & Technol.*, 32: 719–725.
- DE HAAN, H. – WERLEMARK, G. – de BOER, T., 1983. Effect of pH on molecular weight and size of fulvic acids in drainage water from grassland in the NW Netherlands. *Plant Soil*, 75: 63–73.
- DEMEK, J. (ed.), 1987. *Hory a nížiny. Zeměpisný lexikon ČSR*. Praha, Academia: 584.
- FRÜND, R. – LÜDEMANN, H.-D., 1989. The quantitative analysis of solution- and CP-MAS-C-13 NMR spectra of humic material. *Sci. Total Environm.*, 82: 157–168.
- FRÜND, R. – LÜDEMANN, H.-D. – GONZALES-VILA, F. J. – ALMENDROS, G. – DEL RIO, J. C. – MARTIN, F., 1989. Structural differences between humic fractions from different soil types as determined by FT-IR and 13C-NMR studies. *Sci. Total Environm.*, 82: 187–194.
- GHOSH, K. – SCHNITZER, M., 1979. UV and visible absorption spectroscopic investigation in relation to macromolecular characteristics of humic substances. *J. Soil Sci.*, 30: 735–745.
- GHOSH, K. – SCHNITZER, M., 1980. Macromolecular structures of humic substances. *Soil Sci.*, 129: 266–276.
- GJESSING, E. T., 1971. Effect of pH on the filtration of aquatic humus using gels and membranes. *Schweizerische Z. Hydrobiol.*, 33: 592–609.
- CHEN, Y. – SCHNITZER, M., 1976a. Viscosity measurements on soil humic acid from sedimentation and diffusion measurements on fractionated extracts. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 40: 866–872.
- CHEN, Y. – SCHNITZER, M., 1976b. Scanning electron microscopy of a humic acid and a fulvic acid and its metal and clay complexes. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 40: 682–686.
- JONÁŠOVÁ, M., 1996. Vliv dlouhodobého stresu na asimilační orgány smrku ztepilého na Šumavě. [Diplomová práce.] Ústav pro životní prostředí Přírodovědecké fakulty UK, Praha: 73.
- KAISER, K. – GUGGENBERGER, G. – HAUMAIER, L. – ZECH, W., 1997. Dissolved organic matter sorption on subsoils and minerals studied by C-13-NMR and DRIFT spectroscopy. *Eur. J. Soil Sci.*, 48: 301–310.
- KONONOVA, M. M., 1966. Soil organic matter, its nature and role in soil formation and in soil fertility. Oxford, Pergamon Press.
- KONONOVA, M. M., 1975. Humus of virgin and cultivated soils. In: GIESEKING, J. E. (ed.), *Soil Components: Organic Compounds*. New York, Springer-Verlag: 475–526.
- KÖGEL-KNABNER, I., 1997. C-13 and N-15 NMR spectroscopy as a tool in soil organic matter studies. *Geoderma*, 80: 243–270.
- KRÁLOVÁ, M. – DRAŽDÁK, K. – POSPÍŠIL, F. – HADAČOVÁ, V. – KLOZOVÁ, E. – LUŠTINEC, J. – KUTÁČEK, M. – SAHULKA, J., 1991. *Vybrané metody chemické analýzy půd a rostlin*. Studie ČSAV, Praha, Academia, 12: 160.
- LADD, J. N., 1969. The extinction coefficients of soil humic acids fractionated by Sephadex gel filtration. *Soil Sci.*, 107: 303.
- LEPŠOVÁ, A., 1988. Význam studia plodnic makromycetů pro biomonitorování změn v lesním ekosystému. [Kandi-

- dátská dizertační práce.] Ústav krajinné ekologie, České Budějovice: 152.
- LINDQUIST, G., 1967. Adsorption effects in gel filtration of humic acid. *Acta Chem. Scand.*, 21: 2564–2566.
- MACHOVIČ, V. – NOVÁK, F., 1998. Diffuse reflectance infrared spectroscopy of soil bitumens from Šumava Region. *Chem. Listy*, 92: 151–156.
- MALCOLM, R. L., 1991. Factors to be considered in the isolation and characterisation of aquatic humic substances. In: ALLARD, B. – BORÉN, H. – GRIMVALL, A. (eds.), *Humic substances in the aquatic and terrestrial environment*. Proc. of the International Symposium Linköping, Sweden, August 21–23, 1989. Lecture Notes in Earth Sciences, New York, Springer Verlag, 33: 9–36.
- MORAVEC, J. et al., 1968. Geobotanická mapa ČSSR 1 : 200 000. Praha, Academia a Kartografické nakladatelství.
- ORLOV, D. S., 1974. Guminovye kisloty počv (Soil humic acids). Moskva.
- PELIŠEK, J., 1978. Die Bodenverhältnisse der Waldreservationen in der Tschechoslowakischen sozialistischen Republik (ČSR). Přírodovědné práce ústavů Československé akademie věd v Brně, *Acta Sci. Nat. Brno*, Institute of Vertebrate Zoology, Brno, ČSAV, 12 (9): 1–41.
- PICCOLO, A., 1997. New insight on the conformational structure of humic substances as revealed by size exclusion chromatography. In: DROZD, J. – GONET, S. S. – SENESI, N. – WEBER, J. (eds.), *The role of humic substances in the ecosystems and in environmental protection*. Polish Society of Humic Substances and Polish Chapter of the IHSS, Wrocław: 19–35.
- PONOMAREVA, V. V. – PLOTNIKOVA, T. A., 1975. Opredelenie gruppovogo i frakcionnogo sostava gumusa po scheme I. V. Tjurina v modifikacii V. V. Ponomarevoj i T. A. Plotnikovoj. In: ALEXEJEVA, D. M. – SOKOLOV, A. V. (eds.), *Agrochimičeskije metody issledovanija počv*. Moskva, Nauka: 47–55.
- POSNER, A. M., 1963. Importance of electrolyte in the determination of molecular weights by sephadex gel filtration with special reference to humic acid. *Nature*, 198: 1161–1163.
- SCHNITZER, M., 1978. Some observations on the chemistry of humic substances. *Agrochim.*, 22: 216–225.
- SCHNITZER, M., 1991. Soil organic matter – the next 75 years. *Soil Sci.*, 151: 41–58.
- SHIN, H. S. – MOON, H., 1996. An „average“ structure proposed for soil fulvic acid aided by DEPT/QUAT C-13 NMR pulse techniques. *Soil Sci.*, 161: 250–256.
- WATANABE, A. – TSUTSUKI, K. – KUWATSUKA, S., 1989. ¹³C NMR investigation of humic and fulvic acids obtained from some typical Japanese soils. *Sci. Total Environm.*, 82: 195–200.
- WATANABE, A. – ITOH, K. – ARAI, S. – KUWATSUKA, S., 1994. Comparison of the composition of humic and fulvic acids prepared by the IHSS method and NAGOYA method. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 40: 601–608.
- WILCKEN, H. – SORGE, C. – SCHULTEN, H. R., 1997. Molecular composition and chemometric differentiation and classification of soil organic matter in Podzol B-horizons. *Geoderma*, 76: 193–219.
- ZECH, W. – HAUMAIER, L. – KÖGEL-KNABNER, I., 1989. Changes in aromaticity and carbon distribution of soil organic matter due to pedogenesis. *Sci. Total Environm.*, 82: 179–186.

Došlo 11. 8. 1998

COMPOSITION AND STRUCTURE OF FULVIC ACIDS FROM B-HORIZON OF FERRO-HUMIC PODZOL IN TROJMEZÍ (BOHEMIAN FOREST MTS.)

F. Novák¹, N. Kalousková¹, V. Machovič², J. Brus³

¹ Institute of Soil Biology, Academy of Sciences of the Czech Republic, Na sádkách 7, 370 05 České Budějovice

² Institute of Chemical Technology, Technická 1905, 166 28 Praha-Dejvice

³ Institute of Macromolecular Chemistry, Academy of Sciences of the Czech Republic, Heyrovského náměstí 2, 162 02 Praha-Petřiny

The soil sample was taken from B_h horizon of mountain podzol in Trojmezí stand near Plechý (1378 m a.s.l.), in autochthonous spruce forest soil (Bohemian Forest Mts., National Park Šumava, Czech Republic, 48°59'38" N, 13°49'09" E). Geological base consists of coarse-grained two-micaceous granite of central Moldanubian pluton. The altitude of the site is 1350 m, exposition NNE, slope 5°. Soil type is a humus-iron podzol, the soil is skeletal and light, with thick humus horizon (0.12 m). Mean annual air temperature is 3.5 °C, mean annual precipitation 1200 mm (1901–1950). The vegetative cover is spruce forest association *Athyrio alpestre* – *Piceetum* Hartmann 1959, with age of more

than 200 years. The stand is characteristic by chronic needle yellowing, the degree of stand damage is 2. No dolomitic limestone has been applied to this stand up to now.

Air-dried soil (<1 mm) was decalcified with 0.1 M HCl and washed with distilled water. The humic and fulvic acids were extracted using 0.1 M NaOH. Fulvic acids (fraction 1+2 FA; Ponomareva, Plotnikova, 1975) were isolated using a standard method (Malcolm, 1991) from mother liquor after HA precipitation. The pH of the liquor was adjusted to 2.5, FA were sorbed in the column with Amberlite XAD-8, washed with distilled water and eluted with 0.1 M NaOH.

Sodium fulvate was converted into H^+ form using column with Dowex WX4 in H^+ cycle. Resultant gel of FA was freeze-dried in HETO 8.0 lyophilizer.

Elemental analysis of soil, and humic and fulvic acids was performed on Perkin-Elmer CHN analyzer. C_{ox} was determined by oxidation with $Cr_2O_7^{2-}$, phosphorus spectrophotometrically as a phosphomolybdate blue after mineralization in $HClO_4$. The pH_{H_2O} and pH_{KCl} values were measured in water and 1 M KCl soil extract (1 : 5) using a glass combination electrode. Solution UV-VIS spectra were measured in 0.05 M $NaHCO_3$ on Varian Cary 3 using quartz cell 0.01 m (Baes, Bloom, 1990). The FA concentration was 110 mg.l^{-1} . The A_4/A_6 quotient was calculated as a ratio of absorbances at 465 a 665 nm, optical density was measured in 0.01 m quartz cell in 0.1 M NaOH at 430 nm. The ^{13}C CP/MAS NMR spectra were recorded on Bruker MSL 200 spectrometer at a frequency of 50.32 MHz using the following parameters: 1 ms contact time, recycle delay of 4 s, sweep width of 29 kHz, spinning speed of 3 kHz. The number of scans was 19,000, the FIDs were processed without a line broadening. Diffuse reflectance infrared Fourier transform (DRIFT) spectra were measured on the Nicolet 740 spectrometer equipped with a TGS detector. Approximately 50 μg samples were measured using the diffuse reflectance accessory (Spectra Tech.). Spectra were recorded at the resolution of 2 cm^{-1} and each spectrum averaged 512 scans per sample.

Low pressure gel permeation chromatography was carried out on the Sephadex G-50 column (21 x 246 mm, $V_t = 85.2 \text{ ml}$, $V_0 = 26 \text{ ml}$) with elution with distilled water or Tris-HCl buffer, pH 7.5. The flow rate was 25 ml.h^{-1} , sampling period 240 s for each fraction. 2 ml of 0.004 M NaOH containing 3.202 mg of FA was transferred into the column. The absorbance was measured on Varian Cary 3 at 254 nm in quartz cell 0.01 m. Column calibration was made using Pharmacia standards aprotinine (MW $6.5 \cdot 10^3$), cytochrome C (MW $12.4 \cdot 10^3$), carbonic anhydrase (MW $29 \cdot 10^3$), and Blue dextran 2000 (MW $2 \cdot 10^6$) dissolved in Tris-HCl pH 7.5 buffer and eluted with this buffer.

The elemental composition of FA, HA and soil is given in Tab. II. This composition and C/N ratio agree

with „average“ composition of FK1 (Orlov, 1974; Tab. III). The A_4/A_6 ratio in 0.05 M $NaHCO_3$ solution is 13.7, which corresponds rather to the values of Baes, Bloom (1990) than to the interval 6–8.5 published for “typical FA” by Kononova (1966). The absorbance intensity of FA in UV region probably corresponds to ET bands of carboxyphenols. The absorbance in visible area is probably caused by chromophores with extended conjugation and/or by intramolecular electron donor-acceptor complexes. The optical density of FA was 3.8 only, that of HA (ash-free) was 6.9.

Aromaticity of FA calculated from the integrated ^{13}C CP/MAS NMR spectrum as a ratio of intensities $I_{110-160}/I_{0-160}$ was 24%, which is more than the corresponding value of humic acids (HA) from this horizon (22%). HA has higher abundance of aliphatic C and alkoxy-C. The greatest difference in FA and HA composition was found in carbonyl-C content (23.6% FA and 17.3% HA). The carboxyl groups content in FA derived from the NMR spectrum (including relatively small carbonyl-C contribution) was 8.0 mol.kg^{-1} . From the differential DRIFT spectrum of HA and FA we conclude that FA contain more -OH and -COOH groups and have higher aromaticity than HA, which corresponds to the results of DRIFT bands separation and ^{13}C CP/MAS NMR analysis. An estimate of the average molecular weight (MW) of FA determined by low pressure gel permeation chromatography was ~ 1800. About 15% of FA have MW higher than $6.5 \cdot 10^3$, and 33% of FA lower than 1000.

Composition and structure of FA corresponds to their role in the studied ecosystem. Fulvic acids are aggressive, strongly acid fraction of soil organic matter with rather low average molecular weight, with the ability to decompose the granite bedrock, to release cations (as Ca^{2+} and Mg^{2+}), to complex Al^{3+} and Fe^{3+} ions, and to migrate into deep soil horizons in the form of complexes with the metals. The observed similarity of HA and FA composition in B_h -horizon may indicate their genetic connection. Nevertheless, to explain the mechanism of FA transformation into HA in B-horizon, more information is needed from different stands and soil types (cambisol, podzol), and about dissolved organic matter composition and structure.

Kontaktní adresa:

RNDr. František Novák, CSc., Ústav půdní biologie AV ČR, Na sádkách 7, 370 05 České Budějovice, Česká republika

REFERÁT

PŘEVOD HOSPODÁŘSKÉHO TVARU SDRUŽENÉHO LESA NA LES VYSOKOKMENNÝ (NA PŘÍKLADU LESŮ V CHKO ČESKÝ KRAS)

CONVERSION OF THE SILVICULTURAL SYSTEM COPPICE-WITH-STANDARDS FOREST TO HIGH FOREST (ON AN EXAMPLE OF FORESTS IN THE PROTECTED LANDSCAPE AREA ČESKÝ KRAS)

Z. Poleno

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

ABSTRACT: Development and present state of stands are evaluated in the coppice-with-standards forest. The last residues of this silvicultural system are currently included in the coppice forest or in the high forest because the classical management of coppice-with-standards forest has been abandoned in the last decades. An indirect conversion is proposed – through general regeneration. With respect to a number of non-wood-producing functions in the Protected Landscape Area Český kras, and as coppice-with-standards forests are highly uneven-aged, it is recommended to use a very slow conversion by selection felling in this area that would allow parallel transition to selection forest.

coppice-with-standards forest; indirect conversion; high forest; selection felling

ABSTRAKT: Autor hodnotí vývoj a současný stav porostů sruženého (středního) lesa. Poslední zbytky tohoto hospodářského tvaru jsou dnes již většinou zahrnovány do lesů výmladkových, popř. i do lesa vysokokmenného, protože v posledních desetiletích se již zpravidla upustilo od klasického obhospodařování sruženého lesa. Z hospodářského, ale i ekologického hlediska je proto žádoucí převod tohoto tvaru lesa na les vysokokmenný. Navrhuje se přitom převod nepřímý – postupnou obnovou. Vzhledem k řadě mimoprodukčních funkcí v CHKO Český kras a s ohledem na výraznou nestejnověkovost sružených lesů se pro tuto oblast doporučuje velmi pomalý převod výběrnou sečí, který by současně umožnil přechod k lesu výběrnému.

sružený les; nepřímý převod; vysokokmenný les; výběrná seč

SDRUŽENÝ LES DŘÍVE A NYNÍ

Sružený les představuje hospodářský tvar lesa, stojící mezi lesem výmladkovým a vysokokmenným (semenným). Dengler (1935) předpokládá, že vznikl postupně z pařeziny. Tento velice starý hospodářský tvar byl ve střední Evropě znám již ve 13. století a cílevědomým hospodařením, uplatňovaným od 16. století, poskytoval ve své době příznivé hospodářské výsledky. Předpokladem ovšem je dostatečný počet kvalitních jedinců semenného původu, kteří svými mohutnými kmeny poskytují vysoce hodnotné sortimenty dřeva (především dýhárenské výřezy). Největšího rozšíření dosahuje sružený les ve Francii a v Řecku.

V Německu napsal Gayer (1878) ve své knize o pěstování lesů toto: „*Forma sruženého lesa měla dřívě mnohem větší rozšíření než v současnosti; byla v nížinách a v pahorkatinách a v příznivějších klimatických podmínkách Německa převládajícím tvarem listnatého lesa. Právě tak jako výběrný les podlehl i les sružený špatnému hospodaření, ničím neomezené pastvě dobytka, lesním krádežím a dalším formám zneužívání. Po dlouhou dobu se vědělo pouze o možnostech jeho využívání, ale již nic o jeho obnově a cílevědomé péči o tento velmi náročný hospodářský tvar. Ve srovnání s dřívějšími vysokými nároky na produkci převážně palivového dříví neměl tento pod tlakem poměrů znehodnocený hospodářský tvar žádnou přitažlivost pro rozvíjející se mla-*

dé lesní hospodářství, a tak musel střední les postupně stále víc uvolňovat prostor stejnověkému lesu vysokému. I nyní ještě pokračuje tento proces převodů se stále stejnou energií a i v těch oblastech středního lesa v říčních nížinách a chluzech, kde se dosud zdají odbytové a výnosové poměry rozhodujícím způsobem podporovat tento hospodářský tvar, dochází již aspoň k úvahám a tendencím – v zájmu zjednodušení hospodaření – převést tento tvar lesa ve stejnorodý a stejnověký les vysoký.“

Tento vynikajícím mistrem pěstování lesů formulovaný vývoj pokračuje až do dnešních dnů, pro které platí Gayerův citát v plném rozsahu. My však dnes již ani nemůžeme tyto zachované zbytky lesa označit jednoduše jako sružený les, protože nejsou již většinou desítky let tímto způsobem obhospodařované. Jejich některé části jsou dlouhá léta bez jakéhokoliv hospodářského zásahu a nacházejí se ve stavu, který můžeme označit jako „porostliny“, kde pod nekvalitními výstavky je výmladkové patro tvořené pouze keři. V jiných naopak byly přestárlé stromy horní etáže, většinou s širokými a hluboko nasazenými korunami, postupně odtěženy a také výmladky byly vyjednoceny, takže jejich hodnota se po pěstební stránce zřetelně zlepšila (což je i případ většiny „sružených lesů“ v CHKO Český kras). Dosud je tímto způsobem řádně obhospodařována jen velmi malá část původních sružených lesů

Jak se staví dnešní lesní hospodářství k těmto lesům?

PŘEVÁDĚT ČI ZACHOVAT?

V České republice je již sružený les pro svou malou rozlohu (v roce 1930 to bylo ještě 2,3 % lesní půdy) a vysoký podíl palivového dříví spojován do jedné kategorie buď s lesem nízkým (výmladkovým), nebo při dostatečném počtu kvalitních stromů s lesem vysokým. Sruženému lesu je však nutné přiznat i četné přednosti. Hospodaření je zde jednoduché a z určitého pohledu i ekonomicky výhodné. Při malých nákladech na obnovu poskytuje poměrně vysoký objem i hodnotu produkce (při nižší porostní zásobě). Jeho zpravidla vysoká

druhá diverzita přispívá k příznivému rozkladu humusu, k zachování úrodnosti půdy a také k vysoké statické i ekologické stabilitě. Protože nikdy nedochází k holoseči, bývá příznivě hodnocen i z hlediska krajinné ekologie, ochrany přírody a estetiky. Sružený les býval oblíben i u myslivců a zemědělců – zejména z důvodu produkce žaludů, která byla využívána i pro výkrm prasat.

Struktura porostů a hodnota sruženého lesa je ovlivňována zejména podílem věkově orientovaných etází a z toho vyplývající tloušťkovou diferenciací stromů. Rozlišují se proto zpravidla tři formy sruženého lesa.

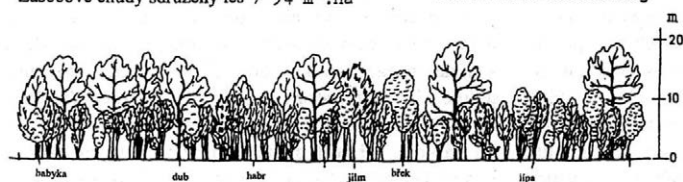
- Sružený les s malým počtem semenných stromů horní etáže (výstavků), a tedy i nízkou porostní zásobou (počet 50–100 se zásobou nepřevyšující 100 m³). Vysoce zde převládá výmladkový les, často i výstavky jsou výmladkového původu, což se projevuje na jejich výšce a kvalitě kmene.
- Sružený les s průměrným počtem výstavků (100–160 při porostní zásobě 100–200 m³).
- Sružený les s vysokým počtem výstavků a bohatou porostní zásobou (160–200 stromů s objemem přes 200 m³, maximálně – v nejlepších růstových podmínkách – až 400 m³).

Tuto charakteristiku sruženého lesa dokresluje dva porostní profily (obr. 1 – Křiso, 1958).

Měl jsem možnost vidět zdařile převáděné sružené lesy na les vysokokmenný (L. ú. Bovenden v Dolním Sasku) i perfektně obhospodařované sružené lesy s vysokou porostní zásobou ve Švýcarsku (např. lesy města Schaffhausen), kde sružený les po období téměř masových převodů na les vysokokmenný (Müller, 1958) prochází obdobím určité renesance a rehabilitace. Proti těmto tendencím se však poukazuje na nepopiratelné přednosti vysokokmenného lesa z produkčního a ekonomického hlediska. Zpochybňují se i často zdůrazňované ekologické přednosti – zejména poukazem na často opakovanou těžbu výmladkové etáže, spojenou i s těžbou v etážích semenného původu, která se svým charakterem velice blíží holé seči. Zdůrazňuje se

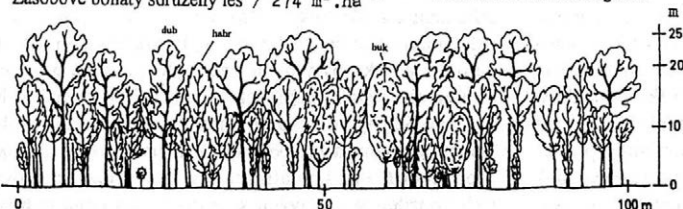
Zásobově chudý sružený les / 54 m³.ha⁻¹

Sulzheim / Vord. Rotherberg



Zásobově bohatý sružený les / 274 m³.ha⁻¹

Buchen a. Odw. / Wolfsgarten



1. Porostní profily sruženého lesa (Křiso, 1958) – Stand profiles of the coppice-with-standards forest (Křiso, 1958)

i většinou špatné hospodaření ve sružených lesích. Proto např. Fleder (1976) kategoricky prohlašuje, že vlastně není již co zachovávat a přestavbu „sružených“ lesů na porosty vysokokmenné je nutné považovat za národohospodářsky i provozně nezbytné pokračování po staletí pokračujícího a plně osvědčeného procesu. Z hlediska ochrany přírody a krajiny přiznává sruženému lesu pouze určitou vzhledovou zvláštnost, a to ještě pouze ve vegetačním období. Pasivní ochrana přírodních procesů ve sruženém lese není v podstatě vůbec možná; úplné zastavení lidských zásahů vede neodvratně k zániku tohoto lesa, protože přirozená dynamika působí proti němu. Naopak tam, kde by měl zůstat sružený les zachován, by přirozený vývoj musel být periodicky brutálními těžebními zásahy neustále přerušován.

Zdá se tedy, že o existenci sruženého lesa (či spíše tzv. sruženého lesa) je již definitivně rozhodnuto – ve směru ke změně hospodaření. Toto zásadní rozhodnutí by však rozhodně nemělo bránit tomu, aby z důvodů výzkumných, pedagogických i kulturně historických zůstaly určité účelově omezené plochy sruženého lesa – ale správně obhospodařovaného – v optimálních podmínkách pro jeho růst zachovány.

RÁMCOVÉ ZÁSADY PRO ZMĚNU HOSPODAŘENÍ

Upuštěním od hospodaření ve sruženém lese však rozhodně nelze rozumět holoseče s následnou výsadbou smrkové nebo borové monokultury, jak se často dříve převody realizovaly. Mnohem citlivěji a také úspěšněji – zejména na úrodnějších půdách – prováděl koncem minulého století na Moravě převody sružených lesů Wiehl, který zachovával dub jako hlavní dřevinu v nastupujícím lese vysokokmenném. Pracoval s podšíjími dubu, po nichž redukoval asi na 50 % spodní výmladkovou etáž. Semenné jedince přitom zachovával a siji žaludů pak v nepravidelném sponu doplňoval výsadbou modřinu a jasanu. Tuto nově založenou semennou generaci lesa bylo samozřejmě nutné chránit před útlakem výmladků.

Významnou pomůckou pro řešení problémů sruženého lesa jsou práce, které v Německu publikovali zejména Eberts (1950), Schubart (1966) a Freist (1979, 1985). Volba nejvhodnějšího způsobu změny hospodaření na les vysokokmenný se musí řídit funkčním posláním lesů, stavem porostů (druhovou a věkovou skladbou, poměrem jedinců výmladkového a semenného původu) a jejich objemovým i hodnotovým přirůstem.

Porosty sruženého lesa v CHKO Český kras je nutné zařadit převážně do skupiny sruženého lesa uvedené pod písmenem a), tj. lesa s malým počtem semenných výstavků (horní etáže) a tedy i s nízkou porostní zásobou. Vysoce zde převládá výmladkový les a často i výstavky jsou výmladkového původu. Charakteristický pro zdejší porosty je poměrně vysoký věk výmladkové složky, což se projevuje jejím sníženým přirůstem i sníženou výmladností, pomístně již i odumíráním (převážně habru). Často je zde zastoupen i výmladkový buk, který je pro tento hospodářský tvar méně vhodný. Re-

lativně nejvyšší jsou zde tzv. ušlechtilé listnáče, především javory a jasan, které se i dobře přirozeně obnovují.

Přihlédnout je třeba i k významnému hledisku ochrany přírody, pro které je nutné volit velice jemné a dlouhodobé postupy nepřímého převodu, realizované skupinovitě clonnou sečí. Pouze v mezernatých porostech s nízkým zakmeněním a nedostatkem výstavkové etáže a tam, kde výmladkovou etáž tvoří pouze líska, hloh a další keře, je na místě převod plošně uskutečňovanou obnovou (okrajovou, pruhovou, kulisovou apod.). Čím kvalitnější je skladba porostů, tím více by měla být využívána přirozená obnova – zejména dubu, buku, javoru, lípy a jasanu, což jsou dřeviny, které by měly vytvářet budoucí skladbu vysokokmenného lesa. Na suších stanovištích k těmto dřevinám přistupuje ještě habr, popel, i borovice. Opomíjeny by neměly být třešeň ptačí a břek.

TECHNIKA PROVÁDĚNÍ PŘEVODŮ

Předpokládáme především postup skupinovitou clonnou sečí. To znamená po celé ploše porostu jemný kvalitativní výběr ve výmladkové etáži s cílem zachovat nejvyšší jedince do stadia semenění a obnovy. Tyto nejvyšší stromy je vhodné si předem vyhledat a trvale označit. Není nutné přitom usilovat o pravidelný rozestup těchto nadějných stromů – jejich kvalita má přednost před pravidelným rozestupem. Semenné jedince je třeba uvolnit v korunách při zachování podúrovňové etáže, která musí bránit zabuření půdy. Pokud je již půda zatrávnatelná, je účelné provést pod semennými jedinci v semenném roce pomístnou přípravu půdy. Pokud v porostu není dostatek semenných jedinců základních dřevin – dubu a buku, je nutné tyto dvě dřeviny zavést do porostů uměle; u dubu nejvhodnější siji, u buku sadbou, nejlépe v malých hloučcích až skupinách. Meziprostory mezi skupinami těchto dvou základních dřevin se udržují pokud možno v plném zápoji, popř. při náletech javorů a dalších listnatých dřevin jen s lehkým uvolněním.

Na případné semenné jedince je nutné zpočátku mít vědomě jen nevelké kvalitativní požadavky, aby byl pro obnovu dosažen potřebný počet. Po uchycení prvních náletů se postupně odstraňují zejména košaté stromy s nízkou nasazenou korunou, takže kvalita semenných jedinců se postupně zvyšuje a umožňuje se dále k nasemenění využívat stále kvalitnější jedince. Není třeba zpočátku se obávat příliš spontánní přirozené obnovy javorů (zejména babyky) a jasanu. Tyto dřeviny více trpí okusem srnčí zvěře; tím se zlepšují podmínky pro odrůstání dubu a buku. Tyto dřeviny proto plní funkci ochrannou a zápojnou (Poleno, 1996). Pokud by škody na dubu a buku byly neúnosné, bylo by třeba pracovat s nimi ve větších skupinách a oplotit je. Optimální by byl stav, kdyby i do skupin dubu a buku nalétaly vitální javory a jasanové přispěly tak k ochraně dubů a buku proti okusu. Příliš vitální nálety by samozřejmě bylo třeba později v dubových skupinách postupně reduko-

vat. Buk se zpravidla zachová bez nutnosti výchovného zásahu.

Při těchto skupinovitých clonných sečích není na místě obava z plošně příliš rozsáhlých obnovně rozpracovaných porostů. Při pomalém těžebním postupu nedochází k velkým či dokonce neúnosným poškozením náletů při kácení zpravidla krátkých (nízkých) listnatých stromů (zejména při zimní těžbě a vyklizování dřeva). Většinou křivé větve listnáčů nedolehnu zcela na nálety, které mezi těmito větvemi velmi dobře prorůstají, protože tyto větve – jako klopýtadla – znesnadňují přístup zvěře. Případné mezery, které by po domýcení skupin v náletech či výsadbách vznikly, je možné dočasně doplnit vyspělými sazenicemi rychle rostoucích dřevin – např. olše, osiky, třešně, popř. i modřinu a jiných i stanovištně méně vhodných dřevin, které se později při výchově mlazin z porostů odstraňují.

Celkový cyklus převodu může trvat 20 i více let, zejména při větším podílu buku v porostech (na severních expozicích a s příznivými vláhovými poměry v půdě).

V kvalitnějších porostech, na příznivě vlhkých půdách s větším podílem stinných dřevin je možné převod jednotlivě výběrným způsobem prodloužit na ještě delší dobu a dosáhnout tak převodu na skupinovitě výběrný listnatý les, jak to v oblasti Hannoveru navrhoval Eberts (1950). Sdružený les není jen spojením výmladkového a semenného lesa, ale je to současně i les s několika věkově diferencovanými etážemi. Při 120letém obmýti semenné složky porostu a 20leté obmýtní době ve výmladkovém lese se při ponechání vždy určitého počtu jedinců (ať již semenného, nebo zčásti i výmladkového původu) vytvoří celkem šest etáží (s věkovou diferencí 20 let). To je již výborný základ pro převod na výběrný les.

Výběrná těžba se provádí ve všech etážích s částečně výchovným charakterem, zčásti pak s obnovním charakterem. Maximálně se přitom podporuje tloušťková i výšková diferenciace porostu, aby jednotlivé vrstvy stromů v porostech pokud možno prorůstaly. Charakter těžby mýtní má odstraňování krátkých a košatých jedinců. Síla a intenzita zásahů se řídí stavem porostů, jak je to ve výběrném lese obvyklé. Kontrolu trvalosti hospodaření zajišťují modifikované metody hospodářské úpravy – zpočátku pracující důsledně s víceetážovými porosty (každý věkový stupeň je jedna etáž) a přecházející až v klasické kontrolní metody s periodicky opakovanou inventarizací počtu stromů a jejich objemu od vhodně zvolené tloušťkové dolní hranice. Tato hranice závisí pochopitelně na tloušťkové struktuře porostů; zatímco ve Švýcarsku se volí jako dolní inventarizační hranice 15–16 cm, v podmínkách Českého lesa by bylo třeba tuto hranici snížit, ale tak, aby průměrkování bylo ekonomicky únosné (asi 10–12 cm) – na zkusných plochách.

Kontrolní metoda hospodářské úpravy lesů je v podstatě velice jednoduchá; pracně je pouze průměrkování stromů. Měření výšek při této metodě odpadá, protože objem stromů se počítá pomocí metod jednotlivých výškových křivek, popř. podle lokálně odvozených obje-

mových tarifů, tj. jednoargumentových objemových tabulek, udávajících objem stromu pouze jako funkci jeho výčetní tloušťky. Takto zjišťovaná porostní zásoba je sice zatížena určitou chybou, avšak celkový běžný přírůst porostů zjišťovaný z rozdílu porostních zásob – zatížených stejnou chybou (což lze při používání objemových tarifů předpokládat) – je vypočítán ve správné výši.

Výhledová perspektiva výběrného způsobu hospodaření není již u nás pouhou fikcí několika blouznivců. Její realnost přiznává i komentář k vyhlášce MZe ČR č. 84/1996 Sb., k § 8, odst. 13 (Štaněk et al., 1997), kde se píše: „Do budoucna je nutno počítat s výběrným hospodářstvím jako s perspektivním hospodářským způsobem, spojujícím ve vhodných podmínkách přírodě blízké a trvale udržitelné obhospodařování lesů se zajímavými hospodářskými výsledky pro vlastníka lesa... Smyslem převodů holosečně obhospodařovaných lesů na výběrný les je dosažení maxima produkce dřeva a naplňování mimoprodukčních funkcí lesů trvalým a přírodě blízkým způsobem.“

V hospodářské úpravě výběrného lese se uplatňují výrazně odlišné metody oproti pasečně obhospodařovaným lesům věkových tříd. Nástrojem časového uspořádání ve výběrném lese nejsou již věkové třídy a stupně, ale tloušťkové třídy a stupně. Základním těžebním ukazatelem je celkový běžný přírůst (CBP) na sledovaných jednotkách trvalého rozdělení lesa (o velikosti 5–20 ha). Sama vyhláška MZe ČR č. 84/1996 Sb. uvádí v příloze č. 5 i základní vzorec kontrolních metod pro stanovení celkového běžného přírůstu

$$CBP = \frac{Z_2 + T_1 - Z_1 - D}{t}$$

kde: Z_1, Z_2 – opakovanou inventarizaci zjišťované porostní zásoby,
 T_1 – těžba dřeva provedená v období t let,
 D – dorost dosud neměřených stromů do kmenoviny,
 t – počet let periody mezi dvěma inventarizacemi porostních zásob.

Jsem proto přesvědčen, že zejména hospodaření v lesích národních parků a chráněných krajinných oblastí by mělo ve vhodných podmínkách prokázat účelnost a realnost hospodaření výběrným způsobem. Právě převody sdružených lesů jsou velmi vhodnými podmínkami ke spojení s převodem na výběrný způsob hospodaření.

DISKUSE A ZÁVĚR

Převod sdruženého lesa na les vysokokmenný – pokud jej chápeme jako zušlechtnění současné, do značné míry degradované formy – je z hlediska národohospodářského, ekonomického, vlastnického, krajinnářského, ochrannářského i ekologického účelný a výhodný. Převod je o to naléhavější, čím déle se již v tomto lese cílevědomě neohospodaří a degradace tohoto hospodářského tvaru je pokročilejší.

Ve většině případů je nejvhodnější převod nepřímý, postupnou obnovou. Pouze v profídlech a meznatých porostech s nedostatkem výstavkové etáže a tam, kde výmladkovou etáž tvoří pouze líska, hloh a další keře,

je na místě převod přímý, uskutečňovaný úzkou holosečí (okrajovou, pruhovou, kulisovou apod.). Čím kvalitnější je skladba porostů, tím více je třeba využívat při převodu přirozenou obnovu a zajišťovat pokud možno vysokou druhovou diverzitu.

Z hlediska krajinářského, ochrannářského i ekologického je možné jako nejvhodnější doporučit dlouhodobý postup skupinovitě clonnou sečí, která na lepších bonitách a za příznivých vlhkostních poměrů může přecházet až ve výběrnou seč. Převod hospodářského tvaru se tak spojí se změnou hospodářského způsobu, k čemuž věkově výrazně diferencované porosty sruženého lesa vytvářejí mimořádně příznivé podmínky.

Závěrem bych chtěl ještě upozornit, že při praktickém provádění převodů sruženého lesa se jednotlivé převodové formy mohou v prostoru i v čase do značné míry překrývat. Výsledkem je pak věkově, druhově i prostorově výrazně diferencovaný přírodě blízký les.

Literatura

- DENGLER, A., 1935. Waldbau auf ökologischer Grundlage. 1. Aufl. Berlin, P. Parey.
EBERTS, H., 1950. Waldbauliche Behandlung und Forsteinrichtung bisheriger Mittelwäldungen des südhannoverschen Berglandes. Allg. Forst- Jagdztg, 122: 101–107, 129–140.

- FLEDER, W., 1976. Die forstliche Zielsetzung im ehemaligen Mittelwald unter besonderer Berücksichtigung des Natur- und Landschaftsschutzes. Allg. Forst- Jagdztg, 149: 1071–1073.
FREIST, H., 1979. Das Wachstum von Buchen in Überführungsbeständen aus ehemaligem Mittelwald im Forstamt Bramwald. Forstarchiv, 50: 69–74.
FREIST, H., 1985. Erfahrungen auf dem Wege vom Mittelwald zum Hochwald im Forstamt Bramwald. Allg. Forstz., 156: 1331–1338.
GAYER, K., 1878. Der Waldbau. 1. Aufl. Berlin, P. Parey.
KRISO, K., 1958. Entstehung, Aufbau und Leistung von Eichen-Hainbuchen-Beständen in Süddeutschland. Forstwiss. Cbl., 77: 9–16.
MÜLLER, H., 1958. Aus der Praxis der Überführung von Mittelwald in Hochwald. Schweiz. Z. Forstwes., 109: 20–35.
POLENO, Z., 1996. Přípravné a pomocné dřeviny v lesním hospodářství. Lesn. Práce, 75: 16–17.
SCHUBART, W., 1966. Die Entwicklung des Laubwaldes als Wirtschaftswald zwischen Elbe, Saale und Weser. Schriftenreihe „Aus dem Walde“, Nr. 14.
STANĚK, J. et al., 1997. Lesní zákon v teorii a praxi. Díl 3: Úplné znění prováděcích předpisů s komentářem. Písek, Matice lesnická: 440.
Ministerstvo zemědělství ČR, 1996. Vyhláška č. 84/1996 Sb. o lesním hospodářském plánování.

Došlo 13. 11. 1998

CONVERSION OF THE SILVICULTURAL SYSTEM COPPICE-WITH-STANDARDS FOREST TO HIGH FOREST (ON AN EXAMPLE OF FORESTS IN THE PROTECTED LANDSCAPE AREA ČESKÝ KRAS)

Z. Poleno

Czech University of Agriculture, Faculty of Forestry, 165 21 Praha-Suchbát

The coppice-with-standards forest is a silvicultural system ranking between the coppice forest (coppice) and the high forest (seedling forest). It is assumed to develop gradually from coppice. This very old silvicultural system was already known in Central Europe in the 13th century, and its productivity was satisfactory at that time when purpose-oriented management was used since the 16th century. But a sufficiently high number of good-quality trees of seed origin is necessary to provide highly valuable wood assortments with their sizeable stems. Coppice-with-standards forests currently take up the largest areas in France and Greece.

This system was degraded in Central Europe as a result of inappropriate management, so the coppice-with-standards-forest in this state cannot comply with strict requirements of the present forest management any longer. Therefore demands to abandon this system are more and more frequent, aimed at conversion of the last residues of this silvicultural system to high forest. There are however coppice-with-standards forests with model

management, hence certain renaissance and rehabilitation of this silvicultural systemic are in progress, mainly in ecological terms.

Stand structure and the value of coppice-with-standard forest are influenced by the proportions of age differentiated storeys, and by subsequent diameter differentiation of trees. Three forms of coppice-with-standards forest are usually distinguished:

- with a low number of seed trees in the upper storey (standards), consequently with low standing volume (lower than $100 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$),
- with an average number of standards and standing volume of $100\text{--}200 \text{ m}^3$ per hectare,
- with a high number of standards and high standing volume (more than $200 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) (Fig. 1).

As a result of bad management, these are forest stands with low standing volume and minimum number of trees of seed origin. Therefore the conversion of coppice-with-standards forests is considered as useful and

advantageous, particularly for economic, ecological, landscape and protection reasons.

The conversion is the more urgent, the longer the purposeful management in this forest is missing and the more advanced the degradation of this silvicultural system.

Indirect conversion by gradual regeneration is the best method in most cases. Direct conversion should be used only in open stands, in stands with insufficient standard storey or in stands where the coppice consists of hazel, hawthorn and other shrubs; narrow clearcutting (border, strip, alternate-strip cutting) is a recommended method. The better the quality of stand composition, the better is to use natural regeneration for conversion and to provide for the highest species diversity possible.

A long-term method of group shelterwood cutting can be recommended as the best in landscape, protection and environmental terms; even selection cutting can be used at sites of higher class and in favorable moisture conditions. Conversion of silvicultural system is connected with a change in management system; age-differentiated stands of the coppice-with-standards forest create extraordinarily favorable conditions for this approach.

The different conversion forms can overlap in space and in time to a large extent when conversions of the coppice-with-standards forest are put into practice. The result will be a natural forest with substantial age, species and space differentiation.

Kontaktní adresa:

Prof. Ing. Zdeněk Poleno, CSc., Česká zemědělská univerzita, Lesnická fakulta, 165 21 Praha-Suchbát, Česká republika

ČESKÁ AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÝCH VĚD

ÚSTAV ZEMĚDĚLSKÝCH A POTRAVINÁŘSKÝCH INFORMACÍ

VĚDECKÝ ČASOPIS

JOURNAL OF FOREST SCIENCE

ROČNÍK 45 – Praha 1999

Řídí redakční rada:

Prof. Ing. Vladimír Chalupa, DrSc. (předseda), Prof. Ing. Jiří Bartuněk, DrSc., Ing. Josef Běle, CSc.,
Doc. Ing. Josef Gross, CSc., Doc. Ing. Jaroslav Koblížek, CSc., Prof. Ing. Jan Kouba, CSc., Ing. Vladimír
Krečmer, CSc., Ing. Václav Lochman, CSc., Ing. František Šach, CSc., RNDr. Stanislav Vacek, CSc.

Vedoucí redaktorka: Mgr. Radka Chlebečková

© Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha 1999

Bednářová E.:	
Epicuticular waxes of spruce <i>Picea abies</i> (L.) Karst. needles as indicators of air pollution in the Ore Mts.	
Epikutikulární vosky u jehlic smrku <i>Picea abies</i> (L.) Karst. jako indikátor znečištění ovzduší v Krušných horách	186
Černý J., Havel M., Krejčí R.:	
Bulk deposition and throughfall fluxes in the Ore Mts. – decreasing atmospheric deposition into spruce stands	
Spad srážkami volné plochy a podkorunovými srážkami v Krušných horách – klesající atmosférická depozice ve smrkových porostech	153
Emmer I. M.:	
Litter decomposition and soil nitrogen dynamics (1995–1996) in the Krkonoše National Park	
Rozklad opadu a dynamika půdního dusíku v Krkonošském národním parku (1995–1996)	316
Holécý J.:	
Financial optimization of the forest property management under conditions of salvage cuttings risk	
Finančná optimalizácia obhospodarovania lesného majetku v podmienkach rizika náhodných ťažieb	38
Holécý J.:	
The risk-free interest rate of forest land management projects and its interpretation	
Bezriziková výnosová miera projektov hospodárenia na lesnej pôde a jej interpretácia	496
Holub P.:	
The evaluation of nitrogen uptake and retranslocation by grasses in deforested areas	
Hodnocení příjmu dusíku a jeho restranslokace travami na odlesněných plochách	358
Hurtalová T., Rožnovský J., Matejka F.:	
Aerodynamical properties of the air layer affected by a spruce stand	
Aerodynamické vlastnosti vrstvy vzduchu ovlivněné smrkovým porostem	437
Chalupa V.:	
Editorial	
Úvodník	1
Jakubis M.:	
Evaluation of tributaries to Turček Water-Storage Reservoir in the Kremnické Hills with respect to bed resistance	
Hodnotenie prítokov Vodárenskej nádrže Turček v Kremnických vrchoch z hľadiska ustálenosti koryt	420
Jakubis M.:	
Runoff characteristics of streams in the protected landscape area – biosphere reserve Poľana	
Odtokové charakteristiky vodných tokov Chránenej krajiny Poľana – biosférickej rezervácie Poľana	467
Jakubis M.:	
The effect of torrent longitudinal slope on the degree of bed resistance	
Vplyv pozdĺžneho sklonu bystriny na stupeň ustálenosti koryta	542
Jakuš R., Dudová A.:	
Experimental use of aggregation and anti-aggregation pheromones against the spruce bark beetle (<i>Ips typographus</i>) in decaying spruce stands with a lower level of canopy closure	
Pokusné použitie agregčných a antiagregačných feromónov proti lykožrútovi smrekovému (<i>Ips typographus</i>) v rozpadávajúcich sa smrekových porostoch so zníženým zakmenením	525
Kelbel P.:	
Analysis of conobionts from ecological and environmental aspects	
Analýza konobiontov z ekologického a environmentálneho aspektu	490
Kelbel P.:	
Results of monitoring of carpophagous fauna on the European beech (<i>Fagus sylvatica</i> L.) in Slovakia	
Výsledky monitoringu karpofágov buka lesného (<i>Fagus sylvatica</i> L.) na Slovensku	443
Kohán Š.:	
Evaluation of growth characteristics of some poplar clones on heavy-textured soils of the East Slovakian Lowland	
Zhodnotenie rastových vlastností vybraných klonov topoľov na ťažkých pôdach Východoslovenskej nížiny	97
Kohán Š.:	
Some data on black walnut (<i>Juglans nigra</i> L.) stands and their management in lowland areas of Slovakia	
Niektoré výsledky a možnosti pestovania orecha čierneho (<i>Juglans nigra</i> L.) v podmienkach nížinných oblastí Slovenska	31
Kula E.:	
Bugs in the tree-crown fauna of forest tree species in the air-pollution area of Sněžník Forest Administration	
Plôšice koronové fauny lesných drevín v imisní oblasti Lesní správy Sněžník	259
Kula E., Richterová D.:	
Do solid immissions actually influence rime occurrence?	
Ovlivňují skutečně tuhé imise tvorbu námrazy?	104

Kula E., Rybář V., Zabecka J.:	
Comments on the immediate health condition of birch stands in the air polluted region of the Ore Mts.	
Poznámky k aktuálnímu zdravotnímu stavu porostů břízy v imisní oblasti Krušných hor	197
Kula E., Zabecki W.:	
Cambioxylophagous fauna of spruce-trees under stress of honey fungus and wood decay	
Kambioxylofágní fauna smrků stresovaných vlávkou a kořenovníkem vrstevnatým	457
Kula E., Zabecki W.:	
Cambioxylophagous niche on spruce-trees affected by the stress of root fungal pathogens	
Níka kambioxylofágů na smrcích stresovaných kořenovými houbovými patogeny	348
Kundrík F., Greguš C., Kodrík M.:	
Economic evaluation of restorative measures in immission damaged regions Orava and Kysuce	
Ekonomické vyhodnotenie ozdravných opatrení v regiónoch Oravy a Kysúc.	365
Kundrík F., Greguš C., Kodrík M.:	
Restorative measures in forests damaged by immissions	
Ozdravné opatrenia v imisiách poškodzovaných lesoch	112
Kurth W., Sloboda B.:	
Tree and stand architecture and growth described by formal grammars – I. Non-sensitive trees	
Modelování stromové a porostní architektury a růstu pomocí formálních gramatik – I. Pro stromy nesenzitivního typu	16
Kurth W., Sloboda B.:	
Tree and stand architecture and growth described by formal grammars – II. Sensitive trees and competition	
Modelování stromové a porostní architektury a růstu pomocí formálních gramatik – II. Pro stromy senzitivního typu a konkurence	53
Lomský B., Šrámek V.:	
Damage of the forest stands in the Ore Mts. during the period 1995–1997	
Poškození lesních porostů v Krušných horách v letech 1995–1997.	169
Matějka K.:	
Study of Forest Ecosystems and their Damage – a Seminar	
Seminář Studium lesních ekosystémů a jejich poškození.	289
Matějka F., Rožnovský J., Hurtalová T.:	
Structure of the energy balance equation of a forest stand from the viewpoint of a potential climatic change	
Štruktúra rovnice energetickej bilancie lesa z hľadiska možnej zmeny klímy	385
Materna J.:	
Development and causes of forest damage in the Ore Mts.	
Vývoj a příčiny poškození lesů v Krušných horách	147
Neruda J.:	
Technology for the production and planting of large-sized planting stock of forest trees	
Technika pro produkci a výsadbu velkého sadebního materiálu lesních dřevin	2
Novák F., Kalousková N., Machovič V., Brus J.:	
Composition and structure of fulvic acids from B-horizon of ferro-humic podzol in Trojmezí (Bohemian Forest Mts.)	
Složení a struktura fulvokyselin horizontu B podzolové půdy z Trojmezí (Šumava)	554
Petrášová V., Fertál D.:	
Forestry of Slovakia within the context of the EU regional policy	
Slovenské lesníctvo v regionálnej politike EÚ	270
Pokorný R., Opluštilová M.:	
Leaf area index and its development in selected spruce and beech stands in the Ore Mountains	
Index listové plochy a jeho vývoj ve vybraných smrkových a bukových porostech Krušných hor	192
Raben G., Andreae H.:	
Short- and long- term pulses of acidification in forest ecosystems of Saxony (Germany)	
Krátkodobé a dlouhodobé výkyvy v acidifikaci lesních ekosystémů Saská (SRN)	163
Ribarič-Lasnik C., Batič F., Dejanovič B., Simončič P.:	
Change in the condition of Norway spruce forests after the installation of desulphurization devices at the Šoštanj Thermal Power Plant	
Změny ve zdravotním stavu smrkových porostů v blízkosti tepelné elektrárny Šoštanj po jejím odsíření	217
Roloff A.:	
Tree vigor and branching pattern	
Zdravotní stav dřevin a morfologie větvení	206
Saniga M.:	
Structure, production conditions and regenerative processes in the Badín virgin forest	
Štruktúra, produkčné pomery a regeneračné procesy Badínského pralesa.	121

Sarvaš M.:	
The possibility to assess plant quality by measuring electrolyte leakage	
Možnosti použitia merania straty elektrolytu na zistenie kvality sadbového materiálu	131
Sedláková I., Fiala K., Tůma I.:	
Effect of herbicide application on soil properties of air-pollution induced clearcuts with grass cover in the Beskydy Mts.	
Vliv aplikace herbicidu na půdní vlastnosti imisních holin s porosty trav v Beskydech	328
Šindelář J.:	
The area of natural distribution of European larch (<i>Larix decidua</i> Mill.) of Sudetic (Jeseníky) type	
Areál přirozeného rozšíření modřínu opadavého (<i>Larix decidua</i> Mill.), sudetského (jeseníckého)	81
Šmelko Š., Saborowski J.:	
Evaluation of variable size sampling plots for monitoring of forest condition	
Hodnotenie variabilne veľkých skusných plôch pre monitorovanie stavu lesa	341
Tokár F.:	
Aboveground dendromass production and silvicultural practices in even-aged stands of Spanish chestnut (<i>Castanea sativa</i> Mill.) in Slovakia	
Produkcia nadzemnej dendromasy a fytotechnika rovnorodých porastov gašтана jedlého (<i>Castanea sativa</i> Mill.) na Slovensku	533
Tomášková K., Rožnovský J.:	
Microclimate measurements in an experimental installation for the simulation of the effects of elevated CO ₂ concentrations on a Norway spruce stand	
Měření mikroklimatu v experimentálním zařízení pro simulaci vlivu zvýšené koncentrace CO ₂ na smrkový porost	481
Truhlář J.:	
The management system of balanced age classes by Wiehl	
Wiehlova hospodářská soustava vyrovnaných věkových tříd	507
Urban J.:	
On the bionomics of a little known sawfly <i>Nematus</i> (= <i>Pteronidea</i>) <i>melanocephalus</i> Htg. (Tenthredinidae, Hymenoptera) on willows	
K bionomii málo známé pilatky <i>Nematus</i> (= <i>Pteronidea</i>) <i>melanocephalus</i> Htg. (Tenthredinidae, Hymenoptera) na vrábách	245
Urban J.:	
<i>Strophosoma melanogrammum</i> Först. – a pest on young beech trees and on European mountain ash in the Žďár region	
Listopas šedý (<i>Strophosoma melanogrammum</i> Först.) – škůdce mladých buků a jeřábu ptačího na Žďársku	64
Urban O., Šprtová M., Marek M. V.:	
The effects of enhanced UV-B radiation on the photosynthetic characteristics of Norway spruce [<i>Picea abies</i> (L.) Karst.] trees growing in field condition	
Vliv zvýšené intenzity UV-B radiace na fotosyntetickou charakteristiku smrku ztepilého [<i>Picea abies</i> (L.) Karst.] pěstovaného v polních podmínkách	223
Vacek S., Balcar V.:	
Contribution to ecology and health state of birch stands in the Sudeten Mountains	
Příspěvek k ekologii a zdravotnímu stavu březových porostů v Sudetské soustavě	181
Vacek S., Matějka K.:	
The state of forest stands on permanent research plots in the Krkonoše Mts. in years 1976–1997	
Stav lesních porostů na výzkumných plochách v Krkonoších v letech 1976–1997	291
Vrška T., Hort L., Odehnalová P., Adam D.:	
Žákova hora virgin forest after 21 years (1974–1995)	
Prales Žákova hora po 21 letech (1974–1995)	392
Zíhlařík Š.:	
Use of color infrared aerial photography for forest mapping	
Možnosti využitia leteckých farebných infračervených snímkov pri lesníckom mapovaní	449
NEWS – AKTUALITA	
Podrázský V., Vacek S., Moser W. K.:	
Proposed criteria to aid in evaluating Zone II A sites in the Bohemian Forest National Park for designation as non-managed areas	
Návrh kritérií pro ponechání částí lesa přirozenému vývoji v podmínkách II A zón Národního parku Šumava	430
Šindelář J.:	
Some data and developmental trends of the forest management in the Czech Republic	
K některým výsledkům a vývojovým tendencím lesního hospodářství v České republice	282
INFORMATION – INFORMACE	
Jančařík V.:	
The Jubilee of Ing. Jiří Šindelář, CSc.	
Významné životní jubileum Ing. Jiřího Šindeláře, CSc.	51

Šustek S., Druckmüller M.:	
Use of image processing analysis for automatic grading of forest plants, monitoring of their biometrical parameters and choice of appropriate phytotechnical practices	
Využití obrazové analýzy pro automatické třídění sadebního materiálu, možnosti monitorování jeho biometrických parametrů a volba vhodné fyto techniky	48
Vacek S., Balcar V.:	
International Workshop of Mountain Forests, Trento, Italy	
Mezinárodní seminář o evropských horských lesích v Trentu	337
REVIEW – RECENZE	
Král E.:	
A state of the art report on some recent forestry policies, initiatives and achievements in Indonesia	
Oborová zpráva o některých nových opatřeních, iniciativách a výsledcích v lesnictví v Indonésii	96
Šimanov V.:	
The Quality of Resin Produced in Poland and the Influence of Some Natural Conditions on its Turpentine Proportion	
Jakost v Polsku získávané pryskyřice a vliv některých přírodních podmínek na podíl v ní obsaženého terpentýnu	418
REPORT – REFERÁT	
Poleno Z.:	
Conversion of the silvicultural system coppice-with-standards forest to high forest (on an example of forests in the Protected Landscape Area Český kras)	
Převod hospodářského tvaru sdruženého lesa na les vysokokmenný (na příkladu lesů v CHKO Český kras)	566
Šindelář J.:	
On urgent problems of forest stand tending – remarks to a discussion	
K aktuálním otázkám výchovy lesních porostů – diskusní poznámky	517
Šindelář J.:	
Problems of rationalization in the forest management sector with special respect to silvicultural treatments in forest stands	
Problémy racionalizace v lesním hospodářství se zvláštním zřetelem k pěstební péči o lesní porosty	375
Šustek S., Hruška J., Druckmüller M., Michálek T.:	
Surface of pedunculate oak root system determined by the image analysis of a map designed by a geophysical radar	
Povrch kořenového systému dubu letního určený obrazovou analýzou mapy získané geofyzikálním radarem	139
PAST, PRESENT AND FUTURE OF THE FORESTRY UNIVERSITY EDUCATION – MINULOST, PŘÍTOMNOST A BUDOUCNOST VYSOKOŠKOLSKÉHO LESNICKÉHO VZDĚLÁVÁNÍ	
Gil W.:	
Forestry education at the Agricultural University in Krakow – history, present situation and perspectives	
Lesnické vzdělávání na Vysoké škole zemědělské v Krakově – historie, současnost a perspektivy	234
Gross J., Roček I., Chalupa V.:	
150th anniversary of the university forestry education in Czech lands	
150 let vysokoškolského lesnického vzdělávání v Českých zemích	230
Olenderek H., Będkowski K.:	
Today and tomorrow in Polish forestry education	
Současnost a budoucnost polského lesnického vzdělávání	238
de Romemont R.:	
Training of forest engineers in Nancy: a new curriculum for new society requirements	
Výuka lesních inženýrů v Nancy: nový učební plán pro nové společenské požadavky	240
Schmithüsen F.:	
Challenges to forest education in a changing social and academic environment	
Výzvy pro lesnické vzdělávání v měnícím se společenském a akademickém prostředí	232

INSTRUCTIONS TO AUTHORS

The journal publishes original results of fundamental and applied research from all fields of forestry related to European forest ecosystems. An article submitted to Journal of Forest Science 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 and 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.“ They should mainly consist of reviewed periodicals. 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. Duplicate 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 stuck on a white card with a minimum of space left between them. Each figure should contain a concise, descriptive legend.

The manuscript will not be accepted to be filed by the editorial office if its formal layout does not comply with the instructions for authors.

POKYNY PRO AUTORY

Časopis 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 zasláního příspěvku nemá přesáhnout 25 stran (A4 formátu, psaných obědkem) včetně tabulek, obrázků, literatury, abstraktu a souhrnu. K rukopisu je třeba přiložit disketu s textem práce a s grafickou dokumentací pořízenou na PC s uvedením použitého programu. K publikování jsou přijímány práce psané v češtině, slovenštině nebo angličtině. Zaslání rukopisů 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 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 nezbytné nutně 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. Měla by sestávat hlavně z lektorovaných periodik. Citace se řadí abecedně podle jména prvního autora: přijetí, 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 nápis. 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.

Rukopis nebude redakcí přijat k evidenci, nebude-li po formální stránce odpovídat pokynům pro autory.

CONTENTS

Jakuš R., Dudová A.: Experimental use of aggregation and anti-aggregation pheromones against the spruce bark beetle (<i>Ips typographus</i>) in decaying spruce stands with a lower level of canopy closure	525
Tokár F.: Aboveground dendromass production and silvicultural practices in even-aged stands of Spanish chestnut (<i>Castanea sativa</i> Mill.) in Slovakia.....	533
Jakubis M.: The effect of torrent longitudinal slope on the degree of bed resistance.....	542
Novák F., Kalousková N., Machovič V., Brus J.: Composition and structure of fulvic acids from B-horizon of ferro-humic podzol in Trojmezí (Bohemian Forest Mts.)	554
REPORT	
Poleno Z.: Conversion of the silvicultural system coppice-with-standards forest to high forest (on an example of forests in the Protected Landscape Area Český kras)	566

OBSAH

Jakuš R., Dudová A.: Pokusné použitie agregáčnych a antiagregačných feromónov proti lykožrútovi smrekovému (<i>Ips typographus</i>) v rozpadávajúcich sa smrekových porastoch so zníženým zakmenením	525
Tokár F.: Produkcia nadzemnej dendromasy a fytotechnika rovnorodých porastov gaššana jedlého (<i>Castanea sativa</i> Mill.) na Slovensku.....	533
Jakubis M.: Vplyv pozdĺžneho sklonu bystriny na stupeň ustálenosti koryta.....	542
Novák F., Kalousková N., Machovič V., Brus J.: Složení a struktura fulvokyselin horizontu B podzolové půdy z Trojmezí (Šumava)	554
REFERÁT	
Poleno Z.: Převod hospodářského tvaru sdruženého lesa na les vysokokmenný (na příkladu lesů v CHKO Český kras)	566